МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КОНСТРУКЦИЯ ТРАКТОРОВ И АВТОМОБИЛЕЙ

Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию в области сельского хозяйства в качестве пособия для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-74 06 01 «Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства»

Минск
БГАТУ
2012

УДК 629.3.02 (07)
ББК 39.3я7
К65

Составители:
доктор технических наук, профессор *И. Н. Шило*,
доктор технических наук, старший научный сотрудник, *А. И. Бобровник*,
кандидат технических наук, доцент *В. Е. Тарасенко*,
В. Г. Левков

Рецензенты:
заведующий кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания» БНТУ,
доктор технических наук, профессор *Г. М. Кухаренок*;
заведующий кафедрой «Колесные тракторы» БНТУ
доктор технических наук *В. А. Коробкин*

Конструкция тракторов и автомобилей : пособие / сост. : И. Н. Шило [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2012. – 816 с.: ил.
К65
ISBN 978-985-519-514-7.

В пособии описаны конструкции тракторов и автомобилей и их составные части. Приводятся устройства дизельных двигателей и двигателей внутреннего сгорания с искровым зажиганием, их системы питания, смазки, охлаждения, пуска и механизмы кривошипно-шатунный и газораспределительный.

Особое внимание уделено шасси и типичным узлам. Рассмотрена ходовая система автомобилей и тракторов, рулевое управление, тормозные системы. Дается устройство гидравлического навесного оборудования тракторов, гидроподъемника автомобиля, механизмов поворота, тормозных приводов, рабочего и вспомогательного оборудования тракторов и автомобилей.

Сформулированы основные понятия и даются определения по типовым узлам и системам тракторов и автомобилей, принципы работы силовых и кинематических узлов, представлены необходимые характеристики и функциональные зависимости между параметрами, рассмотрены нормативные документы, приводятся особенности эксплуатации и технического обслуживания. Особое внимание уделено вопросам безопасности и экологии.

УДК 629.3.02 (07)
ББК 39.3я7

ISBN 978-985-519-514-7

© БГАТУ, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 18

Раздел 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАКТОРАХ И АВТОМОБИЛЯХ

Глава 1. ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ТРАКТОРА 23
1.1. Классификация 23
1.2. Типаж тракторов 24
1.3. Основные составные части трактора 25

Глава 2. ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЯ 27
2.1. Классификация автомобилей 27
2.2. Основные составные части автомобиля 28
Контрольные вопросы 30

Раздел 2. ДВИГАТЕЛИ ТРАКТОРОВ И АВТОМОБИЛЕЙ

Глава 1. КЛАССИФИКАЦИЯ, РАБОТА И ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДВИГАТЕЛЕЙ 31
1.1. Классификация двигателей 31
1.2. Основные механизмы и системы 32
1.3. Основные понятия и определения 33
1.4. Рабочий цикл четырехтактного двигателя с внешним смесеобразованием 37
1.5. Рабочий цикл четырехтактного дизеля 38
1.6. Рабочий цикл двухтактного двигателя 40
1.7. Мощностные и экономические показатели работы двигателя 42
1.7.1. Литровая мощность и форсирование двигателей 42
1.7.2. Эффективный удельный расход топлива 42
1.7.3. Наддув двигателей 43
1.8. Сравнение некоторых показателей дизелей и двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с искровым зажиганием 44

1.8.1. Топливная экономичность 44
1.8.2. Механическая напряженность 44
1.8.3. Массогабаритные показатели 44
1.8.4. Экологические показатели 45
1.9. Многоцилиндровые ДВС 45
1.10. Подвеска двигателей тракторов и силовых агрегатов автомобилей 50
1.10.1. Подвеска дизелей тракторов «Беларус» средней мощности (серии 500, 800, 900, 1000) 51
1.10.2. Подвеска дизелей Д-260 и их модификаций мощностью 130–200 л. с. (энергонасыщенные тракторы «Беларус» серий 1200, 1500 и 2000) 52
1.10.3. Подвеска силовых агрегатов автомобилей сельскохозяйственного назначения (МАЗ-555142) 53

Глава 2. КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЕ МЕХАНИЗМЫ (КШМ) 55
2.1. Общие сведения 55
2.2. Остов (блок-картер) двигателя 56
2.3. Цилиндры 59
2.4. Головка цилиндров 63
2.5. Поршни 70
2.6. Поршневые кольца 74
2.6.1. Компрессионные кольца 75
2.6.2. Маслосъемные кольца 78
2.7. Поршневой палец 80
2.8. Шатун 81
2.8.1. Шатунные подшипники 85
2. 9. Коленчатый вал 85
2.9.1. Коренные подшипники 88
2.9.2. Гаситель крутильных колебаний 91
2.9.3. Маховик 93
2.10. Уравновешивающие механизмы 93
2.11. Возможные неисправности кривошипно-шатунного механизма 94
Контрольные вопросы 95

Глава 3. МЕХАНИЗМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ (МГР) 95
3.1. Общие сведения 95
3.2. Типы привода клапанов 101
3.3. Приводы распределительного вала 104
3.4. Основные составные части МГР 105
3.5. Возможные неисправности МГР 115
3.6. Техническое обслуживание МГР 116

Глава 4. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ 118
4.1. Общие сведения 118

4.2. Системы питания дизелей 118
4.2.1. Система питания дизеля с топливной системой разделенного типа и с механическим управлением ТНВД 119
4.2.2. Аккумуляторные истемы питания дизелей Common Rail с электронным управлением 121
4.3. Системы питания бензиновых двигателей (с искровым зажиганием) 121
4.4. Системы впрыска бензиновых двигателей 122
4.4.1. Механическая система непрерывного впрыска во впускной трубопровод без электронного блока (*K-Jetronic*) 123
4.4.2. Электронная система многоточечного впрыска во впускной трубопровод (*L-Jetronic*) 124
4.4.3. Электронная система непосредственного впрыска бензина в цилиндры двигателя 126
4.5. Системы питания газовых автомобильных двигателей 127
4.5.1. Система питания карбюраторного двигателя, работающего на сжатом газе. 127
4.5.2. Система питания карбюраторного двигателя, работающего на сжиженном газе 128
4.5.3. Электронная система питания автомобильного двигателя, работающего на сжиженном нефтяном газе 129
4.5.4. Система впрыска сжатого природного газа 130
4.6. Элементы системы питания двигателя воздухом и топливом 132
4.6.1. Общие сведения 132
4.6.2. Воздухоочистители 133
4.6.3. Турбокомпрессоры 136
4.6.4. Впускные и выпускные трубопроводы (коллекторы) 138
4.6.5. Топливные баки 140
4.6.6. Топливные фильтры 141
4.6.7. Топливоподкачивающий насос 145
4.6.8. Топливные насосы высокого давления (ТНВД) 150
4.6.8.1. Рядные ТНВД 151
4.6.8.2. ТНВД распределительного типа 160
4.6.9. Форсунка 166
4.6.9.1. Форсунка с боковым подводом топлива 167
4.6.9.2. Форсунка с осевым подводом топлива 169
4.6.9.3. Электрогидравлическая форсунка BOSCH 170
4.6.9.4. Электрогидравлическая насос-форсунка дизеля DDC S40E 172
4.6.10. Топливопроводы низкого и высокого давления 174
4.7. Смесеобразование в карбюраторных двигателях 174
4.7.1. Общие сведения 174
4.7.2. Работа простейшего карбюратора 175

4.7.3. Дополнительные устройства карбюраторов 178
4.7.3.1. Система холостого хода 179
4.7.3.2. Главное дозирующее устройство 180
4.7.3.3. Экономайзер. Эконостат 181
4.7.3.4. Ускорительный насос 181
4.7.3.5. Пусковое устройство 182
4.7.4. Устройство и работа карбюратора К-90 183
4.8. Возможные неисправности и техническое обслуживание систем питания ДВС с искровым зажиганием и дизелей 187
4.9. Регуляторы частоты вращения 190
4.9.1. Общие сведения 190
4.9.2. Основные характеристики регулятора 193
4.9.3. Устройство и работа всережимного регулятора ТНВД 4УТНМ (И) дизелей Д-242, Д-243, Д-244 194
4.9.4. Устройство и работа всережимного регулятора ТНВД распределительного типа дизелей ЯМЗ 202
4.9.5. Возможные неисправности и техническое обслуживание всережимных регуляторов 203
4.10. Системы впрыскивания бензина 204
4.10.1. Система распределенного впрыскивания 205
4.10.2. Система центрального впрыскивания (моновпрыск) 208
4.11. Системы питания газом 211
4.11.1. Общие сведения 211
4.11.2. Система питания сжиженным пропан-бутановым газом 211
4.11.3. Система питания сжатым природным газом 213
4.11.4. Возможные неисправности и техническое обслуживание системы питания газом 213

Глава 5. СМАЗОЧНАЯ СИСТЕМА 214
5.1. Общие сведения 214
5.2. Комбинированная смазочная система дизеля 217
5.2.1. Масляный насос 218
5.2.2. Центробежный масляный фильтр 220
5.2.3. Масляный фильтр со сменным бумажным фильтрующим элементом (БФЭ) 222
5.2.4. Масляный фильтр неразборного (патронного) типа 223
5.3. Комбинированная смазочная система дизелей Д-260.1 и их модификаций 225
5.4. Комбинированная смазочная система дизелей ЯМЗ-238БЕ2,ЯМЗ-238ДЕ2 227
5.5. Масляные радиаторы 230
5.6. Вентиляция картера 233
5.6.1. Система вентиляции картера с циклонным маслоотделителем 235
5.7. Моторные масла 236

5.7.1. Требования, предъявляемые к маслам....236
5.7.2. Состав моторных масел....236
5.7.2.1. Присадки....236
5.7.3. Наиболее важные показатели....237
5.7.3.1. Классификация вязкости по SAE....238
5.7.3.2. Классификация качества (API)....238
5.7.3.3. Европейская классификация (ACEA)....239
5.7.3.4. Классификация по стандартам РФ и РБ....239
5.8. Возможные неисправности и техническое обслуживание смазочной системы....240

Глава 6. СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ....241
6.1. Общие сведения....241
6.2. Типы систем охлаждения....242
6.2.1. Термосифонная система жидкостного охлаждения....242
6.2.2. Система с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости....243
6.2.3. Система воздушного охлаждения....244
6.3. Система охлаждения дизеля Д-245 S2 и его модификаций....245
6.3.1. Жидкостный радиатор....245
6.3.2. Расширительный бачок....247
6.3.3. Термостаты....249
6.3.4. Жидкостный насос и вентилятор....252
6.4. Система охлаждения дизеля ЯМЗ-238БЕ2....254
6.4.1. Фрикционный привод вентилятора....256
6.5. Охлаждающие жидкости....258
6.5.1. Вода....258
6.5.2. Низкозамерзающие жидкости....259
6.6. Возможные неисправности и техническое обслуживание системы охлаждения....260

Глава 7. СИСТЕМА ПУСКА....261
7.1. Общие сведения....261
7.2. Типы систем пуска....261
7.3. Устройство и работа пускового двигателя....264
7.4. Передаточный механизм (силовая передача)....266
7.5. Дублирующий ручной пуск....268
7.6. Средства облегчения пуска....269
7.6.1. Подогрев воздуха....270
7.6.2. Подогрев ОЖ и масла....271
7.6.3. Подогрев ОЖ....273
7.6.4. Декомпрессоры....274
7.7. Возможные неисправности и техническое обслуживание....275
Контрольные вопросы....276

Раздел 3. ШАССИ

Глава 1. ОСНОВНЫЕ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ 278
Глава 2. ТРАНСМИССИИ 278
2.1. Классификация трансмиссий 278
2.2. Конструктивные особенности трансмиссий 282
2.3. Муфты сцепления 284
2.3.1. Общие сведения 284
2.3.2. Однодисковая фрикционная постоянно-замкнутая муфта сцепления 286
2.3.3. Типовые схемы сцеплений 289
2.3.4. Устройство и работа диафрагменного сцепления модели ЯМЗ-183 291
2.3.5. Устройство и работа двухдискового сцепления трактора «Беларус-3022ДВ» 294
2.3.5.1. Привод выключения сцепления трактора «Беларус-3022ДВ» 296
2.3.6. Типы приводов выключения сцепления 296
2.3.7. Редуктор 299
2.3.8. Возможные неисправности и техническое обслуживание сцепления 301
2.4. Коробки передач. раздаточные коробки. ходоуменьшители 302
2.4.1. Общие сведения 302
2.4.2. Классификация коробок передач (КП) 303
2.4.3. Коробка передач автомобилей КамАЗ 306
2.4.4. Коробка передач тракторов «Беларус-900, -920, -950, -952» и «Беларус-590, -592» 308
2.4.4.1. Схемы силовых потоков в синхронизированной коробке передач $7F + 2R$ на различных передачах 308
2.4.5. Коробка передач энергонасыщенных тракторов «Беларус-1221, -1222, -1523» 313
2.4.5.1. Описание 313
2.4.5.2. Узел передач КП 314
2.4.5.3. Синхронизаторы 315
2.4.5.4. Редукторная часть КП 316
2.4.5.5. Механизм управления КП 316
2.4.5.6. Гидравлическая система трансмиссии («Беларус-1025, -1221, -1221В») 318
2.4.6. Коробка передач трактора «Беларус-3022ДВ» 320
2.4.6.1. Узел передач 320
2.4.6.2. Диапазонный редуктор 324
2.4.7. Коробка передач ЯМЗ-238ВМ 325
2.4.8. Раздаточная коробка 328
2.4.9. Техническое обслуживание 331
2.4.10. Промежуточные соединения и карданные передачи 331

2.4.10.1. Промежуточные соединения 331
2.4.10.2. Карданные передачи 333
2.4.10.3. Промежуточная опора карданной передачи тракторов «Беларус» серий 500, 800, 900 с ПВМ 336
2.5. Ведущие мосты колесных тракторов и автомобилей 337
2.5.1. Общие сведения 337
2.5.2. Главная передача 337
2.5.3. Дифференциал 343
2.5.3.1. Межколесный дифференциал тракторов «Беларус» серий 500,800, 900 345
2.5.3.2. Дифференциал заднего моста автомобиля МАЗ-5551А2 346
2.5.3.3. Межосевой дифференциал автомобиля КамАЗ-5320 347
2.5.3.4. Конечные передачи 348
2.5.4. Задний мост тракторов «Беларус-1222, -1222В, -1523, -1523В» 350
2.5.5. Передние ведущие мосты (ПВМ) 350
2.5.5.1. Общие сведения 350
2.5.5.2. ПВМ с коническими зубчатыми передачами редукторов 351
2.5.5.3. Портальный ПВМ с планетарно-цилиндрическими редукторами 354
2.5.5.4. Портальный ПВМ с цельнолитой балкой и центральным редуктором 356
2.5.5.5. Аксиальный ПВМ с цельнолитой балкой тракторов «Беларус-2822ДЦ», «Беларус-3022ДВ» 358
2.5.6. Возможные неисправности и техническое обслуживание 360
2.6. Ведущие мосты гусеничных тракторов. Механизмы поворота 361
2.6.1. Общие сведения 361
2.6.2. Механизм поворота трактора Т-70С 362
2.6.3. Механизм поворота тракторов ДТ-75МВ, ДТ-75Д, ДТ-175С, ВТ-100 363
2.6.4. Задний мост трактора Т-150 365
2.6.5. Конечные передачи гусеничных тракторов 367
2.6.5.1. Общие сведения 367
2.6.5.2. Конечная передача трактора Т-150 368
2.6.5.3. Конечная передача трактора ДТ-75МВ 369
2.6.6. Возможные неисправности и техническое обслуживание задних мостов 370

Глава 3. ХОДОВАЯ ЧАСТЬ 370
3.1. Общие сведения 370
3.2. Ходовая часть автомобиля 371
3.2.1. Остов автомобиля 375
3.2.2. Подвеска автомобиля 376

3.2.2.1. Амортизаторы 382
3.3. Ходовая часть колесных тракторов 384
3.3.1. Способы повышения тягово-сцепных свойств колесных тракторов 386
3.3.2. Остовы колесных тракторов 390
3.3.3. Подвеска 391
3.4. Ходовая часть гусеничных тракторов 395
3.4.1. Гусеничный движитель 396
3.4.1.1. Гусеница 396
3.4.1.2. Ведущее колесо (звездочка) 397
3.4.1.3. Направляющее колесо 398
3.4.1.4. Амортизирующее устройство 399
3.4.1.5. Поддерживающие ролики 400
3.4.2. Подвеска 400
3.4.2.1. Гидроамортизатор 402
3.5. Техническое обслуживание 403

Глава 4. РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ И АВТОМОБИЛЕЙ 405

4.1. Общие сведения 405
4.2. Установка управляемых колес 410
4.3. Рулевое управление тракторов «Беларус-80.1, -82.1» с гидроусилителем 411
4.4. Гидрообъемное рулевое управление тракторов «Беларус» 414
4.5. Рулевое управление автомобилей КамАЗ 415
4.6. Рулевое управление автомобилей МАЗ 418
4.7. Основные неисправности и техническое обслуживание 420

Глава 5. ТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ 423

5.1. Общие сведения 423
5.2. Конструкция тормозных систем тракторов «Беларус» 429
5.2.1. Тормозная система с механическим приводом 429
5.2.2. Стояночный автономный тормоз сухого типа 430
5.2.3. Рабочие сухие тормоза с гидростатическим приводом 431
5.2.4. Многодисковые тормоза, работающие в масляной ванне 433
5.2.5. Стояночный тормоз тракторов «Беларус-1222, -1222В, -1523, -1523В» 435
5.3. Стояночный тормоз трактора Т-150К 436
5.4. Конструкции автомобильных тормозных систем с пневматическим приводом 436
5.4.1. Тормозной механизм 437
5.4.2. Тормозные камеры 439
5.4.3. Стояночная тормозная система 441
5.4.4. Тормозной механизм вспомогательной (моторной) тормозной системы 442

5.4.5. Пневмопривод тормозных механизмов автомобилей КамАЗ 443
5.4.6. Пневмопривод тормозных механизмов трехосных автомобилей-тягачей МАЗ 453
5.4.6.1. Работа пневмопривода рабочих тормозов 455
5.4.6.2. Работа пневмопривода стояночного и запасного тормоза 456
5.4.6.3. Работа вспомогательной тормозной системы 457
5.4.7. Антиблокировочная тормозная система автомобилей МАЗ 457
5.4.7.1. Общие сведения 457
5.4.7.2. Элементы управления АБС 457
5.4.7.3. АБС тормозов двухосных автомобилей-тягачей МАЗ 458
5. 5. Пневмоприводы тормозных систем тракторов «Беларус» 459
5.5.1. Однопроводный пневмопривод тормозов прицепа 460
5.5.2. Двухпроводный пневмопривод тормозов прицепа 462
5.5.3. Комбинированный пневмопривод тормозов прицепа 463
5.6. Основные неисправности и техническое обслуживание 464
Контрольные вопросы 466

Раздел 4. ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ 469
Глава 2. ГИДРОПРИВОДЫ МЕХАНИЗМОВ ТРАНСМИССИЙ 470
2.1. Общие сведения 470
2.2. Гидроприводы сцепления автомобилей 471
2.2.1. Гидропривод сцепления ГАЗ-66 без усилителя 471
2.2.2. Гидропривод сцепления КамАЗ с пневмоусилителем 472
2.2.3. Гидропривод сцепления МАЗ с пневмоусилителем 474
2.2.4. Гидроприводы выключения сцепления тракторов «Беларус» 475
2.2.4.1. Гидропривод выключения сцепления без гидроусилителя 476
2.2.4.2. Гидропривод выключения сцепления с гидроусилителем 477
2.3. Гидропривод коробки передач трактора К-701 479
2.3.1. Гидросистема трансмиссии трактора «Беларус-3022ДВ» и его модификаций 482
2.4.1. Напорные масляные фильтры 483
2.4.2. Сдвоенный масляный фильтр 485
2.4.3. Масляный насос 486
2.4.4. Блок электрогидрораспределителей гидросистемы трансмиссии 488
2.4. Гидравлический трансформатор (гидротрансформатор) 489
2.5. Основные неисправности и техническое обслуживание 493

Глава 3. ГИДРОПРИВОДЫ МЕХАНИЗМОВ ПОВОРОТА 496
3.1. Общие сведения 496
3.2. Гидроусилитель рулевого механизма тракторов «Беларус-80.1, -80.2» 497
3.3. Гидроусилитель рулевого механизма автомобилей МАЗ 499
3.3.1. Распределитель гидроусилителя рулевого механизма 499
3.3.2. Работа гидрораспределителя рулевого механизма МАЗ 500
3.4. Гидроусилитель рулевого механизма автомобилей КамАЗ 502
3.5. Насос гидроусилителя рулевого механизма КамАЗ 505
3.5. Шестеренчатые масляные насосы высокого давления 508
3.5.1. Клапан расхода масла 510
3.6. Гидрообъемное рулевое управление 511
3.6.1. ГОРУ тракторов «Беларус-1221, -1221.2, -1221.3» 513
3.6.2. ГОРУ реверсивных тракторов «Беларус-1221В, -1221В.2, -1221В.3, -1523В, -1523В.2, -1523В.3» 515
3.6.3. Насос-дозатор ГОРУ 516
3.6.3.1. Работа ГОРУ с героторным насосом-дозатором 519
3.6.4. Гидроцилиндр рулевого управления 520
3.6.5. Рабочие жидкости ГОРУ 522
3.7. Возможные неисправности и техническое обслуживание 523

Глава 4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТОРМОЗНЫЕ ПРИВОДЫ АВТОМОБИЛЕЙ 524
4.1. Общие сведения 524
4.2. Одноконтурный гидростатический тормозной привод 525
4.3. Двухконтурный гидровакуумный тормозной привод 527
4.3.1. Гидровакуумный усилитель тормозного привода 528
4.3.2. Рабочие цилиндры 531
4.3.3. Сигнализатор аварийной утечки тормозной жидкости гидростатического двухконтурного тормозного привода 532

Глава 5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТОРМОЗНЫЕ ПРИВОДЫ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ 533
5.1. Общие сведения 533
5.2. Гидростатический тормозной привод реверсивного трактора «Беларус-1221 В» 533
5.3. Гидростатический тормозной привод тракторов «Беларус-822.3, -823.3, -922.3, -923, -923.3» 534
5.4. Комбинированный гидростатический тормозной привод трактора «Беларус-2022В, -2022В.3» с реверсивным постом управления 535
5.5. Возможные неисправности и техническое обслуживание тормозных гидроприводов тракторов и автомобилей 538

Глава 6. ГИДРОПРИВОДЫ МОМ, ЗАДНИХ И ПЕРЕДНИХ НАВЕСНЫХ УСТРОЙСТВ (ЗНУ и ПНУ) 540

6.1. Общие сведения 540
6.1.1. Гидропривод МОМ тракторов «Беларус-1021, -1025, -1221, -1221В» 541
6.1.2. Гидропривод МОМ тракторов «Беларус-1222, -1523, -2022» 542
6.1.3. Гидропривод МОМ тракторов «Беларус-2822ДЦ, -3022ДВ , -3022.1» 543
6.2. Гидроприводы задних и передних навесных устройств (ЗНУ и ПНУ) 544
6.2.1. Раздельно-агрегатный гидропривод ЗНУ с высотным регулированием прицепных и навесных машин 545
6.2.2. Раздельно-агрегатный гидропривод ЗНУ с силовым и позиционным регулированием навесных машин и орудий 547
6.2.3. Раздельно-агрегатный гидропривод ЗНУ с силовым, позиционным и смешанным регулированием агрегатируемых машин и орудий 553
6.2.3.1. Смеситель сигналов датчиков 554
6.2.4. Гидропривод ЗНУ с гидроподъемником «Беларус» 555
6.2.4.1. Секционный гидрораспределитель 557
6.2.4.2. Гидроподъемник и механизм управления 558
6.2.4.3. Устройство гидроподъемника 558
6.2.4.4. Регулятор-распределитель 561
6.2.4.5. Позиции гидроподъемника 562
6.2.5. Гидропривод ЗНУ тракторов «Беларус» с гидравлическими сборочными единицами фирмы BOSCH 564
6.2.5.1.Работа регулятора EHR 4 BOSCH 567
6.2.6. Конструктивные особенности гидроприводов ЗНУ 569
6.2.6.1. Масляный бак 569
6.2.6.2. Гидрораспределители 571
6.2.6.3. Силовой / позиционный регулятор 576
6.2.6.4. Гидроцилиндры 581
6.2.6.5. Гидравлическая арматура 583
6.2.7. Возможные неисправности и техническое обслуживание 585

Глава 7. ГИДРОПОДЪЕМНИКИ КУЗОВОВ ПЛАТФОРМ АВТОМОБИЛЕЙ-САМОСВАЛОВ И САМОСВАЛЬНЫХ ПРИЦЕПОВ 588
7.1. Общие сведения 588
7.2. Механизм подъема платформы автомобиля-самосвала МАЗ-5551А2 (Евро-3) с односторонней разгрузкой 588
7.2.1. Управление механизмом подъема платформы 590
7.3. Механизм подъема платформы автомобиля-самосвала МАЗ-555142 с трехсторонней разгрузкой 591
7.4. Гидроподъемник платформы автомобиля-самосвала ГАЗ-САЗ-53Б 593
7.5. Гидроподъемник платформы автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-554М 595

7.6. Неисправности и техническое обслуживание 597
Контрольные вопросы 600

Раздел 5. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Глава 1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ 602
Глава 2. СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 603
2.1. Аккумуляторные батареи (АКБ) 603
2.1.1. Общие сведения 603
2.1.2.Основные характеристики АКБ 608
2.1.3. Конструктивные особенности АКБ 609
2.1.4. Размещение АКБ на тракторе и автомобиле 613
2.1.5. Срок хранения и службы АКБ 614
2.1.6. Возможные неисправности АКБ 615
2.1.7. Техническое обслуживание АКБ 617
2.2. Генераторные установки 620
2.2.1. Общие сведения 620
2.2.2. Автотракторные генераторы 621
2.2.3. Регуляторы напряжения 626
2.2.3.1. Схемы регуляторов напряжения 627
2.2.4. Конструктивные особенности генераторных установок 635
2.2.4.1. Генераторные установки тракторов «Беларус» 638
2.2.4.2. Применяемость генераторных установок на грузовых автомобилях 644
2.2.5. Схема энергоснабжения современных тракторов «Беларус» 645
2.2.6. Возможные неисправности в системе электроснабжения 647
2.2.7. Техническое обслуживание 650

Глава 3. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ 651
3.1. Общие сведения 651
3.2. Схема включения стартера 652
3.3. Система электростартерного пуска 654
3.4. Система электростартерного запуска пускового двигателя-10УД 655
3.5. Система электростартерного пуска двигателя ЗМЗ-53-11 с пусковым зажиганием 657
3.6. Система электростартерного пуска дизеля Д-245 трактора «Беларус МТЗ-100» 660
3.7. Система электростартерного пуска дизеля ЯМЗ-240Б автосамосвалов БелАЗ 662
3.8. Система облегчения пуска дизеля со свечами накаливания предпускового подогрева 664

3.8.1. Режимы работы системы предпускового подогрева 667
3.8.2. Система пуска 12 В с предпусковым электрофакельным подогревателем (тракторы «Беларус» серий 800, 900, 1000).....667
3.9. Конструктивные особенности приборов электростартерного пуска 670
3.10. Возможные неисправности в системе пуска 680
3.11. Техническое обслуживание системы пуска 681

Глава 4. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАЖИГАНИЯ РАБОЧЕЙ СМЕСИ В БЕНЗИНОВЫХ ДВС 683
4.1.Общие сведения.....683
4.2. Схемы систем зажигания.....684
4.2.1. Система зажигания от магнето.....684
4.2.2. Классическая контактная система зажигания (ККСЗ).....686
4.2.3.Контактно-транзисторная система зажигания (КТСЗ) 687
4.2.4. Бесконтактная транзисторная система зажигания (БТСЗ) 689
4.2.4.1. БТСЗ с индукционным датчиком.....689
4.2.4.2. БТСЗ с датчиком Холла.....691
4.3. Характеристики систем зажигания рабочей смеси 695
4.4. Конструктивные элементы системы зажигания 696
4.5. Возможные неисправности систем зажигания 706
4.6. Правила эксплуатации и техническое обслуживание.....708
4.6.1. Установка на двигателе распределителей зажигания и магнето 710

Глава 5. СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ, СВЕТОВОЙ И ЗВУКОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ 713
5.1. Общие сведения.....713
5.2. Световые приборы тракторов и автомобилей 714
5.2.1. Лампы световых приборов 719
5.2.1.1. Обозначение ламп накаливания 721
5.3. Схемы включения приборов освещения и световой сигнализации тракторов «Беларус» 722
5.3.1. Схема включения фар головного освещения 722
5.3.2. Схема включения передних и задних фар рабочего освещения и плафона освещения кабины 724
5.3.3. Схема включения сигналов торможения и подключения системы управления БД и ПВМ.....725
5.3.4. Схема включения фонарей автопоезда и радиомагнитолы 726
5.3.5. Схема включения габаритных огней, освещения номерного знака и приборов 727
5.3.6. Схема включения указателей поворота и аварийной сигнализации 727
5.3.6.1. Работа схемы в режиме аварийной световой сигнализации 729

5.3.7. Схема включения звуковой сигнализации 731
5.4. Контрольно-измеритель-ные приборы (КИП) 732
5.4.1. Общие сведения 732
5.4.2. Контрольно-измери-тельные приборы тракторов «Беларус» 734
5.4.3. Тахоспидометр 735
5.4.4. Пульт управления тахоспидометром 737
5.4.5. Комбинация приборов 739
5.4.6. Индикатор комбинированный 744
5.5. Общая электрическая схема соединений трактора 746
5.6. Возможные неисправности и техническое обслуживание 747
Контрольные вопросы 748

Раздел 6. РАБОЧЕЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Глава 1. РАБОЧЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТРАКТОРОВ 750
1.1. Навесные устройства (НУ) 750
1.1.1. Заднее навесное устройство (ЗНУ) 751
1.1.1.1. ЗНУ тракторов ДТ-75МВ, ДТ-75Д, ВТ-100Д (с двух- и трехточечной наладками) 752
1.1.1.2. ЗНУ тракторов «Беларус» серий 500–1000 755
1.1.1.3. ЗНУ с двумя встроенными основными гидроцилиндрами (гидроподъемник «Беларус») 757
1.1.1.4. ЗНУ с двумя встроенными основными гидроцилиндрами тракторов «Беларус-1222, -1523, -2022, -2822ДЦ, -3022ДЦ, -3022.1» 757
1.1.2. Переднее навесное устройство (ПНУ) 759
1.1.2.1. ПНУ тракторов «Беларус» мощностью 250–350 л. с. (типа НУ-2 (кат.2)) 759
1.2. Тягово-сцепные устройства (ТСУ) 760
1.2.1. Автоматическая сцепка 760
1.2.2. Поперечина (прицепная серьга) 761
1.2.3. Поперечина одинарная(ТСУ–1) 762
1.2.4. Гидрофицированный крюк (ТСУ – 2) 763
1.2.5. Буксирное устройство с автоматом сцепки (ТСУ – 3 В) 763
1.2.6. Универсальное тягово-сцепное устройство 765
1.3. Вал отбора мощности (ВОМ) 766
1.3.1. Механизм отбора мощности тракторов «Беларус» серий 500–1200 (кроме «Беларус-1222, -1222В») 768
1.3.2. Боковой ВОМ трактора «Беларус- 80Х» 772
1.3.3. Механизм отбора мощности тракторов «Беларус» серий 1200–2000 773
1.3.4. Механизм отбора мощности тракторов «Беларус-2822ДЦ, - 3022ДЦ, -3022ДВ, -3022.1» 775
1.3.5. Приводной шкив 777
1.3.6. Передний вал отбора мощности (ПВОМ) 777

1.3.7. Возможные неисправности и техническое обслуживание 779
Контрольные вопросы 782

Глава 2. РАБОЧЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ 783
2.1. Буксирное устройство 783
2.2. Буксирный прибор автомобиля МАЗ – 5551А2 783
2.3. Лебедка 785
2.4. Седельно-сцепное устройство 786
2.5. Кузова автомобилей 789
2.6. Техническое обслуживание 791
Контрольные вопросы 791

Глава 3. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ 792
3.1. Общие сведения 792
3.2. Органы управления и приборы трактора «Беларус-1025.3» 794
3.3. Щиток приборов тракторов «Беларус» со сферической кабиной 795
3.4. Устройства для поддержания микроклимата в кабинах 796
3.5. Система кондиционирования воздуха и отопления кабины 779
Контрольные вопросы 802
Контрольные вопросы и задания 802

ПРИЛОЖЕНИЯ 805
ЛИТЕРАТУРА 812
СПИСОК АББРЕВИАТУР 813

ВВЕДЕНИЕ

В системе машин сельскохозяйственного производства тракторы и автомобили специального назначения являются мобильными энергетическими и транспортными средствами.

Тракторы предназначены для передачи поступательного и вращательного движения, а их гидронавесная система обеспечивает агрегатирование и привод рабочих органов сельскохозяйственных, мелиоративных, дорожно-транспортных и других машин и орудий. Автомобили сельскохозяйственного назначения (4×2, 4×4 и 6×4) как транспортные средства предназначены для перевозки грузов, специального оборудования и пассажиров по дорогам любых категорий и вне дорог.

Краткий исторический обзор отечественного тракторостроения

История отечественного тракторостроения берет свое начало с 1946 г., когда было начато строительство Минского тракторного завода проектной мощностью 50 тракторов в сутки. С 1948 по 1958 гг. завод освоил производство пусковых двигателей ПД-10, дизелей Д-35, трелево-гусеничных тракторов КТ-35, КТ-12, ТДТ-40 и ТДТ-60. В 1953 г. внедрен в производство первый отечественный колесный трактор МТЗ-2 на пневматических шинах, который определил будущую специализацию предприятия. В 1957–1960 гг. были разработаны и внедрены в производство более десяти моделей колесных тракторов МТЗ-5, МТЗ-5К, МТЗ-5Л, МТЗ-7 и их модификации. В 1961 г. работа конструкторского коллектива под руководством главного конструктора дважды Лауреата Государственной премии СССР, профессора Ивана Иосифовича Дронга увенчалась значительным достижением – созданием универсально-пропашного колесного трактора МТЗ-50 мощностью 55 л. с. Этот трактор стал базовой моделью большого семейства тракторов «Беларус» для различных

областей применения. Тракторы имели высокую степень унификации и включали в себя трактор МТЗ-52 с передним ведущим мостом оригинальной конструкции, который претерпел ряд конструктивных усовершенствований и до настоящего времени находится в производстве.

С тракторов МТЗ-50, -52 началась экспортная программа завода. К концу 1975 г. экспорт составил около 20 тыс. тракторов в год. В 1972 г. был выпущен миллионный трактор. В 1974 г. началось серийное производство тракторов МТЗ-80 мощностью 85 л. с. На базе этого самого популярного в мире трактора было создано большое семейство тракторов: МТЗ-82 (4К4), МТЗ-82Р (рисоводческий), МТЗ-82Н (низкоклиренсный), МТЗ-82В (реверсивный), МТЗ-80Х/80Х2 (хлопководческий) и т. д.

В 1975 г. завод стал Производственным объединением, в которое сегодня входят двенадцать заводов-филиалов. В 1984 г. с конвейера завода сошел двухмиллионный трактор «Беларус», и началось производство тракторов МТЗ-100, МТЗ-102 мощностью 100 л. с.

В 1985 г. были выпущены опытные образцы трактора МТЗ-142 мощностью 150 л. с. В 1994 г. началось производство тракторов «Беларус-1221» мощностью 130 л. с., пользующихся большой популярностью у потребителей РБ и зарубежья.

В 1995 г. с конвейера завода сошел трехмиллионный трактор «Беларус», 500 тыс. тракторов из них были поставлены на экспорт.

В 1996 г. начато производство тракторов «Беларус-1523» мощностью 150 л. с. Разработана гусеничная модификация тракторов «Беларус-1802» (180 л. с.) и затем «Беларус-2102» (212 л. с.).

В 2000 г. разработан трактор общего назначения «Беларус-2022» класса 40 кН (200 л. с.), а в 2001 г. трактор «Беларус-2522» (250 л. с.) класса 50 кН. В настоящее время с конвейера завода сходят тракторы «Беларус-3022» (300 л. с.), разработаны тракторы мощностью 350–450 л. с.

В 2004 г. ПО «МТЗ» получил международный сертификат DIN EN ISO 9001:2000, подтверждающий соответствие менеджмента качества требованиям международных стандартов. Все модели тракторов «Беларус» также сертифицированы по стандартам ЕС.

В ноябре 2009 г. решением экспертного комитета Немецкого сельскохозяйственного общества (DLG) энергоэффективному трактору «Беларус-3023» с электротрансмиссией присвоена Серебряная медаль международной выставки *Agritechnica-2009*. Не имеющее мировых аналогов техническое решение позволяет сэкономить до 30 % топлива, а также снизить расходы на техническое

обслуживание трактора. В дальних и труднодоступных районах тракторы с подобной трансмиссией также могут быть использованы в качестве передвижного источника электроэнергии мощностью до 172 кВт.

ПО «МТЗ» вошел в XXI в. с широкой гаммой тракторов мощностью от 9,0 до 300 л. с., включающей в себя:

– минитракторы и компактные тракторы для садов, виноградников и ферм;

– сельскохозяйственные тракторы;

– коммунальные и погрузочные машины;

– машины для лесоразработок;

– шахтные машины.

Краткий исторический обзор отечественного автомобилестроения

9 августа 1944 г. Государственный Комитет обороны СССР принял постановление о строительстве в поселке Красное Урочище на окраине г. Минска автомобильного завода. С этой даты идет отсчет развития автомобилестроения в Республике Беларусь.

В 1947 г. собраны первые автомобили МАЗ-200 и МАЗ-205.

В 1950 г. были выпущены первые автомобили-гиганты МАЗ-525 грузоподъемностью 25 тонн, которых не выпускали европейские предприятия.

В 1952 г. на ВДНХ СССР в г. Москве демонстрировался первый седельный тягач МАЗ-200В, а в 1955 г. разработан первый полноприводный лесовоз МАЗ-501 силами конструкторского коллектива МАЗ. Это была стопроцентная разработка белорусских конструкторов, поскольку до 1955 г. разработчиками документации были ярославские специалисты. Необходимо отметить, что белорусские автомобили семейства МАЗ-200 (самосвалы и бортовые грузовики) создавались под руководством Г. М. Кокина, тогдашнего главного конструктора МАЗа, удостоенного в 1949 г. звания Лауреата Государственной премии СССР за создание советских дизельных автомобилей. В начале 50-х г. Г. М. Кокин ушел на преподавательскую работу, и некоторое время занимал пост ректора Белорусского политехнического института. В марте 1965 г. с конвейера завода сошел МАЗ-500 с откидывающейся кабиной, создателем которой был тогда молодой талантливый конструктор М. С. Высоцкий, ставший затем главным конструктором объединения «БелавтоМАЗ», а в настоящее время – генеральным директором Государственного научного учреждения «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси». М. С. Высоцкий –

герой Беларуси, Лауреат Государственной премии РБ, академик НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, которого можно назвать отцом белорусского автомобилестроения.

В 70–80 г. XX в. под руководством М. С. Высоцкого разработано семейство магистральных автопоездов, не уступающих мировым аналогам.

В 1990 г. разработан и внедрен в производство полноприводный трехосный автомобиль военного назначения МАЗ-6317. Эта машина с установками «Град» используется в вооруженных силах страны.

Под руководством М. С. Высоцкого создано шесть поколений автомобилей грузоподъемностью от 8 до 320 т и 350 моделей грузовиков.

Сегодня МАЗ является единственным заводом в мире, выпускающим большую гамму прицепов и полуприцепов, что позволяет полностью унифицировать их с выпускаемыми тягачами.

С начала XXI в. МАЗ освоил производство среднетоннажных низкорамных автомобилей, большую гамму автобусов городского и международного сообщения, новое поколение автомобилей, которые удовлетворяют требованиям ЕС по экологии (Евро-2, Евро-3 и Евро-4).

В состав образованного в 1975 г. объединения «БелавтоМАЗ» вошли два широкоизвестные предприятия: Белорусский автомобильный завод большегрузных автомобилей (БелАЗ) и Могилевский автомобильный завод (МоАЗ).

Белорусский автомобильный завод (БелАЗ)

1958 г. – преобразование жодинского завода «Дормаш» в БелАЗ.

5 ноября 1958 г. – выпуск первого 25-тонного автосамосвала МАЗ-525, собранного из сборочных единиц, изготовленных на Минском автозаводе. С 1959 г. БелАЗ начал самостоятельное производство МАЗ-525. В 1965 г. автосамосвал БелАЗ-540 грузоподъемностью 27 т награжден золотой медалью Лейпцигской ярмарки.

1975 г. – вхождение БелАЗа в ПО «БелавтоМАЗ». Сборка двух 75-тонных и одного 120-тонного автосамосвала.

1977 г. – серийный выпуск 75-тонных автосамосвалов. Сборка первого автосамосвала БелАЗ-7519 (110 т).

1979 г. – изготовление первого 180-тонного автосамосвала БелАЗ-7521.

1984 г. – на юбилейной выставке «Автопром-84» 180-тонный БелАЗ – экспонат номер один.

1988 г. – производство нового автосамосвала БелАЗ-7549 (80 т).

1990 г. – сборка первого образца сверхтяжелого карьерного автосамосвала для горнорудной промышленности грузоподъемностью 280 т.

В настоящее время ОАО «БелАЗ» – крупнейший мировой производитель самосвалов большой и особо большой грузоподъемности (каждый третий самосвал в мире). Например, самосвал нового поколения БелАЗ-75601 имеет грузоподъемность 360 т и полную массу 620 т. Силовая установка самосвала развивает мощность 3800 л. с., обеспечивая транспортную скорость самосвала 65 км/ч.

Могилевский автомобильный завод (МоАЗ)

1959 г. – выпуск Могилевским заводом подъемно-транспортного оборудования (МоЗПТО) первых самоходных скреперов Д-357Г.

1966 г. – переименование Могилевского завода подъемно-транспортного оборудования (МоЗПТО) в Могилевский автомобильный завод.

1968 г. – изготовление образцов подземного автопоезда МоАЗ-6401-9587.

1971 г. – серийное производство подземных самосвальных автопоездов МоАЗ-6401-9585.

1972 г. – освоение выпуска самоходных скреперов МоАЗ-546П-Д357П.

1975 г. – вхождение МоАЗ в состав производственного объединения «БелавтоМАЗ».

1978 г. – выпуск автосамосвала МоАЗ-8507 (20 т).

1984 г. – серийный выпуск модернизированного подземного самосвального автопоезда МоАЗ-7405-9586.

1987 г. – выпуск модернизированного автосамосвала МоАЗ-75051 грузоподъемностью 23 т.

В настоящее время продукция МоАЗ находит самое разнообразное применение:

– самоходные скреперы прокладывают дороги и сооружают оросительные системы;

– подъемные автопоезда незаменимы при строительстве тоннелей, добыче сырья для цветной металлургии, а также при добыче драгоценных металлов;

– полноприводные автосамосвалы, обладающие превосходной маневренностью и проходимостью, незаменимы при работе в карьерах и на крупнейших стройках.

Раздел 1.
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАКТОРАХ И АВТОМОБИЛЯХ

Глава 1. ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ТРАКТОРА

1.1. Классификация тракторов

Современные тракторы классифицируют по назначению и типу движения.

По назначению различают сельскохозяйственные тракторы:

– *общего назначения* – для выполнения работ в растениеводстве и животноводстве, но без возделывания пропашных культур;

– *универсально-пропашные* – то же, что и общего назначения, а также для возделывания и уборки пропашных культур;

– *пропашные* – для возделывания и уборки пропашных культур;

– *специализированные по назначению* – для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур (виноградниковые, свекло-, хлопко-, рисо-, табако- и хмелеводческие);

– *специализированные по области применения* – горные, болотоходные, тепличные, мелиоративные;

– *самоходные шасси* – трактор со свободной в межосевом пространстве рамой, на которую можно устанавливать сельскохозяйственные машины или платформу для перевозки грузов;

– *вспомогательные* – подъемно-транспортирующие и другие машины для внутрихозяйственных подсобных работ;

– *малогабаритные* – для работ на делянках, террасах, мелкоконтурных участках;

– *пешеходные* – мотоблоки для работ на машинонепригодных участках и в подсобных хозяйствах.

По типу движителей различают:

– *колесные* тракторы (передвигаются с помощью колесного движителя);

– *гусеничные* (передвигаются на гусеничном движителе);

– *полугусеничные* (в них одновременно используются колесные и гусеничные движители. Обычно полугусеничный трактор представляет собой модификацию колесного.)

1.2. Типаж тракторов

Типаж тракторов – это технически и экономически обоснованный ряд выпускаемых промышленностью тракторов, необходимых народному хозяйству. Классификационный показатель типажа тракторов – *тяговый класс*.

Каждый класс содержит одну базовую модель трактора и несколько ее модификаций, которые представляют собой видоизмененные модели базового трактора, сохраняющие ее основные сборочные единицы.

Базовую модель трактора определенного тягового класса и ее модификации принято называть *семейством* тракторов этого класса.

В типаже сельскохозяйственных тракторов определены тяговые классы по следующим значениям тягового усилия: 2; 6; 9; 14; 20; 30; 40; 50; 60; 80 кН.

ПО «Минский тракторный завод» присваивает тракторам трехзначные и четырехзначные цифровые обозначения.

Например, «Беларус-800» означает: «Беларус» – торговая марка тракторов, выпускаемых ПО «Минский тракторный завод»; первая цифра «8» – мощность дизеля 80 л. с.; вторая цифра «0» – неведущая передняя ось. Тракторы с передним ведущим мостом имеют вторую цифру «2». Третья цифра «0» – означает номер модификации. Трехзначная цифровая индексация принята для тракторов мощностью до 100 л. с. Энергонасыщенные тракторы мощностью от 100 л. с. и выше имеют четырехзначную цифровую индексацию.

Например, «Беларус-1523» означает: «Беларус» – торговая марка; первые две цифры «15» – мощность дизеля 150 л. с.; третья цифра «2» – с передним и задним ведущими мостами (4К4) и четвертая цифра «3» – номер модификации.

Краткая техническая характеристика некоторых базовых моделей тракторов дана в таблице приложения 1.

1.3. Основные составные части трактора

Тракторы состоят из многочисленных и конструктивно разнообразных механизмов, гидравлических, пневматических, электрических и комбинированных систем, находящихся в определенном взаимодействии. Расположение основных частей и сборочных единиц гусеничного трактора ДТ-75МВ показано на рис. 1.1.

Двигатель 1 преобразует химическую энергию сгораемого топлива в механическую энергию вращения коленчатого вала.

Трансмиссия трансформирует вращательное движение, распределяет его и переносит к ведущим колесам (звездочкам). Она включает в себя муфту сцепления *2*, соединительный вал *3*, коробку передач *4*, планетарные механизмы *6*, главную *10* и конечные *9* передачи.

Трансмиссия трактора ДТ-175С гидромеханическая с гидротрансформатором, обеспечивающим автоматическое и бесступенчатое изменение скорости движения трактора в зависимости от тягового усилия на крюке.

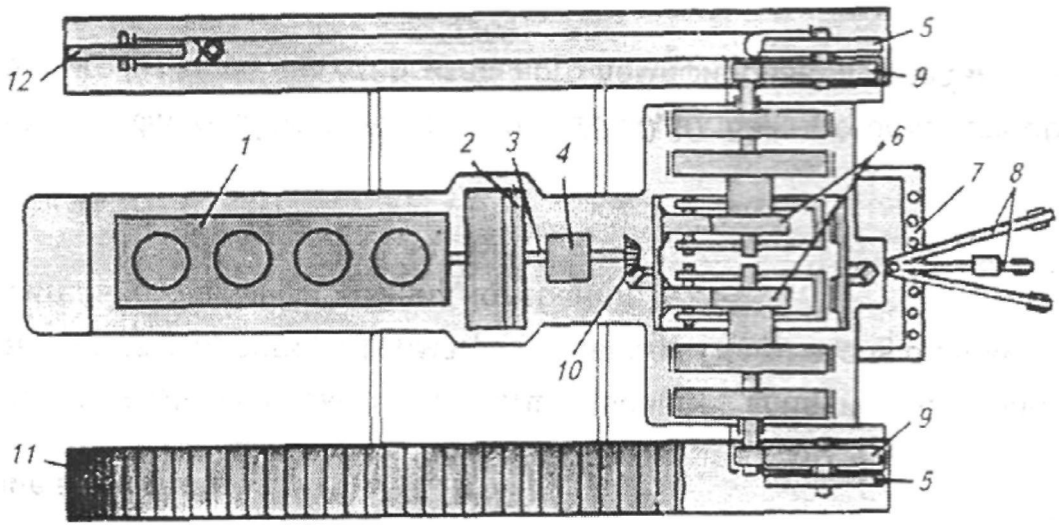


Рис. 1.1. Расположение основных составных частей гусеничного трактора ДТ-75МВ: *1* – двигатель; *2* – муфта сцепления; *3* – соединительный вал; *4* – коробка передач; *5* – ведущая звездочка; *6* – планетарные механизмы поворота; *7* – прицепное устройство; *8* – заднее навесное устройство; *9* – конечные передачи; *10* – главная передача; *11* – гусеничная цепь; *12* – направляющая звездочка

Ходовая часть служит для преобразования вращательного движения движителей в поступательное движение трактора по опорной поверхности. В нее входят остов (рама), подвески и движители, включающие в себя ведущие звездочки *5*, направляющие звездочки *12*, поддерживающие ролики и гусеничные цепи *11*.

Механизмы управления, воздействуя на ходовую часть, изменяют траекторию движения трактора, останавливают и удерживают его неподвижно. К ним относятся планетарные механизмы *6* и тормоза.

Рабочее оборудование трактора состоит из механизма навески с гидроприводом, прицепного устройства *7*, механизма отбора мощности и приводного шкива. Заднее навесное устройство *8* (ЗНУ) служит для присоединения навесных машин и управления их работой. С помощью прицепного устройства буксируют различные прицепные машины и транспортные средства.

Механизм отбора мощности (МОМ) и гидросистема отбора мощности (ГСОМ) служат для приведения в действие рабочих органов агрегатируемых машин.

Вспомогательное оборудование трактора состоит из кабины с подрессоренным сиденьем, приборами, системой вентиляции и очистки воздуха, капота, системы световой и звуковой сигнализации, компрессора и т. д.

Составные части колесного трактора (рис. 1.2) имеют то же назначение, что и гусеничного.

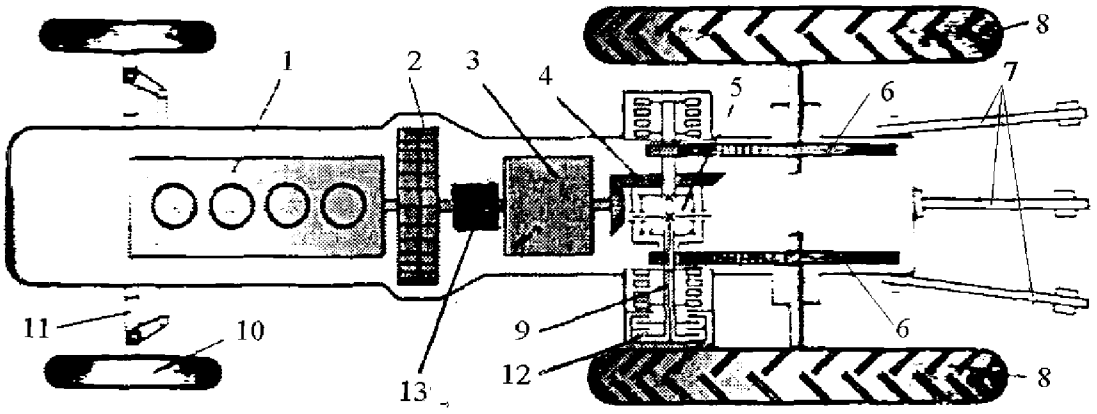


Рис. 1.2. Расположение основных составных частей колесного трактора «Беларус-800»: *1* – двигатель; *2* – муфта сцепления; *3* – коробка передач; *4* – главная передача; *5* – дифференциал; *6* – конечная передача; *7* – механизм навески; *8* – ведущие колеса; *9* – тормоза; *10* – управляемые колеса; *11* – передняя ось; *12* – муфта блокировки дифференциала; *13* – редуктор

От двигателя *1* крутящий момент через муфту сцепления *2*, редуктор *13*, коробку передач *3*, главную передачу *4* и конечные передачи *6* передается задним ведущим колесам *8*.

Ходовая часть и механизмы управления колесного трактора состоят из остова, передней оси *11*, ведущих *8* и управляемых *10* колес, тормозов *9* и рулевого управления. Между главной *4* и конечными *6* передачами установлен дифференциал *5*, который может блокироваться с помощью муфты блокировки *12*.

Глава 2. ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЯ

2.1. Классификация автомобилей

Автомобили классифицируют по назначению и приспособленности к дорожным условиям.

По назначению различают грузовые, пассажирские и специальные автомобили.

Грузовые автомобили различают по массе груза, который можно перевезти в кузове (по грузоподъемности). Она указана в технической характеристике автомобиля. В зависимости от характера использования автомобили могут быть общего назначения с неопрокидывающимся бортовым кузовом, специализированные (самосвалы, цистерны, контейнеровозы и т. д.) и тягачи (для постоянной работы с прицепами и полуприцепами). Автомобили-тягачи и общего назначения в сцепке с прицепом (полуприцепом) называют автопоездами.

К *пассажирским автомобилям* относятся легковые автомобили и автобусы. Легковые автомобили, вмещающие не более восьми человек с учетом водителя, выпускают с закрытыми и открывающимися кузовами. Автобусы подразделяют по месту их применения на городские, междугородные и туристические.

Специальные автомобили (погрузчики, пожарные машины, автокраны и т. д.) предназначены в основном для нетранспортных работ.

Автомобилям присваивают сокращенное классификационное обозначение. В начале обозначения указывают прописными буквами аббревиатуру завода-изготовителя. Первая цифра означает класс, который для легковых автомобилей определяется литражом двигателя, для автобусов – габаритной длиной, для грузовых автомобилей – полной массой. Вторая цифра указывает на вид автомобиля: 1 – легковой; 2 – автобус; 3 – грузовой бортовой; 4 – седельный тягач; 5 – самосвал; 6 – цистерна; 7 – фургон; 9 – специальный. Третья и четвертая цифры означают модель, пятая – модификацию модели.

Например, индекс «МАЗ-555142» означает: автомобиль изготовлен на Минском автомобильном заводе; первая цифра «5» – пятый класс; вторая цифра «5» – вид автомобиля (самосвал); цифры «51» – заводское обозначение модели и цифры «42» – обозначение соответствия уровню экологических требований (Евро-2, Евро-3, Евро-4) и фирмы-изготовителя дизеля.

По приспособленности к дорожным условиям различают автомобили нормальной проходимости и повышенной проходимости.

Автомобили нормальной проходимости предназначены для работы на дорогах с твердым и сухим грунтовым покрытием и имеют привод на одну ось (два колеса). *Автомобили повышенной проходимости* предназначены для движения по плохим дорогам и в условиях бездорожья, имеют привод на две оси (четыре колеса) или при наличии нескольких осей – на три-четыре оси (шесть-восемь колес).

Все колесные тракторы и автомобили условно обозначают колесной формулой, где первая цифра – общее число колес, а вторая – число ведущих колес, причем сдвоенные ведущие колеса считаются за одно колесо. Например, автомобиль типа 4×2 имеет четыре колеса, из которых два ведущих, а трактор типа 4К4 – четыре колеса, причем все ведущие. Краткая техническая характеристика некоторых автомобилей, применяющихся в сельском хозяйстве, приведена в таблице приложения 3.

2.2. Основные составные части автомобиля

Основные составные части автомобиля (рис. 1.3): двигатель *1*, шасси и кузов *5* (рис. 1.4). Шасси автомобиля состоит из трансмиссии, ходовой части и механизмов управления.

Трансмиссия состоит из муфты сцепления *2* (рис. 1.3), коробки передач *3*, карданного вала *4*, главной передачи *5*, дифференциала *6*.

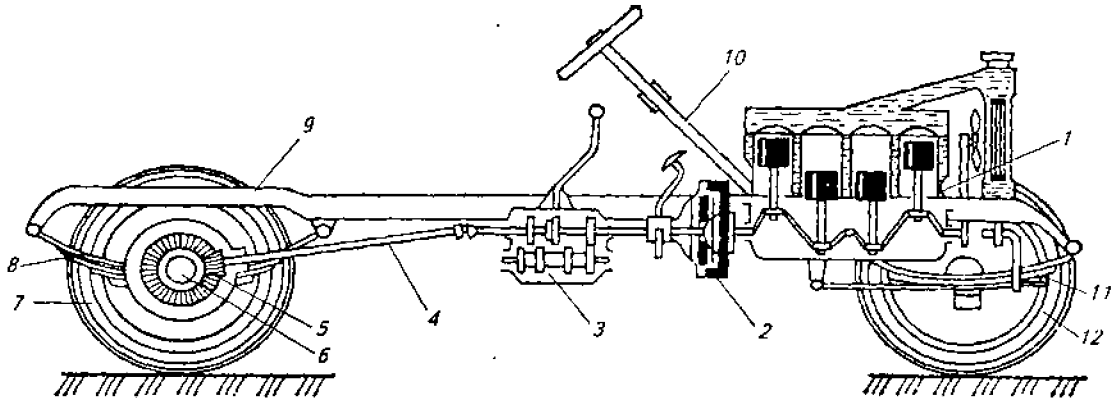


Рис. 1.3. Компоновка основных составных частей заднеприводного автомобиля: *1* – двигатель; *2* – муфта сцепления; *3* – коробка передач; *4* – карданный вал; *5* – главная передача; *6* – механизм поворота (дифференциал); *7* – заднее колесо; *8* – рессора заднего колеса; *9* – рама; *10* – вал рулевого колеса с рулевым приводом; *11* – рессоры передних колес; *12* – передние колеса

Ходовая часть включает в себя раму *9*, передние *11* и задние *8* рессоры, передние *12* и задние *7* колеса. В качестве упругих элементов, наряду

с рессорами, находят широкое применение пневматические и гидропневматические устройства.

Управление автомобилем осуществляется с помощью рулевого управления, включающего в себя рулевое колесо с рулевым приводом, управляемых колес *12* и тормозов.

На шасси устанавливают кузов для размещения пассажиров или груза. Для водителя и обслуживающего персонала в грузовом автомобиле имеется кабина *1* (рис. 1.4). Автомобиль обычно имеет: капот, крылья, подножки. К вспомогательному оборудованию автомобиля относят тягово-сцепное устройство, лебедку, системы отопления и вентиляции, компрессор и т. п.

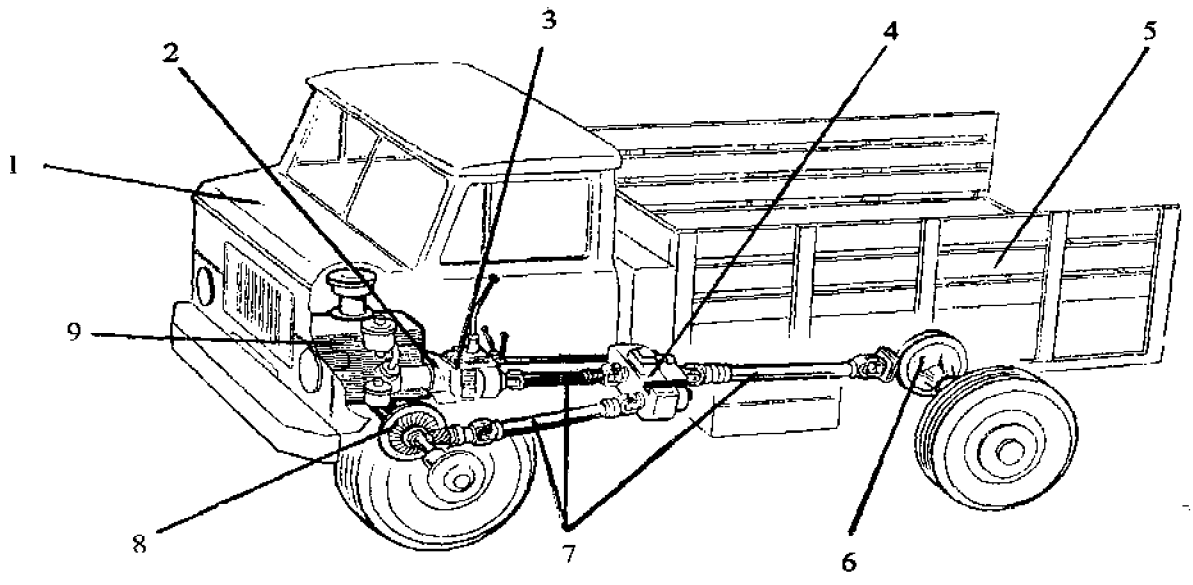


Рис. 1.4. Компоновка составных частей полноприводного автомобиля (4×4): *1* – кабина; *2* – муфта сцепления; *3* – коробка передач; *4* – раздаточная коробка; *5* – кузов; *6* – задний мост с главной передачей и дифференциалом; *7* – карданные валы; *8* – передний ведущий мост с главной передачей и дифференциалом; *9* – двигатель

На автомобилях повышенной проходимости (рис. 1.4) ведущими являются передний мост *8* и задний мост *6*. Такой автомобиль имеет раздаточную коробку *4* и дополнительный карданный вал *7* переднего ведущего моста *8*, имеющего главную передачу, дифференциал и полуоси. Привод и поворот передних колес осуществляется через шарниры равных угловых скоростей.

На рис. 1.5 показана компоновка автомобиля-самосвала МАЗ-555142 (4×2) с кузовом увеличенного объема, подъемник которого позволяет производить разгрузку сыпучих грузов на три стороны (влево, вправо и назад).

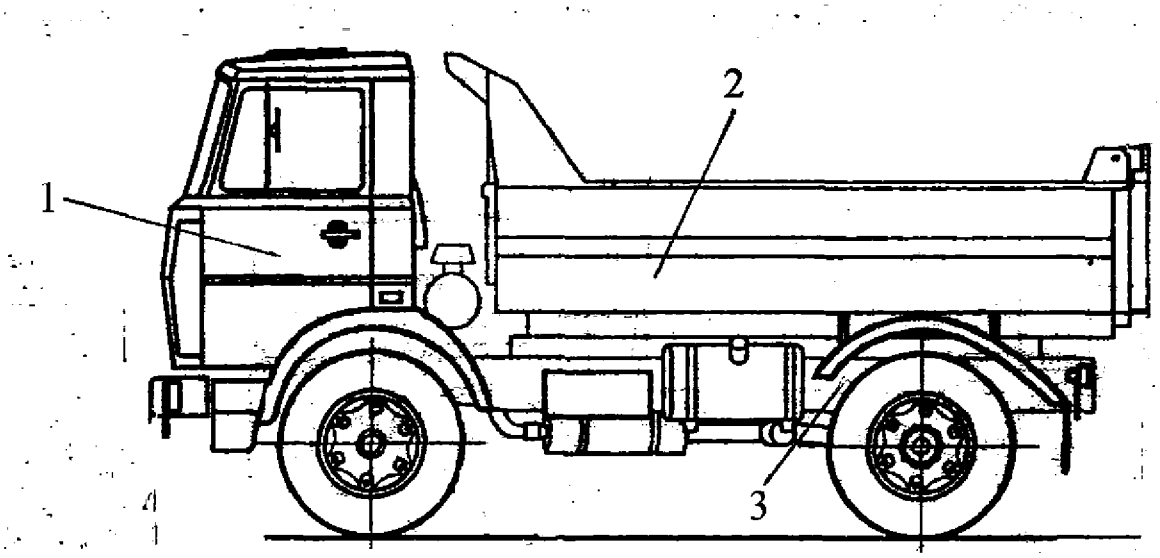


Рис. 1.5 Автомобиль-самосвал МАЗ-555142 (4×2)
с трехсторонней разгрузкой сыпучих грузов:
1 – кабина; *2* – кузов; *3* – шасси

Контрольные вопросы

1. Назовите наших соотечественников-создателей колесных тракторов и автомобилей.
2. Перечислите модели типоразмерных рядов тракторов «Беларус» и автомобилей МАЗ.
3. Какими тяговыми классами определяются современные тракторы?
4. Назовите основные признаки классификации тракторов и автомобилей.
5. Перечислите основные составные части трактора и автомобиля и их вспомогательное оборудование.

Раздел 2.
ДВИГАТЕЛИ ТРАКТОРОВ И АВТОМОБИЛЕЙ

Глава 1. КЛАССИФИКАЦИЯ, РАБОТА И ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДВИГАТЕЛЕЙ

1.1. Классификация двигателей

Двигатель – это устройство, преобразующее какой-либо вид энергии в механическую работу.

В основном широко используют тепловые двигатели, внутри которых происходит сжигание топлива и преобразование части выделившейся теплоты в механическую работу. Их называют двигателями внутреннего сгорания. К ним относят *поршневые*, в которых весь рабочий процесс осуществляется полностью в цилиндрах; *газотурбинные*, в которых рабочий процесс последовательно совершается в воздушном компрессоре, камере сгорания и расширительной машине – газовой турбине, и *реактивные*, в которых расширение продуктов сгорания происходит в реактивном сопле.

На многих современных тракторах и автомобилях установлены поршневые двигатели внутреннего сгорания. Эти двигатели классифицируют по следующим основным признакам:

– способу воспламенения горючей смеси (топлива с воздухом в определенных соотношениях): с воспламенением от сжатия (дизели) (рис. 2.4); с принудительным воспламенением от электрической искры (бензиновые, газовые и инжекторные (рис. 2.2 и 2.3);

– способу смесеобразования: с внутренним (дизели) и внешним (бензиновые, газовые и инжекторные) смесеобразованием;

– виду применяемого топлива: работающие на жидком (бензин или дизельное топливо) и газообразном (сжатый или сжиженный газ) топливе, а также многотопливные;

– способу осуществления рабочего цикла: четырех- и двухтактные;

– числу цилиндров: одно- и многоцилиндровые (двух-, трех-, четырехцилиндровые и т. д.);

– расположению цилиндров: однорядные или линейные (цилиндры расположены в один ряд), двухрядные, или V-образные (один ряд цилиндров размещен под углом к другому);

– типу системы охлаждения: с жидкостным или воздушным охлаждением.

На отечественных тракторах и автомобилях большой грузоподъемности применяют четырехтактные многоцилиндровые дизели, а на автомобилях легковых, малой и средней грузоподъемности – четырехтактные многоцилиндровые бензиновые, инжекторные и газовые двигатели или дизели.

1.2. Основные механизмы и системы

Поршневой двигатель внутреннего сгорания состоит их корпусных деталей (блок или блок-картер, головка цилиндров, поддон, крышки), кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, систем питания, охлаждения, смазочной системы, зажигания, пуска и регулирования частоты вращения.

Кривошипно-шатунный механизм (*КШМ*) предназначен для преобразования прямолинейного возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала и наоборот.

Газораспределительный механизм (*ГРМ*) своевременно соединяет надпоршневой объем с системами впуска свежего заряда и выпуска из цилиндра продуктов сгорания (отработавших газов) в определенные промежутки времени.

Система питания служит для подачи в цилиндры дизеля очищенного воздуха и хорошо очищенного и мелкораспыленного топлива, в бензиновом и инжекторном – для очистки топлива, воздуха, приготовления горючей смеси и ввода ее в цилиндры, а в газовом – для очистки воздуха, снижения давления газа, приготовления горючей смеси и ввода ее в цилиндры.

Система охлаждения необходима для поддержания оптимального теплового режима двигателя. Избыток теплоты отводится жидкостью или воздухом.

Смазочная система предназначена для подвода очищенного смазочного материала к поверхностям трения с целью их разделения, охлаждения, снижения трения, защиты от коррозии и вымывания продуктов изнашивания.

Система зажигания служит для своевременного принудительного зажигания горючей смеси электрической искрой в цилиндрах бензинового, инжекторного и газового двигателей.

Система пуска обеспечивает устойчивое начало протекания рабочего процесса в цилиндрах двигателя, сообщая ему необходимую частоту вращения коленчатого вала. Пуск может осуществляться электрическим стартером или пусковым двигателем.

Система регулирования частоты вращения – это автоматически действующий механизм, предназначенный для изменения подачи топлива или горючей смеси в зависимости от нагрузки двигателя.

В отличие от бензинового, инжекторного и газового двигателей в дизеле нет системы зажигания, а в его системе питания вместо карбюратора, или смесителя, или инжектора установлена топливная аппаратура (топливный насос высокого давления, топливопроводы высокого давления и форсунки).

1.3. Основные понятия и определения

Для описания основных определений, принятых для двигателей, рассмотрим схему одноцилиндрового поршневого двигателя внутреннего сгорания (рис. 2.1) с центральным кривошипно-шатунным механизмом (когда ось цилиндра пересекает оси поршневого вальца и коленчатого вала).

Верхняя мертвая точка (*ВМТ*) – положение поршня в цилиндре, при котором расстояние от него до оси коленчатого вала двигателя наибольшее.

Нижняя мертвая точка (*НМТ*) – положение поршня в цилиндре, при котором расстояние от него до оси коленчатого вала двигателя наименьшее.

Ход поршня S (м) – расстояние по оси цилиндра между мертвыми точками. При каждом ходе поршня коленчатый вал поворачивается на полоборота, т. е. на угол 180°, следовательно, ход поршня равен двум радиусам r кривошипа коленчатого вала:

$$S = 2 \quad r.$$

Рабочий объем цилиндра V_h (м^3) – объем цилиндра, освобождаемый поршнем при перемещении от ВМТ до НМТ:

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} S, \tag{1}$$

где D – диаметр цилиндра, м.

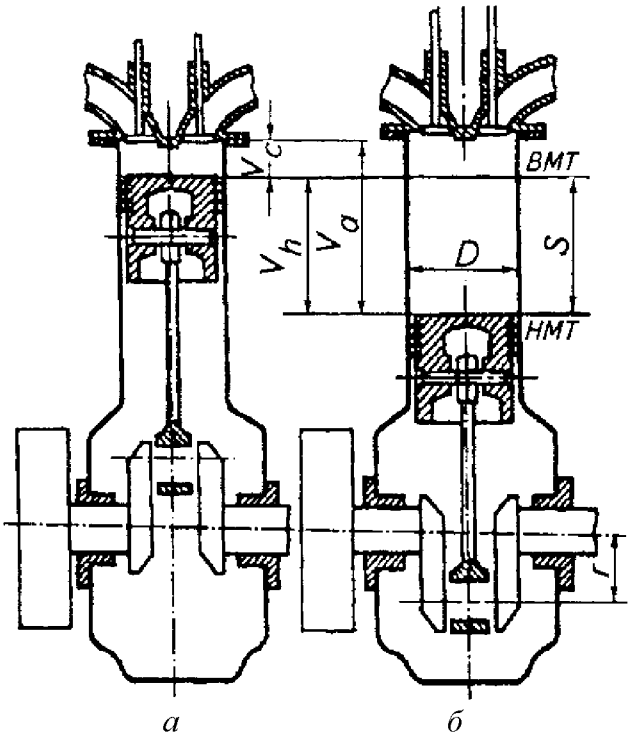


Рис. 2.1. Схема одноцилиндрового двигателя внутреннего сгорания:
а – поршень в ВМТ; *б* – поршень в НМТ

Объем камеры сжатия V_c (м^3) – объем пространства над поршнем, находящимся в ВМТ.

Полный объем цилиндра V_a (м^3) – сумма рабочего объема цилиндра и объема камеры сжатия, т. е. объем пространства над поршнем, находящегося в НМТ:

$$V_a = V_h + V_c. \tag{2}$$

Литраж двигателя $V_л$ (л) – это суммарный рабочий объем цилиндров, выраженный в литрах:

$$V_л = 10^3 V_h i, \tag{3}$$

где i – число цилиндров двигателя.

Степень сжатия ε – отношение полного объема цилиндра к объему камеры сжатия:

$$\varepsilon = V_a / V_c. \tag{4}$$

Следовательно, степень сжатия – это отвлеченное число, показывающее, во сколько раз полный объем цилиндра больше объема камеры сжатия.

Во время работы поршневого двигателя внутреннего сгорания в его цилиндре происходит ряд периодически повторяющихся процессов, при которых изменяется состояние рабочего тела (газа).

Рабочий цикл двигателя – комплекс последовательных процессов (впуск, сжатие, сгорание, расширение и выпуск), в результате которых энергия сгораемого топлива преобразуется в механическую энергию поступательного движения поршня.

Такт – часть рабочего цикла за время движения поршня от одной мертвой точки до другой. Условно принимаем, что такт происходит за один ход поршня.

Двигатели, в которых рабочий цикл совершается за четыре хода (такта) поршня или за два оборота коленчатого вала, называют *четырехтактными*. Двигатели, в которых рабочий цикл совершается за два хода поршня или за один оборот коленчатого вала, называют *двухтактными*.

Работу двигателя за один цикл определяют по индикаторной диаграмме (рис. 2.2, 2.3, 2.4 и 2.5), получаемой с помощью индикаторов. Индикаторная диаграмма представляет собой график зависимости давления p газа в цилиндре от угла α поворота коленчатого вала двигателя. Перестроив диаграмму в pV-координатах, получают площадь, соответствующую в масштабе работе, совершаемой в цилиндре двигателя за один цикл.

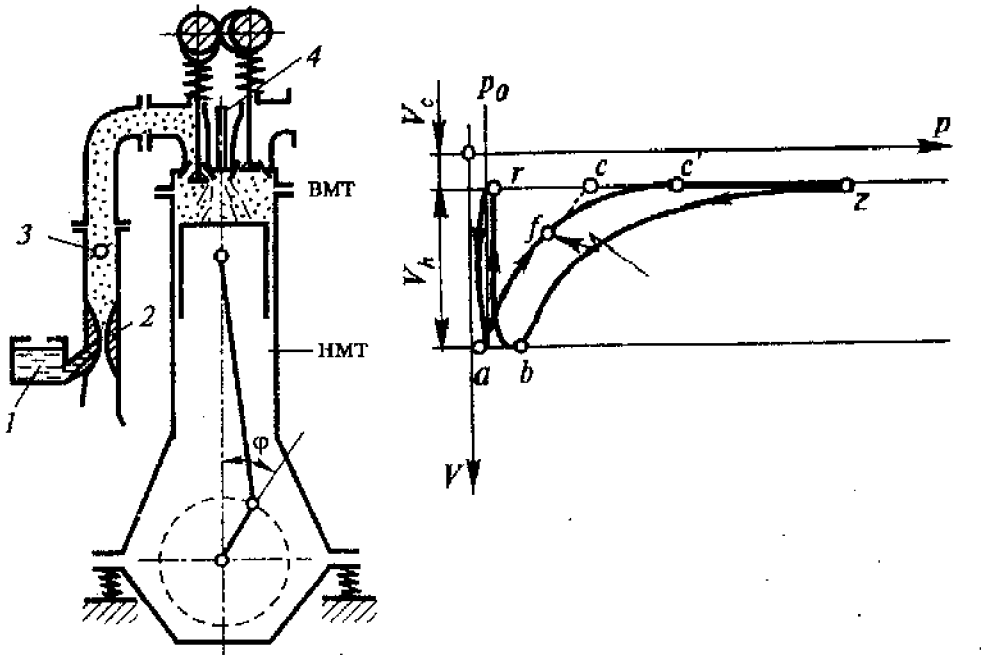


Рис. 2.2. Схема и индикаторная диаграмма четырехтактного двигателя с искровым зажиганием: *1* – поплавковая камера; *2* – диффузор; *3* – дроссельная заслонка; *4* – свеча зажигания

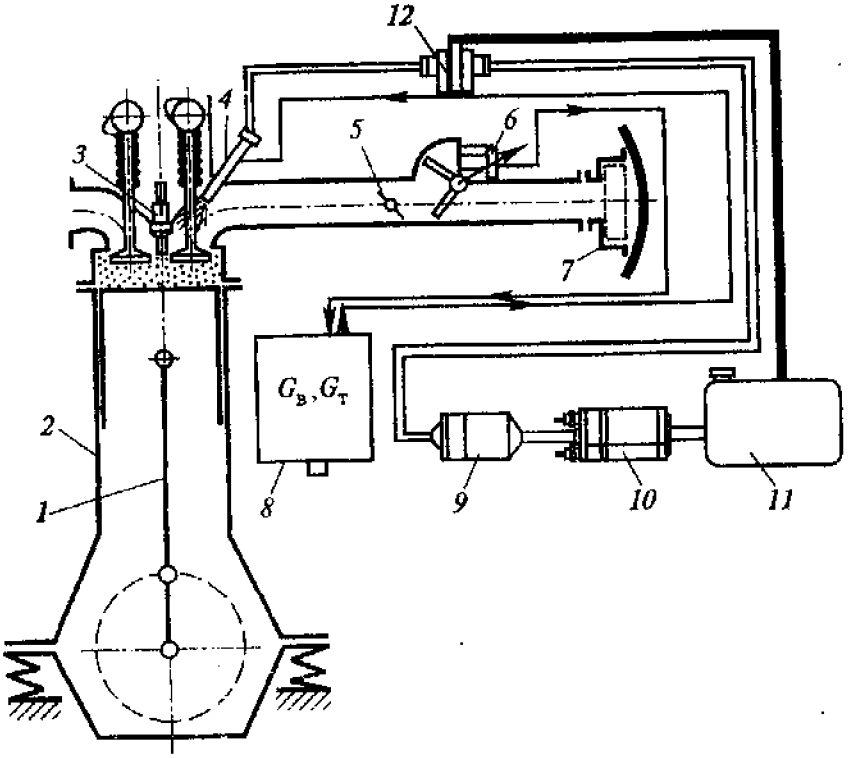


Рис. 2.3. Схема инжекторного двигателя с впрыскиванием бензина во впускную систему: *1* – кривошипно-шатунный механизм; *2* – блок-картер; *3* – свеча зажигания; *4* – форсунка (инжектор); *5* – дроссель; *6* – расходомер воздуха; *7* – воздухоочиститель; *8* – электронный блок управления; *9* – топливный фильтр; *10* – топливный насос; *11* – топливный бак; *12* – регулятор давления; $G_т$ – часовой расход топлива; $G_в$ – часовой расход воздуха

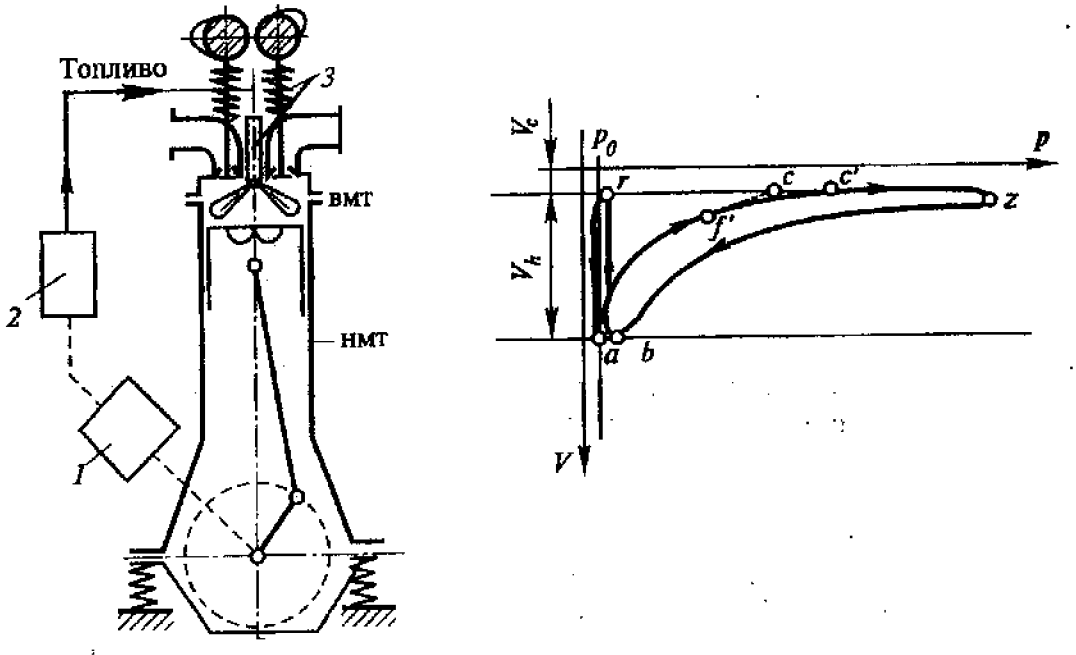


Рис. 2.4. Схема и индикаторная диаграмма четырехтактного дизеля:
1 – привод топливного насоса высокого давления (ТНВД);
2 – ТНВД; *3* – форсунка

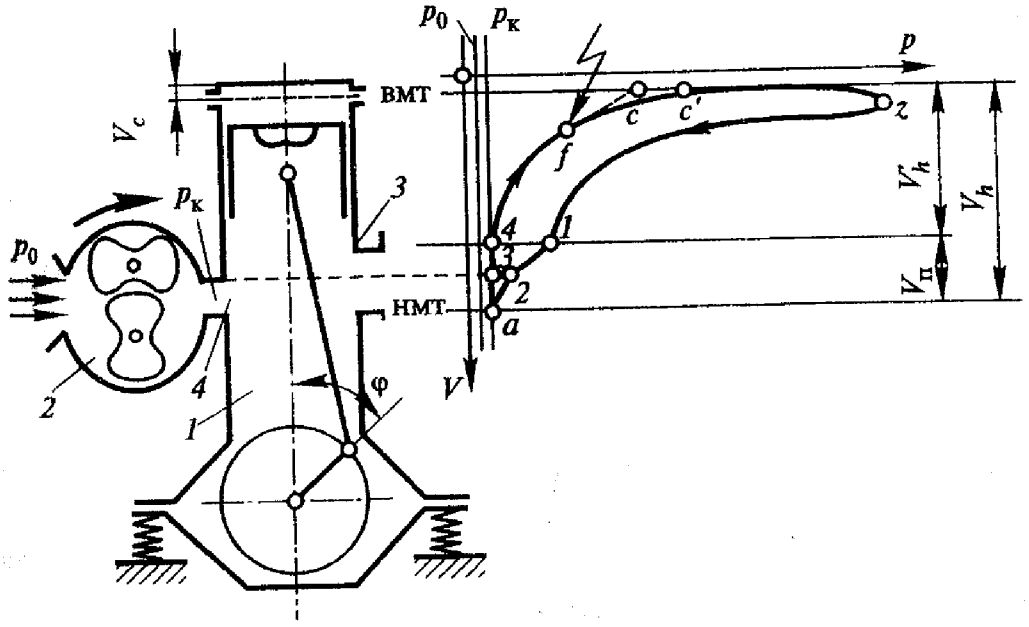


Рис. 2.5. Схема и индикаторная диаграмма двухтактного двигателя:
1 – кривошипно-шатунный механизм; *2* – продувочный нагнетатель;
3 – выпускное окно; *4* – продувочное окно

1.4. Рабочий цикл четырехтактного двигателя с внешним смесеобразованием

Рассмотрим подробно каждый такт цикла.

Такт впуска. Поршень *3* (рис. 2.6, *а*) приводится в действие от коленчатого вала *1* через шатун *2*. Поршень движется от ВМТ к НМТ, создавая разрежение в полости цилиндра *7* над поршнем. Впускной клапан *5* открыт, и цилиндр через впускную трубу и карбюратор (или инжектор, или смеситель) сообщается с атмосферой. Под действием разности давлений воздух, проходя через карбюратор (инжектор, смеситель), смешивается с топливом, образуя горючую смесь, которая заполняет цилиндр *7* до прихода поршня в НМТ.

К этому моменту времени впускной клапан закрывается. Горючая смесь, заполняя цилиндр, перемешивается с остаточными продуктами сгорания от предыдущего цикла и образует рабочую смесь. Давление в конце такта впуска 0,07–0,09 МПа, температура рабочей смеси 330–390 К.

Такт сжатия (рис. 2.6, *б*). При дальнейшем повороте коленчатого вала *1* поршень движется от НМТ к ВМТ. При этом впускной *5* и выпускной *4* клапаны закрыты. Поршень в процессе движения сжимает находящуюся в цилиндре рабочую смесь. В такте сжатия составные части рабочей смеси хорошо перемешиваются и нагреваются. Давление в конце такта сжатия

увеличивается, достигая 0,9–1,2 МПа, а температура – 500–700 К. В конце такта сжатия между электродами свечи *6* возникает электрическая искра, от которой рабочая смесь воспламеняется. В процессе сгорания топлива выделяется большое количество теплоты, давление продуктов сгорания в цилиндре повышается до 3–4,5 МПа, а температура – до 2700 К.

Такт расширения (рис. 2.6, *в*). Оба клапана закрыты. Под давлением продуктов сгорания поршень движется от ВМТ к НМТ и через шатун *2* приводит во вращение коленчатый вал *1*, т. е. совершает полезную работу. К концу такта расширения давление продуктов сгорания в цилиндре уменьшается до 0,3–0,4 МПа, а температура – до 1200–1400 К.

Такт выпуска. Когда поршень *3* подходит к НМТ, открывается выпускной клапан *4* и отработавшие газы под действием избыточного давления удаляются из цилиндра в атмосферу через выпускную трубу. Когда же поршень перемещается от НМТ к ВМТ (рис. 2.6, *г*), он выталкивает из цилиндра оставшиеся отработанные газы. К концу такта выпуска давление в цилиндре составляет 0,11–0,12 МПа, а температура – 700–1000 К.

Далее рабочий цикл повторяется.

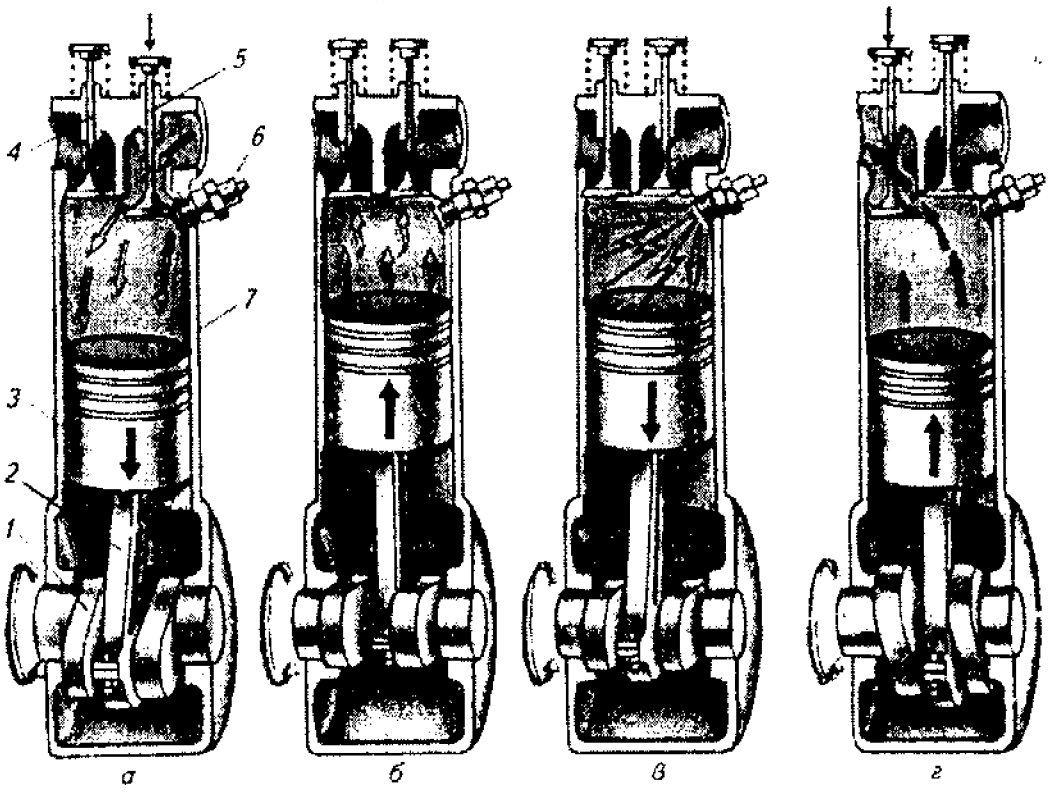


Рис. 2.6. Рабочий цикл одноцилиндрового четырехтактного двигателя с внешним смесеобразованием: *а* – такт впуска; *б* – такт сжатия; *в* – такт расширения; *г* – такт выпуска; *1* – коленчатый вал; *2* – шатун; *3* – поршень; *4* – выпускной клапан; *5* – впускной клапан; *6* – искровая свеча зажигания; *7* – цилиндр

1.5. Рабочий цикл четырехтактного дизеля

В отличие от двигателя с внешним смесеобразованием в цилиндр дизеля воздух и топливо вводятся раздельно.

Такт впуска. Поршень *3* (рис. 2.7, *а*), приводимый в действие от коленчатого вала *1* через шатун *2*, перемещается от ВМТ к НМТ. Впускной клапан *5* открыт, и в цилиндр *8* поступает воздух, давление которого в конце такта равно 0,08–0,09 МПа (в случае без наддува), а температура – 320–340 К.

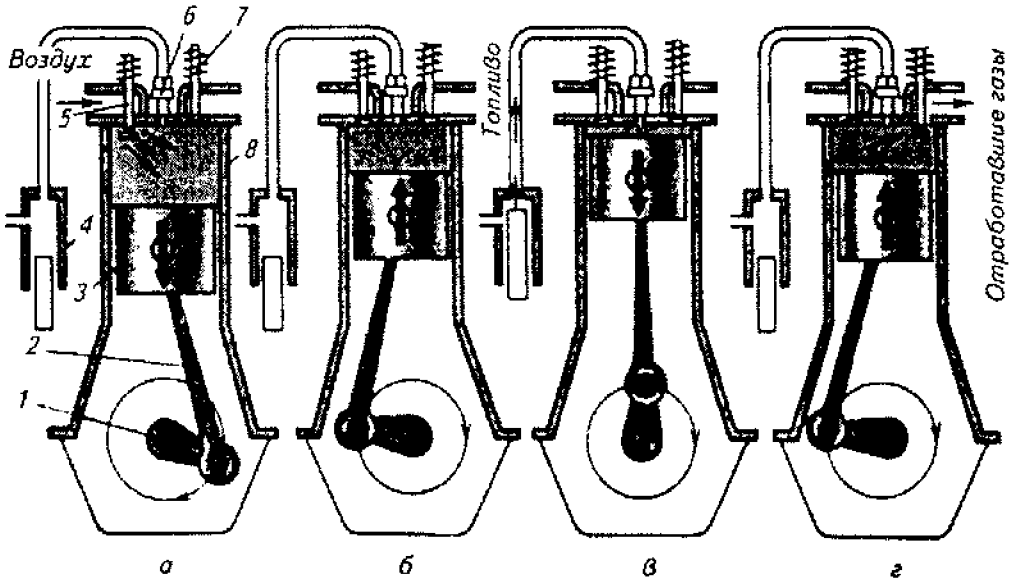


Рис. 2.7. Рабочий цикл одноцилиндрового четырехтактного дизеля: *а* – такт впуска; *б* – такт сжатия; *в* – такт расширения; *г* – такт выпуска; *1* – коленчатый вал; *2* – шатун; *3* – поршень; *4* – топливный насос высокого давления; *5* – впускной клапан; *6* – форсунка; *7* – выпускной клапан; *8* – цилиндр

Такт сжатия. Оба клапана закрыты. При перемещении поршня от НМТ к ВМТ (рис. 2.7, *б*) воздух, находящийся в цилиндре, сжимается до давления 3,5–4 МПа, так как у дизелей степень сжатия составляет 14–18. Температура воздуха при этом достигает 750–950 К, что превышает температуру самовоспламенения топлива. При положении поршня, близком к ВМТ, в цилиндр *8* через форсунку *6* впрыскивается мелкораспыленное топливо под высоким давлением, создаваемым топливным насосом *4* высокого давления.

Топливо, впрыснутое в цилиндр, смешивается с нагретым воздухом и остаточными газами от предыдущего цикла, образуя рабочую смесь. Большая часть топлива воспламеняется и сгорает, давление газов в цилиндре при этом достигает 5,5–9 МПа, а температура – 1900–2400 К.

Такт расширения. Оба клапана остаются закрытыми. Поршень *3* под давлением газов движется от ВМТ к НМТ (рис. 2.7, *в*), при этом сгорает остальная часть топлива. Коленчатый вал *1* через шатун *2* от поршня запасает энергию, полученную при сгорании рабочей смеси. К концу такта расширения давление газов уменьшается до 0,2–0,3 МПа, а температура – до 900–1200 К.

Такт выпуска. Выпускной клапан *7* открывается. Поршень движется от НМТ к ВМТ (рис.2.7, *г*) и через открытый клапан выталкивает отработавшие газы из цилиндра в атмосферу. К концу такта давление газов в цилиндре составляет 0,11–0,12 МПа, а температура – 650–900 К.

Далее рабочий цикл повторяется.

В течение рабочего цикла описанных двигателей только в такте расширения поршень перемещается под давлением газов и посредством шатуна приводит во вращательное движение коленчатый вал, на заднем конце которого крепят массивный маховик. Этот маховик и запасает энергию сгораемого топлива. При выполнении остальных тактов – выпуска, впуска и сжатия – поршень перемещается за счет кинетической энергии, накопленной маховиком.

1.6. Рабочий цикл двухтактного двигателя

Рабочий цикл двухтактного двигателя рассмотрен на примере двигателя с кривошипно-камерной продувкой, схема которого изображена на рис. 2.8.

В стенке цилиндра *4* двигателей этого типа выполнены три окна: впускное *7*, продувочное *2* и выпускное *6*. Картер (кривошипная камера *9*) двигателя непосредственно с атмосферой не сообщен. Впускное окно *7* соединено с карбюратором *8*, продувочное *2* – через канал *1* с кривошипной камерой *9* двигателя.

Рабочий цикл двухтактного карбюраторного двигателя происходит следующим образом. Поршень *3* движется от НМТ к ВМТ (рис. 2.8, *а*), перекрывая в начале хода продувочное окно *2*, а затем выпускное окно *6*. После этого в цилиндре *4* начинается сжатие находящейся в нем рабочей смеси. В то же время в кривошипной камере *9* создается разрежение, и как только нижняя кромка поршня откроет впускное окно *7*, через него из карбюратора *8* в кривошипную камеру будет засасываться горючая смесь.

При положении поршня *3*, близком к ВМТ, сжатая рабочая смесь воспламеняется электрической искрой от свечи *5*. В дизеле в этом положении поршня, когда воздух нагревается до высокой температуры, производится впрыск топлива и происходит процесс сгорания.

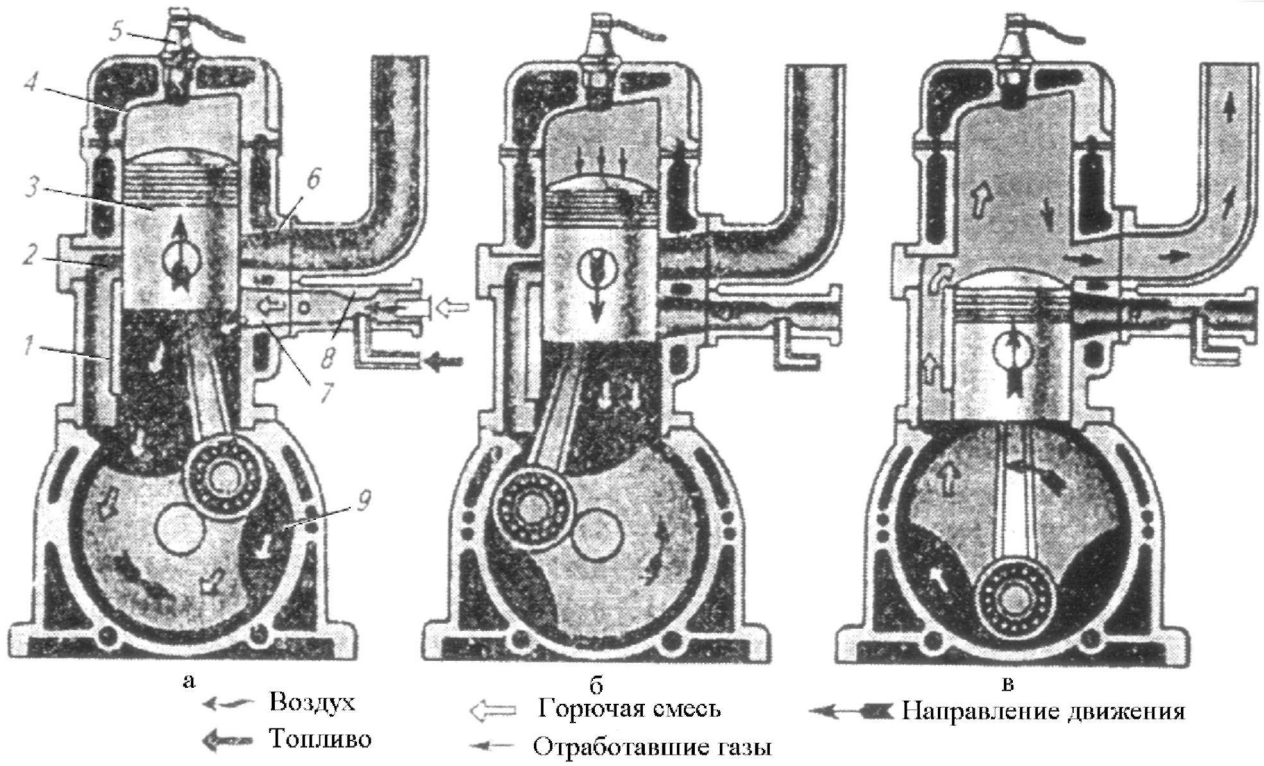


Рис. 2.8. Схема работы двухтактного двигателя с искровым зажиганием и кривошипно-камерной продувкой: *а* – впуск в кривошипную камеру и сжатие в цилиндре; *б* – сжатие в кривошипной камере и расширение в цилиндре; *в* – продувка и заполнение цилиндра рабочей смесью из кривошипной камеры; *1* – канал из кривошипной камеры; *2* – продувочной окно; *3* – поршень; *4* – цилиндр; *5* – искровая свеча зажигания; *6* – выпускное окно; *7* – впускное окно; *8* – карбюратор; *9* – кривошипная камера

При сгорании смеси давление газов резко возрастает. Под давлением газов поршень перемещается к НМТ (рис. 2.8, *б*). Как только он закроет впускное окно *7*, в кривошипной камере *9* начнется сжатие ранее поступившей сюда горючей смеси.

В конце хода поршень открывает выпускное *6* (рис. 2.8, *в*), а затем и продувочное *2* окна. Через открытое выпускное окно отработавшие газы с большой скоростью выходят в атмосферу. Давление газов в цилиндре быстро понижается. К моменту открытия продувочного окна давление сжатой горючей смеси в кривошипной камере становится выше, чем давление отработавших газов в цилиндре. Поэтому горючая смесь из кривошипной камеры по каналу *1* поступает в цилиндр и, заполняя его, выталкивает остатки отработавших газов наружу через выпускное окно.

В дальнейшем все процессы повторяются в той же последовательности.

На рис. 2.5 показана схема исполнения двухтактного двигателя, в котором для продувки цилиндров установлен продувочный нагнетатель *2* с приводом от коленчатого вала двигателя.

1.7. Мощностные и экономические показатели работы двигателя

Часть тепловой энергии, выделяемой в двигателе при сгорании топлива, в процессе рабочего цикла превращается в механическую.

Работа, выполняемая в единицу времени, называется мощностью. Единица измерения мощности – ватт (Вт).

Мощность, развиваемая газами внутри цилиндра двигателя внутреннего сгорания, называется *индикаторной* (N_i). Часть ее расходуется в самом двигателе на преодоление сил трения и привод различных механизмов – это *мощность механических потерь* ($N_м$).

В результате с коленчатого вала на трансмиссию передается *эффективная* (*полезная*) *мощность* (N_e):

$$N_e = N_i - N_м, \tag{5}$$

представляющая собой разность между индикаторной мощностью и мощностью механических потерь.

1.7.1. Литровая мощность и форсирование двигателей

Литровой мощностью, $N_л$, (кВт) называют эффективную мощность, N_e, снимаемую с единицы рабочего объема двигателя:

$$N_л = N_e / i \cdot V_h. \tag{6}$$

Чем выше литровая мощность, тем меньше рабочий объем и соответственно меньше габариты и масса. Двигатели, имеющие высокие значения $N_л$, называют *форсированными*. Способ форсирования дизелей носит название *наддува двигателя*.

Поскольку для существенного увеличения N_e необходимо подать в цилиндры большее количество топлива, то для его полного сгорания необходимо и большее количество окислителя. Это реализуется путем подачи в цилиндры под давлением свежего воздушного заряда.

1.7.2. Эффективный удельный расход топлива

Количество топлива, потребляемого двигателем за час работы на каждый кВт его мощности, называют *эффективным удельным расходом топлива* g_e, г/(кВт·ч):

$$g_e = \frac{G_T}{N_e} 10^3, \qquad (7)$$

где G_T – часовой расход топлива, кг/ч.

1.7.3. Наддув двигателей

На рис. 2.9 показана схема наддувного двигателя с механическим приводом компрессора от коленчатого вала двигателя. Такой тип наддува применяется в основном на двухтактных дизелях и бензиновых двигателях легковых автомобилей иностранного производства (*Mercedes* и др.). Недостатком такой системы является снижение экономичности двигателя в связи с потерями энергии на привод компрессора.

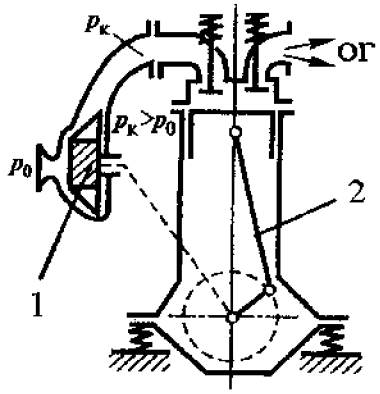


Рис. 2.9. Схема наддува двигателя с приводным компрессором от коленчатого вала:
1 – компрессор; *2* – кривошипно-шатунный механизм

Наибольшее применение в двигателях современных тракторов и автомобилей получил газотурбинный наддув (рис. 2.10). В этой конструкции для привода компрессора *1* используется энергия отработанных газов (ОГ) для вращения лопастной турбины *2*, конструктивно объединенной в один агрегат с компрессором, который называют *турбокомпрессором* (ТКР).

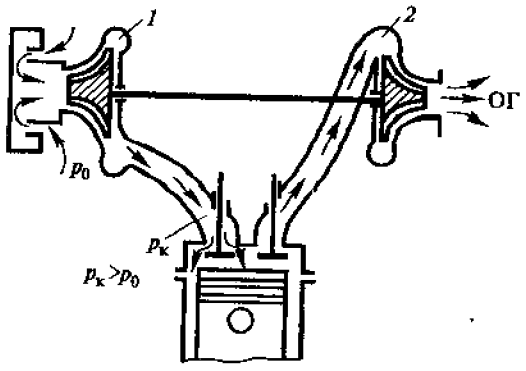


Рис. 2.10. Схема газотурбинного наддува:
1 – центробежный компрессор; *2* – газовая турбина

Применение ТКР в двигателях с искровым зажиганием значительно усложняется в связи с мерами по предотвращению *детонации* – возникновения ударных волн при сгорании последних порций заряда после его объемного самовоспламенения.

1.8. Сравнение некоторых показателей дизелей и двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с искровым зажиганием

1.8.1. Топливная экономичность

По топливной экономичности дизель превосходит ДВС с искровым зажиганием. Для выполнения единицы работы дизель расходует на 25–30 % меньше топлива. Кроме того, дизельное топливо дешевле и менее огнеопасно.

Двухтактные двигатели уступают по экономичности четырехтактным. В значительной мере это относится к двухтактным двигателям с искровым зажиганием, которые в период продувки цилиндров теряют часть горючей смеси.

1.8.2. Механическая напряженность

Показателем механической напряженности является *средняя скорость поршня*, $С_П$ (м/с). По этому параметру дизели имеют в среднем на 25 % лучшие показатели.

1.8.3. Массогабаритные показатели

К этим показателям относятся:

– удельная масса, g_N, (кг/кВт), равная отношению массы сухого двигателя $М_{дв}$ к номинальной эффективной мощности N_e;

– литровая масса, $g_Л$, (кг/л), равная отношению массы сухого двигателя к литражу $(i \cdot V_h)$, л.

При одинаковом рабочем объеме литровая масса ($g_Л$) у дизелей больше, чем у ДВС с искровым зажиганием, в основном из-за большей массы элементов конструкции вследствие их более высокой напряженности по давлению цикла. Максимальное давление цикла в дизеле P_z составляет 6,0–10,0 МПа, тогда как для двигателя с искровым зажиганием P_z – 3,5–6,5 МПа.

Характерные значения массогабаритных показателей транспортных двигателей приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Некоторые параметры транспортных двигателей

Тип ДВС	Параметры	
	g_N, кг/кВт	$g_Л$, кг/л
ДВС с искровым зажиганием	1,4–7,0	50–120
Дизель (без наддува)	2,8–10,0	30–150

1.8.4. Экологические показатели

Экологические показатели ДВС в настоящее время жестко регламентируются международными стандартами и правилами. По концентрации токсичных веществ в ОГ дизель является более экологически чистым почти по всем компонентам выбросов. Кроме того, у дизеля отсутствуют выбросы соединений свинца (*Pb*) – самого значимого по токсичности компонента, загрязняющего окружающую среду. Пределы изменений количества выбросов вредных веществ приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Выбросы вредных веществ с ОГ двигателей внутреннего сгорания

Компонент	Единица измерения	Дизель	ДВС с искровым зажиганием
CO	% (объем)	0,01–0,5	0,1–8,0
CH	млн$^{-1}$	100–500	200–4000
CO_2	% (объем)	2–12	8–13
NO_X	млн^3	500–3000	500–5000
Сажа	мг/м^3	0–20000	0–100
Соединения *Pb*	мг/м^3	–	0–60
Соединения *S*	мг/м^3	0–0,015	0–0,03

1.9. Многоцилиндровые ДВС

Коленчатый вал одноцилиндрового двигателя вращается неравномерно, т. е. ускоренно во время такта расширения и замедленно в остальных тактах, несмотря на наличие маховика. При этом возникают значительные силы инерции, уравновесить которые, особенно у одноцилиндрового двигателя, весьма сложно. Для такого двигателя характерна плохая приемистость (способность быстро увеличивать частоту вращения коленчатого вала).

Чтобы частично устранить эти недостатки, на тракторы и автомобили устанавливают многоцилиндровые двигатели, в которых несколько одинаковых

по размерам цилиндров объединены в одном двигателе. В многоцилиндровом двигателе частое повторение тактов расширения обеспечивает более равномерное вращение коленчатого вала. Поэтому с увеличением числа цилиндров двигателя размеры его маховика уменьшают.

Для равномерной работы многоцилиндрового двигателя необходимо, чтобы такты расширения следовали через равные углы поворота коленчатого вала. Этот угол определяют делением продолжительности цикла, выраженной в градусах поворота коленчатого вала, на число цилиндров двигателя. Так, в четырехтактном четырехцилиндровом двигателе такт расширения в цилиндрах происходит через 180° (720 : 4), что соответствует половине оборота коленчатого вала. Следовательно, за каждые два оборота коленчатого вала (за рабочий цикл) такты расширения происходят во всех четырех цилиндрах.

Порядок работы двигателя – это последовательность чередования тактов расширения в цилиндрах. Он зависит от расположения цилиндров, взаимного положения кривошипов коленчатого вала и последовательности открытия и закрытия клапанов механизма газораспределения.

Многоцилиндровые двигатели имеют различное число цилиндров – от двух до двенадцати.

Расположение цилиндров многоцилиндровых двигателей может быть *однорядным* или *двухрядным*. У большинства однорядных двигателей цилиндры размещают вертикально (рис. 2.11, *а*), в двухрядных – под углом друг к другу. Если в двухрядном двигателе угол между цилиндрами меньше 180°, то его называют V-образным (рис. 2.11, *б*). Если же этот угол равен 180°, то такой двигатель называют *оппозитным* (рис. 2.11, *в*). Для двигателей с однорядным расположением цилиндров характерны большие габаритные размеры и масса, нежели для V-образных.

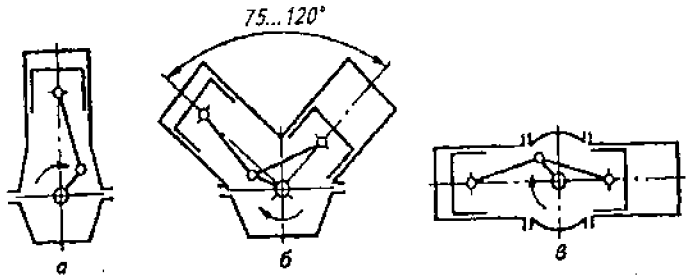


Рис. 2.11. Схемы расположения цилиндров в многоцилиндровых ДВС:
а – вертикальное в один ряд; *б* – V-образное; *в* – оппозитное

Четырехцилиндровый рядный двигатель (рис. 2.12) можно представить как соединенные вместе четыре одноцилиндровых двигателя с одним общим

коленчатым валом, кривошипы (колена) которого расположены в одной плоскости. Два крайних колена направлены в одну сторону, а два средних – в противоположную (под углом 180°). Поршни движутся в цилиндрах в одном направлении попарно.

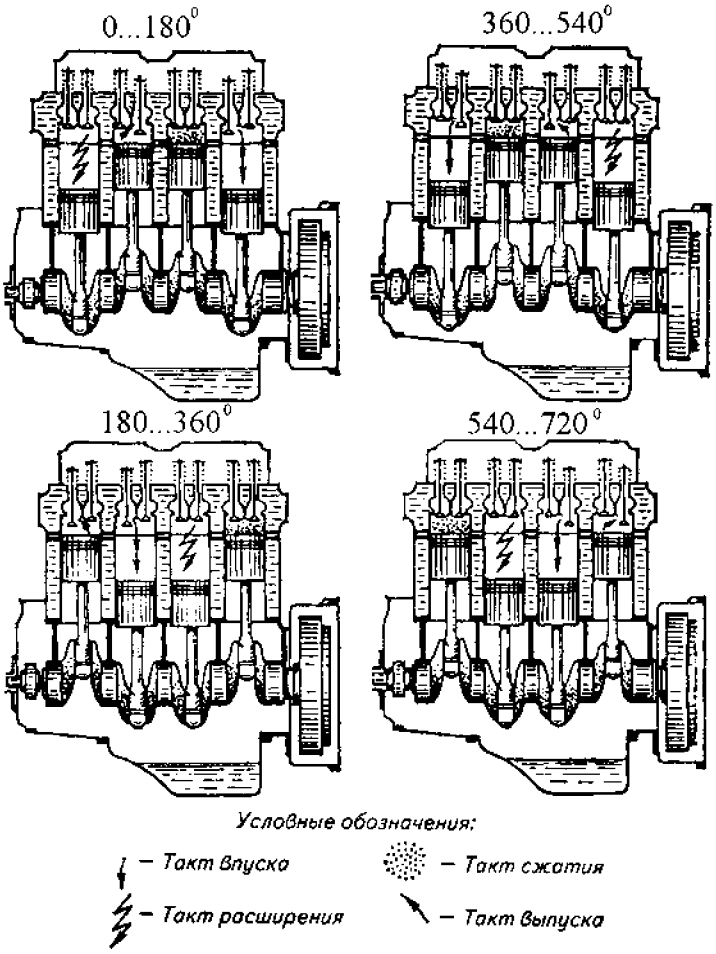


Рис. 2.12. Работа рядного четырехцилиндрового четырехтактного двигателя (1–3–4–2)

При таком расположении колен широко применяется порядок работы цилиндров 1–3–4–2 (в отечественных дизелях Д-242, Д-243, Д-244, Д-245, Д-245.5).

Порядок работы цилиндров 1–2–4–3 применяется, например, в двигателях с искровым зажиганием российского производства ЗМЗ-4025.10 и др. (автомобили УАЗ). Чередование тактов в четырехцилиндровом двигателе с порядком работы цилиндров 1–3–4–2 показано на рис. 2.13.

Шестицилиндровый четырехтактный рядный (линейный) двигатель (рис. 2.14) имеет пространственный шестиколенный вал с углом между кривошипами 120°, что обеспечивает равномерное чередование рабочих ходов с угловым интервалом 120° с порядком работы, который наиболее востребован, 1–5–3–6–2–4–1 или 1–4–2–6–3–5–1.

Чередование тактов в двигателе, показанном на рис. 2.14, с порядком работы 1–5–3–6–2–4–1 изображено на рис. 2.15 (дизели Д-260; Д-262; Д-263 энергонасыщенных тракторов «Беларус» и автомобилей МАЗ).

Обороты коленчатого вала		Цилиндры 1	2	3	4
1-й оборот	1-й полуоборот	Расширение	Выпуск	Сжатие	Впуск
	2-й полуоборот	Выпуск	Впуск	Расширение	Сжатие
2-й оборот	1-й полуоборот	Впуск	Сжатие	Выпуск	Расширение
	2-й полуоборот	Сжатие	Расширение	Впуск	Выпуск

Рис. 2.13. Чередование тактов рядного четырехцилиндрового двигателя с порядком работы (1–3–4–2)

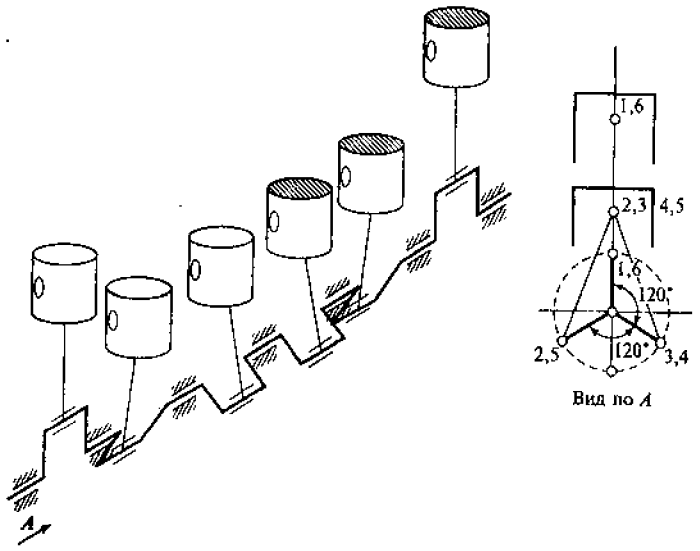


Рис. 2.14. Схема шестицилиндрового четырехтактного рядного двигателя

Шестицилиндровый четырехтактный V-образный двигатель имеет угол развала осей цилиндров 90° (рис. 2.16). Такое расположение цилиндров позволяет уменьшить длину и массу двигателя. Одна шатунная шейка коленчатого вала воспринимает усилия от двух шатунов. Шатунные шейки коленчатого вала такого двигателя расположены под углом 120°, что приводит к изменению схемы порядка работы цилиндров. Порядок работы такого двигателя 1–4–2–5–3–6–1 (дизели ЯМЗ-236НЕ2).

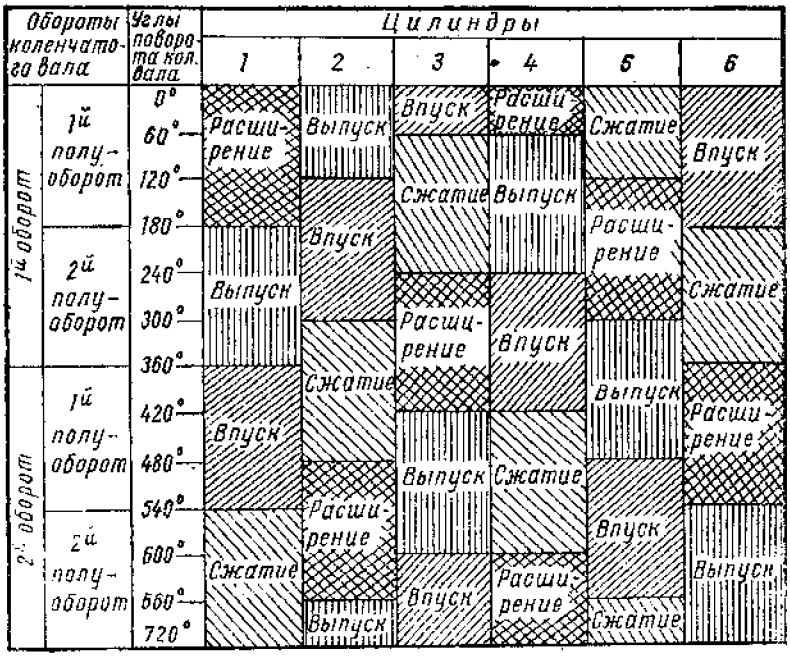


Рис. 2.15. Чередование тактов в рядном шестицилиндровом четырехтактном двигателе с порядком работы 1–5–3–6–2–4–1

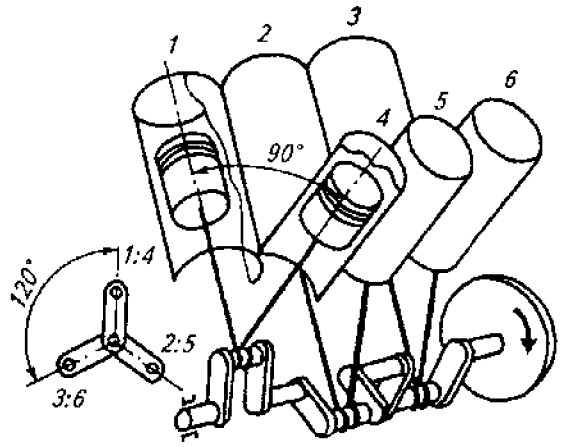


Рис. 2.16. Схема расположения цилиндров шестицилиндрового четырехтактного V-образного двигателя (V6)

Шестицилиндровые V-образные двигатели применяются реже, чем однорядные из-за неравномерного чередования рабочих ходов при наиболее распространенном угле развала 90°. Исключение составляют двигатели со смещенными шатунными шейками коленчатого вала для каждой пары шатунов смежных цилиндров. При этом достигается равномерность чередования рабочих ходов, но усложняется конструкция коленчатого вала.

В двигателях с числом цилиндров восемь и более применяют исключительно V-образное расположение цилиндров.

Восьмицилиндровые четырехтактные V-образные двигатели (рис. 2.17). Угол развала цилиндров каждого ряда равен 90°. Коленчатый вал имеет четыре

кривошипа. Для равномерного чередования тактов расширения колена вала расположены попарно в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и в каждой паре под углом 180°. Порядок работы цилиндров этих двигателей 1–5–4–2–6–3–7–8–1 (дизели ЯМЗ-238БЕ2).

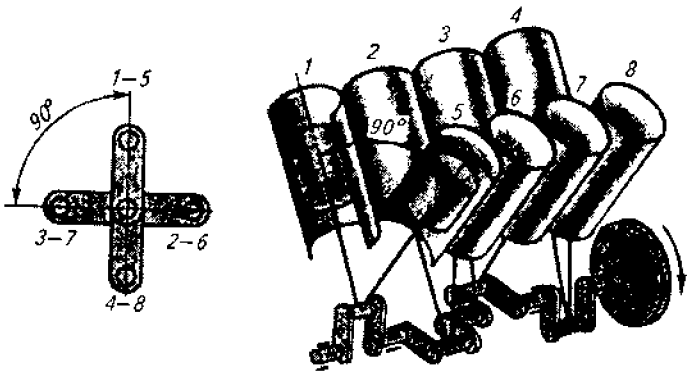


Рис. 2.17. Схема расположения цилиндров восьмицилиндрового четырехтактного V-образного двигателя (V8)

Двенадцатицилиндровый четырехтактный V-образный двигатель (V12) с углом развала 60° комплектуется шестиколенным пространственным валом с кривошипами под углом 120° (такой же вал имеет шестицилиндровый рядный двигатель, показанный на рис. 2.14). Это позволяет обеспечить равномерное, через 60° чередование рабочих ходов при порядке работы цилиндров 1л–6п–5л–2п–3л–4п–6л–1п–2л–5п–4л–3п–1л.

Такой двигатель можно рассматривать как совокупность двух рядных шестицилиндровых двигателей с общим коленчатым валом. Равномерное чередование рабочих ходов имеет место лишь при углах развала 60, 120 и 180°. Находят также применение дизели ЯМЗ-240 БМ (V12) с углом развала 75°.

1.10. Подвеска двигателей тракторов и силовых агрегатов автомобилей

Количество, размещение и упругие характеристики элементов подвески должны обеспечить отсутствие собственных резонансных колебаний в зоне рабочих режимов двигателя.

Поэтому крепление (подвеска) двигателя должно быть таким, чтобы уменьшить передачу вибраций машины и предотвратить появление напряжений в блок-картере в случае возникновения перекосов в раме или полураме при движении машины по неровной опорной поверхности.

Упругими элементами подвески обычно служат резиновые амортизаторы, привулканизированные к металлическим опорным пластинам или каркасам.

1.10.1. Подвеска дизелей тракторов «Беларус» средней мощности (серии 500, 800, 900, 1000)

Как правило, это касается четырехцилиндровых дизелей Д-243 и их модификаций мощностью до 100 л. с. (рис. 2.18). Дизели, установленные на полураму трактора, сзади жестко крепятся к корпусу сцепления и лонжеронам полурамы через задний мост *2*. Спереди дизель эластично крепится к переднему брусу *8* полурамы через переднюю опору *7* (рис. 2.19) и амортизатор *1* (рис. 2.18 и 2.19). Амортизатор закреплен болтами *5* между кронштейном крышки механизма газораспределения дизеля и передней опорой *7*.

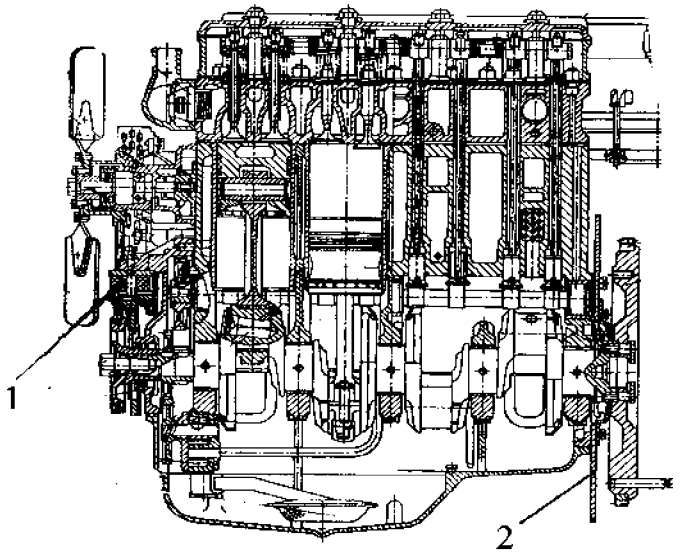


Рис. 2.18. Подвеска дизеля Д-243 с помощью переднего упругого элемента:
1 – упругий элемент; *2* – задний мост

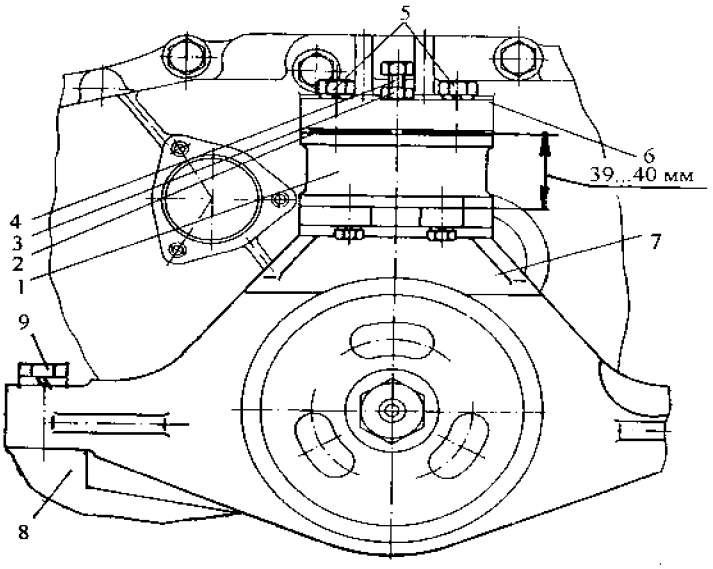


Рис. 2.19 Передняя регулируемая эластичная подвеска четырехцилиндрового дизеля Д-243:
1 – упругий элемент (амортизатор); *2* – прокладка; *3* – контргайка; *4* – регулировочный болт; *5* – болт; *6* – опорный кронштейн; *7* – передняя опора; *8* – передний брус; *9* – болт

Амортизатор передней подвески дизеля является регулируемым и при установке дизеля производятся следующие регулировочные операции:

– отвинтите болты *5* на 3–4 оборота;

– затяните два болта *9* крепления передней опоры *7* к переднему брусу *8* лонжеронов полурамы;

– ослабьте контргайку *3*;

– ввинчивая болт *4* в выступ крышки распределения, сожмите амортизатор *1* до высоты 39–40 мм;

– в образовавшийся сверху зазор установите стальные прокладки толщиной 0,5 мм каждая;

– отвинтите болт *4* на 2–3 оборота и законтрите гайкой *3*;

– затяните болты *5*.

1.10.2. Подвеска дизелей Д-260 и их модификаций мощностью 130–200 л. с. (энергонасыщенные тракторы «Беларус» серий 1200, 1500 и 2000)

Крепление дизелей Д-260 к корпусу сцепления и лонжеронам полурамы осуществляется через задний лист *3* (рис. 2.20) аналогично дизелям Д-243. Передняя подвеска и крепление дизелей обеспечивается с помощью специальных опорных кронштейнов *1*, *2*, установленных с обеих сторон дизеля. Опорные кронштейны изготовлены из пластин изогнутого профиля определенной толщины. Материалом пластин является пружинная сталь. Кронштейны *3* (рис. 2.21) крепятся болтами *1* с гайками *2* к переднему брусу лонжеронов полурамы и тремя болтами *4* к блоку цилиндров дизеля. Таким образом, дизели Д-260 закреплены спереди без резиновых амортизаторов.

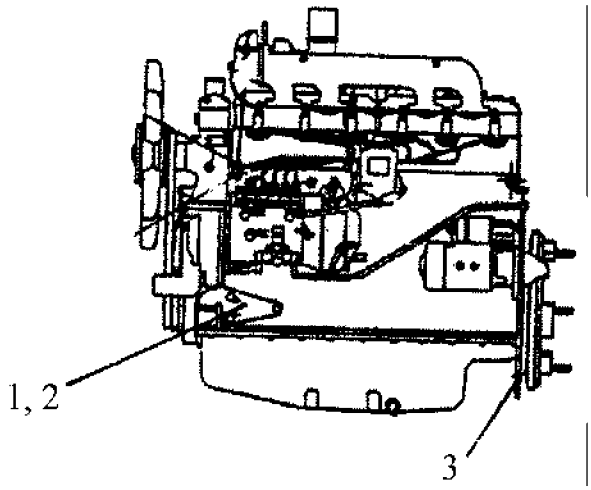


Рис. 2.20. Подвеска дизеля Д-260:
1, *2* – левый и правый кронштейны подвески; *3* – задний лист

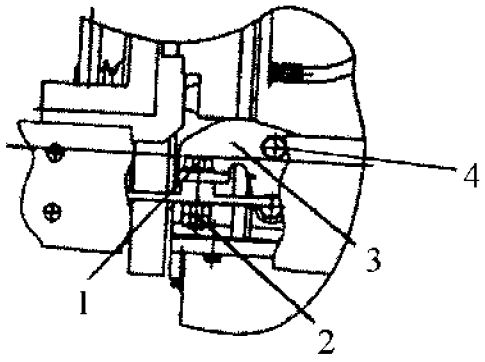


Рис. 2.21. Установка кронштейнов подвески:
1 – болт М16×70; *2* – гайка М16; *3* – кронштейн подвески; *4* – болт

Демпфирующие функции здесь выполняют пластины из пружинной стали, обладающие определенными амортизирующими свойствами. Такая подвеска не нуждается в регулировочных операциях.

1.10.3. Подвеска силовых агрегатов автомобилей сельскохозяйственного назначения (МАЗ-555142)

Силовым агрегатом автомобиля называют сборочный комплект, состоящий из двигателя, муфты сцепления и коробки передач. Для виброизоляции силового агрегата от рамы его устанавливают на систему упругих элементов (подвеску). Силовой агрегат *1* (рис. 2.22, *а*) крепится к раме в трех точках (одна передняя и две боковые). На рис. 2.22, *б* показан возможный вариант конструкции амортизатора *2*.

Кроме того, имеется четвертая поддерживающая опора в зоне коробки передач силового агрегата, регулировка которой показана на рис. 2.23.

Регулировку поддерживающей опоры для пятискоростной коробки передач «236П» производите в следующей последовательности:

– расшплинтуйте гайки 6 и отвинтите до появления зазора между амортизатором *7* и кронштейном *8*. Если необходимо, амортизатор переместите вниз вслед за гайками *6*;

– в случае отсутствия зазора (после отвинчивания гаек *6*) между упорными буртами винтов *1* и усилителем *3* вывинтите винты *1*, предварительно ослабив контргайки *3*, до появления зазора. При этом подушка *4* должна лежать на кронштейне *8*;

– вворачивая винты *1*, подведите их буртики до соприкосновения с усилителем *3*, после чего доверните их дополнительно на 0,5 оборота и завинтите до отказа контргайки *2*;

– завинчивая гайки *6*, подведите амортизатор *7* до касания кронштейна *8*, после чего должны оставаться зазоры 4–5 мм между пластиной подушки *4* и верхней регулировочной шайбой *5*;

– если зазоры меньше указанной величины, переставьте под гайки *6* необходимое количество регулировочных шайб *5*. После окончательной регулировки завинтите до упора и зашплинтуйте гайки. Чтобы избежать перекосов, гайки и винты отвинчивайте на одинаковую величину.

Если регулировку выполнить невозможно, замените упругие элементы опоры коробки передач.

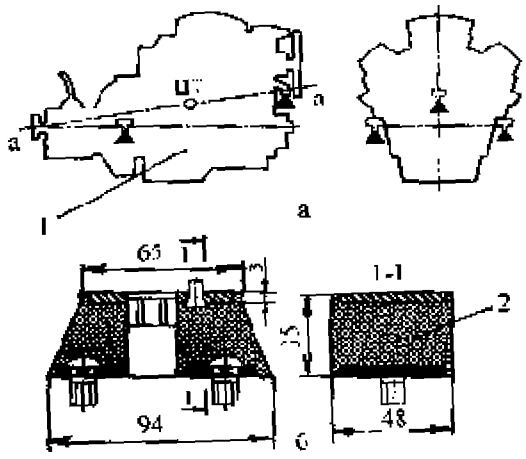


Рис. 2.22. Схема трехточечной подвески силового агрегата (*а*) и вариант конструкции резинового амортизатора (*б*): *1* – силовой агрегат; *2* – упругий элемент (амортизатор); *а-а* – ось качания; ЦТ – центр тяжести

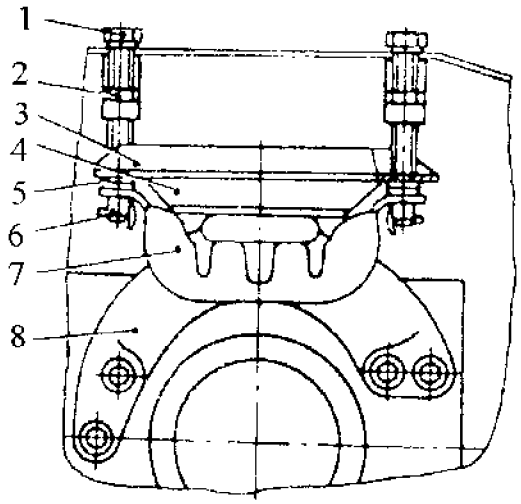


Рис. 2.23. Регулировка поддерживающей опоры коробки передач:
1 – винт; *2* – контргайка; *3* – усилитель; *4* – подушка; *5* – регулировочные шайбы; *6* – гайка; *7* – амортизатор; *8* – кронштейн

Глава 2. КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЕ МЕХАНИЗМЫ (КШМ)

2.1. Общие сведения

Кривошипно-шатунный механизм – основной рабочий механизм поршневого двигателя. Он участвует в совершении рабочего цикла двигателя и преобразует прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня, воспринимающего давление расширяющихся газов в такте расширения, во вращательное движение коленчатого вала, а в остальных тактах – вращательное движение коленчатого вала в прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня.

Элементы кривошипно-шатунного механизма условно можно разделить на две группы: неподвижные и подвижные.

К неподвижным элементам механизма относятся цилиндры, головки цилиндров, картер с подшипниками коленчатого вала и связующие детали. Все это образует корпус двигателя. Подвижные элементы механизма: поршни с кольцами и поршневыми пальцами, шатуны с подшипниками, коленчатый вал с маховиком и гасителем крутильных колебаний.

В автотракторных ДВС в основном используются следующие три типа кривошипно-шатунного механизма (КШМ):

– центральный (аксиальный) (рис. 2.24 *а*);

– смещенный (дезаксиальный) (рис. 2.24 *б*);

– механизм с прицепным шатуном (рис. 2.24 *в*).

Комбинируя данные схемы, можно сформировать КШМ как линейного, так и многорядного многоцилиндрового ДВС.

Реализация смещенного (дезаксиального) механизма возможна в двух вариантах: в первом случае ось цилиндра не пересекает ось коленчатого вала ДВС, а во втором – ось поршневого пальца смещается относительно оси цилиндра.

Кривошипно-шатунный механизм с прицепным шатуном отличается от других схем наличием прицепного шатуна, соединенного пальцем с главным шатуном в его кривошипной головке.

Для современных двигателей относительное смещение $k = a / r$ находится в пределах 0,04–0,10, где a – величина смещения, r – радиус кривошипа.

Смещение оси цилиндра уменьшает разницу в давлениях поршня на левую и правую стороны гильз цилиндров, что дает более равномерный износ

двигателя. Кроме того, снижается скорость поршня вблизи ВМТ, что улучшает процесс сгорания. К преимуществам таких механизмов можно отнести и улучшение шумовых характеристик.

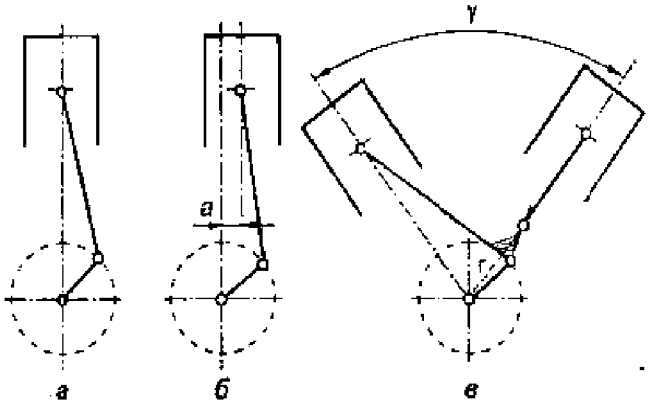


Рис. 2.24. Схемы кривошипно-шатунных механизмов:
а – центрального КШМ; *б* – смещенного КШМ;
в – механизма с прицепным шатуном

2.2. Остов (блок-картер) двигателя

Остов (корпус) двигателя предназначен для установки и крепления на нем всех сборочных единиц, механизмов и систем двигателя. Остовом автотракторных двигателей является блок-картер, представляющий собой сложную монолитную отливку из серого чугуна блока цилиндров *4* и картера *12* (рис. 2.25). В верхней части блока-картера имеются цилиндрические расточки под установку гильз цилиндров *5*.

Корпусные детали двухцилиндрового двигателя воздушного охлаждения (рис. 2.27) включают в себя картер *7*, съемные индивидуальные цилиндры с ребрением *10* и головки цилиндров *3*. В нижней части картер закрывается масляным поддоном *9*. Для крепления цилиндров *4* к картеру *7* предусмотрены шпильки *6*.

При V-образной конструкции блока картера *1* (рис. 2.28) с углом развала 90° (находят применение дизели с углами развала 60° и 75°) в верхней части расположены два ряда цилиндровых гнезд с привалочными поверхностями под головки цилиндров *4*. В развале между блоками цилиндров выполнена полость (рессивер) для воздуха, подаваемого в цилиндры, закрытая сверху крышкой *6*. К передней плоскости блока картера крепится крышка *2*, а к задней – картер маховика *7*.

В картерной части блок-картера имеются вертикальные перегородки. В верхней части каждой перегородки расположены опоры распределительного вала, а в нижней части – опоры коленчатого вала, который устанавливается в приливах поперечных перегородок и крепится крышками коренных подшипников *11* (рис. 2.25); *16*, *17* (рис. 2.26) и *10* (рис. 2.28). Снизу картер закрыт стальным штампованным поддоном с уплотняющей прокладкой *1* (рис. 2.29), который служит резервуаром для смазочного масла и защищает картер от грязи и пыли.

Масляные поддоны дизелей могут быть литыми из чугуна и алюминия или штампованными из листовой стали.

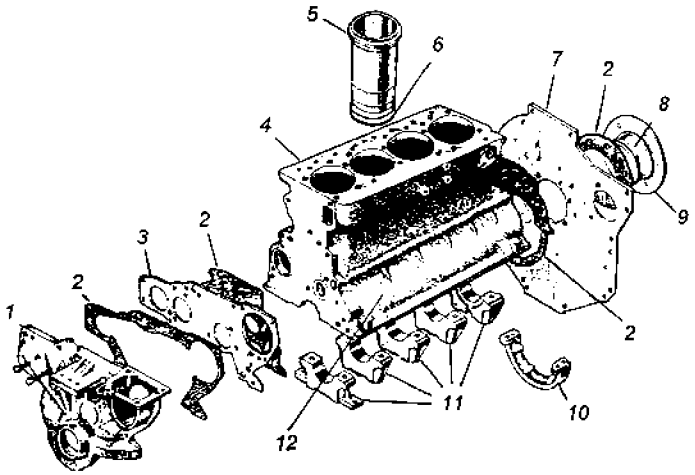


Рис. 2.25. Остов и корпусные детали базового дизеля Д-243: *1* – крышка распределения; *2* – прокладки; *3* – щит распределения; *4* – блок цилиндров; *5* – гильза; *6* – «О» – кольца; *7* – задний лист; *8* – манжета; *9* – корпус манжеты; *10* – опора картера; *11* – крышки коренных подшипников; *12* – картер

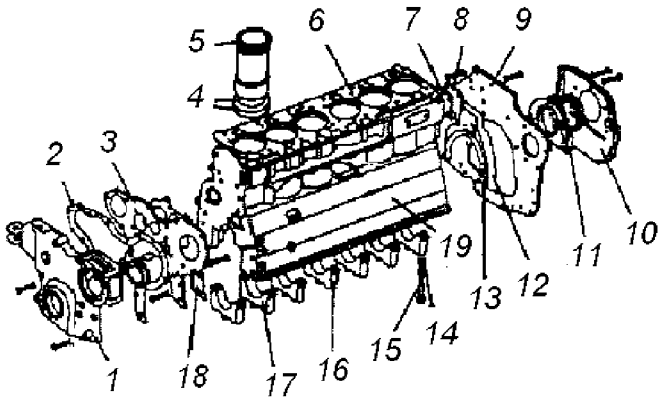


Рис. 2.26. Остов и корпусные детали базового дизеля Д-260.1: *1* – крышка распределения; *2* – прокладка крышки; *3* – щит распределения; *4* – кольцо гильзы (12 шт.); *5* – гильза блока цилиндров; *6* – блок цилиндров; *7* – прокладка; *8* – крышка; *9* – лист задний; *10* – крышка; *11* – крышка уплотнения; *12* – прокладка листа; *13* – прокладка крышки; *14* – шайба (14 шт.); *15* – болт подшипника (4 шт.); *16* – крышка подшипника; *17* – крышка подшипника (6 шт.); *18* – прокладка щита; *19* – картер

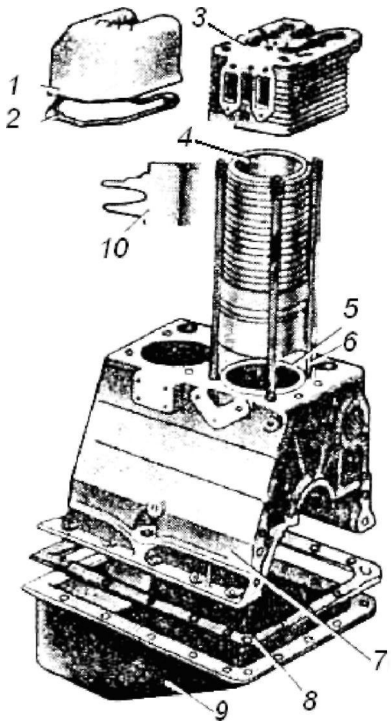


Рис. 2.27. Корпусные детали двигателя воздушного охлаждения Д-21А1:
1 – крышка клапанов; *2*, *5*, *8* – прокладки; *3* – головка цилиндров; *4* – цилиндр;
6 – шпилька; *7* – картер; *9* – поддон картера; *10* – ребро охлаждения

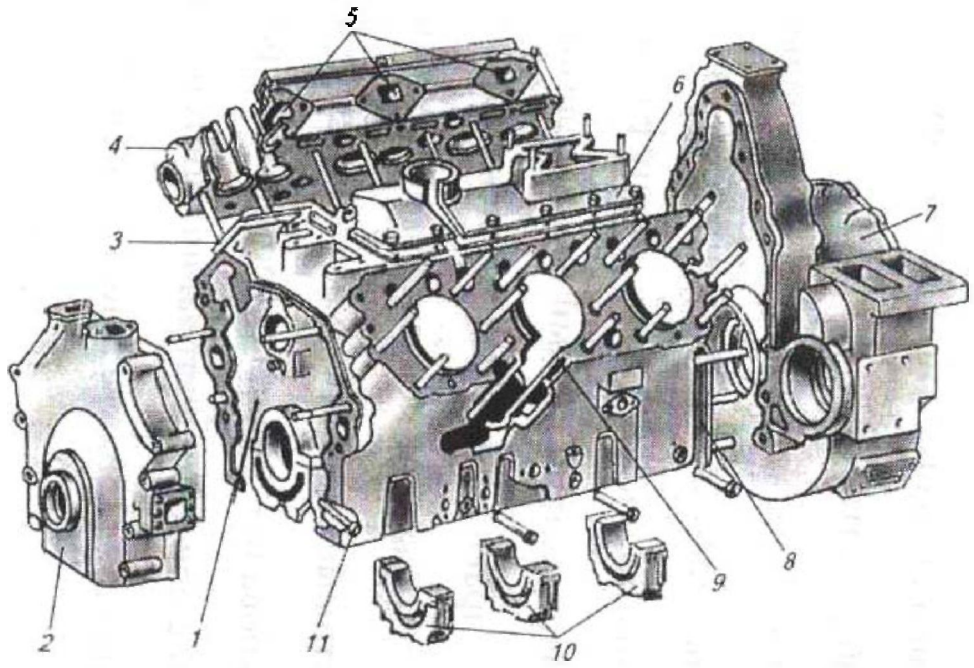


Рис. 2.28. Остов и корпусные детали V-образного дизеля ЯМЗ-236: *1* – блок-картер; *2* – передняя крышка; *3* – прокладка; *4* – головка цилиндров; *5* – выпускные окна; *6* – крышка рессивера; *7* – картер маховика; *8* – щит; *9* – гильза цилиндра; *10* – крышки коренных подшипников; *11* – специальный болт

К верхней привалочной поверхности блока цилиндров *18* (рис. 2.29) крепятся две головки цилиндров *17* (одна головка на три цилиндра) с герметизацией стыка с помощью одной прокладки головок цилиндров *24*.

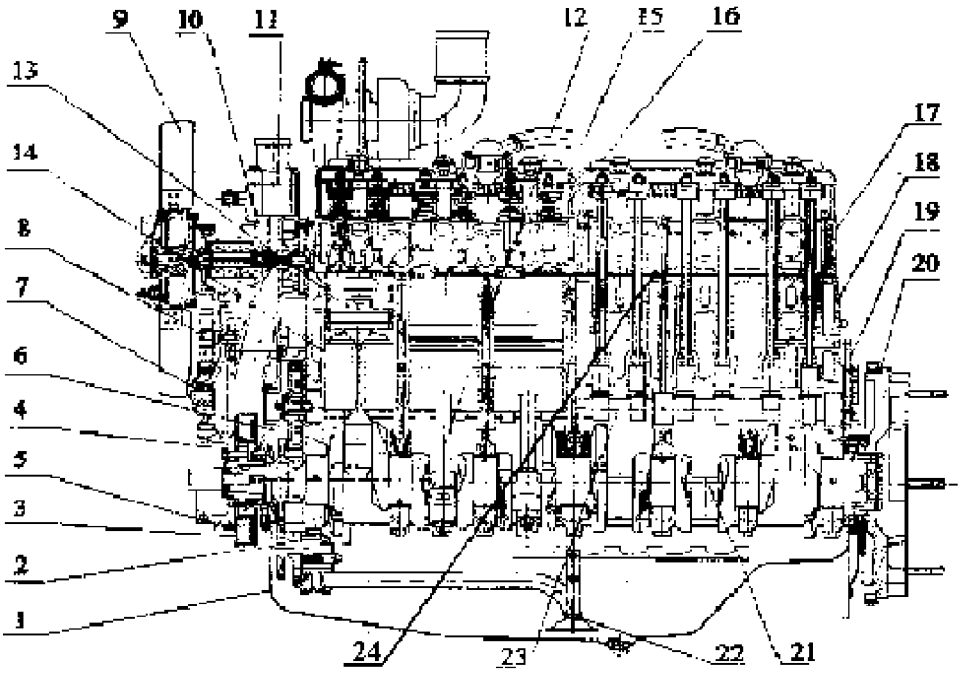


Рис. 2.29. Базовый дизель Д-260.1 (продольный разрез): *1* – масляный картер; *2* – масляный насос; *3* – демпфер; *4* – шкив коленчатого вала; *5* – ремень вентилятора; *6* – крышка шестерен распределения; *7* – шкив натяжной; *8* – форсунка для охлаждения поршня; *9* – вентилятор; *10* – водяной насос; *11* – корпус термостатов; *12* – шатун; *13* – поршень; *14* – гильза цилиндров; *15* – колпак; *16* – крышка головки цилиндров; *17* – головка цилиндров; *18* – блок цилиндров; *19* – задний лист; *20* – маховик; *21* – коленчатый вал; *22* – маслоприемник; *23* – распределительный вал; *24* – прокладка головок цилиндров

В стенках блок-картера выполнены каналы подвода масла к трущимся поверхностям деталей и сверления для установки деталей. На внутренних и наружных поверхностях стенок предусмотрены обработанные площадки для крепления различных деталей и сборочных единиц. Так, к передней части блока-картера крепят крышку шестерен распределения *6*, водяной насос *10*, корпус термостатов *11*, а к задней плоскости – лист *19* для соединения двигателя с корпусом сцепления и лонжеронами полурамы.

2.3. Цилиндры

Цилиндр вместе с поршнем и головкой цилиндра образуют объем, в котором совершается рабочий цикл двигателя. Внутренние боковые стенки цилиндра одновременно служат направляющими поршня при его возвратно-поступательном движении. Поэтому внутреннюю рабочую поверхность цилиндра – зеркало – тщательно обрабатывают (ее овальность и конусность должны быть не более 0,02 мм), чтобы обеспечить легкость движения поршня и плотное прилегание его к цилиндру.

Конструкция цилиндров в основном определяется способом охлаждения. В дизелях с воздушным охлаждением (Д-121, Д-120, Д-144) применяют чугунные ребристые цилиндры *4* (рис. 2.27). Они могут быть изготовлены каждый в отдельности и крепятся к картеру *7* шпильками *6*.

Для увеличения поверхности охлаждения цилиндры изготавливают литьем с ребрами *10* и механически не обрабатывают. При жидкостном охлаждении цилиндры выполняют в виде гильз *5* (рис. 2.25 и 2.26), которые устанавливают непосредственно в блок-картер *4*, *12* и *6*, *19* соответственно.

Оребренные цилиндры ДВС воздушного охлаждения (рис. 2.31) изготовляют отливкой из чугуна или алюминиевых сплавов. В ряде случаев используют биметаллические цилиндры, представляющие собой чугунную гильзу с напрессованной (залитой) на нее алюминиевой оребренной втулкой (рис. 2.31, б). Во втором случае обеспечивается лучшая теплопередача от цилиндра к оребренной втулке вследствие более качественного контакта металла гильзы и элементов оребрения цилиндра.

В ДВС жидкостного охлаждения применение негильзованного блока цилиндров рубашки обеспечивает высокую прочность и жесткость блока-картера. Такая конструкция способствует уменьшению габаритов и массы корпуса и сокращает объем его механической обработки.

Однако при этом технологически сложно получить качественную отливку со стабильными геометрическими параметрами. Кроме того, при изготовлении блока необходимо предусмотреть комплекс технологических мероприятий по повышению износостойкости поверхности цилиндра (по этой причине в таких конструкциях затруднено применение алюминиевых сплавов). При выходе же из строя одного из цилиндров требуется замена всего блока.

Блоки цилиндров с мокрыми вставными и сухими гильзами (рис. 2.30) в большей или меньшей степени лишены указанных недостатков. Однако мокрые гильзы могут дополнительно деформироваться при нарушении технологии монтажа.

Гильзы, вставляемые в блок-картер, отливают из легированных чугунов, обладающих большой износостойкостью и высокими механическими свойствами. Применение вставных гильз позволяет увеличить срок службы блок-картера (в результате замены изношенных гильз новыми) и упрощает его изготовление. Цилиндры двигателей с воздушным охлаждением гильз не имеют.

Сухие гильзы изготовляют двух видов: с верхним опорным буртом и без него (рис. 2.30, *а*, *б*). Толщина стенок таких гильз цилиндров составляет 2–

4 мм. Гильзы второго типа запрессовывают в блок с некоторым натягом с целью фиксации их для окончательной обработки после установки в блок и при работе двигателя.

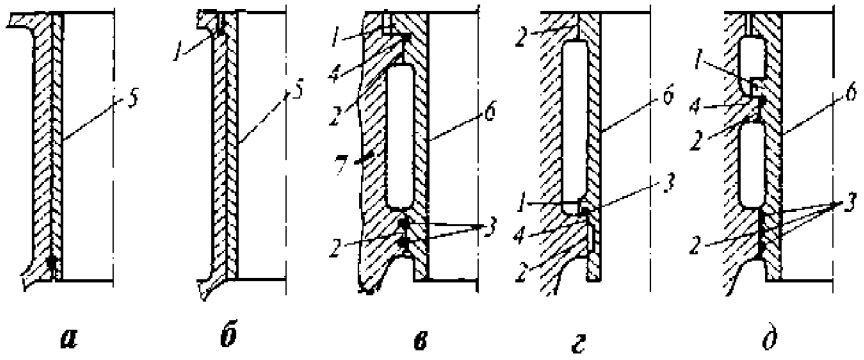


Рис. 2.30. Типы гильз цилиндров: *а* – сухая без опорного бурта; *б* – сухая с верхним опорным буртом; *в* – мокрая с верхним опорным фланцем; *г* – мокрая с нижним опорным фланцем; *д* – мокрая со средним опорным фланцем; *1* – опорный фланец; *2* – направляющие (центрирующие) пояса; *3* – уплотнительные кольца; *4* – опорный бурт; *5* – сухая гильза; *6* – мокрая гильза; *7* – блок-картер

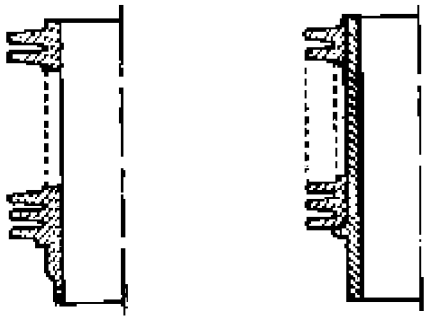


Рис. 2.31. Цилиндры ДВС с воздушным охлаждением:
а – монометаллические; *б* – биметаллические

Гильзы, омываемые охлаждающей жидкостью с наружной поверхности, называют *мокрыми* (рис. 2.30, *в*, *г*, *д*). Они находят применение в большинстве автотракторных двигателей: Д-245, Д-260, Д-262, Д-263, ЯМЗ-236, -238, -240Б. Толщина стенок мокрых гильз составляет 6–8 мм.

Мокрая вставная гильза имеет опорный фланец *1*, который располагается в верхней, средней или нижней части гильзы в концевых приливах блока (рис. 2.30, *в*, *г*, *д*). Жесткость фланца должна быть достаточной для предотвращения излишней деформации гильзы при затяжке силовых болтов (шпилек).

Более низкое расположение опорного фланца способствует улучшению охлаждения наиболее термически нагруженных верхней части гильзы и поршневых колец. Это уменьшает термическое коробление верхнего пояса гильзы,

позволяет снизить износ и исключить задиры поверхностей трения элементов цилиндра и поршневой группы.

С целью уменьшения деформации от действия боковой силы гильзу фиксируют в двух опорных направляющих поясах *2*, расположенных в верхней и нижней ее частях.

Для герметизации водяной рубашки в кольцевых канавках нижнего направляющего пояса гильзы устанавливают уплотнительные кольца *3* из фторкаучука, фторугольно-водородного каучука, фторосиликонового каучука или резины.

Применение мокрых гильз, однако, уменьшает жесткость блока-картера, требует герметизации рубашки охлаждения и в некоторых случаях может привести к кавитационному разрушению поверхностей, омываемых охлаждающей жидкостью.

На рис 2.30, *в* и рис. 2.32 показана мокрая гильза цилиндра, устанавливаемая на дизелях Д-243, Д-260.1 и их модификациях. Нижним пояском *4* опирается на основание цилиндрической выемки в верхней плоскости блок-картера *7*. В нижней расточке блок-картера выполнены две канавки, в которые закладываются уплотнительные кольца *3*. Поскольку кольца выступают над поверхностью расточки блок-картера, чтобы исключить срезание колец при установке гильзы, на ее нижнем конце предусмотрен заходный конус *5* (рис. 2.32). Опорный бурт гильзы выступает над верхней плоскостью блока-картера на 0,05–0,11 мм, что способствует лучшему обжатию прокладки при креплении головки цилиндров и надежному уплотнению газового стыка. Узкий поясок на верхней плоскости торца гильзы, при затяжке болтов головки цилиндров исключает осевое перемещение гильзы и уменьшает ее деформацию.

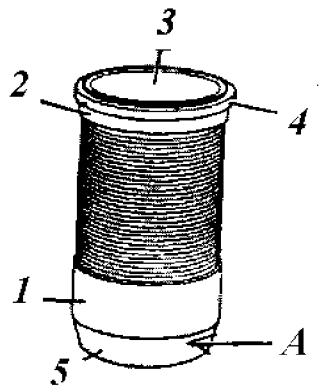


Рис. 2.32. Мокрая гильза цилиндров двигателей Д-243, Д-260.1 и их модификаций:
1, *2* – установочный пояс; *3* – зеркало гильзы; *4* – опорный бурт;
А – место маркировки размерной группы; *5* – заходный конус

В автомобильных двигателях с искровым зажиганием широко применяются мокрые чугунные гильзы *2* (рис. 2.33) с запрессованной износостойкой вставкой *3* в верхней части гильзы. Такие гильзы могут центрироваться с помощью одного или двух поясков. Гильзы с центровкой в одном нижнем пояске (рис 2. 33) уплотняются медной прокладкой *1* под торцевой плоскостью бурта. Эту прокладку используют также для осевой регулировки положения гильзы *2* относительно верхней плоскости блока картера *4*.

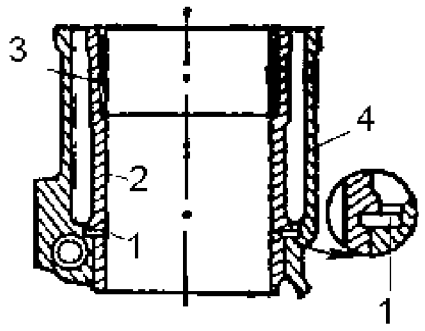


Рис. 2.33. Мокрая гильза цилиндров автомобильных двигателей:
1 – уплотнительная медная прокладка; *2* – гильза цилиндров;
3 – вставка; *4* – блок-картер

2.4. Головка цилиндров

Головка цилиндров (рис. 2.34) представляет собой сложную отливку из чугуна или алюминия, которая вместе со стенками цилиндров и днищами поршней образует камеры сгорания. Наряду с созданием объемов камер сгорания, необходимых для организации рабочего процесса ДВС, головки цилиндров должны: обеспечивать оптимальную конструкцию впускных и выпускных каналов; создавать надежное уплотнение газового стыка; осуществлять требуемую циркуляцию охлаждающей жидкости; обеспечивать размещение необходимых деталей двигателя (свечей или форсунок, клапанов, опор распределительного вала и т. д.).

Головки цилиндров выполняют в виде единой отливки для одного ряда (блока) цилиндров (рис. 2.27) или индивидуально для каждого цилиндра (рис. 2.28).

На рис. 2.29 изображен базовый шестицилиндровый дизель Д-260.1 с двумя головками цилиндров *17* на три цилиндра каждая. Семейство четырехцилиндровых дизелей на базе Д-243 имеет единую головку цилиндров на четыре цилиндра.

На рис. 2.34 показана индивидуальная головка *1*, которая устанавливается на каждый из восьми цилиндров шестью шпильками. Уплотнение газового стыка головки цилиндров и блока осуществляется металлической прокладкой *3*, а уплотнение отверстий прохода штанг, масла и охлаждающей жидкости – с помощью резиновой прокладки *2*.

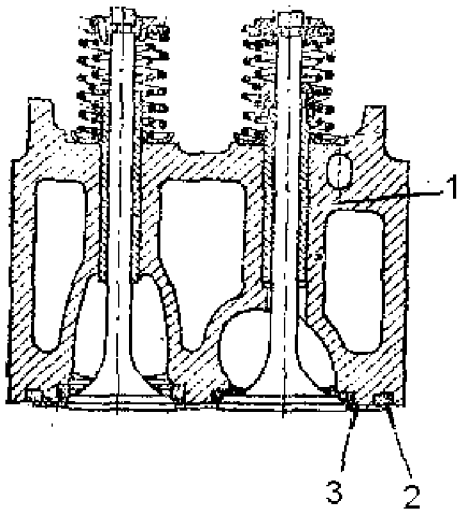


Рис. 2.34. Индивидуальная головка цилиндров дизелей ЯМЗ-238ДЕ2:
1 – индивидуальная головка цилиндров; *2* – прокладка резиновая;
3 – прокладка металлическая

К преимуществам индивидуальных головок можно отнести возможность минимизации их термических деформаций, что позволяет повысить надежность газового стыка и облегчить производство, эксплуатацию и ремонт двигателя.

Конструкция головки цилиндра зависит от формы камеры сгорания, расположения и количества клапанов, системы охлаждения и наружных трубопроводов.

Двигатели с искровым зажиганием, в зависимости от общего конструктивного исполнения, могут иметь различную форму камеры сгорания (рис. 2.35). Для камер сгорания *б*, *в* и *г* (рис. 2.35) зазор *1* между днищем поршня и поверхностью головки цилиндров усиливает турбулизацию заряда в конце такта сжатия, вытесняя заряд к свече из отдаленных зон камеры. Например, шатровая камера (рис. 2.35, *д*) с центральным расположением свечи *2* обеспечивает большую поверхность фронта пламени и высокую скорость тепловыделения. Этим можно объяснить ее все более частое применение в ДВС с искровым зажиганием.

Конструкции головок цилиндров современных автотракторных дизелей определяются в основном типами камер сгорания и способами смесеобразо-

вания, осуществляемыми с их помощью. В дизелях тракторов и грузовых автомобилей широко применяются камеры сгорания с непосредственным впрыском топлива (рис. 2.37), которые в отличие от *разделенных камер сгорания* (рис. 2.36), носят название *неразделенных камер сгорания*.

Разделенные камеры сгорания состоят из вспомогательной и основной полостей, соединенных горловиной.

У дизелей с неразделенной камерой сгорания головка цилиндров сравнительно проще по конструкции, камера сгорания размещается в поршне. Форсунка расположена вертикально или наклонно с некоторым смещением от оси цилиндра.

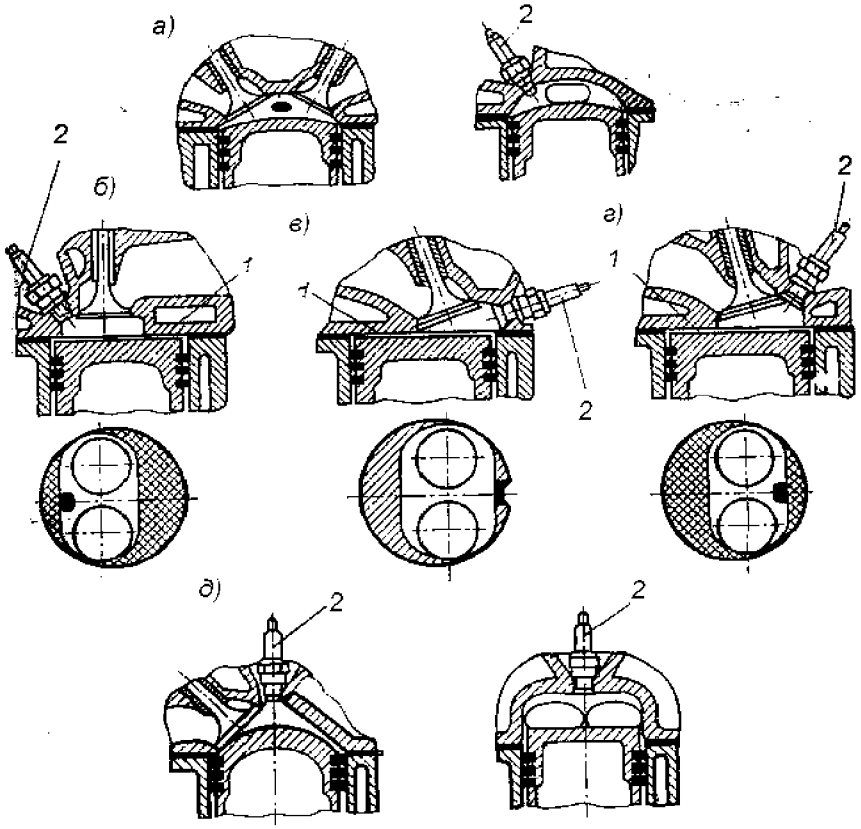


Рис. 2.35. Схемы камер сгорания ДВС с искровым зажиганием:
а – полисферическая; *б* – плоскоовальная; *в* – клиновая;
г – полуклиновая; *д* – шатровая; *1* – зазор (вытеснитель); *2* – свеча зажигания

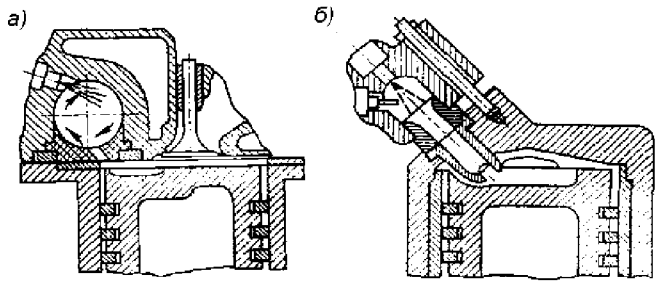


Рис. 2.36. Разделенные камеры сгорания дизелей:
а – вихревая камера; *б* – предкамера

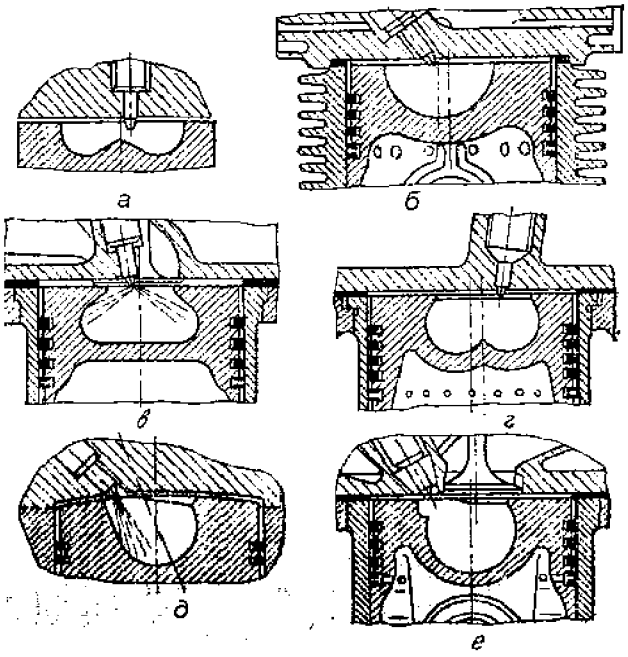


Рис. 2.37. Неразделенные камеры сгорания дизелей (камеры сгорания с непосредственным впрыском топлива): *а* – ЯМЗ-236НЕ3; *б* – Д-144; *в* – Д-243, Д-260.1; *г* – *Tatra*; *д* – DEUTZ; *е* – *Man*

Разделенные камеры сгорания обеспечивают снижение уровня шума и дают малые выбросы оксидов азота и твердых частиц при несложных и недорогих системах впрыска топлива.

К серьезным недостаткам разделенных камер сгорания относятся:

– высокий удельный расход топлива и повышенный выброс CO_2;

– трудность применения наддува;

– плохие пусковые качества.

Из-за указанных выше недостатков разделенные камеры сгорания не находят в настоящее время широкого применения.

Головка цилиндров *2* дизелей Д-243 и их модификаций без турбонаддува (рис. 2.38) изготовлена из специального чугуна и имеет внутренние впускные и выпускные каналы, закрываемые соответствующими клапанами *3*, *4*. Головка имеет внутренние полости, в которых циркулирует охлаждающая жидкость для отвода тепла.

Головки цилиндров четырехцилиндровых дизелей с турбонаддувом (Д-245, Д-245.5, Д-245.43) имеют вставные седла выпускного и впускного клапанов, изготовленные из жаропрочного и износостойкого сплава (рис. 2.42, поз. *19* и *22*).

Сверху на головке цилиндров устанавливаются стойки *16* (рис. 2.38), ось коромысел *15* с коромыслами *14*, крышка головки, впускной коллектор и колпак крышки, закрывающий клапанный механизм *А*. Со стороны топливного насоса в головку в отверстия *13* устанавливаются четыре форсунки,

а со стороны генератора к головке крепится выпускной коллектор. Для уплотнения газового стыка между головкой и блоком цилиндров установлена прокладка *1* из безасбестового материала типа «Фритекс-706.1» с металлической окантовкой отверстий в зоне камер сгорания (рис. 2.39), повышающей упругость, прочность и надежность прокладки. Непосредственно перед установкой на дизель цилиндровые отверстия прокладки дополнительно окантовываются фторопластовыми разрезными кольцами (рис. 2.40).

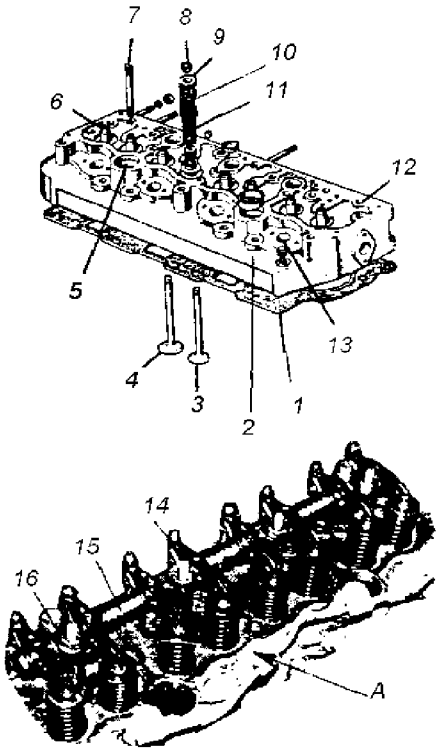


Рис. 2.38. Головка цилиндров и клапанный механизм дизелей Д-242, -243, -244 без турбонаддува: *1* – прокладка головки; *2* – головка цилиндров; *3* – выпускной клапан; *4* – впускной клапан; *5* – канал впуска воздуха; *6* – втулка направляющая; *7*– шпилька стойки; *8* – сухари; *9* – тарелка клапана; *10*, *11* – клапанные пружины; *12* – отверстие под штангу; *13* – отверстие под форсунку; *14* – коромысло; *15* – ось коромысел; *16* – стойка; *А* – клапанный механизм

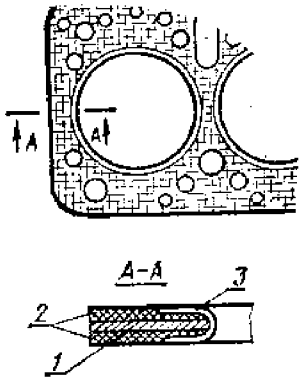


Рис. 2.39. Прокладка (безасбестовая) головки цилиндров:
1 – стальная металлическая основа; *2* – наполнитель из термостойкого фторопласта;
3 – металлическая окантовка

На рис. 2.40 схематично показано расположение гильзы цилиндров, прокладки цилиндров с фторопластовым кольцом, вставленным в окантовку отверстия и головки цилиндров.

Индивидуальные головки цилиндров дизелей ЯМЗ-238ДЕ2 при их установке на каждый цилиндр крепятся шестью шпильками. Уплотнение стыка головки, блока и гильзы (рис. 2.41) осуществляется прокладкой, состоящей из металлической прокладки, которая уплотняет газовый стык и резиновой прокладки, уплотняющей отверстия прохода штанг, масла и охлаждающей жидкости. Металлическая и резиновая прокладки устанавливаются на штифты блока цилиндров. Металлическая прокладка выпускается четырех типоразмеров по толщине (1,1; 1,3; 1,5 и 1,7 мм) и подбирается отдельно для каждого двигателя при сборке, чтобы достичь оптимального надпоршневого зазора в каждом цилиндре.

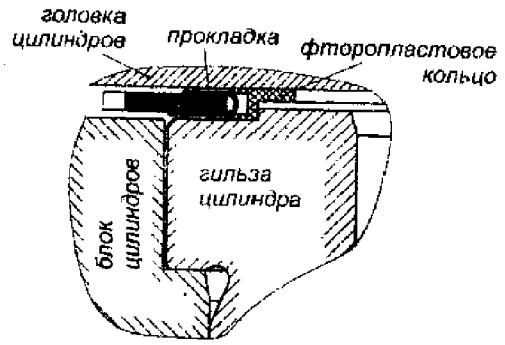


Рис. 2.40. Схема уплотнения газового стыка при установке головки цилиндров блочного типа

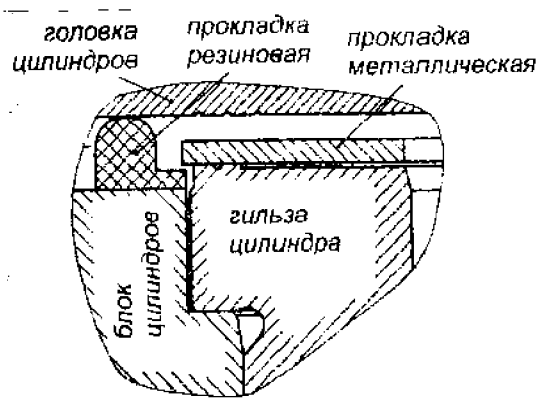


Рис. 2.41. Схема уплотнения газового стыка при установке индивидуальной головки цилиндров

Базовый шестицилиндровый дизель Д-260.1 с турбонаддувом и его модификации (Д-260.2, Д-260.4, Д-262, Д-263) комплектуются двумя взаимо-

заменяемыми головками *26* (рис. 2.42) (одна головка на три цилиндра). Головки отлиты из низколегированного серого чугуна.

Во внутренних полостях головок имеются впускные и выпускные каналы, закрываемые впускными *21* и выпускными *20* клапанами. Для отвода тепла головки имеют полости, в которых циркулирует охлаждающая жидкость.

Головки имеют вставные седла *19*, *22* выпускного и впускного клапанов, изготовленные из жаропрочного и износостойкого сплава.

В верхней части головок устанавливаются форсунки (по три форсунки на каждую головку) и детали клапанного механизма *А*, монтируемые на шпильках *3* стоек (стойки, ось коромысел с коромыслами).

Головки имеют отверстия под запрессовку направляющих втулок *25* впускных и выпускных клапанов.

Для уплотнения разъема между головками и блоком цилиндров предусмотрена одна общая прокладка *16* из безасбестового материала типа «Фритекс-706.1» или «Кивлар».

Дизели Д-262 S2, Д-263 S2 комплектуются многослойными металлическими прокладками *Metaloflex*, на основе специально спрофилированных слоев пружинной стали с эластомерным покрытием *Elring klinger*.

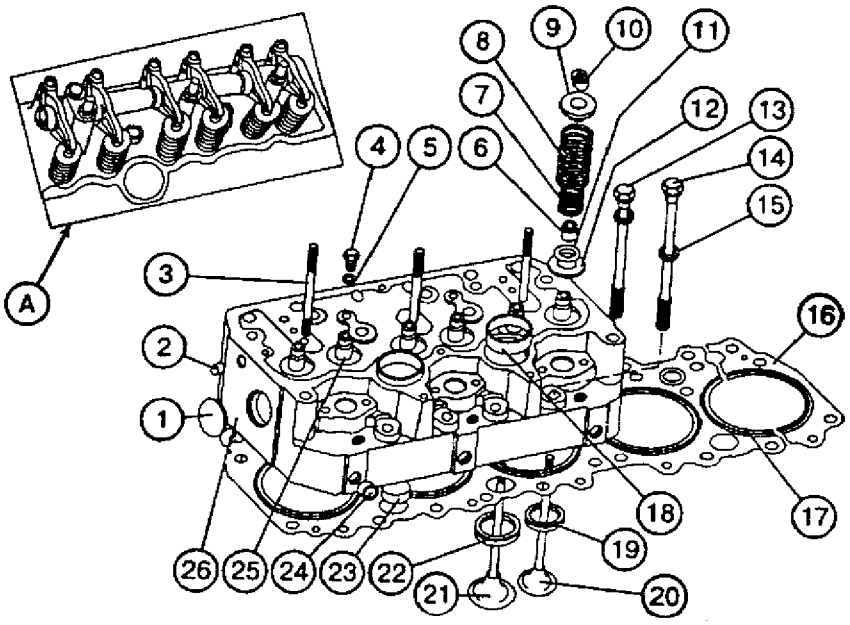


Рис. 2.42. Головка цилиндров (одна из двух) дизелей Д-260, Д-262, Д-263: *1* – заглушка; *2* – заглушка; *3* – шпилька стойки (6 шт.); *4* – пробка; *5* – прокладка; *6* – манжета уплотнительная (12 шт.); *7* – пружина клапана внутренняя (12 шт.); *8* – пружина клапана наружная (12 шт.); *9* – тарелка пружин клапана (12 шт.); *10* – сухарь клапана (24 шт.); *11* – шайба пружины клапана верхняя (12 шт.); *12* – шайба пружины нижняя (12 шт.); *13* – болт (18 шт.); *14* – болт (8 шт.); *15* – шайба (26 шт.); *16* – прокладка головок; *17* – кольцо (6 шт.); *18* – стакан; *19* – седло клапана выпускного; *20* – клапан выпускной; *21* – клапан впускной; *22* – седло клапана впускного; *23* – заглушка; *24* – заглушка; *25* – втулка направляющая клапана; *26* – головка цилиндров (2 шт.); *А* – клапанный механизм

При сборке дизеля на заводе отверстия прокладки для гильз цилиндров дополнительно окантовываются фторопластовыми кольцами *17*. Прокладку следует заменять при каждом снятии и установке головки цилиндров. Крепление головок к блоку осуществляется с помощью восемнадцати болтов *13* и восьми болтов *14* с шайбами.

2.5. Поршни

Поршень служит для восприятия давления газов и передачи его через поршневой палец и шатун на кривошип коленчатого вала. Поршень подвержен наибольшему воздействию механических (давление на него в дизелях достигает 9 МПа) и тепловых (температура в процессе горения смеси достигает 3000 К) нагрузок. Так как поршень движется возвратно-поступательно, следовательно, неравномерно, а около середины хода – с большой скоростью (7–15 м/с), то дополнительно создаются высокие циклические инерционные нагрузки и значительные силы трения боковой поверхности поршня о цилиндр. Одновременно поршень выполняет функции уплотняющего элемента кривошипно-шатунного механизма и отводит теплоту от находящихся в надпоршневом пространстве горячих газов.

Все это предъявляет высокие требования к конструкции поршня. Материал поршня современного двигателя должен обладать высокими механическими свойствами и износостойкостью, сохранять их при высоких температурах, быть легким, хорошо отводить теплоту.

Поршни современных отечественных автотракторных двигателей отливают из литейных сплавов алюминия с кремнием (силуминов) с содержанием кремния от 11 до 25 %. Для улучшения физико-механических свойств в сплав вводят до 6 % меди. Для повышения твердости, прочности и износостойкости после механической обработки поршни подвергают термообработке.

В поршне различают днище *9* (рис. 2.43), уплотняющую *10* и направляющую *11* части. Форма днища может быть плоской или сложной. У дизелей днище имеет фасонную форму, зависящую от камеры сгорания *7*, направления потока газов и расположения клапанов. Поршни дизелей тракторов «Беларус» имеют тороидальную камеру с узкой горловиной.

На внутренней стороне юбки имеется два прилива – бобышки *13*. Они соединяются симметрично расположенными ребрами с днищем, увеличивая тем самым прочность поршня. В бобышках выполнены отверстия *15* для установки пальца, в которых проточены кольцевые канавки *12* для стопорных колец.

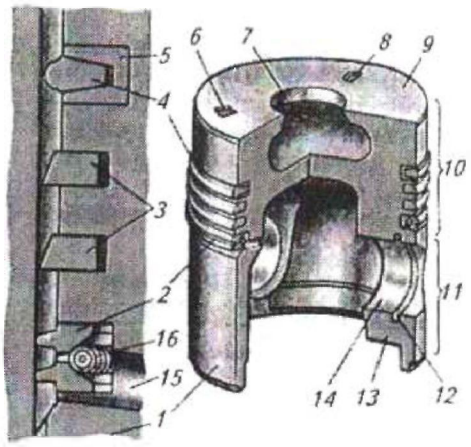


Рис. 2.43. Поршень с поршневыми кольцами дизелей Д-245 стандартного исполнения: *1* – поршень; *2* – маслосъемное кольцо; *3*, *4* – компрессионные кольца; *5* – чугунная вставка из нирезиста; *6* – метка, обозначающая размерную группу поршня по группе; *7* – камера сгорания; *8* – метка, обозначающая размерную группу поршня по массе; *9* – днище поршня; *10* – уплотняющая часть поршня (головка); *11* – направляющая часть поршня (юбка); *12* – канавка под стопорное кольцо; *13* – бобышка поршня; *14* – отверстие для поршневого пальца; *15* – радиальное (дренажное) отверстие; *16* – спиральный расширитель

На боковой наружной поверхности уплотняющей части (головке) поршня выполнены канавки, в которые устанавливают поршневые кольца: в верхние канавки – компрессионные *3* и *4*, в нижнюю – маслосъемное *2*.

Для повышения срока службы поршня и моторесурса всего дизеля канавка верхнего компрессионного кольца *4* выполнена во вставке *5* из жаропрочного и износостойкого аустенитного чугуна (нирезиста) с легирующими добавками никеля, хрома и меди. Поршни с неризистовыми вставками устанавливаются в дизелях с турбонаддувом Д-245; Д-260; Д-262; Д-263; ЯМЗ-238БЕ2; ЯМЗ-238ДЕ2; КамАЗ-740.10.

Число колец, устанавливаемых на поршне, зависит от типа двигателя и частоты вращения коленчатого вала. Как в бензиновых, так и в дизелях широко применяют укороченные поршни с двумя компрессионными и одним маслосъемным кольцами, расположенными выше поршневого пальца (рис. 2.44).

Иногда нижняя кромка канавок для маслосъемных колец имеет фаску. По наружности в канавках и фасках просверлены сквозные радиальные отверстия 15 (дренажные) (рис. 2.43), по которым избыток масла, снимаемый кольцами с рабочей поверхности цилиндра, стекает внутрь поршня, а затем в картер.

Наряду с четырехколечным поршнем (рис. 2.43), в настоящее время широко применяются поршни с трехколечным комплектом поршневых колец (рис. 2.44). Такие поршни устанавливаются на все дизели, сертифицированные

по европейским нормам выбросов вредных веществ TIER-2, TIER-3A (тракторы), EURO-2, EURO-3 (автомобили). Таким требованиям удовлетворяют, например, четырехцилиндровые дизели Д-245 S2, Д-245.5 S2, Д-245.43 S2; шестицилиндровые дизели Д-260.1 S2, Д-260.2 S2, Д-262 S2, Д-263 S2, ЯМЗ-236НЕ3, восьмицилиндровые дизели ЯМЗ-238ДЕ2.

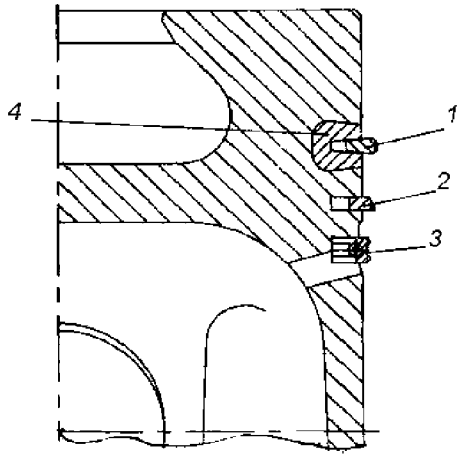


Рис. 2.44. Поршень с тремя поршневыми кольцами дизелей Д-245 S2, Д-260.1 S2:
1, *2* – компрессионное кольцо; *3* – маслосъемное кольцо;
4 – нирезистовая вставка

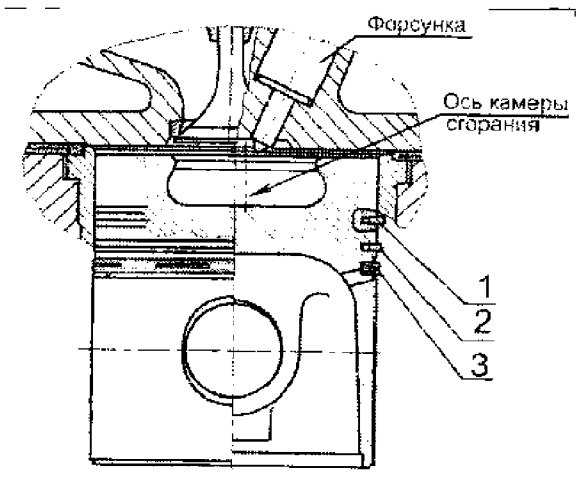


Рис. 2.45. Поршень со смещенной камерой сгорания:
1 – верхнее компрессионное кольцо; *2* – компрессионное конусное кольцо;
3 – маслосъемное кольцо

Дизели Д-245 S2, Д-260 S2 и их модификации, сертифицированные по европейским экологическим требованиям, комплектуются трехколечными поршнями со смещенной камерой сгорания (рис. 2.45). Камера смещена к форсунке и это необходимо учитывать при установке поршней в цилиндры, т. е. смещение должно быть в сторону топливного насоса высокого давления (ТНВД).

У некоторых поршней (двигатели Д-243, Д-245) на торце юбки предусмотрена выточка с острой кромкой для снятия излишков масла с зеркала цилиндра.

Для получения подвижного соединения цилиндр и поршень подбирают один к другому (в холодном состоянии) с небольшим зазором по диаметру между цилиндром и юбкой поршня. Зазор необходим, чтобы предотвратить заедание в цилиндре нагретого поршня и обеспечить образование масляной пленки между ними. Например, гильзы цилиндров и поршни дизелей Д-260.1 и их модификаций сортируются по диаметрам на три размерные группы, что обеспечивает гарантированный зазор между гильзой цилиндра и юбкой поршня в пределах 0,09–0,13 мм. Это необходимо для компенсации линейного расширения поршня.

Поскольку по высоте поршень нагревается неравномерно, то и степень его расширения различна: больше у днища, меньше в направляющей части. Поэтому диаметр верхней части (головки) поршня выполняют меньшим, чем нижней (юбки).

В дизелях Д-260.1 и их модификациях, Д-245 S2, а также в дизелях ЯМЗ предусмотрено охлаждение днища поршней смазочным маслом, подаваемым через форсунки (рис. 2.46 и 2.47). В дизелях Д-260.1, Д-245 S2 днища поршней *2* (рис. 2.46) охлаждаются маслом, подаваемым через форсунки *3*, установленные в коренных опорах блока цилиндров от 2-го, 4-го и 6-го коренных подшипников коленчатого вала *1*.

В дизеле типа ЯМЗ предусмотрено охлаждение днища поршня с внутренней стороны маслом, поступающим из вертикальных каналов перегородок блок-картера по трубке *2* (рис. 2.47). Для прохода трубки во время движения поршня в его юбке сделаны две прорези шириной 16 мм для обеспечения взаимозаменяемости поршня при установке в любой цилиндр.

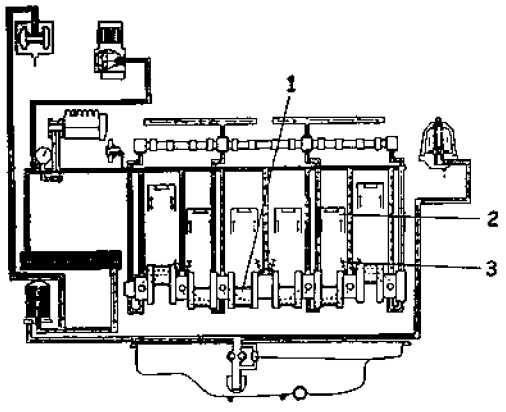


Рис. 2.46. Схема охлаждения поршней (Д-260.1, -Д-245 S2):
1 – коленчатый вал; *2* – поршень; *3* – форсунка

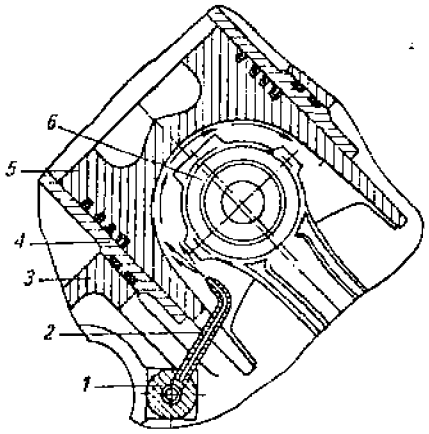


Рис. 2.47. Схема охлаждения поршня (ЯМЗ):
1 – перегородка блок-картера; *2* – трубка; *3* – блок-картер;
4 – гильза цилиндров; *5* – поршень; *6* – шатун

Направляющую часть поршней многих двигателей делают овальной формы. На наружной поверхности в зоне расположения бобышек у поршней двигателей (Д-243, Д-245, Д-260 и др.) снимают часть металла, образуя неглубокие прямоугольные вырезы, называемые *холодильниками.*

Если направляющая часть поршня овальной формы, то меньшая ось овала располагается в плоскости оси поршневого пальца. Нагреваясь, поршень сильнее расширяется в этой плоскости за счет большого количества металла, сосредоточенного в бобышках. Поэтому при работе двигателя юбка из овальной становится цилиндрической, а зазор между ней и цилиндром в различных радиальных направлениях – одинаковым.

В дизелях Д-262 S2, Д-263 S2 поршни имеют бочкообразный профиль юбки. Сечение юбки перпендикулярное оси имеет овальную форму с расположением большой оси эллипса перпендикулярно оси поршневого пальца. Рабочая поверхность юбки покрыта дисульфидом молибдена. Для повышения термостойкости поверхности камеры сгорания и днища поршня подвергнуты анодированию. Для всего семейства дизелей Д-243, -245, -260, - 262, -263 гильзы цилиндров по внутреннему диаметру и поршни по диаметру юбки сортируются на три размерные группы «Б», «С» и «М».

Для получения оптимального зазора размерные группы поршней и гильз должны быть одинаковыми. Обозначение групп наносится на днище поршня и на заходном конусе гильзы.

В комплект на один дизель производится подбор поршней, шатунов и поршневых пальцев одинаковой весовой группы. Разновес шатунов в комплекте с поршнями не должен превышать 30 г.

2.6. Поршневые кольца

Поршневые кольца предназначены для обеспечения герметичности внутрицилиндрового пространства, т. е. для предотвращения прорыва газов в картер двигателя. Одновременно поршневые кольца отводят тепло в стенки

цилиндра, значительную часть которого воспринимает днище поршня, и препятствуют проникновению масла из картера двигателя внутрь цилиндров.

В современных автотракторных двигателях по функциональному назначению применяют кольца двух типов: компрессионные (рис. 2.48) и маслосъемные (рис. 2.51).

2.6.1. Компрессионные кольца

Компрессионные кольца являются основным элементом *лабиринтного уплотнения* внутрицилиндрового пространства. Для их нормального функционирования необходимо, чтобы они устанавливались в канавки поршня с достаточно большими радиальными и осевыми зазорами. Такое уплотнение обладает насосным действием и принципиально не может ограничить поступление масла в цилиндр. Эта функция возложена на *маслосъемные кольца*, устанавливаемые в канавке с минимальными зазорами.

Для обеспечения необходимой герметичности надпоршневого пространства в двигателях устанавливают два-три компрессионных кольца.

В качестве материала для поршневых колец в основном применяют серый высокопрочный чугун, имеющий стабильную прочность и упругость при рабочей температуре, высокую износостойкость, хорошую прирабатываемость к поверхности цилиндра. Легирующие добавки *Cr, Ni, Mo* и *W* повышают жаропрочность материала колец до 340 °С.

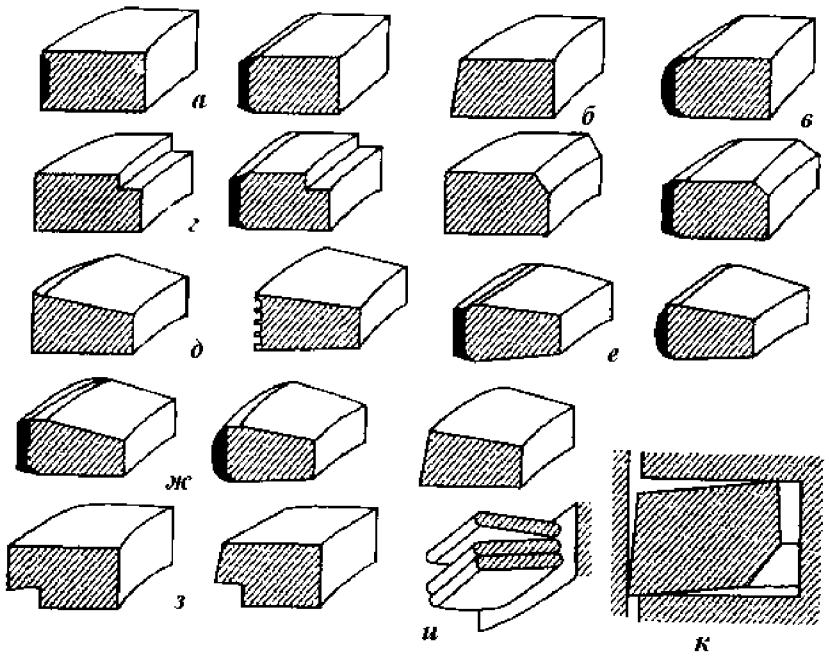


Рис. 2.48. Конструкции компрессионных колец: *а* – прямоугольного профиля; *б* – с конической рабочей поверхностью; *в* – с бочкообразной рабочей поверхностью; *г* – прямоугольного профиля с прямоугольной или скошенной внутренней выточкой; *д*, *е*, *ж* – с поперечным сечением в виде симметричной и несимметричной трапеции; *з* – скребковые; *и* – витые стальные; *к* – с обратным торсионом

В автотракторных двигателях находят широкое применение кольца с прямоугольным поперечным сечением (рис. 2.48, *а*) и кольца с конической рабочей поверхностей (рис. 2.48, *б*).

Прямоугольные кольца хорошо уплотняют надпоршневое пространство, просты по конструкции и в изготовлении. Под действием газовых сил кольцо нижним торцом плотно перекрывает зазор между поршнем и цилиндром, что способствует не только хорошему уплотнению, но и хорошему теплоотводу от головки поршня в систему охлаждения (рис. 2.49, *а*). Их недостатком является трудность приработки к зеркалу цилиндра.

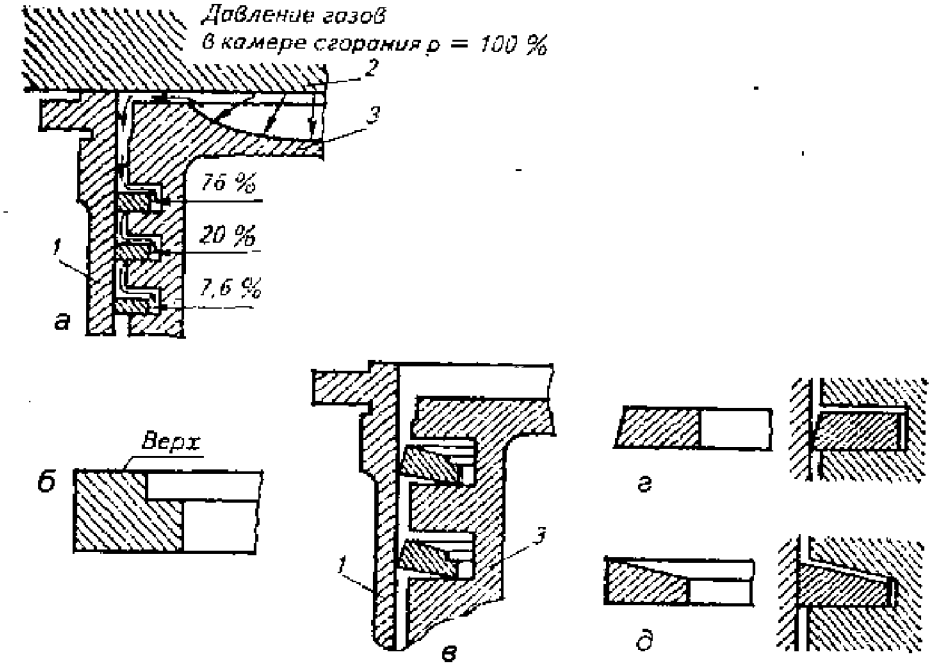


Рис. 2.49. Компрессионные поршневые кольца: *а* – схема уплотняющего действия кольца: *1* – гильза цилиндра; *2* – головка цилиндра; *3* – поршень; *б* – скручивающееся кольцо в свободном состоянии; *в* – скручивающееся кольца в рабочем состоянии; *г* – компрессионное кольцо с конической наружной поверхностью; *д* – компрессионное кольцо, имеющее в поперечном сечении форму односторонней трапеции

Кольца с конической рабочей поверхностью («минутные») (рис. 2.48, *б* и рис. 2.49, *г*) с незначительным углом наклона в пределах 15–30° быстро прирабатываются к зеркалу цилиндра, но более сложны в изготовлении.

Широкое применение находят кольца с сечением в виде односторонней или двухсторонней трапеции (рис. 2.48, *е*, *ж*, рис. 2.49, *д*). Они хорошо противостоят пригоранию даже при температуре в зоне канавки первого компрессионного кольца выше температуры коксования масла.

В дизелях Д-245, Д-260.1 и их модификациях, а также в дизелях ЯМЗ-238БЕ2, -ДЕ2 в качестве первого компрессионного кольца используется кольцо

с двусторонней трапецией и с бочкообразной рабочей поверхностью. Второе компрессионное кольцо – с конической рабочей поверхностью («минутное»), имеющее специальное покрытие пористым хромом или молибденом. Молибденовое покрытие, благодаря высокой температуре плавления, высокой твердости и наличию микропор, хорошо удерживающих смазку, имеет высокие антизадирные и повышенные противоизносные свойства. В дизелях ЯМЗ, укомплектованных четырехколечными поршнями, первое компрессионное кольцо имеет в сечении одностороннюю трапецию.

В настоящее время в связи с широким применением форсированных дизелей первое компрессионное кольцо трапецеидального типа применяется примерно в 75 % моделей дизелей с турбонаддувом. Достоинства и недостатки колец прямоугольного и конического сечений в значительной мере учтены в конструкции *скручивающихся* (*торсионных*) *колец* (рис. 2.48, *г* и 2.49, *б, в*). Такое кольцо в свободном состоянии имеет выточку, ослабляющую верхнюю зону сечения кольца. В рабочем состоянии такое кольцо «скручивается» за счет большей деформации в верхней зоне и происходит контакт с зеркалом по узкой кромке, как и в случае «минутного» кольца (рис. 2.49, *в*). Недостаток кольца – плохая теплопередача от поршня к цилиндру из-за плохого контакта со стенками канавки. Скручивающиеся кольца находят применение в автомобильных двигателях российского производства.

Разрез в кольце называют *замком*. Форма замка может быть прямоугольной, косой и ступенчатой (рис. 2.50).

Наиболее проста в изготовлении прямоугольная форма замка (рис. 2.50, *а*), но она обладает наихудшими газоуплотняющими свойствами. Величина зазора в замке δ составляет 0,05–1,10 мм в рабочем состоянии.

Угол скоса косого замка φ (рис. 2.50, *б*) может быть в пределах 30–45°.

Чтобы кольца свободно пружинили, их устанавливают в канавках поршня по высоте также с небольшим зазором (для различных двигателей зазор по высоте находится в пределах 0,045–0,23 мм). Обычно зазоры в замках и по высоте у верхних поршневых колец больше, чем у нижних.

При установке кольца на поршень замки должны находиться на равных расстояниях один от другого (через 90–120°), чтобы не образовался сплошной канал для газов. В двухтактном двигателе в замки колец вставляют стопорные штифты, препятствующие прокручиванию колец, и тем самым предотвращающие касания краем кольца за кромку продувочного или выпускного окна и их поломку (рис. 2.50, *г*).

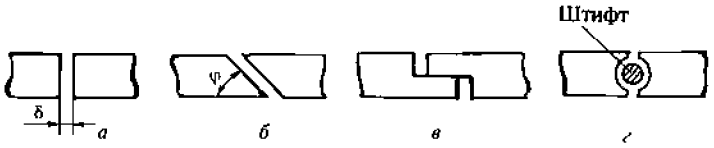


Рис. 2.50. Формы замков колец:
а – прямоугольная; *б* – косая; *в* – ступенчатая; *г* – со штифтом (для двухтактных двигателей); δ – зазор в замке; φ – угол скоса

Если поршневые кольца неплотно прилегают к стенке цилиндра, то газы, прорываясь даже через незначительные просветы между стенкой цилиндра и кольцами, вызывают перегрев колец. В результате этого масло, находящееся между поршнем и стенкой цилиндра, окисляется. Углеродистые вещества (лаковые отложения), образующиеся при этом, заполняют зазоры между стенками канавок поршня и кольцами. Движение колец будет затруднено, и они перестанут свободно перемещаться и пружинить. Это явление, называемое *пригоранием* (*закоксовыванием*) *колец*, сопровождается уменьшением мощности двигателя и увеличением расхода масла.

Для обеспечения длительного плотного прилегания поршневых колец к стенке цилиндра при изготовлении колец предусматривают в их конструкции неравномерное радиальное давление по окружности и наибольшее давление у замка. Это связано с тем, что потеря упругости кольца происходит в первую очередь в зоне замка из-за его локального отжига. Такая неравномерная эпюра давлений достигается специальной формой отливки кольца и его механической обработкой.

2.6.2. Маслосъемные кольца

Маслосъемные кольца необходимы для снятия излишков масла со стенок цилиндра, а также для распределения его в виде пленки постоянной толщины по зеркалу цилиндра. В зонах контакта кольца и цилиндра должна сохраняться масляная пленка толщиной 0,003–0,012 мм на всех режимах работы двигателя. Если не снимать излишки масла с внутренней поверхности цилиндров, то оно, проникая в полость над поршнем и соприкасаясь с горячими газами и деталями, частично сгорает, а частично окисляется. Это вызывает повышенный расход масла и образование нагара на днище поршня, головке и стенках цилиндра.

Конструкции маслосъемных колец, применяющихся в современных автотракторных двигателях, показаны на рис. 2.51.

Чугунные монолитные кольца коробчатого типа с цилиндрическим пружинным расширителем (рис. 2.51, *б*) применяются практически на всех автотрак-

торных дизелях (Д-243, Д-260.1 и их модификации, ЯМЗ-236НЕ3, ЯМЗ-238БЕ2, -ДЕ2) и примерно на 30 % ДВС с искровым зажиганием. Такие кольца характеризуются высокой гибкостью и равномерным распределением давления по высоте кольца. Между рабочими поясками такого кольца имеется канавка для сбора масла, которое отводится через дренажные отверстия в поршне в запоршневое пространство. Внутренняя поверхность кольца выполняется в виде полуокружности или V-образной для сопряжения с пружиной. Для повышения долговечности рабочие пояски колец (на рис. 2.51, *б* изображены черными нештрихованными) покрывают электролитическим слоем пористого хрома.

Стальные кольца коробчатого типа (рис. 2.51, *г*, *д*, *е*), состоящие из двух кольцевых опорных пластин и расширителей, применяются в основном в ДВС с искровым зажиганием.

Конструкции колец скребкового типа без расширителей показаны на рис. 2.51, *в*. Верхнее из двух колец, устанавливаемых в одну канавку, имеет дренажные прорези. Эта конструкция допускает «независимую» работу каждого кольца, что улучшает их работу при движении поршня с некоторым перекосом.

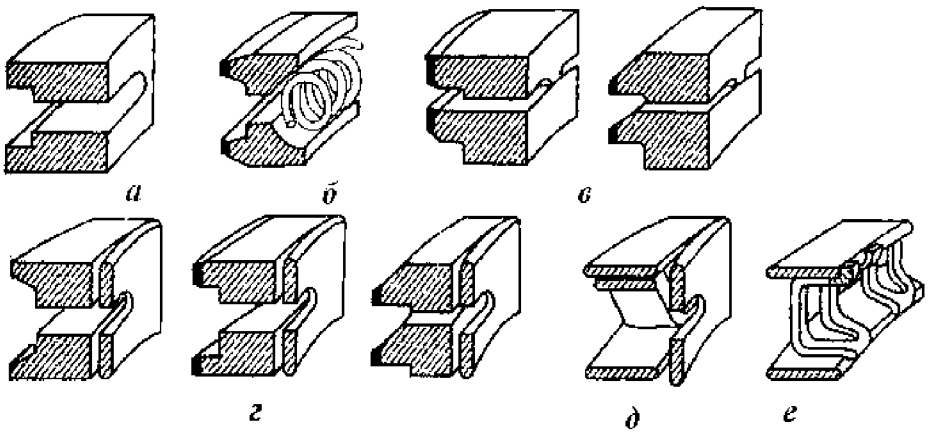


Рис. 2.51. Конструкции маслосъемных колец: *а* – коробчатого типа без расширителя; *б* – коробчатого типа с витым пружинным расширителем; *в* – два скребковых кольца; *г* – коробчатого типа с радиальным расширителем; *д* – с радиальным и осевым расширителем; *е* – с тангенциальным расширителем

На рис. 2.52 показана схема работы маслосъемных колец.

При движении поршня *2* вниз (рис. 2.52, *а*) излишки масла снимаются кромками кольца. Через зазор между кольцами и стенкой канавки поршня, а также через прорезь *4* в кольце и канал *5* в поршне масло отводится в картер двигателя. Если в поршне имеются маслоотводные каналы *1* под кольцом, то часть снятого масла стекает в картер по этим каналам. Излишки масла также удаляются в картер при движении поршня вверх (рис. 2.52, *б*).

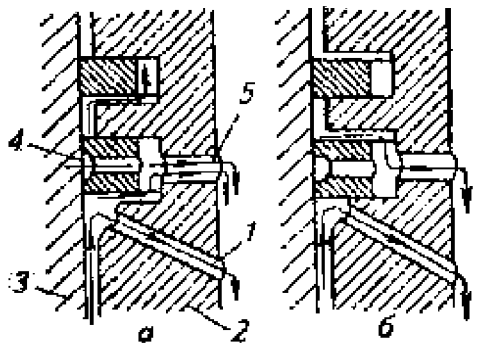


Рис. 2.52. Схема работы маслосъемных колец: *а* – при движении поршня вниз; *б* – при движении поршня вверх; *1* – маслоотводящий канал (если имеется); *2* – поршень; *3* – цилиндр; *4* – прорезь (канавка-резервуар для сбора масла); *5* – дренажное отверстие в поршне

2.7. Поршневой палец

Поршневой палец 3 (рис. 2.53) служит для шарнирного соединения поршня *2* с шатуном *1*. Он представляет собой стальной полый цилиндрический стержень. В процессе работы палец подвергается воздействию больших усилий, переменных по величине и направлению, поэтому он должен быть прочным, жестким, износостойким и легким. Палец подвергается термической обработке, чтобы получить верхний твердый износостойкий слой (1,0–1,5 мм) и вязкую середину. Для уменьшения трения поверхность поршневого пальца полируют.

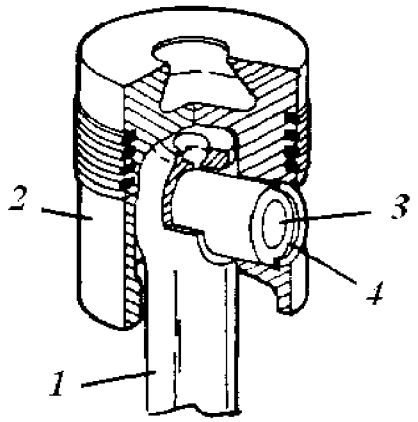


Рис. 2.53. Поршень с пальцем и шатуном (Д-243, -245, -260): *1* – шатун; *2* – поршень; *3* – поршневой палец; *4* – стопорное кольцо

В дизелях Д-243, Д-260.1 и их модификациях ЯМЗ-236НЕ3, ЯМЗ-238БЕ2, -ДЕ2 устанавливаются пальцы плавающего типа из легированной низкоуглеродистой стали с цементированной наружной поверхностью. В некоторых дизелях ЯМЗ-238 в процессе термообработки поршневых пальцев применяют азотирование.

В зависимости от способа крепления различают поршневые пальцы трех типов: закрепленные в бобышках поршня, закрепленные в верхней головке шатуна и плавающие. Пальцы, закрепленные в бобышках поршня, применяются ограниченно.

В современных автотракторных двигателях широко распространены поршневые пальцы плавающего типа. От осевых перемещений палец удерживается стопорными пружинящими кольцами *4* (рис. 2.53), установленными в канавках поршня *2*.

При холодном состоянии двигателя палец с бобышками поршня соединен с небольшим натягом. Материал поршня имеет больший коэффициент линейного расширения, чем материал пальца. При достижении пальцем рабочей температуры он расширяется в меньшей степени, чем отверстие для него в бобышках поршня. Вследствие этого палец может поворачиваться в бобышках.

В бобышках поршня палец смазывается маслом, снимаемым маслосъемным кольцом и разбрызгиваемым коленчатым валом. У некоторых двигателей в бобышках для лучшего поступления масла к трущимся поверхностям бобышек и пальца сделаны сверления.

Внутри пальца двухтактных двигателей выполнена перегородка, которая предотвращает прорыв горючей смеси из кривошипной камеры в выпускной канал.

Поршневые пальцы с плотной посадкой в верхней головке шатуна применяют в некоторых ДВС с искровым зажиганием. Такие пальцы могут поворачиваться только в бобышках поршня.

2.8. Шатун

Шатун шарнирно соединяет поршень с коленчатым валом и передает усилие от поршня коленчатому валу в такте расширения и в обратном направлении при вспомогательных тактах.

В процессе работы двигателя шатуны подвергаются интенсивным знакопеременным нагрузкам от газовых и инерционных сил, имеют повышенные рабочие температуры до 100–120 °С. Материал и конструкция шатуна должны обеспечивать его высокую усталостную прочность и жесткость при минимальной массе.

Различают три конструктивных элемента шатуна: верхнюю (поршневую) головку *2* (рис. 2.54), стержень *1* и нижнюю (кривошипную) разъемную

головку *4*, закрепляемую на шатунной шейке коленчатого вала. Стержень *1* шатуна обычно имеет двутавровое сечение. В верхнюю головку *2* запрессовывают бронзовую или биметаллическую втулку *3*.

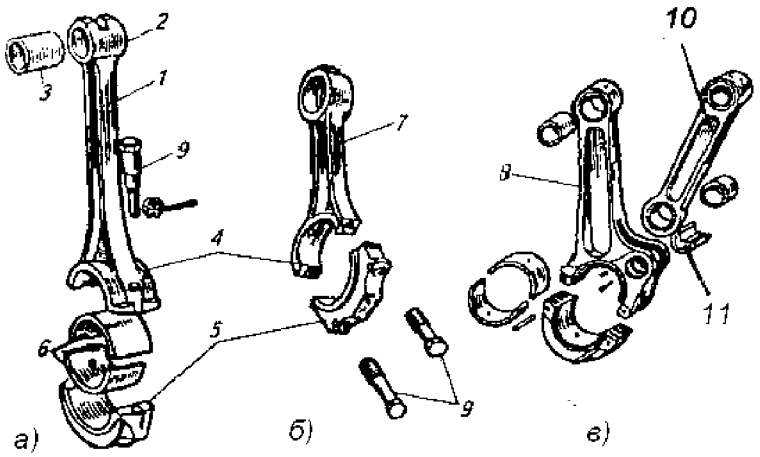


Рис. 2.54. Конструкции шатунов: *а* – одинарный с прямым разъемом; *б* – одинарный с косым разъемом; *в* – сочлененный с прицепным шатуном; *1* – стержень; *2*, *4* – соответственно верхняя и нижняя головки; *3* – втулка; *5* – крышка нижней головки; *6* – вкладыши нижней головки; *7* – шатун с косым разъемом нижней головки шатуна; *8* – сочлененный шатунный узел V-образного двигателя; *9* – шатунные болты; *10* – прицепной шатун; *11* – кривошипный палец

Длина верхней головки шатуна на 2–4 мм меньше расстояния между торцами бобышек поршня, что исключает возможность трения головки о бобышки поршня. Для смазывания поршневых пальцев в верхней головке и во втулке (Д-243, Д-245, Д-260, ЯМЗ-238, ЯМЗ-236) выполнены сверления. В шатунах дизелей ЯМЗ-238БЕ, -ДЕ масло во втулку верхней головки подается принудительно из нижней головки по каналу в стержне шатуна.

В дизелях Д-262, Д-263 верхняя головка шатуна выполнена со скосами для более равномерного распределения нагрузки от газовых сил на бобышки поршня.

В современных дизелях в связи с повышенным давлением сгорания применяют трапециевидные поршни и верхние головки шатунов (рис. 2.55, поз. *1*). Благодаря трапециевидной форме плоскостей сопряжение поршня и шатуна, площадь нагруженных поверхностей отверстий в поршне и шатуне под поршневой палец увеличивается (рис. 2.56). Вследствие такой формы поверхности сила давления сгорания распределяется на большей площади, в результате чего уменьшается удельное давление на поршневой палец и шатун.

Нижняя головка – наиболее сложный конструктивный элемент шатуна. Она должна иметь высокую жесткость для надежной работы шатунных вкладышей, минимальные размеры и массу для снижения инерционных сил, плавные переходы во избежание концентрации напряжений, обеспечивать

возможность демонтажа шатуна через цилиндр. Наиболее распространенные шатуны имеют кривошипную головку с прямым разъемом, плоскость которого перпендикулярна оси шатуна (рис. 2.54, *а* и рис. 2.55). Такие шатуны установлены на всех модификациях дизелей Д-243, Д-245, Д-260.

Крышка *4* (рис. 2.55) крепится к шатуну *1* двумя болтами *2* с гайками *5*. От поворачивания болты удерживаются лысками, имеющимися на головках болтов. Самоконтрящиеся гайки *5* затягиваются определенным моментом с помощью динамометрического ключа.

Крышки *4* шатунов невзаимозаменяемы, поэтому на поверхностях обеих половин нижней головки шатуна с одной стороны наносят одинаковые метки (цифры), в соответствии с которыми затем соединяют крышку с шатуном (цифры «*3*» на крышке и шатуне, рис. 2.55). Кроме того, шатуны имеют весовые группы по массе верхней и нижней головок. Обозначение группы по массе наносится на торцевой поверхности верхней головки шатуна. На каждый дизель устанавливаются шатуны только одной группы, чтобы обеспечить разновес не более 30 г.

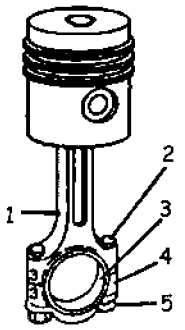


Рис. 2.55. Шатун с прямым разъемом в сборе:
1 – стержень шатуна; *2* – болт шатунный; *3* – вкладыши шатунные;
4 – крышка шатуна; *5* – гайка

Одинарные шатуны с косым разъемом нижней головки (рис. 2.54, *б*) устанавливаются как в рядных, так и в V-образных двигателях. В этом случае в V-образных двигателях на одной шатунной шейке последовательно располагаются кривошипные головки шатунов двух противолежащих цилиндров, оси которых смещены в продольной плоскости.

Косой разъем выполняют при развитых шатунных шейках с диаметрами d 0,7–0,8 $D_{цил,}$ ($D_{цил}$ – диаметр цилиндра).

Плоскость косого разъема может располагаться под углом 30°, 45° или 60° к продольной оси стержня шатуна. Применение косого разъема позволяет производить монтаж и демонтаж комплектов поршней с шатунами через цилиндр. Кроме того, при косом разъеме уменьшаются силы инерции, нагру-

жающие шатунные болты. Шатуны дизелей ЯМЗ-238БЕ, ЯМЗ-238ДЕ (рис. 2.57) имеют невзаимозаменяемые крышки *3*. На крышке *3* и шатуне *1* со стороны короткого болта *4* выбит порядковый номер цилиндра, а со стороны длинного болта *5* выбиты метки спаренности в виде числа одинакового для шатуна и крышки (см., например, метки «3» на крышке и шатуне дизеля Д-243, -245, -260 рис. 2.55). В стержне шатуна *1* предусмотрен масляный канал для смазки поршневого пальца, сопрягаемого со сталебронзовой втулкой.

Для обеспечения расположения одноименных цилиндров левого и правого рядов V-образного двигателя в одной поперечной плоскости используются шатуны центрального сочленения или *главный шатун 8* (рис. 2.54, *в*) с сочлененным с ним прицепным шатуном *10* через кривошипный палец *11*.

Шатунные болты автотракторных двигателей выполняются из хромистых хромоникельмолибденовых сталей методом штамповки на холодновысадочных автоматах с последующей накаткой резьбы и термообработкой. Чтобы исключить проворачивание болтов, их головки выполняют несимметричной формы с вертикальным срезом, а в теле шатуна предусматривают площадки или углубления. Гайки шатунных болтов (если предусмотрены) самоконтрящиеся (с обжатием по граням).

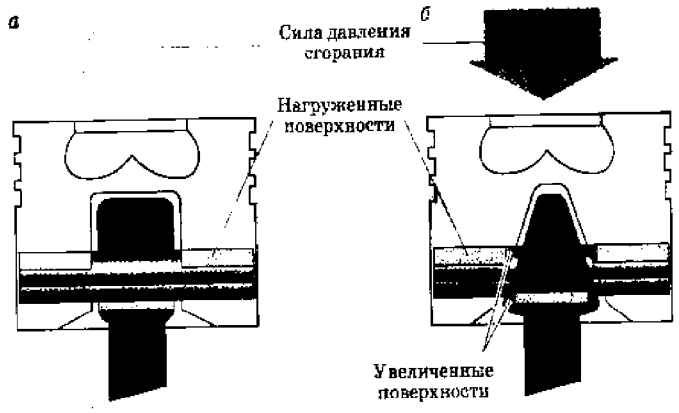


Рис. 2.56. Распределение усилий на поршне и шатуне с параллельными (*а*) и трапециевидными (*б*) сопрягающимися поверхностями

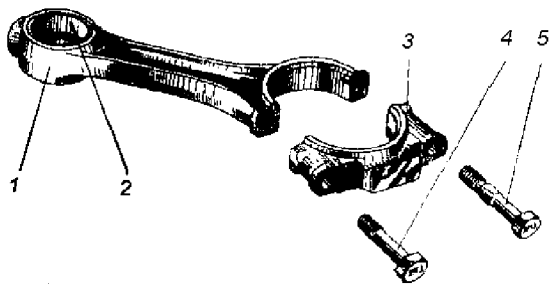


Рис. *2.57.* Шатун двигателей ЯМЗ-238БЕ, ЯМЗ-238 ДЕ:
1 – шатун; *2* – втулка верхней головки; *3* – крышка; *4* – короткий болт крышки; *5* – длинный болт крышки

2.8.1. Шатунные подшипники

Шатунные подшипники скольжения компонуются из двух тонкостенных вкладышей *6* (рис. 2.54), *7* (рис. 2.55). Для предотвращения осевых смещений и проворачивания на одной из кромок вкладыша отгибается фиксирующий выступ в специальную пазовую канавку в кривошипной головке шатуна и крышке. Вкладыши работают в условиях высоких знакопеременных механических нагрузок и повышенных температур.

Конструктивно вкладыши выполняют *биметаллическими* (стальная основа и антифрикционный слой) и *триметаллическими* (стальная основа, промежуточный (медноникелевый) и антифрикционный слой).

Общая толщина шатунных вкладышей составляет 1,3–2,0 мм для ДВС с искровым зажиганием, при этом толщина антифрикционного слоя 0,2–0,4 мм. Для дизелей общая толщина составляет 2,5–3,0 мм при толщине антифрикционного слоя 0,3–0,7 мм.

В современных автотракторных двигателях в качестве антифрикционных материалов применяют свинцово-оловянистые (двигатели с искровым зажиганием), алюминиевые высокооловянистые сплавы (сталеалюминевые вкладыши дизелей Д-243, Д-245, Д-260 и их модификаций) и свинцовистую бронзу (вкладыши дизелей ЯМЗ-236НЕ3, -238БЕ2, -238ДЕ2, -238БЕ, -ДЕ).

Между шатунными вкладышами и кривошипной шейкой коленчатого вала предусматривается радиальный зазор 0,10–0,15 мм для создания масляного клина.

2. 9. Коленчатый вал

Коленчатый вал относится к наиболее нагруженным и напряженным деталям двигателя. Механическую энергию от цилиндропоршневой группы коленчатый вал преобразует во вращательное движение и передает это движение трансмиссии. Газовые и инерционные силы создают значительные скручивающие и изгибающие напряжения в коленчатом валу. Кроме того, периодически изменяющиеся крутящие моменты вызывают его крутильные колебания.

Коленчатый вал *16* (рис. 2.58) состоит из следующих основных элементов: коренных шеек *22*, которыми вал опирается на вкладыши *9*, *10* коренных подшипников, расположенных в картере; шатунных шеек *23*; щек *24*, соединяющих

коренные и шатунные шейки; носка (переднего конца); хвостовика (заднего конца). Для уменьшения концентрации напряжений места перехода шеек в щеки выполняют в виде закруглений, называемых *галтелями.* Для разгрузки коренных подшипников от действия центробежных сил инерции на первой, шестой, седьмой и двенадцатой щеках коленчатого вала закреплены автономные противовесы *6*. Конструктивно противовесы могут быть выполнены как единое целое с валом.

Правильный выбор количества, размеров и размещения противовесов позволяет при минимальной металлоемкости свести к минимуму внутреннюю неуравновешенность двигателя и снизить вибрации.

Коленчатый вал должен обладать высокой усталостной прочностью, чтобы противостоять деформации от изгибных и крутильных колебаний и деформации изгиба и кручения. Такие нагрузки могут приводить к усталостным разрушениям элементов коленчатого вала.

Коленчатый вал современного форсированного автотракторного двигателя является одной из наиболее часто повреждаемых деталей. Коленчатые валы дизелей штампуют из высокоуглеродистой легированной стали (45Х, 40ХФА, 42ХМФА). Для коленчатых валов ДВС с искровым зажиганием используются серые и ковкие чугуны. Их преимущества – меньшая стоимость, снижение припусков на механическую обработку и экономия стального проката. Однако в дизелях они не получили распространения из-за более низкого предела выносливости чугуна по сравнению со сталью.

Для повышения твердости и износостойкости коренные и шатунные шейки коленчатых валов подвергают термической обработке. Затем их шлифуют и полируют. Овальность и конусность шеек новых валов не должны превышать 0,015 мм.

Коленчатые валы современных двигателей в большинстве случаев выполняют полноопорным, т. е. с количеством шеек, равным $i + 1$, где i – количество кривошипов коленчатого вала. Такая конструкция вала (рис. 2.58) обеспечивает большую жесткость и тем самым облегчает условия работы блок-картера, коренных подшипников и самого коленчатого вала.

На переднем конце коленчатого вала дизелей Д-260.1 (рис. 2.58) и четырехцилиндровых дизелей Д-243, Д-245 установлены: шестерня *17* привода механизма газораспределения и шестерня *18* привода масляного насоса смазочной системы; маслоотражатель *19*, шкив *2* привода вентилятора и генератора; демпфер крутильных колебаний *3*. На носке коленчатого вала крепится маховик *12* и маслоотражатель *11*. Носок и хвостовик коленчатого вала

уплотняются резиновыми самоподжимными манжетами. Для осевой фиксации коленчатого вала используют четыре упорных полукольца *15*, которые устанавливаются по торцам четвертой коренной шейки коленчатого вала.

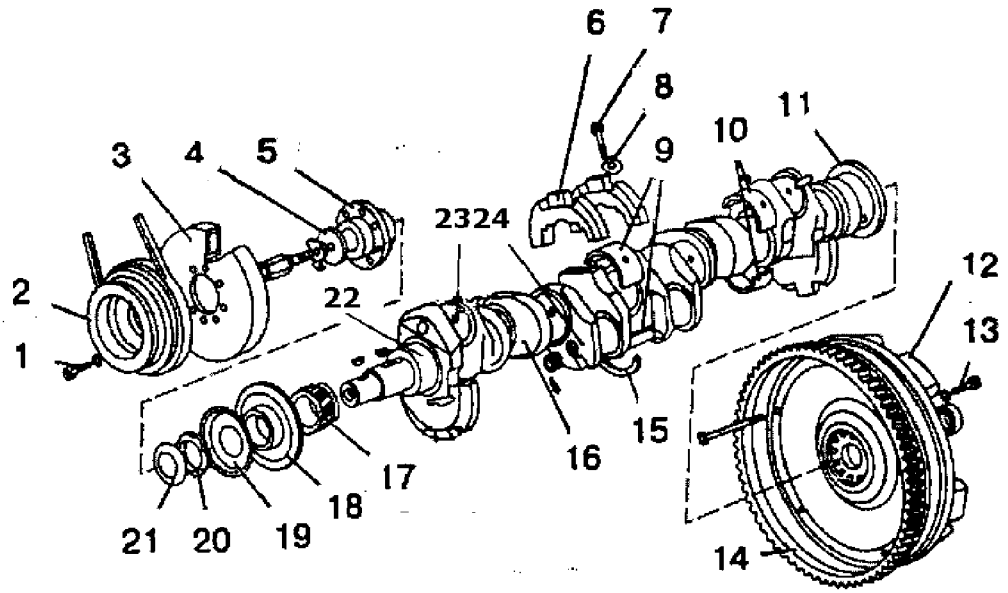


Рис. 2.58. Коленчатый вал рядного дизеля Д-260.1: *1* – болт М12×35; *2* – шкив; *3* – гаситель силиконовый; *4* – шайба; *5* – ступица шкива; *6* – противовес; *7* – болт; *8* – пластина стопорная; *9* – вкладыш коренной (1 компл.); *10* – вкладыш коренной (6 компл.); *11* – маслоотражатель; *12* – маховик; *13* – болт маховика; *14* – венец маховика; *15* – полукольцо; *16* – коленчатый вал; *17* – шестерня коленчатого вала; *18* – шестерня привода масляного насоса; *19* – маслоотражатель; *20* – гайка; *21* – пружина тарельчатая; *22* – коренная шейка; *23* – шатунная шейка; *24* – щека

Осевая фиксация коленчатого вала дизелей Д-243, Д-245 осуществляется четырьмя упорными полукольцами *3* (рис. 2.59), установленными по торцам задней (пятой) коренной шейки. Осевой люфт коленчатого вала дизелей Д-243, -245, -260.1 находится в пределах 0,050–0,289 мм. По толщине упорного полукольца предусмотрены номинальные и ремонтные размеры.

Для подвода масла к коренным и шатунным подшипникам шейки коленчатого вала соединены каналами *А* (рис. 2.58), проходящими в щеках.

В шатунных шейках коленчатых валов дизелей Д-243, Д-245, Д-260.1 (рис. 2.58 и 2.59), также дизелей других моделей предусмотрены полости *Б* для центробежной очистки масла. Эти полости называют грязеуловителями. Масло от коренных шеек вала по каналам поступает в полости *Б*. С торца каждая полость закрыта пробкой *13*. При вращении коленчатого вала тяжелые примеси (пыль, коксовые и металлические частицы), имеющиеся в масле, под действием центробежной силы отбрасываются к стенке полости *Б*, а очищенное масло подается по сверлению *14* в шатунный подшипник.

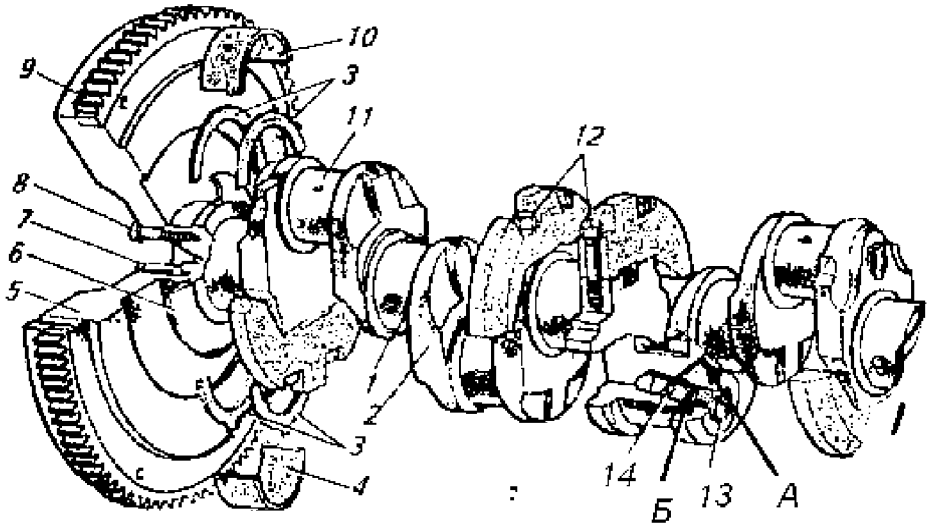


Рис. 2.59. Коленчатый вал дизелей Д-243, Д-245: *1* – коренная шейка; *2* – щека; *3* – упорные полукольца; *4*, *10* – нижний и верхний вкладыши коренного подшипника; *5* – маховик; *6* – маслоотражательная шайба; *7* – установочный штифт; *8* – болт крепления маховика; *9* – зубчатый венец; *11* – шатунная шейка; *12* – противовес; *13* – резьбовая пробка; *14* – сверление в шатунной шейке; *А* – канал подвода масла в полость *Б*; *Б* – полость шатунной шейки

2.9.1. Коренные подшипники

Коренные подшипники коленчатых валов в двигателях могут быть двух видов: скольжения и качения. Подшипники скольжения – это взаимозаменяемые вкладыши, которые конструктивно мало отличаются от вкладышей шатунных подшипников. Для большинства двигателей их изготавливают из сталеалюминиевой ленты. В качестве антифрикционного слоя в них применяют высокооловянистый алюминиевый сплав АО20-1 или сплав АСМ (алюминий, сурьма, магний), который применяют в основном для вкладышей коренных подшипников тракторных дизелей (Д-243, -245, -260). Биметаллические вкладыши коренных подшипников дизелей ЯМЗ-238БЕ, ЯМЗ-238ДЕ, ЯМЗ-238БЕ2, -ДЕ2 имеют стальное основание и антифрикционный слой из свинцовистой бронзы (Бр. С–30). Толщина вкладышей коренных подшипников большинства тракторных дизелей составляет 4–5 мм и 2,4–3,0 мм для ДВС с искровым зажиганием. Верхние и нижние вкладыши коренных подшипников дизелей не взаимозаменяемы.

Верхние вкладыши коренных подшипников имеют сквозные отверстия, которые при установке вкладышей в постели совпадают с каналами в блок-картере. По этим каналам масло из главной масляной магистрали подводится к подшипникам.

На внутренней поверхности отдельных вкладышей делают канавки, соединяющиеся с отверстием. Канавки служат для подвода масла через наклонный канал в щеке коленчатого вала к соответствующему шатунному подшипнику.

Верхний вкладыш каждого коренного подшипника вставляют в гнездо стенки или перегородку блок-картера, а нижний вкладыш – в съемную крышку. Вкладыши устанавливают в постели с натягом. Это обеспечивает плотное прилегание вкладышей к постели по всей окружности при затяжке гаек шпилек коренных подшипников. Проворачивание и осевое смещение вкладышей предотвращаются благодаря натягу и усикам, которые входят в специально сделанные клиновые пазы в постелях блок-картера и крышках коренных подшипников.

Съемные крышки под нижние вкладыши крепят к блок-картеру болтами или шпильками с гайками. Гайки шпилек шплинтуют замковыми шайбами или проволокой. Съемные крышки не взаимозаменяемы.

Сейчас многие фирмы не разрезают нижнюю головку шатуна, а прибегают к контролируемому раскалыванию нижней головки закаленных шатунов. Когда нижняя головка собирается, обе ее части стыкуются практически идеально, обеспечивая полное совпадение разлома во всех направлениях, что, кроме всего прочего, не позволяет их перепутать при установке, в случае ремонта.

В настоящее время такой же способ применяют при изготовлении крышек коренных подшипников коленчатого вала (рис. 2.60).

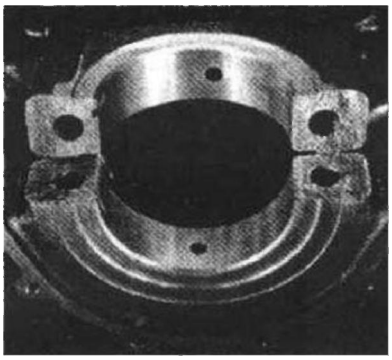


Рис. 2.60. Крышки подшипников коленчатого вала, изготовленные методом отламывания

В дизелях Д-260.1 и их модификациях комплект фиксирующих вкладышей *9* (рис. 2.58) четвертой коренной шейки не взаимозаменяем с остальными шестью комплектами вкладышей *10*. Это обусловлено осевой фиксацией коленчатого вала четырьмя полукольцами *15* в зоне четвертой коренной шейки.

Коленчатые валы изготовляют двух или трех производственных номинальных размеров. Соответственно этим размерам комплектуют вкладыши шатунных и коренных подшипников.

Номинальные размеры коренных и шатунных шеек коленчатого вала дизелей Д-243, -245, -260.1, -262, -263 приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Номинальные размеры шеек коленчатого вала рядных дизелей Д-242, Д-243, Д-244, Д-245, Д-260.1, Д-262, Д-263

Модель дизеля	Обозначение номинала вкладышей	Диаметр шейки вала, мм	
		Коренной	Шатунной
Д-242, -243, -244, -245	1Н	$75{,}25^{-0{,}082}_{-0{,}101}$	$68{,}25^{-0{,}077}_{-0{,}096}$
	2Н	$75{,}00^{-0{,}082}_{-0{,}101}$	$68{,}00^{-0{,}077}_{-0{,}096}$
Д-260.1 Д-260.2 Д-260.3	1Н	$85{,}25^{+0{,}085}_{+0{,}104}$	$73{,}00^{-0{,}100}_{-0{,}119}$
	2Н	$85{,}00^{+0{,}085}_{+0{,}104}$	$72{,}75^{-0{,}100}_{-0{,}119}$
Д-262 S2	1Н	$85{,}25^{+0{,}085}_{+0{,}104}$	$73{,}00^{-0{,}100}_{-0{,}119}$
	2Н	$85{,}00^{-0{,}085}_{-0{,}0104}$	$72{,}75^{-0{,}100}_{-0{,}119}$
Д-263 S2	1Н	$94{,}25^{-0{,}085}_{-0{,}104}$	$76{,}00^{-0{,}100}_{-0{,}119}$
	2Н	$94{,}00^{-0{,}085}_{-0{,}104}$	$75{,}75^{-0{,}100}_{-0{,}119}$

Номинальные размеры шеек коленчатого вала дизелей ЯМЗ приведены в табл. 2.2.

В одноцилиндровых и двухцилиндровых двигателях, а также в двигателях с разъемным коленчатым валом могут применяться подшипники качения в качестве коренных и шатунных подшипников коленчатого вала. Примером применения подшипников качения в качестве коренных подшипников является одноцилиндровый пусковой двигатель П-10 УД. Однако их применение в многоцилиндровых двигателях весьма ограничено, в связи со значительным усложнением конструкции.

Кольца роликовых подшипников, которые удерживаются от осевых смещений стопорными кольцами (внутренние кольца отсутствуют). Ролики катятся непосредственно по беговым дорожкам на коренных шейках.

Роликоподшипники, например, служат в качестве коренных подшипников коленчатого вала в двигателях ЯМЗ-240БМ.

Таблица 2.2

Номинальные размеры коренных и шатунных шеек коленчатого вала V-образных дизелей ЯМЗ-238БЕ, -БЕ2, ЯМЗ-238ДЕ, -ДЕ2

Маркировка коленчатого вала	238ДК – 1005015-30 или 238Н – 1005015-У	238ДК – 1005015-30 Ш1 или 238Н – 1005015-У Ш1	238ДК – 1005015-30 К1 или 238Н – 1005015-У К1	238ДК – 1005015-30 Ш1К1 или 238Н – 1005015-У Ш1К1
Диаметр коренных шеек, мм	$110_{-0,022}$ (1Н)	$110_{-0,022}$ (1Н)	$109,75_{-0,022}$ (2Н)	$109_{-0,022}$ (2Н)
Маркировка коренных вкладышей	236-1005170-В и 236-1005171-В	236-1005170-В и 236-1005171-В	236-1005170-В Р1 и 236-1005171-В Р1	236-1005170-В Р1 и 236-1005171-В Р1
Толщина коренного вкладыша, мм	$2,965_{-0,012}$ (1Н)	$2,965_{-0,012}$ (1Н)	$3,090_{-0,012}$ (2Н)	$3,090_{-0,012}$ (2Н)
Диаметр шатунных шеек, мм	$88,00_{-0,022}$ (1Н)	$87,75_{-0,022}$ (2Н)	$88,00_{-0,022}$ (1Н)	$87,75_{-0,022}$ (2Н)
Маркировка шатунного вкладыша	236-1004058-В	236-1004058-В Р1	236-1004058-В	236-1004058-В Р1
Толщина шатунного вкладыша, мм	$2,490_{-0,012}$ (1Н)	$2,615_{-0,012}$ (2Н)	$2,490_{-0,012}$ (1Н)	$2,615_{-0,012}$ (2Н)

Постель для коренных подшипников выполнена в семи перегородках нижней части блок-картера. В них запрессованы наружные кольца роликовых подшипников, которые удерживаются от осевых смещений стопорными кольцами (внутренние кольца отсутствуют). Ролики катятся непосредственно по беговым дорожкам на коренных шейках.

2.9.2. Гаситель крутильных колебаний

Крутильными колебаниями коленчатого вала называют знакопеременные относительные угловые смещения элементов коленчатого вала, происходящие под воздействием переменных по времени и сдвинутых по фазе крутящих моментов на отдельных кривошипах. Как результат, негативные резонансные явления и изгибные колебания коленчатого вала могут вызвать в металле шеек и щек вала дополнительные внутренние напряжения и стать причиной усталостной поломки вала.

Если выбор оптимального варианта порядка работы четырехтактного двигателя и изменения конструкции коленчатого вала не дают желаемого результата, на коленчатом валу устанавливают специальные *гасители крутильных колебаний.* Широкое применение получили гасители с частичным поглощением

и последующим рассеянием в окружающую среду энергии крутильных колебаний, которые называют *демпферами.*

Дополнительное поглощение энергии колебаний происходит за счет сухого трения в системе, либо за счет жидкостного трения (гасители жидкостного трения) (рис. 2.61, *б*), либо за счет внутреннего молекулярного трения в материале упругого элемента (резиновые гасители) (рис. 2.61, *а*).

Гасители, показанные на рис. 2.61, уменьшают амплитуды крутильных колебаний при любой частоте вращения двигателя, включая и резонансную. По этой причине демпферы нашли широкое применение в автотракторных двигателях.

В шестицилиндровых рядных дизелях Д-260.1 и их модификациях применяется жидкостный демпфер *3* (рис. 2.58). Он представляет собой стальной герметичный корпус с крышкой, внутри которого с зазором 0,1–0,24 мм по всему контуру размещен инерционный диск *1* (рис. 2.60). Через отверстие в крышке гаситель заполняют вязкой жидкостью (полиметилсилоксаном), после чего отверстие закрывают пробкой. Корпус через ступицу жестко соединен с носком коленчатого вала.

При вращении коленчатого вала энергия крутильных колебаний переходит в работу сил трения в тонком слое вязкой жидкости, находящейся между внутренними стенками корпуса и свободно расположенным в корпусе инерционным диском, т. е. происходит поглощение и последующее рассеяние энергии крутильных колебаний.

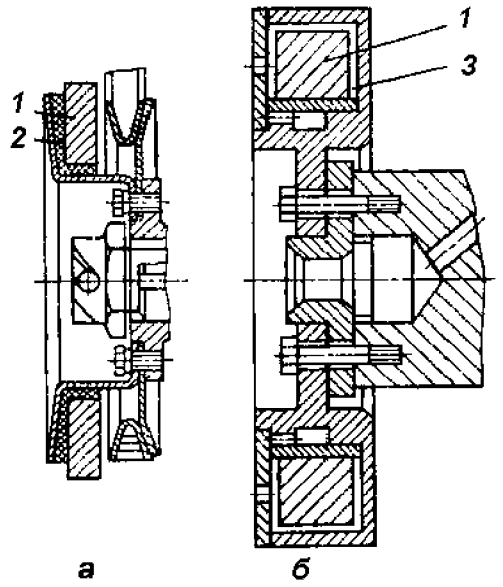


Рис. 2.61. Схемы гасителей крутильных колебаний:
а – молекулярного трения (резиновый); *б* – жидкостной;
1 – инерционный элемент; *2* – упругий элемент; *3* – жидкий наполнитель

2.9.3. Маховик

Маховик 5 (рис. 2.59) накапливает кинетическую энергию во время такта расширения и расходует ее для вращения коленчатого вала в течение трех вспомогательных тактов. Маховик компенсирует неравномерность вращения коленчатого вала за счет запасенной энергии, облегчая работу двигателя при разгоне машинно-тракторного агрегата и преодолении кратковременных перегрузок.

Маховик представляет собой массивный чугунный диск. Во многих автотракторных двигателях, как и в дизеле Д-243, маховик крепят к коленчатому валу болтами *8*. Для точной фиксации маховика служат штифты *7*. На наружную цилиндрическую поверхность маховика напрессовывают стальной зубчатый венец *9* с целью вращения коленчатого вала электростартером или пусковым двигателем для запуска дизеля.

Чтобы при разборке не нарушить взаимное положение маховика и коленчатого вала, болты крепления маховика или его установочные штифты *7* располагают несимметрично.

В четырехцилиндровых дизелях Д-243, -245 и их модификациях на поверхности маховика, обращенной к коленчатому валу, выполнено глухое сверление, угловое положение которого соответствует определенному углу до ВМТ поршня первого цилиндра. С помощью этого отверстия и вставляемого в него штифта проверяют и регулируют установочный угол опережения впрыска топлива.

На маховике монтируют муфту сцепления. Маховик в сборе с коленчатым валом и муфтой сцепления динамически балансируют, чтобы при вращении не возникали моменты сил инерции неуравновешенных частей. При динамической балансировке для устранения дисбаланса к опорному диску сцепления присоединяют дополнительные грузы в предусмотренных для этого местах.

2.10. Уравновешивающие механизмы

Уравновешивания кривошипно-шатунного механизма не всегда можно достичь за счет установки на коленчатый вал противовесов. Поэтому для некоторых двухцилиндровых двигателей для уравновешивания сил инерции второго порядка применяют специальные механизмы. Такие механизмы

приводятся во вращение от шестерни механизма газораспределения или от шестерни коленчатого вала.

В первом случае от шестерни механизма газораспределения приводятся во вращение грузы-противовесы с частотой вращения коленчатого вала, но в противоположную сторону, обеспечивая уравновешивание сил инерции второго порядка. Во втором случае два дисбалансных груза приводятся от шестерни коленчатого вала и вращаются в разные стороны с частотой в два раза большей частоты вращения двигателя. Вертикальные составляющие центробежных сил грузов суммируются и уравновешивают силы инерции второго порядка поршней и шатунов.

Механизмы уравновешивания монтируются в отдельных корпусах и крепятся к блок-картеру двигателя, что значительно усложняет и удорожает двигатель.

2.11. Возможные неисправности кривошипно-шатунного механизма

В процессе эксплуатации двигателя детали кривошипно-шатунного механизма работают надежно и не требуют периодического технического обслуживания. Однако в результате нарушения правил эксплуатации или небрежной сборки возможны неисправности в работе механизма или его преждевременный износ.

Признаками неисправности кривошипно-шатунного механизма могут быть посторонние стуки и шумы, снижение мощности двигателя, увеличение расхода топлива и масла.

Шумы и стуки в двигателе возникают в результате износа деталей кривошипно-шатунного механизма и увеличения зазоров между сопряженными деталями («цилиндр – поршень», «шейки коленчатого вала – вкладыши подшипников» и др.). Кроме стука, характерным признаком увеличения зазоров между шейками коленчатого вала и вкладышами может быть падение давления масла в смазочной системе. Если зазор больше допустимого, то вкладыши следует заменить.

Падение мощности, повышенный расход топлива и масла, дымление из сапуна – это неисправности, обычно появляющиеся одновременно, когда воздух (горючая смесь) и отработавшие газы прорываются из цилиндра в картер, а масло проникает из картера в камеру сгорания. Они также возникают

при закоксовывании (пригорании) поршневых колец – эту неисправность устраняют, заменяя поршневые кольца.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен кривошипно-шатунный механизм?
2. Из каких основных элементов состоит КШМ?
3. Что означает «литровая мощность»?
4. Что такое форсированный двигатель?
5. Назовите основные сравнительные показатели дизелей и ДВС с искровым зажиганием.
6. Как уплотняется стык головки и блока цилиндров?
7. Назовите составляющие экологических показателей двигателя.
8. Как устроен блок-картер двигателей жидкостного охлаждения? Какое преимущество дает применение мокрых гильз?
9. Перечислите особенности устройства корпусных деталей двигателей воздушного охлаждения.
10. Для чего нужен зазор между гильзой и поршнем?
11. Каково назначение и устройство компрессионных и маслосъемных колец?
12. Для чего необходимы и как устроены вкладыши шатунного и коренного подшипников?
13. Чем ограничивают осевое смещение коленчатого вала?
14. С какой целью применяют маховик и гаситель крутильных колебаний?
15. Как устроены уравновешивающие механизмы?
16. Назовите основные неисправности кривошипно-шатунного механизма.
17. Перечислите главные причины появления неисправностей в деталях кривошипно-шатунного механизма.

Глава 3. МЕХАНИЗМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ (МГР)

3.1. Общие сведения

Механизм газораспределения предназначен для своевременного впуска в цилиндры свежего заряда (горючей смеси или воздуха) и выпуска отработавших газов.

В поршневых двигателях внутреннего сгорания в основном применяют клапанные и золотниковые механизмы газораспределения.

В автотракторных двигателях в основном используют клапанные механизмы газораспределения, клапаны которых открывают и закрывают впускные и выпускные отверстия. Различают клапанные механизмы двух типов: *с подвесными клапанами*, расположенными в головке цилиндров и открывающимися при их движении вниз (в направлении к коленчатому валу), и *с боковыми клапанами*, расположенными в блок-картере и открывающимися при их движении вверх (в направлении от коленчатого вала) (рис. 2.63).

При боковом расположении клапанов высота головки цилиндров и двигателя в целом уменьшается, а устройство механизма газораспределения и привода распределительного вала упрощается. Однако из-за менее компактной формы камеры сгорания экономические показатели таких двигателей ниже, а невозможность достижения высокого коэффициента наполнения при повышенном скоростном режиме работы ограничивает степень их форсирования. Боковое расположение клапанов применяют только в карбюраторных двигателях с низкой степенью сжатия и невысокой частотой вращения коленчатого вала.

В двигателях с подвесными клапанами камеры сгорания имеют компактную форму и относительно малые поверхности охлаждения, благодаря чему снижаются тепловые потери и повышаются экономические показатели. Кроме того, в таких камерах значительно сокращается путь пламени от свечи до наиболее удаленных мест распространения рабочей смеси и улучшаются условия процесса сгорания, в связи с чем создаются возможности повышения степени сжатия при топливе того же сорта. Верхнее (подвесное) расположение клапанов позволяет уменьшить длину впускных и выпускных каналов и придать им более выгодные формы. В результате этого снижаются потери на впуске и выпуске, улучшаются наполнение цилиндров свежим зарядом и очистка их от отработавших газов, благодаря чему повышаются мощность и экономичность двигателя, значительно расширяются возможности форсирования его по скоростному режиму. Практически во всех современных двигателях с внешним смесеобразованием применяют механизмы газораспределения с подвесным расположением клапанов.

В дизелях используют механизмы газораспределения только с подвесными клапанами, расположенными в головке блока цилиндров. В состав распределительного механизма входят впускные и выпускные клапаны с пружинами, передаточные детали от распределительного вала к клапанам, распределительный вал и зубчатые колеса привода.

Золотниковые механизмы газораспределения находят применение в двухтактных двигателях П-10УД (рис. 2.8).

Газораспределительный механизм с подвесными клапанами (рис. 2.62) работает следующим образом. Коленчатый вал через шестерни газораспределения приводит во вращение распределительный вал *1*, каждый кулачок которого, набегая на толкатель *2*, поднимает штангу *3*. Нижний конец ее упирается в пяту толкателя *2*, а верхний – в регулировочный винт *5* коромысла *8*, установленного на оси *7*. Коромысло *8*, поворачиваясь вокруг оси *7*, бойком отжимает клапан *14* вниз. При этом открывается канал головки цилиндров, а предварительно сжатые пружины *12*, *13* (чтобы удержать клапан в закрытом положении) еще больше сжимаются. Стержень клапана движется в направляющей втулке *15*.

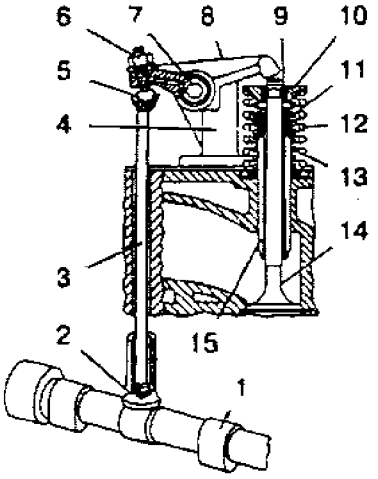


Рис. 2.62. Механизм газораспределения с подвесными клапанами дизелей Д-243, Д-245, Д-260.1 и их модификаций: *1* – распределительный вал; *2* – толкатель; *3* – штанга; *4* – стойка; *5* – регулировочный винт; *6* – контргайка; *7* – ось коромысел; *8* – коромысло; *9* – сухарик; *10* – тарелка; *11* – уплотнительная монета; *12* – пружина клапанная наружная; *13* – пружина клапанная внутренняя; *14* – клапан; *15* – втулка направляющая

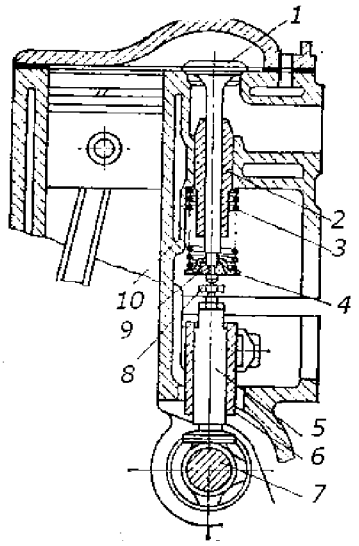


Рис. 2.63. Механизм газораспределения с боковыми клапанами: *1* – клапан; *2* – направляющая втулка клапана; *3* – пружина; *4* – опорная шайба; *5* – толкатель; *6* – втулка толкателя; *7* – распределительный вал; *8* – регулировочный болт; *9* – сухарь; *10* – блок-картер

Клапан открыт полностью, когда толкатель находится на вершине кулачка. При дальнейшем повороте распределительного вала толкатель начинает постепенно опускаться, а клапан под действием пружин движется вверх. Когда выступ кулачка выходит из-под толкателя, давление на клапан прекращается, и он под действием пружин плотно закрывает отверстие канала (гнездо) в головке цилиндров.

При обратном движении клапана *14* коромысло, штанга и толкатель перемещаются в первоначальное положение.

Чтобы изменение размеров при нагревании деталей механизма газораспределения не нарушало плотной посадки тарелки клапана в седло головки цилиндров, между торцом стержня клапана и бойком коромысла предусматривают регулируемый зазор. При холодном состоянии двигателя этот зазор для впускных и выпускных клапанов дизелей Д-242, Д-243 и Д-244 (без турбонаддува) составляет 0,25–0,30 мм; для дизелей с турбонаддувом Д-245, Д-260.1 и их модификаций зазор для впускных клапанов составляет 0,25–0,30 мм, для выпускных клапанов – 0,45–0,50 мм. Для сертифицированных по экологическим нормам дизелей Д-262.2 S2 для впускных клапанов зазор составляет 0,25–0,30 мм; для выпускных клапанов – 0,55–0,60 мм, для Д-262 S2 и Д-263 S2 зазор составляет: для впускных клапанов – 0,25–0,30 мм, выпускных клапанов – 0,65–0,70 мм.

В течение одного рабочего цикла четырехтактного двигателя происходит одно открытие впускного и выпускного клапанов. Для этого за цикл распределительный вал должен сделать один оборот, а коленчатый вал – два оборота. Поэтому у привода распределительного вала передаточное отношение 2 : 1.

Характерной особенностью механизма газораспределения V-образного дизеля ЯМЗ-238БЕ2 (рис. 2.64) является привод клапанов *8* обоих рядов цилиндров от одного распределительного вала *1*, расположенного в развале блока цилиндров *10*.

Чтобы выполнялась наибольшая работа в заданном объеме цилиндра, последний должен максимально заполняться горючей смесью или воздухом. Увеличение продолжительности открытия впускного клапана способствует лучшему наполнению цилиндра двигателя. В связи с этим в автотракторных двигателях впускной клапан открывается на 10–25° раньше (по углу поворота коленчатого вала), чем поршень достигает ВМТ, а закрывается на 40–70° позже прихода поршня в НМТ.

Увеличение периода открытия выпускного клапана обеспечивает лучшую очистку цилиндра от отработавших газов и, следовательно, лучшее наполнение

его воздухом или горючей смесью. Выпускной клапан открывается за 50–60° до прихода поршня в НМТ, а закрывается за 20–40° после ВМТ.

Моменты открытия и закрытия клапанов зависят от профиля кулачков распределительного вала, установки его по отношению к коленчатому валу и зазоров между торцами клапанов и бойками коромысел.

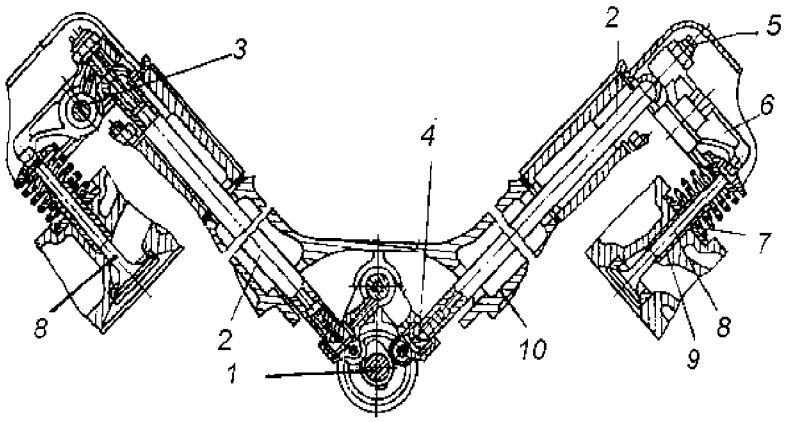


Рис. 2.64. Механизм газораспределения с подвесными клапанами V-образного дизеля ЯМЗ-238БЕ2: *1* – распределительный вал; *2* – штанга; *3* – ось; *4* – толкатель; *5* – регулировочный винт; *6* – коромысло; *7* – пружины; *8* – клапан; *9* – втулка; *10* – блок цилиндров

Диаграмма фаз газораспределения – это круговая диаграмма, на которой показаны периоды между моментами (фазами) открытия или закрытия клапанов (или окон в двухтактных двигателях), выраженные в градусах поворота коленчатого вала (рис. 2.65).

Периоды, указанные на диаграмме газораспределения, задают с учетом быстроходности двигателя: чем выше номинальная частота вращения коленчатого вала, тем они больше.

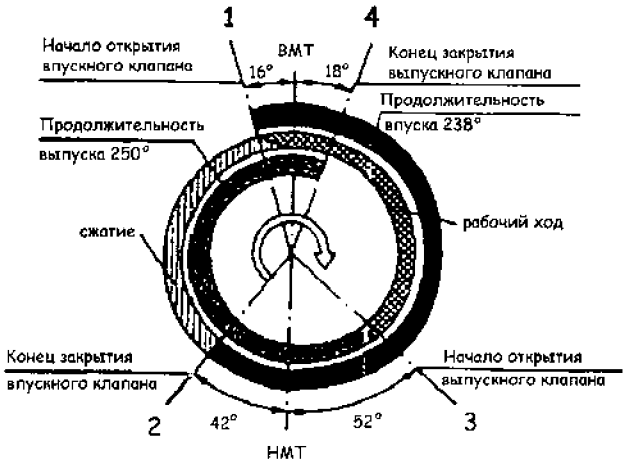


Рис. 2.65. Диаграмма фаз газораспределения дизелей Д-245, Д-260.1 и их модификаций: *1* – начало открытия впускного клапана; *2* – закрытие впускного клапана; *3* – открытие выпускного клапана; *4* – закрытие выпускного клапана

Перекрытие клапанов – период, когда впускной и выпускной клапаны открыты одновременно. Значение угла перекрытия для дизелей Д-245, Д-260.1 составляет 34°.

При перекрытии клапанов создаются хорошие условия для очистки цилиндров от отработавших газов, а утечка заряда с отработавшими газами незначительна вследствие небольшого промежутка времени перекрытия и малых проходных сечений в этот период.

Наивыгоднейшую диаграмму газораспределения для каждого двигателя определяют экспериментально. Даже при небольших отклонениях от принятой диаграммы газораспределения значительно снижаются мощностные и экономические показатели двигателя.

Чтобы правильно установить периоды между моментами открытия и закрытия клапанов двигателя, необходимо при его сборке совместить специальные метки на шестерне коленчатого вала *6* (рис. 2.66) с метками на промежуточной шестерне *3* и шестерне распределительного вала *2*. Для синхронизации работы механизма газораспределения и системы топливоподачи необходимо также установить по меткам шестерню промежуточную *3* и шестерню привода топливного насоса высокого давления *4*.

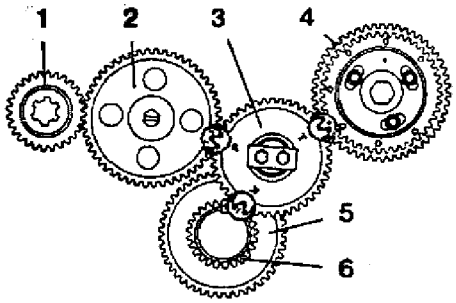


Рис. 2.66. Схема установки шестерен механизма газораспределения дизелей Д-243, Д-245, Д-260.1 и их модификаций: *1* – шестерня привода масляного насоса гидрообъемного рулевого управления (ГОРУ); *2* – шестерня распределительного вала; *3* – промежуточная шестерня; *4* – шестерня привода топливного насоса; *5* – ведущая шестерня привода масляного насоса; *6* – шестерня коленчатого вала

При верхнем расположении клапанов, применяющемся во всех дизелях и в большинстве ДВС с искровым зажиганием, наибольшее распространение получили конструкции двигателей с двумя клапанами на цилиндр (рис. 2.67).

При выборе схемы размещения клапанов учитываются практические соображения исключения контрастных температурных зон (зоны *1* и *2* на рис. 2.67, *б* и *в)*, а также упрощение технологий изготовления головок цилиндров за счет объединения каналов одноименных систем газообмена (впускных и выпускных).

В современных двигателях с искровым зажиганием и в дизелях большой мощности наибольшее распространение получили трех- и четырехклапанные механизмы (рис. 2.68, *а, б*). на некоторых двигателях находят применение пятиклапанные механизмы (рис. 2.68, *в*).

Расположение клапанов четырехклапанного механизма газораспределения изображено на рис. 2.68, *г*.

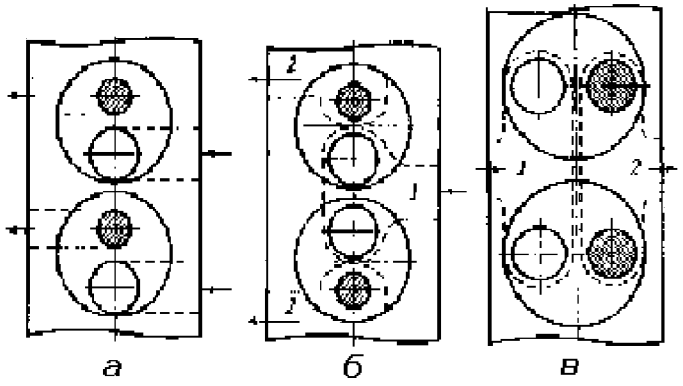


Рис. 2.67. Расположение двух клапанов на один цилиндр относительно продольной оси блока цилиндров: *а* – впускные (нештрихованные) и выпускные (заштрихованные) клапаны чередуются; *б* – то же, с напарным расположением;*в* – двухрядное расположение клапанов

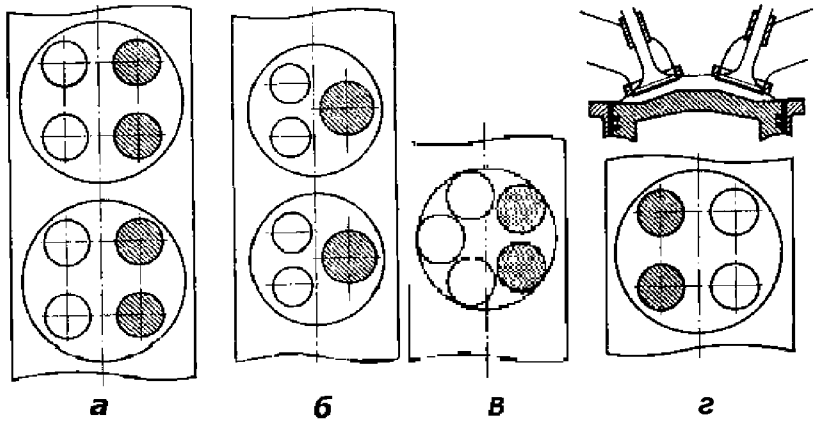


Рис. 2.68. Расположение клапанов многоклапанных механизмов относительно продольной оси блока цилиндров: *а* – четыре клапана; *б* – три клапана; *в* – пять клапанов; *г* – расположение четырех клапанов в головке цилиндров

3.2. Типы привода клапанов

Различают следующие типы привода клапанов:

1. Привод через штангу и коромысло (рис. 2.62 и 2.64).

2. Привод через коромысло (рис. 2.69) (Mazda-626, ЗАЗ-1102). Кулачок распределительного вала *1* воздействует на плечо коромысла *2*.

3. Привод через коромысло и регулировочный эксцентрик (рис. 2.70) (BMW-518, -520). Кулачок *3* воздействует на коромысло, которое через регулировочный эксцентрик *1* контактирует со стержнем клапана.

4. Привод через рычаг (рис. 2.71) (*Mercedes-Benz*-123, *Suzuki*). Кулачок распределительного вала *1* воздействует на плечо специального рычага *3*, тыльная сторона которого передает усилие на регулировочную гайку *4*, навинченную на торец стержня клапана *10* и застопоренную контргайкой *5*.

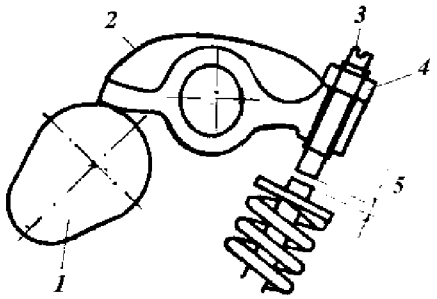


Рис. 2.69. Привод клапанов через коромысло: *1* – кулачок распределительного вала; *2* – коромысло; *3* – регулировочный винт; *4* – контргайка; *5* – зазор

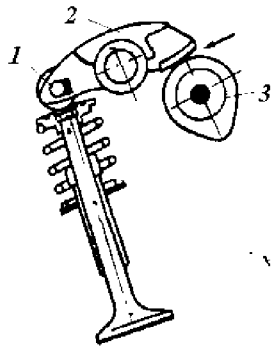


Рис. 2.70. Привод клапанов через коромысло и регулировочный эксцентрик: *1* – регулировочный эксцентрик; *2* – коромысло; *3* – кулачок распределительного вала

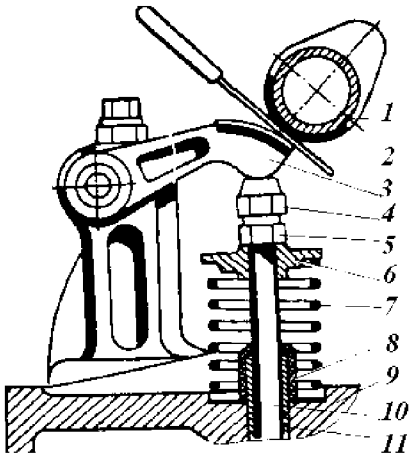


Рис. 2.71. Привод клапанов через рычаг: *1* – кулачок распределительного вала; *2* – щуп для регулировки теплового зазора; *3* – рычаг; *4* – регулировочная гайка; *5* – контргайка; *6* – тарелка пружины клапана; *7* – пружина клапана; *8* – маслосъемный колпачок; *9* – головка цилиндров; *10* – стержень клапана; *11* – направляющая втулка клапана

5. Привод клапанов двумя коромыслами от одного кулачка распределительного вала (рис. 2.72) (*Ford*, «Москвич»).

6. Привод через чашечный толкатель (*Ford*, *Opel*, *Volkswagen*, *Audi*, ВАЗ-2108-2110), рис. 2.73. Распределительный вал *5* воздействует на чашечный толкатель *3*, усилие от которого через регулировочную шайбу *6* передается на клапан *2*. В этом приводе отсутствуют коромысла, что повышает надежность работы газораспределительного механизма.

7. Привод через два распределительных вала с гидравлическими толкателями (рис. 2.74). Такая конструкция привода применяется в современных двигателях с искровым зажиганием, имеющих многоклапанный механизм газораспределения.

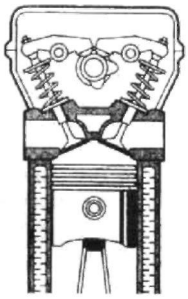


Рис. 2.72. Привод клапанов двумя коромыслами от одного кулачка верхнего распределительного вала

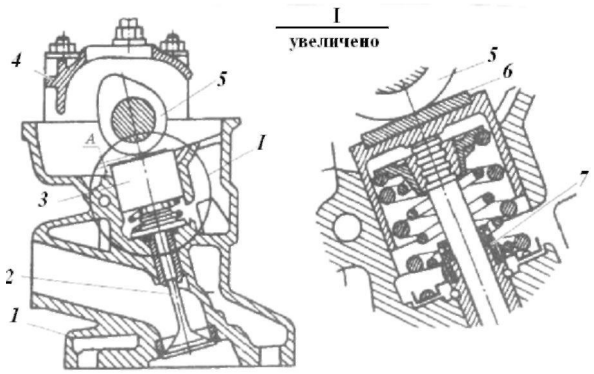


Рис. 2.73. Привод клапанов через чашечный толкатель: *1* – головка цилиндров; *2* – клапан; *3* – чашечный толкатель; *4* – корпус подшипника распределительного вала; *5* – кулачок распределительного вала; *6* – регулировочная шайба; *7* – маслосъемный колпачок клапана; *A* – тепловой зазор

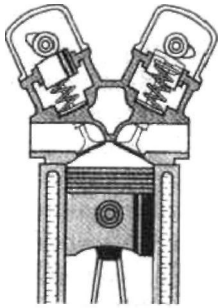


Рис. 2.74. Привод через два распределительных вала с гидравлическими толкателями

3.3. Приводы распределительного вала

1. Нижние (средние) распределительные валы. Преимущество таких механизмов – простота конструкции и компактность привода.

Нижний распределительный вал *1* устанавливается в картере рядного двигателя (рис. 2.62) или в развале блока цилиндров V-образного двигателя (рис. 2.64). Привод нижнего распределительного вала чаще всего осуществляется непосредственно от коленчатого вала с помощью набора косозубых шестерен (рис. 2.75, *а*, *б*). При большом расстоянии между центрами распределительного и коленчатого валов для привода используется цепная передача (рис. 2.75, *в*).

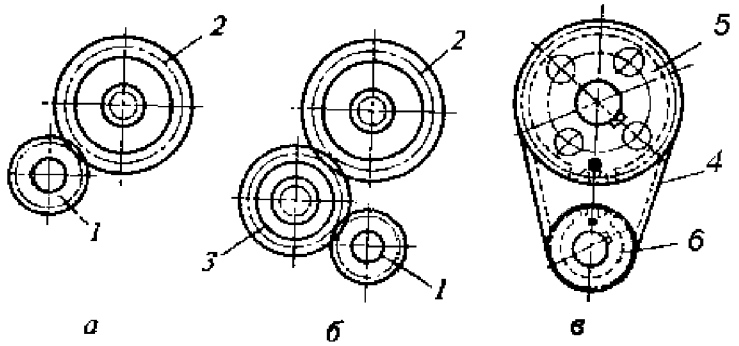


Рис. 2.75. Приводы нижних распределительных валов: *а* – зубчатая пара; *б* – зубчатая передача с промежуточной шестерней; *в* – цепная передача; *1* – шестерня коленчатого вала; *2* – шестерня распределительного вала; *3* – промежуточная шестерня; *4* – цепь; *5*, *6* – звездочка

2. Верхние распределительные валы. Верхнее расположение распределительного вала позволяет уменьшить массу и повысить жесткость механизма привода клапанов. Кроме того, можно достичь лучшего наполнения цилиндров благодаря компактной форме впускных и выпускных каналов.

Верхние распределительные валы (один или два) размещаются на головке блока цилиндров и, как правило, приводятся цепью (рис. 2.76, *а*) или зубчатым ремнем (рис. 2.76, *б*).

К достоинствам цепной передачи (рис. 2.76, *а*) следует отнести:

– возможность передачи вращения при больших межцентровых расстояниях коленчатых и распределительных валов;

– сравнительно невысокую шумность работы;

– простоту конструкции.

В современных конструкциях ДВС используются зубчатые и втулочно-роликовые двухрядные цепи. Последние находят широкое применение вследствие их меньшей стоимости.

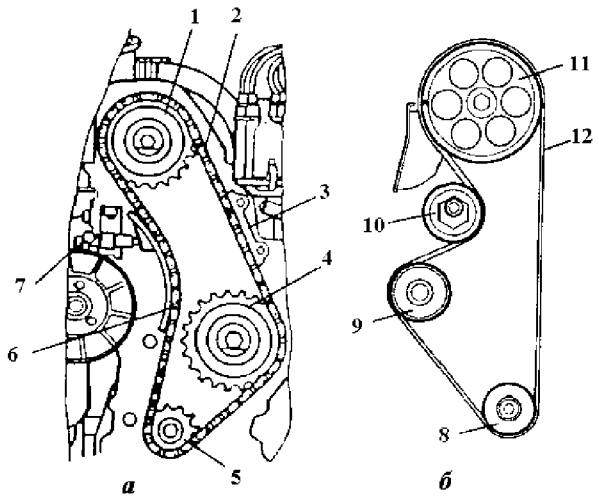


Рис. 2.76. Приводы верхних распределительных валов: *а* – с помощью цепи; *б* – с помощью зубчатого ремня; *1* – звездочка распределительного вала; *2* – цепь; *3* – успокоитель колебаний цепи; *4* – звездочка привода масляного насоса; *5* – звездочка коленчатого вала; *6* – башмак натяжителя цепи; *7* – натяжитель цепи; *8*– шкив коленчатого вала; *9* – шкив жидкостного насоса; *10* – натяжной ролик; *11* – шкив распределительного вала; *12* – зубчатый ремень

Основными недостатками цепного привода являются вибрация цепи при пульсирующих нагрузках, а также износ и вытяжка, что требует применения натяжных устройств (*6*, *7*, рис. 2.76, *а*) и успокоителей колебаний (лениксов) (*3*, рис. 2.76, *а*).

В современных быстроходных ДВС широкое применение получили ременные передачи (рис. 2.76, *б*) с помощью зубчатого ремня из синтетических материалов со стеклонитяным или проволочным кордом. Такой привод не требует смазки, имеет достаточную долговечность и устойчивость регулировок, низкий уровень шума и невысокую стоимость.

3.4. Основные составные части МГР

К ним относятся распределительные шестерни и вал, толкатели, штанги, коромысла, клапаны, направляющие втулки, пружины с элементами крепления и седла (гнезда) клапанов.

Распределительные шестерни (рис. 2.66) необходимы для передачи вращения от коленчатого вала к валам: распределительному, топливного насоса, масляного насоса, гидронасоса и других механизмов. Направление вращения распределительного вала и вала топливного насоса у дизелей совпадает с направлением вращения коленчатого вала. Поэтому между шестернями этих валов устанавливают дополнительно промежуточную шестерню *3*. Для уменьшения шума шестерни изготавливают косозубыми и у большинства двигателей располагают в передней части в специальном картере. У двигателей

КамАЗ-740 и ЯМЗ-240БМ шестерни механизма газораспределения расположены со стороны картера маховика.

Шестерни коленчатого и распределительного валов устанавливают на шпонках, промежуточная шестерня большинства двигателей вращается на неподвижной стальной оси, запрессованной в стенку блок-картера. Подшипник скольжения промежуточной косозубой шестерни в дизелях Д-243, Д-245, Д-260.1 смазывается под давлением маслом, поступающим от первого коренного подшипника коленчатого вала.

Распределительный (*кулачковый*) *вал 9* (рис. 2.77) служит для управления клапанами с помощью кулачков *10*. Каждый кулачок воздействует через привод (толкатель, штангу и т. д.) на один клапан – впускной или выпускной. Кулачки изготовлены с валом как единое целое и расположены на нем в определенном порядке под разными углами в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя. Профиль кулачков должен обеспечить работу двигателя с принятыми фазами газораспределения. Широко распространен выпускной (гармоничный) профиль кулачка, который можно применять при толкателе любого вида.

Распределительные валы изготовляют из углеродистых и легированных сталей (двигатели Д-243, Д-245, Д-260.1, ЯМЗ-238БЕ2). Опорные шейки I, II, III, IV и кулачки *10* распределительного вала термически обрабатывают и шлифуют.

При нижнем расположении распределительные валы вращаются в подшипниках скольжения, установленных в стенках и перегородках блок-картера. В качестве подшипников скольжения используют втулки из алюминиевого сплава, фрикционного чугуна (Д-243, Д-245, Д-260.1 и их модификации). На переднем конце распределительного вала *9* на шпонке *8* установлена шестерня привода *3*, изготовленная из легированной стали. Крепление шестерни осуществляется специальным болтом *1*.

Осевое смещение распределительного вала во втулках ограничивают в пределах 0,1–0,5 мм. Для этой цели в двигателях Д-243, Д-245, Д-260.1 применяется нерегулируемая планка *6* (рис. 2.77), которая крепится к блок-картеру двумя болтами *4*.

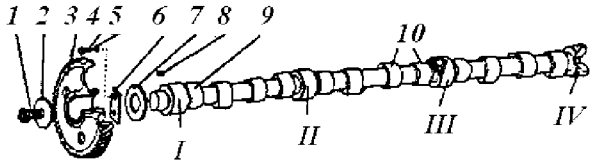


Рис. 2.77. Распределительный вал с приводной косозубой шестерней дизелей Д-260.1 и их модификаций: *1* – болт специальный; *2* – шайба упорная; *3* – шестерня; *4* – болт; *5* – шайба; *6* – планка; *7* – шайба; *8* – шпонка; *9* – вал распределительный; *10* – кулачки; *I*, *II*, *III*, *IV* – шейки опорные

В дизелях Д-245 S2 втулка передней опоры распределительного вала выполнена из алюминиевого сплава и имеет упорный бурт, удерживающий вал от осевого смещения, остальные втулки – из антифрикционного чугуна.

В двигателях ЯМЗ-238БЕ2, ЯМЗ-238ДЕ2 для осевой фиксации распределительного вала *8* (рис. 2.78) используют упорный фланец *2*, прикрепленный болтами к передней стенке блок-картера. Фланец *2* помещают между торцами передней опорной шейки *4* и ступицы шестерни *1* привода распределительного вала. Толщина фланца *2* меньше толщины распорного кольца *3* на величину осевого люфта вала *8*, который находится в пределах 0,08–0,21 мм.

При верхнем расположении распределительного вала, который устанавливается в разъемных подшипниках, осевые усилия могут восприниматься специальными буртами распределительного вала, упираясь в торцы упорных подшипников (ВАЗ).

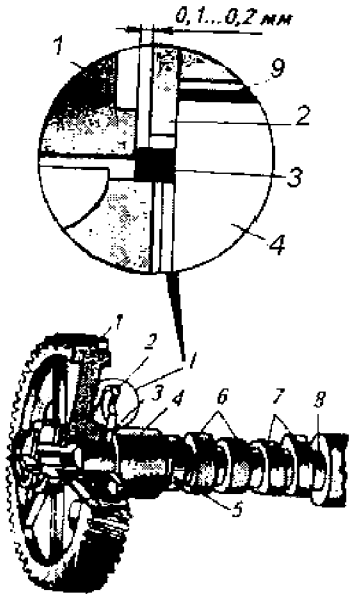


Рис. 2.78. Осевая фиксация распределительного вала дизеля ЯМЗ-238БЕ2: *1* – шестерня привода; *2* – упорный фланец; *3* – распорное кольцо; *4* – опорная шейка; *5* – эксцентрик; *6* – кулачки выпускных клапанов; *7* – кулачки впускных клапанов; *8* – распределительный вал; *9* – втулка

Толкатель 3, 7, 12 (рис. 2.79, *а, б, в*) передает движение от кулачка распределительного вала к клапану или штанге. В автотракторных двигателях применяют толкатели качающиеся роликовые, грибообразные и цилиндрические. Толкатели изготовляют (часто пустотелыми) из чугуна или стали. Их рабочие поверхности термически обрабатывают и шлифуют.

Толкатели перемещаются в направляющих втулках из антифрикционного чугуна или непосредственно в отверстиях блока-картера (Д-243, Д-245, Д-260.1; ЯМЗ-238БЕ2).

У цилиндрических и грибообразных толкателей (рис. 2.79, *а*, *б*) опорная поверхность, воспринимающая давление кулачка, может быть плоской (СМД-60) или сферической (Д-243, Д-245, Д-260.1, ЯМЗ238БЕ, -238ДЕ).

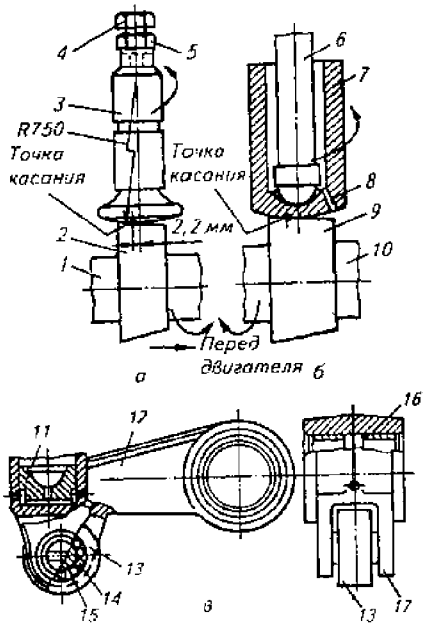


Рис. 2.79. Конструктивные схемы толкателей: *а*, *б* – грибообразный и цилиндрический со сферическими опорными поверхностями; *в* – роликовый; *1*, *10* – распределительные валы; *2* и *9* – кулачки; *3*, *7*, *12* – толкатели; *4* – регулировочный болт; *5* – контргайка; *6* – штанга; *8* – отверстие для стока масла; *11* – пята; *13* – ролик; *14* – игольчатый подшипник; *15* – ось ролика; *16* – втулка; *17* – вилка толкателя

Для равномерного изнашивания опорной и направляющей (цилиндрической) поверхностей толкатель одновременно с прямолинейным совершает вращательное движение вокруг своей оси, которое (при его плоской опорной поверхности) достигается смещением оси толкателя относительно оси кулачка распределительного вала на 1,5 мм, а при сферической опорной поверхности применением кулачков с небольшой конусностью.

Грибообразные толкатели для механизма газораспределения с нижним расположением клапанов (рис. 2.63) имеют болты *4* (рис. 2.79) с контргайками *5*, которые ввертываются сверху в торец и предназначены для регулировки теплового зазора в клапанах.

В двигателях с верхним расположением клапанов (рис. 2.62 и рис. 2.64) применяют цилиндрические *7* (рис. 2.79, *б*) и грибообразные полые толкатели, в которые входят штанги *6* со сферическими наконечниками. Для смазывания такого толкателя в нем просверлены отверстия *8*, по которым масло поступает к трущимся поверхностям.

В дизелях ЯМЗ-238БЕ, -ДЕ, ЯМЗ-240БМ применяют стальные толкатели качающегося типа с роликами (рис. 2.79, *в*). В отверстие толкателя *12* запрес-

сована бронзовая втулка *16*, позволяющая ему свободно качаться на неподвижной оси. Ось *15* ролика *13* вращается на игольчатых подшипниках *14*, установленных в вилке *17* толкателя. С целью повышения долговечности толкателя в месте соприкосновения со штангой в него запрессована термически обработанная стальная пята *11* со сферической поверхностью. Сопряжение пяты толкателя со штангой 2 см. на рис. 2.64.

В современных ДВС с искровым зажиганием и в быстроходных дизелях находят применение *гидравлические толкатели* (гидротолкатели или гидрокомпенсаторы зазора). Благодаря гидротолкателям:

– уменьшаются стуки;

– компенсируются неисправности ДВС, которые могли быть при нарушении зазоров (прогары клапанов, потеря мощности и т. п.);

– не изменяются фазы газораспределения при износе деталей клапанного механизма;

– не требуется регулировка зазора в клапанах при ТО.

Чашечный гидротолкатель, на который непосредственно воздействует кулачок распределительного вала *9* (рис. 2.80), состоит из корпуса *1* толкателя, цилиндра *2*, плунжера *5* и обратного шарикового клапана *3*, который поджат к отверстию в поршне пружиной. Поршень и плунжер разжимаются возвратной пружиной *4*, находящейся между ними.

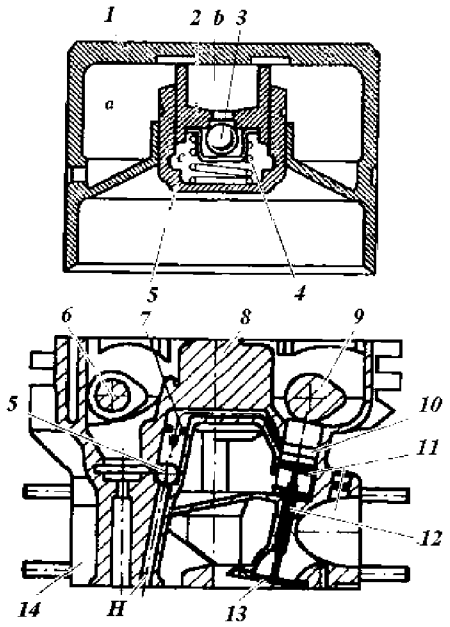


Рис. 2.80. Чашечный гидротолкатель: *1* – корпус; *2* – цилиндр; *3* – шариковый клапан; *4* – пружина; *5* – плунжер; *6* – распределительный вал; *7* – жиклер; *8* – разрез головки блока; *9* – кулачок; *10* – гидротолкатель; *11* – клапанная пружина; *12* – направляющая втулка; *13* – клапан; *14* – головка блока; *15* – обратный шариковый клапан; *a* – накопительная камера; *b* – поршневая камера; *c* – рабочая камера; *H* – канал подачи смазочного масла

Масло для работы гидротолкателей подводится из системы смазки по каналу *Н*, а затем по каналам, выполненным на нижней плоскости корпуса подшипников. По этим же каналам поступает масло и для смазки шеек распределительных валов. Кулачки валов смазываются маслом, находящимся в ваннах головки цилиндров под кулачками. В канале *Н* расположен обратный шариковый клапан *15*, препятствующий сливу масла из верхних каналов при остановке двигателя.

Работа гидротолкателя:

1) когда клапан *13* закрыт, масло из канала *Н* поступает в толкатель (показано стрелками на рис. 2.81, *а*). Пружина *4* и давление масла находящегося между цилиндром *2* и плунжером *5*, разжимают их, поджимая корпус *1* к кулачку, а нижнюю плоскость плунжера *5* – к торцу клапана *13*, выбирая зазор в клапанном механизме. Клапан при этом остается закрытым, поскольку жесткость клапанной пружины значительно больше жесткости пружины *4* и давления масла;

2) когда на толкатель начинает воздействовать набегающая часть кулачка, происходит короткий ускоряющий удар по корпусу толкателя, а так как шариковый клапан закрыт, то в камере *с* создается высокое давление. Поскольку жидкость (масло) в камере *с* практически несжимаема, то узел «цилиндр – плунжер» становится жестким и передает усилие от кулачка на клапан (рис. 2.81, *б*).

По мере дальнейшего поворота кулачка давление в камере *с* увеличивается и небольшая часть масла из нее перетекает в камеру *а* через зазор между поршнем и плунжером. Поэтому общая длина узла «цилиндр–плунжер» уменьшается, но не более чем на 0,1 мм.

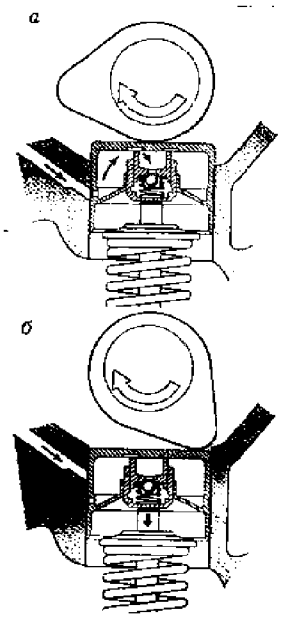


Рис. 2.81. Принцип работы гидротолкателя:
а – клапан *13* закрыт; *б* – кулачок воздействует на корпус *1* толкателя

После закрытия клапана *13* (рис. 2.80) начинается процесс выборки зазора в клапанном механизме. Силы от кулачка и клапана *15* уже не действуют на гидротолкатель. Возвратная пружина снова раздвигает цилиндр с плунжером, прижимая верхнюю плоскость корпуса *1* толкателя к кулачку, а нижнюю плоскость плунжера – к торцу клапана. При этом давление в камере *c* становится меньше, чем в камере *a*, шариковый клапан открывается и в камеру *c* доливается масло из камеры *a*.

Штанга 3 (см. рис. 2.62) представляет собой стальной стержень, сферический наконечник и чашка которого закалены (Д-243, Д-245, Д-260.1) или стальную трубку (ЯМЗ-238БЕ2, ЯМЗ-240БМ). Пустотелые стальные штанги или штанги из алюминиевого сплава имеют стальные, термически обработанные и шлифованные наконечники. Нижний шаровой наконечник штанги опирается на сферическую поверхность выемки толкателя. Верхний наконечник штанги чашеобразный, со сферической поверхностью, на которую опирается головка регулировочного винта коромысла *5* (рис. 2.62).

Коромысло 8 (рис. 2.62) – стальной рычаг с двумя плечами различной длины. В резьбовое отверстие короткого плеча ввернут винт *3* (рис. 2.82), с помощью которого регулируют зазор между бойком *2* коромысла и стержнем клапана *1*. Рабочую поверхность бойка шлифуют и термически обрабатывают. В средней части коромысла выполнено отверстие с запрессованной втулкой. Оно необходимо для установки коромысла на оси *7* (рис. 2.62). Стальные полые оси *7* (рис. 2.62), на которых качаются коромысла, установлены в стойках *4*, закрепленных на верхней плоскости головки цилиндров.

В дизелях Д-243, Д-245 применяется одна ось, установленная в четырех стойках, а в дизелях Д-260.1 и их модификациях, имеющих две головки цилиндров, предусмотрены две оси, каждая из которых установлена на трех стойках. Стойки крепятся к головке цилиндров шпильками *7* и гайками *8* (рис. 2.82). Перемещение коромысел вдоль оси ограничивается распорными пружинами *6*.

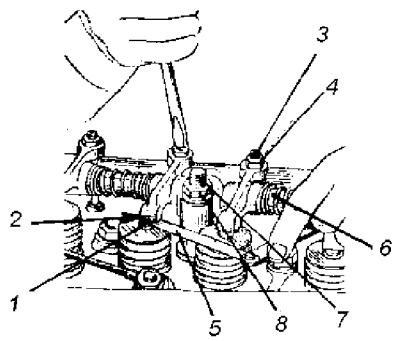


Рис. 2.82. Регулировка зазора в клапанном механизме:
1 – стержень клапана; *2* – боек коромысла; *3* – регулировочный винт; *4* – контргайка; *5* – щуп; *6* – распорная пружина; *7* – шпилька; *8* – гайка

Оси коромысел обычно пустотелые. Их внутренняя полость используется как канал для подвода масла, смазывающего втулки коромысел, трущиеся поверхности наконечников штанг, головки регулировочных винтов. Чтобы масло не вытекало из осей коромысел, наружные концы их закрыты заглушками, а внутренние соединены трубкой с уплотнительным устройством.

Детали механизма газораспределения, размещенные на головке цилиндров, закрыты стальным или алюминиевым колпаком. Между нижней плоскостью колпака и головкой цилиндров, а также между верхней плоскостью колпака и его крышкой установлены специальные прокладки.

Клапан состоит из головки *4* (рис. 2.82) и стержня *3*. Переход от стержня к головке выполняется большим радиусом, увеличивающим жесткость головки и предотвращающим коробление фаски *5* при нагреве клапана. Одновременно уменьшаются гидравлические потери при обтекании клапана свежим зарядом в процессе наполнения цилиндра. Головки, как правило, имеют цилиндрический поясок *6* высотой около 2 мм, позволяющий сохранить основной размер (диаметр клапана $d_к$) при ремонтной перешлифовке уплотняющей фаски *5*, увеличивает жесткость головки и предохраняет кромки фаски от обгорания.

Конусный поясок *5* (фаска) головки клапана предназначен для плотного закрытия гнезда в головке цилиндров.

Для большинства двигателей угол фаски для выпускных клапанов составляет 45°, а для впускных – 30 и 45°. Угол фаски, равный 30°, обеспечивает большую по сравнению с углом равным 45°, величину площади проходного сечения клапанной щели при одинаковой высоте подъема клапана.

В дизелях Д-243, Д-245, Д-260.1 и их модификациях основного исполнения углы фасок впускных и выпускных клапанов составляет 45°. Однако, семействе дизелей с турбонаддувом Д-245 и Д-260.1, сертифицированных по европейским нормам выброса вредных веществ (ступень TIER-2), впускные клапаны имеют углы фасок 30°, а выпускные – 45° с применением измененной (более открытой) формы камеры сгорания в поршне.

Стержень клапана шлифованный. В верхней его части сделана цилиндрическая выточка, в которую входят выступы разрезанного на две половины конического кольца – так называемые сухарики *8* (рис. 2.83), фиксирующие опорную тарелку *9* пружин *11*, *12* на стержне клапана.

Ниже выточки под сухарики в стержне клапана некоторых двигателей выполняют вторую цилиндрическую выточку, в которую вставляют пружинное кольцо для предотвращения падения клапана (в случае обрыва) в цилиндр.

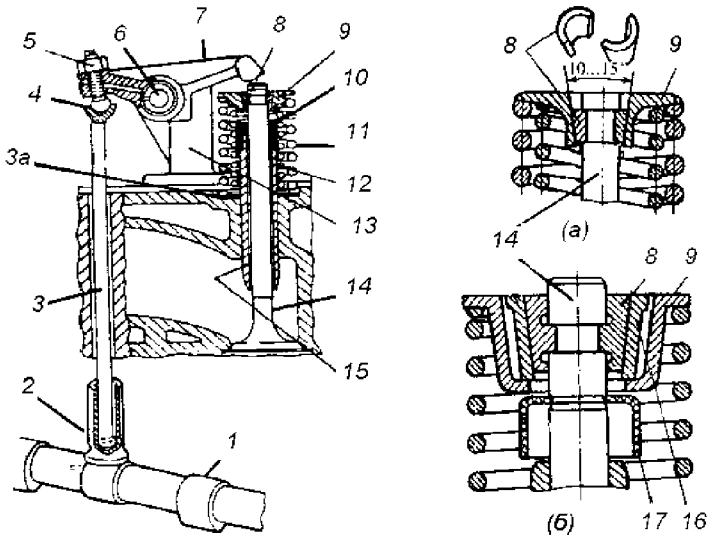


Рис. 2.83. Детали газораспределительного механизма: *1* – распределительный вал; *2* – толкатель; *3* – штанга; *3а* – опорная шайба; *4* – регулировочный винт; *5* – контргайка; *6* – ось коромысел; *7*– коромысло; *8* – сухарики; *9* – тарелка; *10* – уплотнительная манжета; *11* – пружина наружная; *12* – пружина внутренняя; *13* – стойка; *14* – клапан; *15* – направляющая втулка; *16* – конусная втулка; *17* – ограничитель; *а* – фиксация сухариками; *б* – фиксация сухариками и конусной втулкой

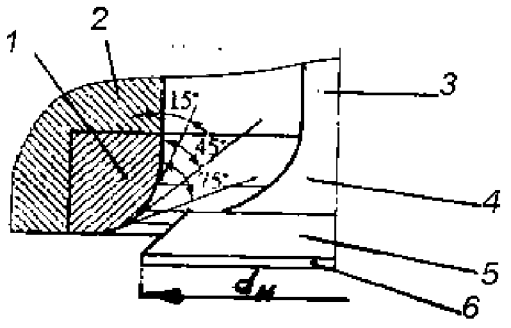


Рис. 2.84. Седло и тарелка клапана:
1 – седло с трехугловой фаской; *2* – головка цилиндров; *3* – стержень клапана; *4* – головка (тарелка); *5* – фаска; *6* – цилиндрический поясок

На торце головки клапана выполняют прорезь (или сверление) для соединения со шпинделем притирочного устройства.

В дизелях Д-243, Д-245, Д-260.1, ЯМЗ-238БЕ2, ЯМЗ-240БМ верхняя, опорная тарелка *9* фиксируемая сухариками *8* (рис. 2.83, *а*). В некоторых дизелях (КамАЗ-740, ЯМЗ-238БЕ2) сухарики *8* зажимаются в дополнительной конусной втулке *16* (рис. 2.83, *б*), которая нижним концом опирается на плоскость донышка тарелки *9*. Момент трения, возникающий на этой поверхности невелик, и при вибрации в отдельные периоды времени он может уменьшаться до нуля, что дает возможность клапану проворачиваться. Это позволяет увеличить долговечность и надежность работы уплотняющих фасок клапанов в сопряжении седла *1* (рис. 2.84) с клапанной фаской *5*.

В дизелях Д-243, Д-245, Д-260.1 всех модификаций зазор между стержнями клапанов *14* и направляющими втулками *15* (рис. 2.83) (для впускных и выпускных клапанов) герметизируется уплотнительной манжетой *10* из маслобензостойкой резины, что значительно снижает попадание масла в цилиндры. В некоторых двигателях для этой цели применяют маслоотражательные колпачки.

В дизелях ЯМЗ-238БЕ, -БЕ2, ЯМЗ-238ДЕ, -ДЕ2 уплотнительные манжеты установлены на втулках только впускных клапанов.

Клапаны изготовляют из легированной жаропрочной стали различных марок (38ХС, 40ХН, 40ХН2МА и др.), которые сохраняют механические свойства при высокой температуре и в условиях повышенного трения, обладают антикоррозионными свойствами, что важно для выпускных клапанов.

Рабочие фаски выпускных клапанов дизелей ЯМЗ-238БЕ2 наплавляют жаропрочным сплавом типа «Стеллит». Торцы стержней клапанов закаливают токами высокой частоты (ТВЧ).

Для лучшего наполнения цилиндров свежим зарядом диаметр цилиндрической поверхности головки впускного клапана делают несколько большим, чем у выпускного клапана.

Седла 1 (рис. 2.84) впускных и выпускных клапанов турбонаддувных дизелей Д-245, Д-260.1 и их модификаций (ЯМЗ-238БЕ2, ЯМЗ-240БМ) выполнены в виде вставных колец из жаропрочных и износостойких сплавов или легированного чугуна. Седла работают в условиях, сходных с работой головок клапанов. Через седла отводится основная доля теплоты от клапана (60–80 %). Для облегчения приработки к фаске клапана уплотняющая поверхность седла выполняется с тремя углами наклона 15, 45 и 75° (рис. 2.84) таким образом, чтобы уплотнительный поясок седла имел угол 45° и ширину около 2 мм.

Седла фиксируются в головке цилиндров за счет натяга при запрессовке. В некоторых современных двигателях для фиксации седел в головке применяют лазерную сварку.

Направляющие втулки 15 (рис. 2.83.) обеспечивают осевое перемещение клапанов и посадку в седла без перекосов. Изготавливают втулки спеканием из хромистой или хромоникелевой *керамики* с последующим сульфидированием и графитизацией. Пористая структура втулок позволяет хорошо удерживать смазку и обладать высокими антифрикционными свойствами. Толщина стенки втулки обычно составляет 2,5–4,0 мм.

Металлические втулки дизелей Д-243, Д-245, Д-260.1 не имеют упорных буртов и запрессовываются в головку цилиндров на определенную длину.

Клапанные пружины предназначены для плотной посадки клапанов в седла, а также для компенсации инерционных сил, вызывающих разрыв кинематической связи между элементами МГР (клапан – коромысло – штанга – толкатель – кулачок распределительного вала). На впускные и выпускные клапаны обычно устанавливают одинаковые пружины. В современных ДВС применяются в основном цилиндрические пружины с постоянным шагом и углом подъема витка 8–12°.

В дизелях Д-243, Д-245, Д-260.1, ЯМЗ-238БЕ, -БЕ2 впускные и выпускные клапаны поджимаются к седлам двумя цилиндрическими винтовыми пружинами *11*, *12* (рис. 2.83), имеющими разное направление навивки. Одним концом пружины упираются в опорные шайбы *3а*, установленные в цековках на головке цилиндров, а другим – в опорные тарелки пружин *9*.

Противоположное направление навивки внутренней и наружной пружин или разные углы навивки исключают при поломке попадание витков одной пружины между витками другой. К преимуществам установки двух пружин на каждый клапан можно отнести снижение габаритов и повышение надежности клапанного механизма.

Пружины изготовляют методом холодной навивки полированной проволоки диаметром 3–6 мм из сталей С65, С65Г или 50ХФА. Пружины подвергают закалке и отпуску до твердости HRC 40–48.

3.5. Возможные неисправности МГР

В процессе работы двигателя в МГР может нарушаться плотность посадки клапанов и увеличиваться осевое смещение распределительного вала. Причины нарушения плотности посадки клапанов в гнезда: изменение зазоров между торцами стержней клапанов и бойками коромысел; заедание стержней клапанов в направляющих втулках; нагар или повреждения на фасках клапанов и седлах гнезд; потеря упругости или поломка клапанных пружин.

При увеличении зазоров между торцами стержней клапанов и бойками коромысел возникают стуки в клапанном механизме, ухудшаются наполнение цилиндров воздухом и очистка их от отработавших газов. При уменьшении зазоров, заедании стержней клапанов в направляющих втулках, наличии

нагара или повреждений на фасках головок клапанов и их гнезд, потере упругости или поломке пружины ухудшается компрессия в цилиндрах двигателя, периодически возникают хлопки во впускных и выпускных трубопроводах.

В результате этих неисправностей падает мощность двигателя и увеличивается расход топлива.

3.6. Техническое обслуживание МГР

К операциям технического обслуживания (ТО) механизма газораспределения относятся:

– периодический осмотр и проверка состояния деталей и креплений механизма;

– проверка и регулировка теплового зазора между клапанами и бойками коромысел;

– проверка и регулировка осевого смещения распределительного вала (если регулировка предусмотрена конструкцией двигателя).

Если выполнение этих операций не приводит к нормальной работе двигателя, то снимают головку цилиндров, очищают стенки камер сгорания и клапаны от нагара, проверяют состояние фасок клапанов и их седел, которые при необходимости притирают и проверяют на герметичность.

Если притиркой невозможно достичь герметичности клапана, то седла фрезеруют конусной фрезой, а фаски клапана шлифуют. После этого, выполнив притирку клапанов, промывают головку цилиндров и устанавливают клапаны на место, не допуская их перестановки в другие седла, проверяют герметичность.

При креплении головки цилиндров на двигателе, а также стоек клапанных коромысел необходимо строго соблюдать последовательность и момент затяжки болтов или шпилек, рекомендуемые заводом-изготовителем. Перед затяжкой стоек клапанных коромысел необходимо увеличить зазор, вывертывая регулировочные болты или винты из коромысел, чтобы исключить возможную деформацию штанг.

Тепловой зазор регулируют только после предварительной проверки затяжки болтов или шпилек крепления головки цилиндров и стоек клапанных коромысел. После этого проворачивают коленчатый вал до момента закрытия клапанов первого цилиндра, что соответствует положению поршня 1-го цилиндра в ВМТ в конце такта сжатия. В дизелях Д-243, Д-245 и их модификациях

предусмотрен фиксатор *1* (рис. 2.85), ввинченный в задний лист *2* дизеля. Вывинтив фиксатор и вставив его другим концом в отверстие листа до совпадения с отверстием в маховике, можно убедиться, что поршень 1-го цилиндра находится примерно в конце такта сжатия.

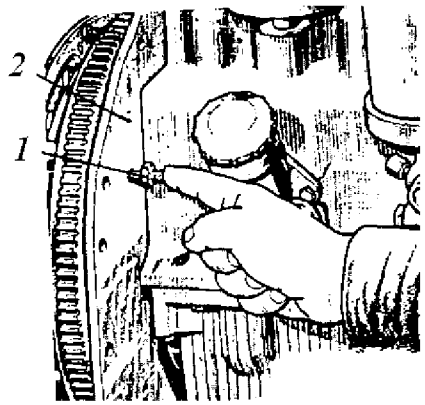


Рис. 2.85. Фиксатор установки угла начала подачи топлива:
1 – фиксатор; *2* – задний лист

Проверьте и, если необходимо, отрегулируйте зазоры в клапанах 1-го цилиндра в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя (рис. 2.82). Для регулировочных операций требуется щуп, гаечный ключ и отвертка.

После регулировки клапанов первого цилиндра регулируют тепловой зазор в клапанах остальных цилиндров в соответствии с порядком работы цилиндров *1*–3–4–2, каждый раз поворачивая коленчатый вал на пол-оборота (180°).

Для дизелей Д-260.1 и их модификаций поршень 1-го цилиндра устанавливают в конце такта сжатия, (когда впускной и выпускной клапаны закрыты), совместив указатель *2* с меткой «ВМТ» на шкале, нанесенной на демпфере крутильных колебаний *1* (рис. 2.86). Проверяют зазоры в клапанах 1-го цилиндра и затем регулируют клапаны остальных цилиндров согласно порядку работы цилиндров (1–5–3–6–2–4), каждый раз поворачивая коленчатый вал на $^1/_3$ оборота (120°).

Рис. 2.86. Указатель и демпфер крутильных колебаний:
1 – демпфер крутильных колебаний; *2* – указатель; *3* – крышка распределения

При переборке двигателя шестерни распределения следует устанавливать в соответствии с имеющимися на них метками, что обеспечивает правильность установки фаз газораспределения (рис. 2.66).

При цепном приводе (рис. 2.76, *а*), кроме установки по меткам звездочки распределительного вала и шкива коленчатого вала, необходимо проверить и отрегулировать натяжение цепи.

Глава 4. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ

4.1. Общие сведения

Система питания предназначена для очистки топлива и воздуха, приготовления из них горючей смеси определенного состава и подачи смеси или раздельно топлива и воздуха в необходимом количестве в цилиндры двигателя.

В зависимости от смесеобразования различают системы питания с внутренним смесеобразованием – в дизелях и внешним смесеобразованием – в бензиновых карбюраторных и инжекторных (с впрыскиванием бензина во впускной трубопровод или в каждый цилиндр), а также в газовых двигателях.

4.2. Системы питания дизелей

В систему питания дизелей входит топливная система и система подачи воздуха и выпуска отработанных газов (ОГ).

Топливные системы дизелей принято делить на *топливные системы непосредственного действия* и *аккумуляторные*. Оба типа топливных систем могут иметь как традиционное механическое управление, так и электронное управление. Топливные системы непосредственного действия, в свою очередь, делятся на системы разделенного типа, у которых секции топливного насоса и форсунки выполнены отдельно и соединяются топливопроводами высокого давления, и насос-форсунки. Топливные системы разделенного типа получили наибольшее распространение (рис. 2.87). У насос-форсунок секция насоса и форсунка выполнены в одном устройстве и топливопровод высокого давления отсутствует (дизели DEUTZ).

В аккумуляторных системах (типа *Common Rail*) может поддерживаться высокое давление топлива в аккумуляторе (40–150 МПа) и затем впрыскиваться в цилиндры с помощью электрогидравлических форсунок (рис. 2.88).

4.2.1. Система питания дизеля с топливной системой разделенного типа и с механическим управлением ТНВД

Системы питания такого типа для различных дизелей имеют незначительные отличия. В качестве примера рассмотрим систему питания базового дизеля Д-260.1 (рис. 2.87).

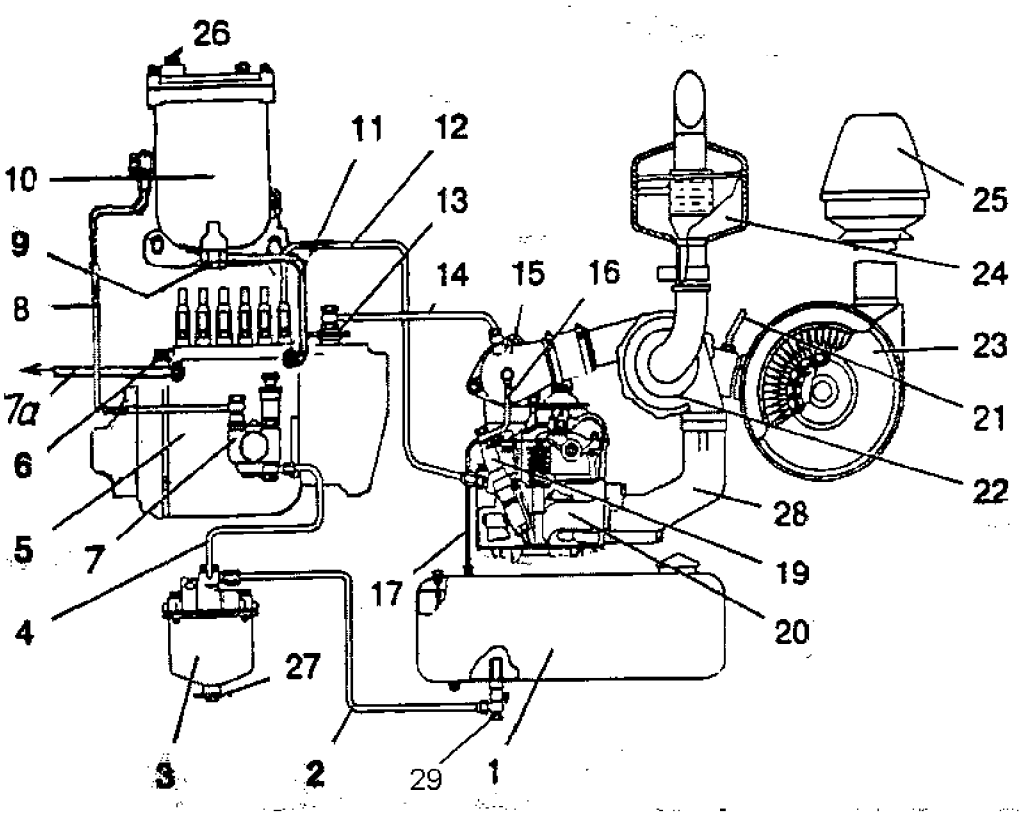


Рис. 2.87. Схема системы питания дизеля Д-260.1: *1* – топливный бак; *2* – трубка топливная от топливного бака; *3* – фильтр грубой очистки топлива; *4* – трубка топливная от фильтра грубой очистки топлива; *5* – топливный насос; *6* – пробка удаления воздуха из головки топливного насоса; *7* – топливоподкачивающий насос; *7а* – дренажный топливопровод; *8* – трубка подвода топлива от подкачивающего насоса к фильтру тонкой очистки топлива; *9* – пробка слива отстоя; *10* – фильтр топливный тонкой очистки; *11* – трубка отвода топлива от фильтра тонкой очистки в полость низкого давления насоса; *12* – трубка топливная высокого давления; *13* – пневмокорректор; *14* – трубка подвода воздуха от впускного тракта после турбокомпрессора к пневмокорректору; *15* – впускной коллектор; *16* – трубка подвода дренажного топлива; *17* – трубопровод сливной; *19* – форсунка; *20* – головка цилиндров; *21* – трубопровод индикатора засоренности воздухоочистителя; *22* – турбокомпрессор; *23* – воздухоочиститель; *24* – глушитель; *25* – фильтр грубой очистки воздуха (моноциклон); *26* – пробка выпуска воздуха; *27* – пробка слива отстоя; *28* – выпускной коллектор; *29* – кран

Топливо, заливаемое в бак *1* через фильтр в его горловине, при открытом кране *29* засасывается подкачивающим насосом *7* через топливопровод *2*, фильтр грубой очистки 3, топливопровод *4* и подается под давлением по топливопроводу *8* к фильтру тонкой очистки *10*. В фильтре *3* топливо очищается от крупных механических частиц и воды, а в фильтре *10* – от оставшихся мелких частиц. По топливопроводу *11* оно поступает в топливный насос *5* высокого давления (ТВНД), из которого под большим давлением (22,5 МПа) подается по топливопроводам *12* к форсункам *19*. Через форсунки топливо впрыскивается в камеры сгорания в поршнях энергонасыщенных тракторов «Беларус-1523, -1523В». В этой системе питания применена топливная система разделенного типа с ТНВД *5*, форсунками *19* и топливопроводами высокого давления *12*.

Топливо, просачивающееся через зазоры сопрягаемых деталей форсунок, по сливному топливопроводу *17* отводится в бак *1*. Излишки топлива из насоса *5* возвращаются в топливоподкачивающий насос *7*, а также по топливопроводу *7а* сливаются в топливный бак *1*.

Воздух, необходимый для сгорания топлива, поступает в цилиндры через воздушный фильтр – воздухоочиститель *23* и впускной трубопровод *15*. Количество поступающего в цилиндр воздуха увеличивает турбокомпрессор *22*. Его турбину приводят в действие отработавшие газы, уходящие затем через глушитель *24* в окружающую среду.

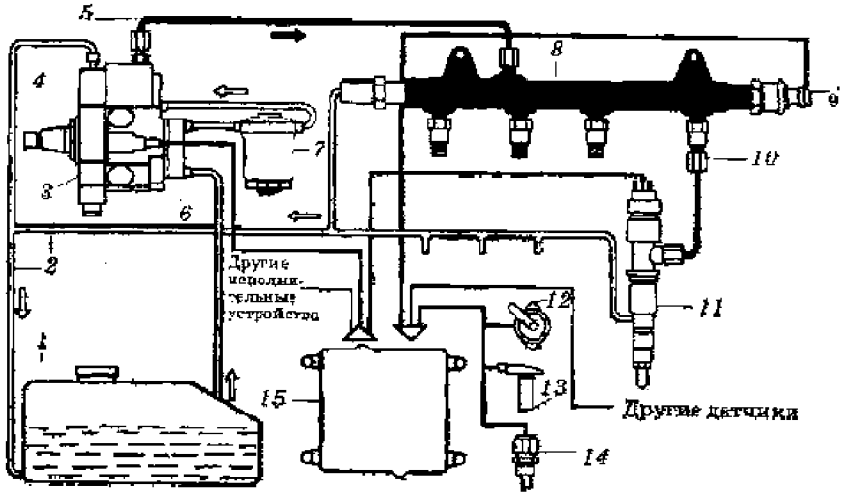


Рис. 2.88. Схема системы питания *Common Rail* дизелей DEUTZ и Д-245S3A: *1* – топливный бак; *2* – топливопроводы слива; *3* – ТНВД; *4* – регулятор давления; *5* – топливопровод высокого давления; *6* – топливоподкачивающий насос; *7* – фильтр; *8* – гидроаккумулятор; *9* – датчик давления; *10* – аварийный ограничитель подачи топлива; *11* – электрогидравлическая форсунка; *12* – датчик педали акселератора; *13* – датчик частоты вращения и положения коленчатого вала; *14* – температурный датчик; *15* – блок управления

4.2.2. Аккумуляторные системы питания дизелей *Common Rail* с электронным управлением

Более качественного распыливания топлива и, как следствие, снижения токсичности ОГ можно достичь при высоком давлении впрыска (порядка 160–200 МПа). Однако стандартные системы топливоподачи (рис. 2.87) не могут обеспечить подачу топлива к форсункам под таким давлением, поэтому в настоящее время широкое распространение получили топливные системы *Common Rail* и другие системы с электронным управлением.

Принцип работы системы *Common Rail* (рис. 2.88) заключается в следующем. С помощью топливоподкачивающего насоса *6* топливо прокачивается через фильтр *7* с влагоотделителем и подается в радиально-плунжерный насос *3* высокого давления (ТНВД), который имеет регулятор производительности и подкачивающий насос. От ТНВД топливо под давлением 135–160 МПа поступает в гидроаккумулятор *8*, откуда под высоким давлением – на электро- или электропьезогидравлические форсунки *11*. Излишки топлива от форсунок и ТНВД сливаются в топливный бак *1* через сливные топливопроводы *2*. Электронный блок управления (ЭБУ) *15*, получая информацию от датчиков, задает выходные параметры, используя заложенную в нем программу, и воздействует на исполнительные механизмы для получения требуемых параметров дизеля. Количество топлива, подаваемого в цилиндры дизеля через форсунки, определяется сигналом ЭБУ в зависимости от режима работы двигателя. По сигналу ЭБУ давление в системе регулируется с помощью регулятора *4*. На холостом ходу оно минимальное, что снижает шум работы ТНВД и форсунок, а при разгоне максимальное – для обеспечения приемистости.

4.3. Системы питания бензиновых двигателей (с искровым зажиганием)

В изображенной на рис. 2.89 системе питания бензинового двигателя топливо из бака *8* при открытом кране *11* через фильтр-отстойник *14*, топливопровод *7* засасывается подкачивающим насосом *19*, подается в фильтр *18* тонкой очистки и далее в карбюратор *3*. При такте впуска воздух, очищенный от посторонних примесей в воздушном фильтре *2*, поступает в карбюратор. В нем топливо распыливается, смешивается с воздухом и начинает

испаряться. Приготовление горючей смеси продолжается во впускном трубопроводе, двигаясь по которому топливо испаряется и перемешивается с воздухом. Этот процесс заканчивается в цилиндрах двигателя во время тактов впуска и сжатия.

После сгорания рабочей смеси отработавшие газы через выпускной трубопровод *17*, трубы *16* и глушитель *15* выбрасываются в окружающую среду. Топливо заливают в бак *8* через горловину *12*, закрываемую крышкой *20*, в которой имеются воздушный клапан *22* и выпускной клапан *24*.

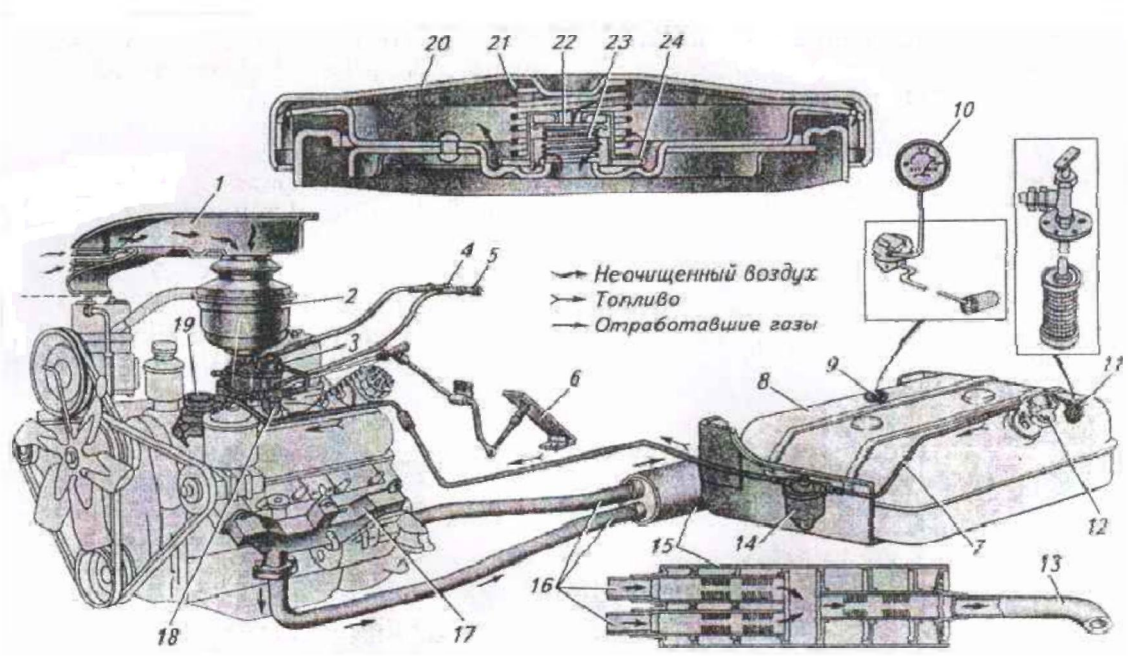


Рис. 2.89. Система питания карбюраторного двигателя ЗИЛ-508.10: *1* – подкапотное пространство; *2* – воздушный фильтр; *3* – карбюратор; *4* – ручка управления воздушной заслонкой; *5* – ручка управления дроссельными заслонками; *6* – педаль управления дроссельными заслонками (акселератором); *7* – топливопровод; *8* – бак; *9* – датчик указателя уровня топлива; *10* – указатель уровня топлива; *11* – кран; *12* – заливная горловина; *13* – выпускная труба; *14* – фильтр-отстойник; *15* – глушитель; *16* – трубы; *17* – выпускной трубопровод; *18* – фильтр тонкой очистки топлива; *19* – топливный насос; *20* – крышка заливной горловины; *21* – пружина выпускного клапана; *22* – воздушный клапан; *23* – пружина воздушного клапана; *24* – выпускной клапан

4.4. Системы впрыска бензиновых двигателей

Такие системы основаны на впрыскивании бензина во впускной трубопровод, где происходит образование топливовоздушной смеси, или непосредственно в цилиндры двигателя (непосредственный впрыск). В таких системах нет карбюратора, а бензин впрыскивается специальными форсунками (инжекторами), которыми управляет микро-ЭВМ. По сравнению с системами питания

карбюраторных двигателей системы с впрыскиванием бензина более сложны и требуют высококвалифицированного обслуживания при эксплуатации. Несмотря на это они имеют и ряд преимуществ: более равномерное распределение смеси по цилиндрам, что повышает экономичность двигателя; отсутствие карбюратора уменьшает сопротивление впуска топливной смеси, в результате чего улучшается наполнение цилиндров и соответственно повышается мощность двигателя; более точное дозирование воздуха и топлива в составе смеси и корректировка этого состава в зависимости от режима работы двигателя; меньшее содержание вредных примесей в отработавших газах.

Используют самые разнообразные конструкции систем впрыска: одноточечные с центральным впрыском, многоточечные с распределенным впрыском, непрерывным или прерывистым впрыском и с непосредственным впрыском.

Автомобильные двигатели оборудуются двумя видами систем впрыска:

– во впускной трубопровод;

– непосредственный впрыск в цилиндры.

4.4.1. Механическая система непрерывного впрыска во впускной трубопровод без электронного блока (*K-Jetronic*)

Схема системы впрыска *K-Jetronic*, широко применяемой на многих автомобилях немецкого производства, представлена на рис. 2.90.

Топливо из бака *18* под давлением, развиваемым погружным электрическим насосом *23*, через накопитель *21* и фильтр *22*, подается в нижние камеры дозатора-распределителя *28* и прижимает мембранные клапаны к топливопроводам форсунок. В зависимости от положения плунжера *8* дозатора, топливо может поступать и в верхние камеры. Перемещение плунжера регулируется количеством воздуха, проходящего через напорный диск *27* расходомера и рычаг *19*.

Для приготовления рабочей смеси измеряется расход воздуха и пропорционально дозируется топливо с помощью регулятора состава рабочей смеси, который состоит из измерителя расхода воздуха и дозатора-распределителя топлива. Клапанные форсунки *5* открываются при давлении 0,35 МПа, распыляют топливо и впрыскивают его непосредственно во впускной трубопровод перед впускным клапаном каждого цилиндра. Смесеобразование происходит во впускном патрубке и в цилиндре двигателя.

Непрерывно впрыскиваемое клапанными форсунками топливо накапливается перед впускными клапанами. При открывании впускного клапана засасываемый воздух увлекает облако топлива и способствует образованию хорошо воспламеняющейся смеси.

Расход воздуха регулируется дроссельной заслонкой *26* в зависимости от положения педали управления. При пуске холодного двигателя, чтобы обогатить смесь, необходимо впрыскивать дополнительное количество топлива. В таком случае включается пусковая электромагнитная форсунка *24*, топливо к которой подается от распределителя количества топлива.

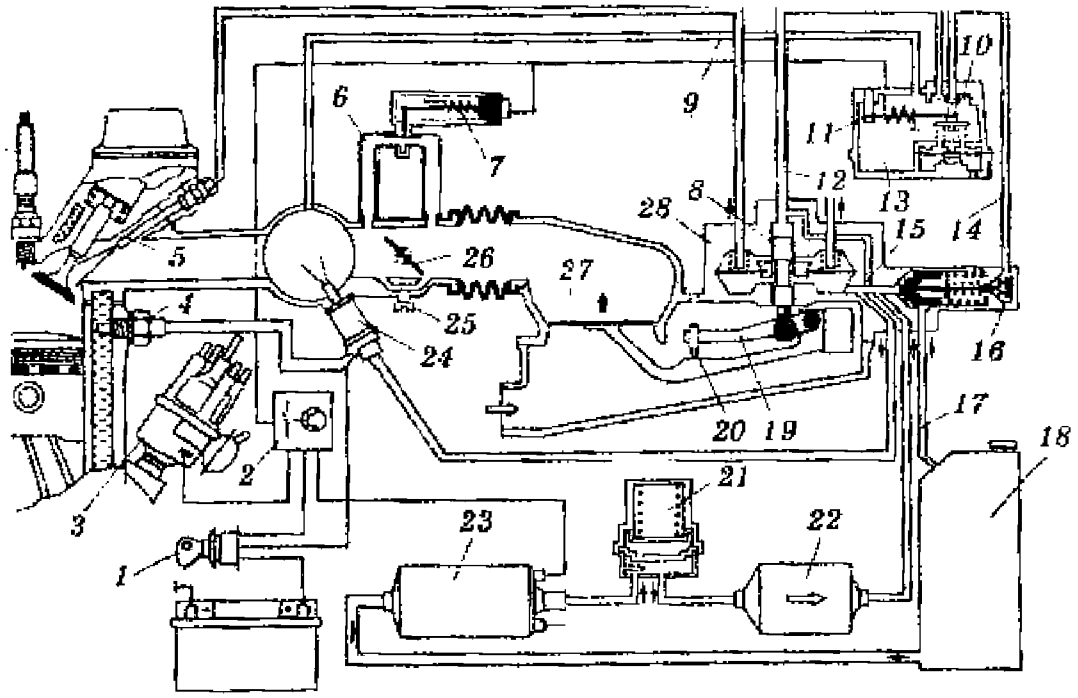


Рис. 2.90. Схема системы впрыска *K-Jetronic*: *1* – замок зажигания; *2* – управляющее реле; *3* – прерыватель-распределитель; *4* – термореле; *5* – форсунка впрыска; *6* – трубопровод клапана добавочного воздуха; *7* – клапан добавочного воздуха; *8* – плунжер дозатора-распределителя; *9* – трубопровод подачи разрежения к регулятору противодавления; *10* – диафрагма; *11* – биметаллическая пластина; *12*, *14*, *17* – топливопроводы; *13* – регулятор противодавления; *15* – развязывающий жиклер; *16* – регулятор давления топлива; *18* – топливный бак; *19* – рычаг; *20* – винт регулировки состава (качества) смеси; *21* – накопитель топлива; *22* – топливный фильтр; *23* – топливный насос; *24* – пусковая электромагнитная форсунка; *25* – винт регулировки частоты вращения коленчатого вала; *26* – дроссельная заслонка; *27* – напорный диск; *28* – дозатор-распределитель

4.4.2. Электронная система многоточечного впрыска во впускной трубопровод (*L-Jetronic*)

Система *L-Jetronic* является одной из первых систем электронного впрыска топлива (рис. 2.91).

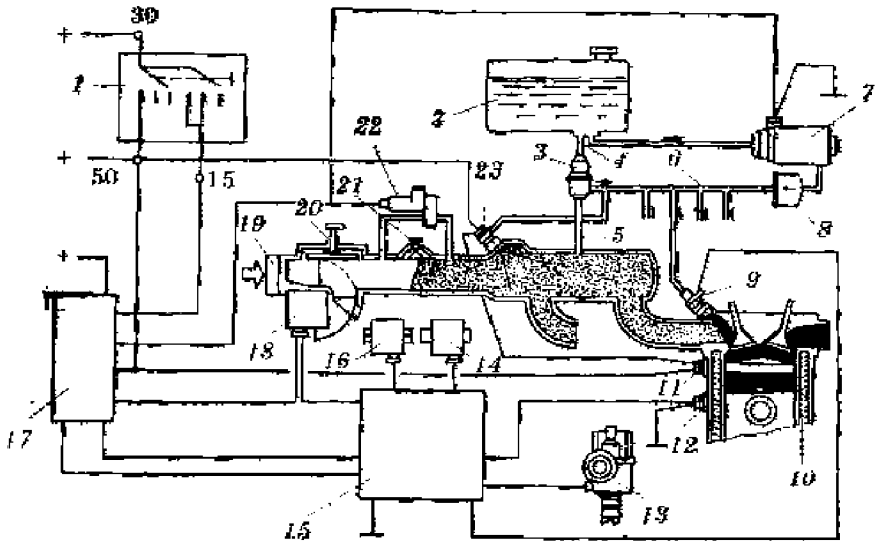


Рис. 2.91. Электронная система впрыска *L-Jetronic*: *1* – замок зажигания; *2* – топливный бак; *3* – регулятор давления; *4* – топливопровод обратного слива; *5* – трубопровод подвода разрежения; *6* – распределительная магистраль; *7* – топливный насос; *8* – топливный фильтр; *9* – рабочая электромагнитная форсунка; *10* – блок цилиндров двигателя; *11* – температурный датчик включения пусковой форсунки; *12* – датчик температуры охлаждающей жидкости; *13* – прерыватель-распределитель; *14* – потенциометр дроссельной заслонки; *15* – блок управления; *16* – высотный корректор; *17* – блок реле; *18* – датчик расходомера воздуха; *19* – подвод воздуха; *20* – винт качества смеси (*CO*); *21* – винт регулировки частоты вращения коленчатого вала; *22* – клапан добавочного воздуха; *23* – пусковая форсунка

На торце распределительной магистрали *6* установлен регулятор *3*, который поддерживает постоянное давление впрыска, обеспечивая слив излишнего топлива в бак *2*. Этим достигается циркуляция топлива в системе и исключается образование паровых пробок.

Основу системы составляет электронный блок управления (ЭБУ) *15* (микропроцессор). Количество впрыскиваемого топлива определяется временем открытия электромагнитных форсунок *9*, которое зависит от сигнала от ЭБУ. ЭБУ получает информацию от индукционного датчика *13* (обороты двигателя), датчика температуры охлаждающей жидкости *12*, кислородного датчика (лямбда-зонда), датчика расходомера воздуха *18*, потенциометра дроссельной заслонки *14*.

Дозировка топлива определяется объемом впрыскиваемого воздуха, измеряемого расходомером *18*. Электрический сигнал от датчика *18* передается на ЭБУ, который определяет необходимое количество топлива в данный момент работы двигателя и подает на электромагнитные клапаны форсунок *9* импульсы времени (длительности) подачи топлива. Топливо из магистрали *6* поступает к форсункам *9*. Независимо от положения впускных клапанов, форсунки впрыскивают топливо за один или два оборота коленчатого вала

(за цикл, за два такта). Если впускной клапан закрыт, топливо накапливается в пространстве перед клапаном и поступает в цилиндр при следующем его открытии одновременно с воздухом.

При холодном пуске и прогреве двигателя в воздушный канал подается добавочный воздух через клапан *22* добавочного воздуха.

Для облегчения пуска холодного двигателя применяется электромагнитная пусковая форсунка *23*, длительность открытия которой зависит от температуры охлаждающей жидкости. При запуске холодного двигателя в цилиндры подается больше топлива и в этот момент по сигналу ЭБУ открывается клапан *22*, подающий добавочный воздух, минуя дроссельную заслонку, что обеспечивает устойчивую работу двигателя во время прогрева.

4.4.3. Электронная система непосредственного впрыска бензина в цилиндры двигателя

Впервые такая система была установлена на автомобилях *Mitsubishi* в 1997 г. В настоящее время системы непосредственного впрыска применяются в автомобилях *Volkswagen*, *Peugeot*, *Citroen*. Главная цель применения такой системы – снижение расхода топлива, несмотря на сложности конструкции форсунок и проблемы смешивания топлива с воздухом.

Система топливоподачи непосредственного впрыска работает следующим образом (рис. 2.92). Топливо от топливоподкачивающего насоса *6* подается к топливному насосу высокого давления *1*, оснащенному датчиком давления топлива для его точного дозирования.

Топливный насос высокого давления заключен в герметичный кожух, и вал насоса приводится во вращение с помощью электромагнитной муфты. Топливо к форсункам цилиндров подается насосом *1* высокого давления, развивающим давление 4–10 МПа. При этом давление топлива, впрыскиваемого в цилиндры двигателя, может быть постоянным (системы впрыска *GDI–Mitsubishi*, *FSI–Volkswagen*) или изменяться: на холостом ходу 7 МПа, при полной нагрузке 10 МПа, на переходных режимах 3 МПа (система впрыска *HPI–Peugeot–Citroen*). Топливо накапливается в аккумуляторе давления *3* и из него по трубопроводам передается к форсункам *5*, которые в отличие от традиционных систем впрыска, установлены не во впускном трубопроводе, а непосредственно в камере сгорания двигателя. Необходимое давление в системе поддерживается предохранительным клапаном *4*. При подаче напряжения из ЭБУ (не показан) открываются соленоидные клапаны форсунок *5* и топливо впрыскивается в камеру сгорания.

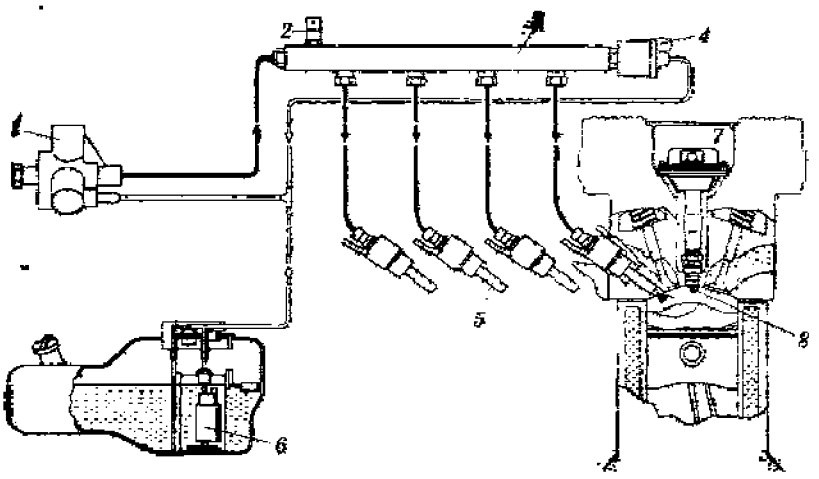


Рис. 2.92. Общая схема топливоподачи системы непосредственного впрыска: *1* – ТНВД; 2 – датчик давления топлива; *3* – аккумулятор давления; *4* – предохранительный клапан; *5* – форсунки; *6* – топливоподкачивающий насос; *7* – катушка зажигания; *8* – свеча зажигания

4.5. Системы питания газовых автомобильных двигателей

В системах питания автомобильных двигателей может использоваться сжиженный нефтяной газ и сжатый природный газ. *Сжатым* называют газ, который при температуре 15–20 °С и давлении до 20 МПа сохраняет газообразное состояние. Для двигателей, работающих на сжатом газе, широко используют природный газ.

Сжиженными называют газы, которые переходят из газообразного состояния в жидкое при давлении 1,6 МПа и температуре до 50 °С. Двигатели, работающие на сжатом (ЗМЗ-53-27) и сжиженном (ЗМЗ-53-19) газах, устанавливают на автомобилях ГАЗ-53-12. На сжиженном газе работает также двигатель автомобиля ЗИЛ-4318.

Широкое распространение двигателей, работающих на сжиженном газе, объясняется меньшим рабочим давлением в газобаллонной установке, что надежнее и безопаснее, а также сравнительно небольшим снижением мощности в сравнении с карбюраторным двигателем.

4.5.1. Система питания карбюраторного двигателя, работающего на сжатом газе

Система питания двигателя, работающего на сжатом газе, схематично показана на рис. 2.93. Из стальных баллонов *1* сжатый газ проходит под большим давлением по газопроводу *2* через расходный клапан (вентиль) *5*,

подогреватель *17*, вентиль *6* и фильтр *9* в редуктор *10*. Подогрев газа необходим, чтобы влага, выделяющаяся при снижении давления газа, не превращалась в лед. В двухступенчатом редукторе *10* давление газа снижается до 0,1 МПа, и он через дозирующее устройство *11* по газопроводу *12* поступает в карбюратор-смеситель *13*, где образуется горючая смесь. Давление газа в баллонах контролируют по показаниям манометра *7*, а в первой ступени редуктора – с помощью манометра *8*. Трубка *14* соединяет разгрузочные устройства редуктора с впускным трубопроводом *15* двигателя. Баллоны *1* наполняют через вентиль 3.

Для кратковременной работы на бензине двигатель оснащен системой, состоящей из топливного бака *4*, фильтра-отстойника *16*, топливного насоса *18* и топливопровода *19*.

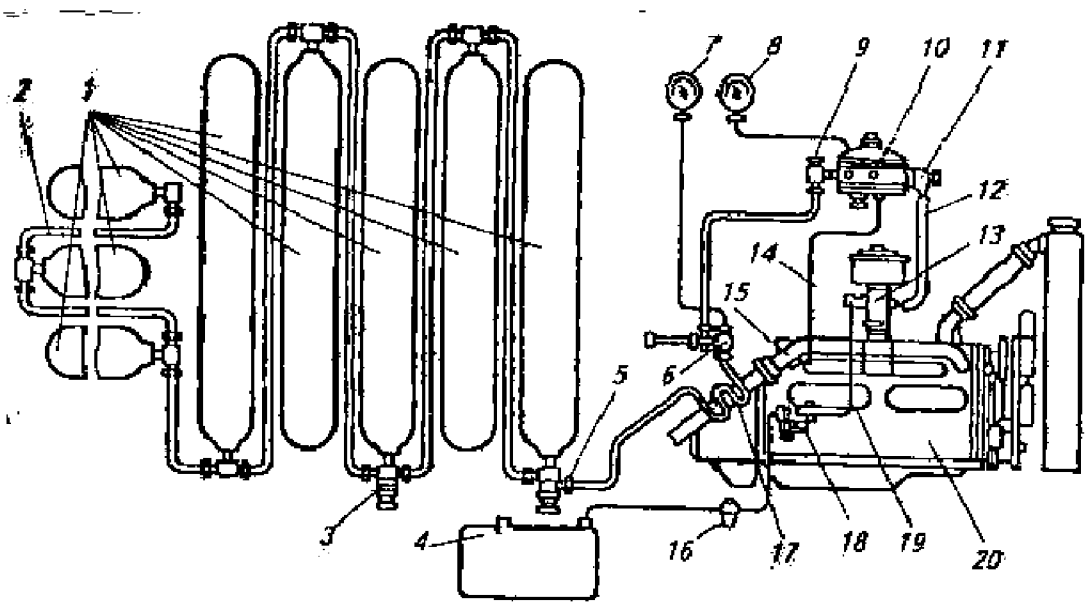


Рис. 2.93. Схема питания карбюраторного двигателя, работающего на сжатом газе: *1* – газовые баллоны; *2, 12* – газопроводы соответственно высокого и низкого давления; *3*, *5*, *6* – соответственно наполнительный, расходный и магистральный вентили; *4* – топливный бак; *7*, *8* – манометры соответственно высокого и низкого давления; *9* – газовый фильтр; *10* – газовый двухступенчатый редуктор; *11* – дозатор; *13* – карбюратор-смеситель; *14* – трубка; *15* – трубопровод; *16* – фильтр-отстойник; *17* – подогреватель; *18* – топливный насос; *19* – топливопровод; *20* – двигатель

4.5.2. Система питания карбюраторного двигателя, работающего на сжиженном газе

Система питания двигателя, работающего на сжиженном газе, имеет один баллон *12* (рис. 2.94), который заполняют через наполнительный *15* и контрольный *14* вентили. Для отбора из баллона *12* газа в жидкой фазе служит

расходный вентиль *17*. По указателю *16* контролируют количество сжиженного газа в баллоне. Из баллона *12* жидкость при открытом вентиле *17* и включенном электромагнитном клапане *10* поступает в испаритель *6*, который подогревается водой из системы охлаждения. Сжиженный газ испаряется и через двухступенчатый редуктор *5*, в котором его давление снижается до 0,1 МПа, и газопровод поступает в карбюраторный смеситель *2*. Работу редуктора *5* контролируют с помощью манометра *11*.

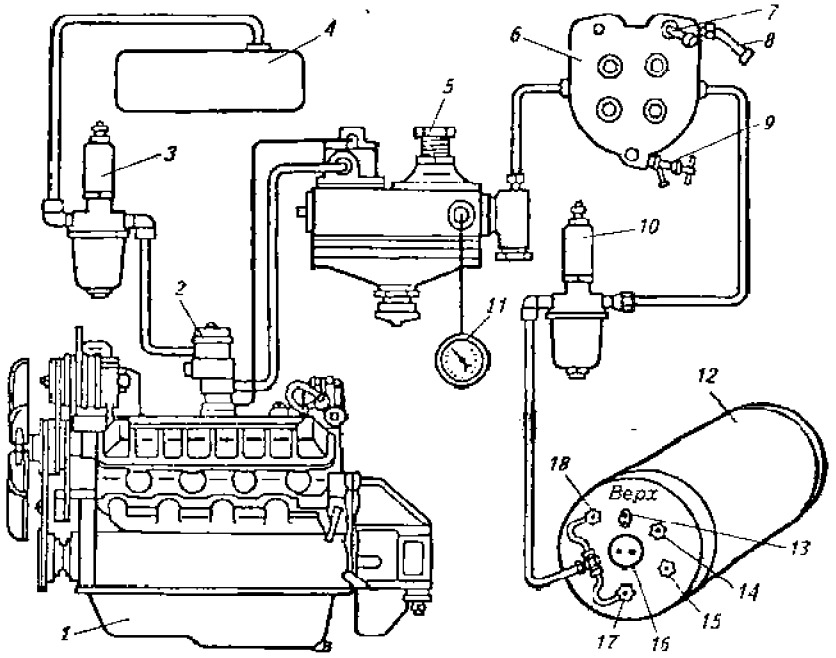


Рис. 2.94. Схема питания карбюраторного двигателя, работающего на сжиженном газе: *1* – двигатель; *2* – карбюратор-смеситель; *3* – электромагнитный клапан, установленный на фильтре отстойнике; *4* – топливный бак; *5* – газовый редуктор; *6* – испаритель газа; *7*, *8*, *9* – штуцеры соответственно для подвода, отвода и слива воды; *10* – электромагнитный клапан с фильтром для газа; *11* – манометр; *12* – баллон сжиженного газа; *13* – предохранительный клапан; *14*, *15* – соответственно контрольный и наполнительный вентили; *16* – указатель уровня газа; *17*, *18* – соответственно жидкостный (расходный) и паровой вентили

4.5.3. Электронная система питания автомобильного двигателя, работающего на сжиженном нефтяном газе

Система питания, работающая по принципу карбюрации, при использовании ее на двигателях с электронным впрыском бензина (рис. 2. 95), кроме основных элементов обычной системы впрыска, содержит рессивер *2*, редуктор – испаритель *6*, серводвигатель *7* для управления расходом газа, трубопровод *16* подачи газа в диффузор *10*. При переключении на использование газа в качестве топлива газ поступает из рессивера *2* в редуктор-испаритель *6*, где

происходит снижение его давления и испарение. В зависимости от сигналов, поступающих от датчиков, ЭБУ *8* выдает сигнал на серводвигатель *7*, устанавливающий расход газа на определенном режиме работы двигателя. Газ по трубопроводу *16* поступает в диффузор *10*, где смешивается с воздухом, и проходит к впускному клапану, а затем в цилиндр двигателя.

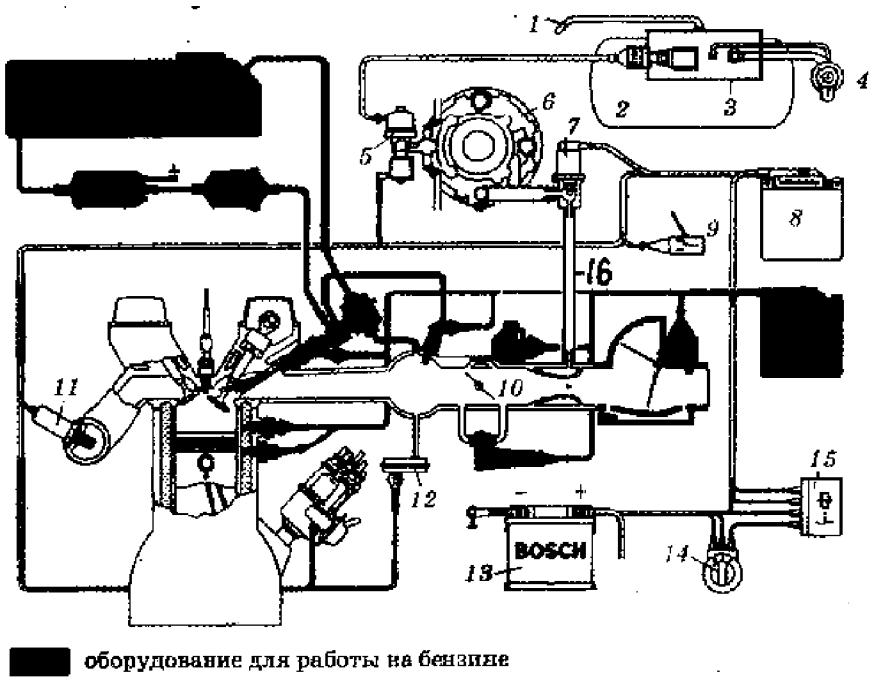


Рис. 2.95. Система питания для сжиженного газа, работающая по принципу карбюрации, установленная на бензиновом двигателе с электронной системой впрыска: *1* – вентиляционная труба для газового рессивера; *2* – рессивер со сжиженным газом; *3* – арматура газового рессивера; *4* – наполнительный клапан; *5* – клапан перекрытия газа; *6* – редуктор испаритель; *7* – серводвигатель для управления расходом газа; *8* – электронный блок управления; *9* – переключатель вида используемого топлива «газ-бензин»; *10* – диффузор-смеситель; *11* – лямбда-зонд; *12* – датчик разрежения; *13* – аккумуляторная батарея; *14* – выключатель зажигания; *15* – реле; *16* – трубопровод

4.5.4. Система впрыска сжатого природного газа

Система питания двигателя, работающего на сжатом природном газе (рис. 2.96), состоит из следующих основных контуров:

– контур высокого давления (заправочный штуцер, трубопроводы, баллоны);

– область перехода от контура высокого давления к контуру низкого давления (редуктор давления газа с клапаном высокого давления для работы на газе и датчиком давления газа);

– контур низкого давления (гибкий шланг, газовая распределительная магистраль, датчик газовой распределительной магистрали, форсунка).

Заправочная газовая горловина *5* оснащена обратным клапаном и металлическим фильтром. Газовые трубопроводы *7* высокого давления изготавливаются из нержавеющей стали и рассчитаны на давление до 100 МПа. Они соединяют приемный патрубок с первым запорным клапаном, все четыре запорных клапана между собой, а также последний запорный клапан с регулятором давления газа. Чтобы обеспечить достаточную герметичность газовых магистралей, отдельные детали на обеих сторонах соединяются при помощи двойного зажимного кольца *13*. При заправке природный газ подается в заправочную горловину со встроенным фильтром и обратным клапаном, далее по газовым магистралям к запорному клапану первого газового баллона. Одновременно с этим газ идет по газовым магистралям к запорному клапану второго газового баллона, оттуда дальше к запорным клапанам остальных баллонов. Из баллонов газ под высоким давлением поступает в редуктор давления газа *16*, который обеспечивает снижение давления с 20 до 0,6 МПа. Процесс снижения давления инициируется соленоидным клапаном высокого давления, который по сигналу напряжения от ЭБУ может быть открытым или закрытым. В обесточенном состоянии клапан закрыт, и система питания газом отключена. Газовая распределительная магистраль *9* оснащена электрическими форсунками *11*, расположенными во впускных каналах цилиндров, а также датчиками давления *10*.

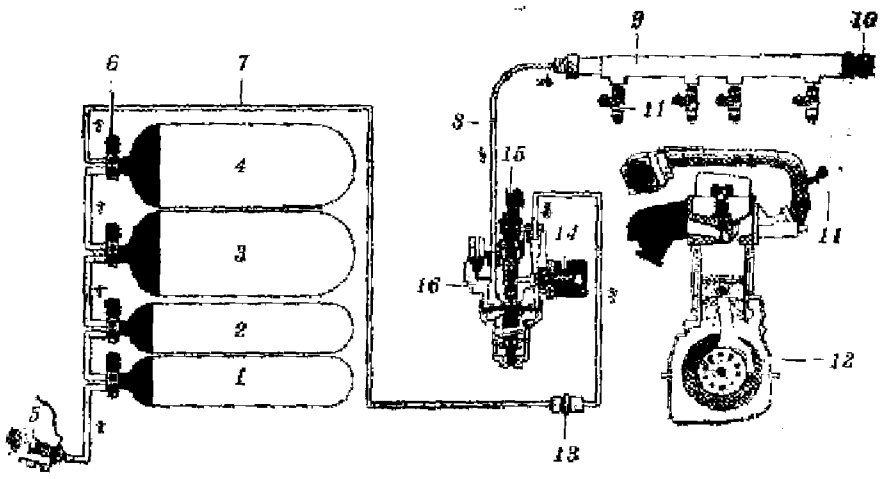


Рис. 2.96. Система впрыска сжатого природного газа: *1* – газовый баллон с запорным и обратным клапанами; *2*, *3*, *4* – газовые баллоны с запорными клапанами; *5* – заправочная горловина со встроенным фильтром и обратным клапаном; *6* – запорный клапан с клапаном отключения подачи газа, ограничителем потока газа, термическим предохранителем и запорным краном; *7* – трубопровод высокого давления; *8* – гибкий шланг; *9* – газовая распределительная магистраль; *10* – датчик газовой распределительной магистрали; *11* – форсунка; *12* – двигатель; *13* – двойное зажимное кольцо; *14* – клапан высокого давления; *15* – датчик давления газа; *16* – редуктор давления газа с клапаном высокого давления для работы на газе

4.6. Элементы системы питания двигателя воздухом и топливом

4.6.1. Общие сведения

Пыль, содержащаяся в воздухе, состоит главным образом из мельчайших частиц диоксида кремния (кремнезема). Твердость пылинок кремнезема превышает твердость стали.

Пыль, попадая в двигатель, смешивается с маслом. Образуется абразивная смесь, которая способствует быстрому изнашиванию трущихся поверхностей деталей двигателя. Следовательно, воздух, используемый для приготовления горючей смеси, надо тщательно очищать от пыли. Для этого автотракторные двигатели оборудуют воздухоочистителями *23* (рис. 2.87) или фильтрами *2* (рис. 2.89). Помимо высокой степени очистки, воздухоочиститель должен обладать возможно меньшим сопротивлением, чтобы не снижать наполнение цилиндров.

Работа современных автотракторных воздухоочистителей основана на следующих способах очистки воздуха: инерционном, контактном и фильтрующем. Чтобы повысить степень очистки воздуха, в некоторых воздухоочистителях используют масло для смачивания фильтрующих элементов. Наибольшее применение находят воздухоочистители сухого типа с бумажными фильтрующими элементами (рис. 2.98 и рис. 2.99).

Топливо, используемое в двигателе, не должно содержать механических примесей и воды. В противном случае ухудшается качество горючей смеси, повышается интенсивность изнашивания трущихся поверхностей, а при температуре ниже 0 °С в топливопроводах образуются ледяные пробки. Для очистки топлива от механических примесей и воды в систему питания каждой модели двигателя включены фильтры *3*, *10* (рис. 2.87) или *14*, *18* (рис. 2.89) соответственно грубой и тонкой очистки топлива. Для подачи топлива через фильтры к ТНВД и карбюратору в системе питания устанавливают подкачивающий насос *7* (рис. 2.87) или *19* (рис. 2.89).

Для повышения литровой мощности в форсированных дизелях (Д-245, Д-260.1, ЯМЗ-238БЕ2) устанавливаются турбокомпрессоры *22* (рис. 2.87) для подачи воздуха в цилиндры под давлением (турбонаддув). Давление наддува составляет 0,15–0,25 МПа. Для привода турбокомпрессора используется энергия отработавших газов.

Турбокомпрессор увеличивает массу поступающего в цилиндры воздуха, в результате чего можно увеличить количество сжигаемого топлива.

Это повышает эффективную мощность дизеля на 20–25 %. Однако при наддуве увеличиваются механическая и тепловая нагрузки на детали кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов. Компрессор повышает температуру надувочного воздуха, в результате чего несколько снижается масса воздуха, поступающего в цилиндр. Поэтому энергонасыщенные тракторы «Беларус-1025.3, -1221.3, -1523.3, -2022.3, -2822ДЦ, -3022ДЦ» оборудуются охладителями наддувочного воздуха (ОНВ) (воздухо-воздушным радиатором).

Для получения стабильных мощностно-экономических показателей при минимальном числе отказов чрезвычайно важно, чтобы все воздухоотводы и топливопроводы были тщательно герметизированы.

4.6.2. Воздухоочистители

На тракторных дизелях наиболее часто применяют трехступенчатые воздухоочистители контактно-масляного и сухого типа.

Воздухоочистители сухого типа (рис. 2.98, 2.99) находят все большее применение, что обусловлено простотой конструкции и обслуживания, эффективностью, исключением попадания масла во впускной коллектор и цилиндры двигателя.

Так как сельскохозяйственные тракторы работают в условиях большой запыленности, то первая ступень очистки воздуха, поступающего в систему питания дизеля, представляет собой инерционный очиститель в виде отдельного или встроенного моноциклона, задерживающего до 60 % пыли, вторая ступень – масляная ванна (контактный способ очистки), третья ступень – фильтрующие элементы (тоже контактный способ очистки).

Всасываемый воздух проходит через колпак моноциклона *5* (рис. 2.97), где осуществляется предварительная сухая центробежная очистка воздуха. На второй стадии воздух по центральной трубе *2* проходит к масляной ванне *9* воздухоочистителя, в которой улавливаются частицы пыли и накапливаются в поддоне *10*. На третьей стадии воздух перемещается вверх и проходит через три фильтрующих элемента *6*, пропитанных маслом. Здесь происходит окончательная (тонкая) очистка всасываемого воздуха. Воздухоочистителями такого типа устанавливаются на стандартных дизелях с естественным всасыванием Д-242, Д-243, Д-244 и Д-245 мощностью до 100 л. с.

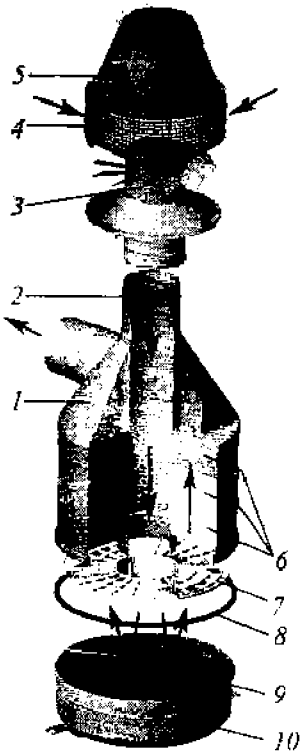


Рис. 2.97. Воздухоочиститель контактно-масляный (дизели Д-242, Д-243, Д-244, Д-245): *1* – корпус воздухоочистителя; *2* – центральная труба; *3* – патрубок; *4* – щели; *5* – колпак моноциклона; *6* – фильтрующие элементы; *7* – обойма; *8* – уплотнительное кольцо; *9* – масляная ванна; *10* – поддон

На дизелях Д-260.1 и их модификациях стандартного исполнения применены воздухоочистители сухого типа с отдельным моноциклоном *9*, *10* (рис. 2.96), который служит первой ступенью очистки воздуха. Вторая и третья ступени очистки воздуха осуществляются фильтрующими бумажными фильтрами-патронами: основным *17* и контрольным *15*. Фильтрующие элементы фильтр-патронов изготовлены из высокопористого картона.

Всасываемый воздух, пройдя центробежную очистку в моноциклоне *9*, *10*, проходит затем через основной фильтрующий элемент *17* и далее через контрольный фильтрующий элемент *15*. Чрезмерная запыленность контрольного элемента служит индикатором повреждения (прорыва) картона основного фильтрующего элемента, который должен быть немедленно заменен. Очищенный воздух затем поступает в турбокомпрессор.

На дизелях с турбонаддувом, сертифицированных по европейским экологическим нормам токсичности ОГ (Д-245 S2, Д-260.1 S2, Д-260.2 S2, Д-260.4 S2), а также на дизелях DDC S40E и DEUTZ энергонасыщенных тракторов «Беларус-2822ДЦ», «Беларус-3022ДВ», «Беларус-3022.1» устанавливаются воздухоочистители сухого типа производства фирмы *Donaldson* различных типовых размеров (рис. 2.97).

Воздухоочиститель имеет три ступени очистки.

Первая – инерционная очистка воздуха (встроенный моноциклон). Производится внутри воздухоочистителя за счет центробежных сил, возникающих при спиралевидном вращении воздуха, относительно оси корпуса *1* воздухоочистителя. Сброс пыли в окружающую среду осуществляется через резиновый колпак *5*, установленный на крышке воздухоочистителя *4* при остановке и запуске двигателя, за счет возникновения внутри воздухоочистителя избыточного давления. В тракторах «Беларус-2822», «Беларус-3022» предусмотрен сброс пыли в систему выпуска ОГ через обратный клапан.

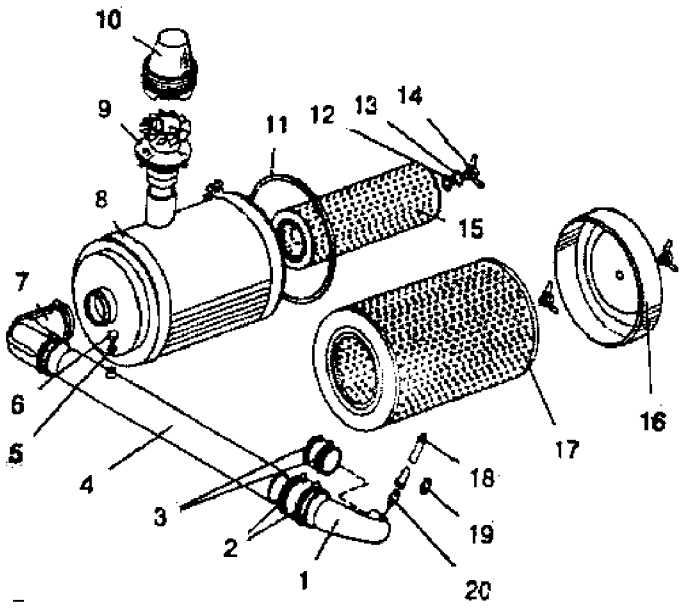


Рис. 2.98. Воздухоочиститель сухого типа (дизели Д-260.1, Д-260.2, Д-260.4): *1* – патрубок; *2*, *3* – рукав с хомутами; *4* – труба; *5* – уплотнительное кольцо; *6* – пробка; *7* – патрубок; *8* – корпус; *9*, *10* – моноциклон; *11* – кольцо; *12* – прокладка; *13* – шайба; *14* – гайка-барашек; *15* – фильтр-патрон контрольный; *16* – поддон; *17* – фильтр-патрон основной; *18* – воздухопровод индикатора засоренности; *19* – пробка; *20* – штуцер

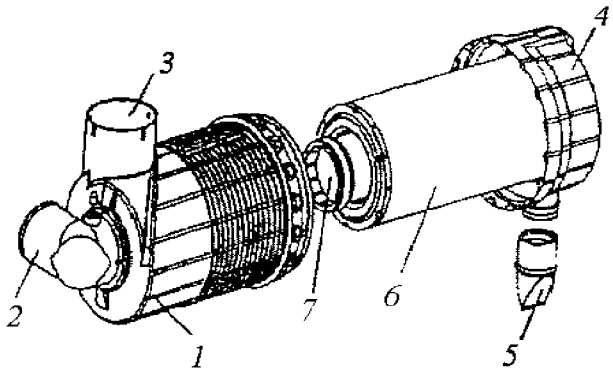


Рис. 2.99. Воздухоочиститель *Donaldson* (Д-245 S2, Д-260.1 S2, Д-260.2 S2, Д-260.4 S2, DDCS40E, DEUTZ): *1* – корпус; *2* – патрубок подводящий; *3* – воздухозаборник; *4* – крышка; *5* – резиновый колпак; *6* – основной бумажный фильтрующий элемент (ОФЭ); *7* – контрольный бумажный фильтрующий элемент (КФЭ)

Вторая и третья ступени – сухая очистка основным *6* и контрольным *7* бумажными фильтрующими элементами. Забор воздуха воздухоочистителем осуществляется через воздухозаборник *3*. Подвод воздуха к турбокомпрессору через воздухоподводящий тракт обеспечивает подводящий патрубок *2*.

На автомобильных двигателях применяют двухступенчатые воздухоочистители сухого типа с бумажными фильтрующими элементами. На автомобилях МАЗ-555142 установлен двухступенчатый сухой фильтр с бункером для сбора пыли и сменным картонным фильтрующим элементом.

Для контроля засоренности фильтрующего элемента воздухоочистителя в современных тракторах и автомобилях применяют датчики сигнализаторов засоренности, связанные с сигнальной лампой на щитке приборов.

4.6.3. Турбокомпрессоры

На дизелях Д-245, Д-260.1 и их модификациях установлены турбокомпрессоры различных изготовителей и различных типоразмеров: ТКР-7 (РБ и РФ); ТКР-6 (РБ), С14-126; К27-61-01 (Чехия); S2B «Швитцер» (Англия) и др. Конструктивное исполнение турбокомпрессоров примерно одинаковое. ТКР (рис. 2.100) состоит из центробежного одноступенчатого компрессора *1*, *9* и радиальной центростремительной турбины *4*, *5*.

Выхлопные газы через выпускной коллектор поступают к газовой турбине. Расширяясь, газы вращают колесо *9* компрессора, который всасывает воздух (через воздухоочиститель), сжимает его и подает под давлением в цилиндры дизеля.

Подшипник *6* смазывается под давлением маслом, поступающим по отдельному маслопроводу от центробежного масляного фильтра. Из турбокомпрессора масло сливается в картер дизеля по маслоотводящей трубке. Колесо турбины *5* отлито из жаропрочного никелевого сплава и приварено к валу ротора. Колесо компрессора *9* отлито из алюминиевого сплава и закреплено на валу с помощью гайки *10*. Вал ротора вращается в радиальном подшипнике, выполненном в виде плавающей невращающейся моновтулки. Моновтулка фиксируется в корпусе подшипников фиксатором. Осевое перемещение ротора воспринимает упорный подшипник. Подшипники турбокомпрессора смазываются и охлаждаются маслом, поступающим по трубопроводу от центробежного масляного фильтра. Как в радиальном, так и в упорном подшипниках дополнительно осуществляется центробежная очистка масла.

Из турбокомпрессора масло сливается в картер дизеля по маслоотводящей трубке. Со стороны компрессора и турбины в канавках ротора установлены газомасляные пружинные уплотнения *3* и *8*. Со стороны компрессора для повышения эффективности установлен маслоотражатель *7*, а со стороны турбины – экран. Избыточное давление за компрессором должно быть в пределах 0,065–0,100 МПа. Вал турбины вращается с большой частотой (до 20000 мин$^{-1}$), что требует предельно точной балансировки колес и применения гидродинамической смазки подшипникового узла.

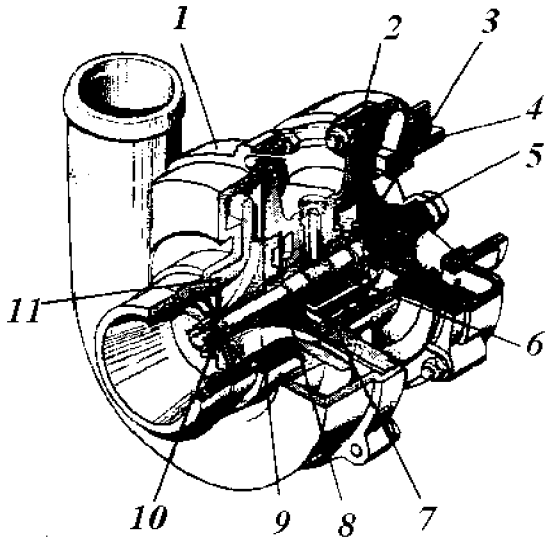


Рис. 2.100. Турбокомпрессор (Д-245, Д-260): *1* – корпус компрессора; *2* – корпус средний (корпус подшипников); *3*, *8* – кольца уплотнительные; *4* – корпус турбины; *5* – колесо турбины с валом; *6* – подшипник; *7* – маслоотражатель; *9* – колесо компрессора; *10* – гайка специальная; *11* – диффузор

Дизели Д-245 S2 и DEUTZ комплектуются регулируемым турбокомпрессором типа C14-198-01 фирмы CZ («Турбо», Чехия), рис. 2.101.

Регулирование наддува происходит путем перепуска части отработавших газов мимо турбинного колеса при повышении давления наддува выше определенного значения. Если избыточное давление наддува превышает 0,095 МПа, срабатывает исполнительный механизм мембранного типа *5*, связанный воздухопроводом *7* с выходом компрессора. Исполнительный механизм соединен регулируемой тягой *8* с рычагом перепускного клапана, который при своем срабатывании обеспечивает перепуск части отработавших газов мимо турбинного колеса, что приводит к снижению оборотов турбинного колеса и давления наддувочного воздуха.

Изменение длины тяги исполнительного механизма турбокомпрессора в процессе эксплуатации не допускается.

4.6.4. Впускные и выпускные трубопроводы (коллекторы)

По впускному трубопроводу топливовоздушная смесь от карбюратора или карбюратора-смесителя и воздух от воздухоочистителя (в дизелях) поступают в цилиндры, а по выпускному трубопроводу отработавшие газы отводятся из цилиндров. Поэтому формы и сечения этих трубопроводов должны оказывать минимальное сопротивление движению смеси (газа, воздуха) и обеспечивать равномерное распределение ее по цилиндрам.

В бензиновых двигателях для лучшего испарения топлива и предотвращения его конденсации топливовоздушная смесь перед поступлением в цилиндры двигателя нагревается отработавшими газами или жидкостью из системы охлаждения. С этой целью часть впускного трубопровода выполнена с двойными стенками, между которыми циркулируют отработавшие газы или жидкость из системы охлаждения.

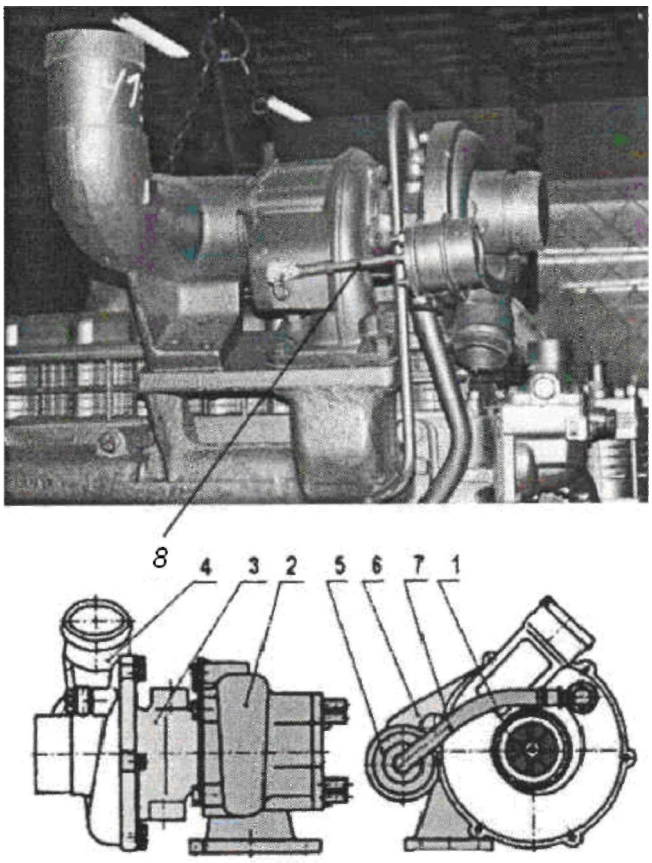


Рис. 2.101. Регулируемый турбокомпрессор (Д-245S2, DEUTZ): *1* – ротор; *2* – корпус турбины; *3* – корпус подшипника; *4* – корпус компрессора; *5* – исполнительный механизм; *6* – кронштейн крепления исполнительного механизма; *7* – воздухопровод; *8* – тяга

В дизелях Д-242, Д-243, Д-244 и Д-245 для облегчения пуска воздух во впускном коллекторе подогревается электрофакельным подогревателем,

состоящим из свечи накаливания спирального типа, электромагнитного клапана и форсунки.

В системе впуска воздуха дизелей Д-245 S2, Д-260.1 S2, DDC S40E, DEUTZ, ЯМЗ применяют охладители наддувочного воздуха (промежуточное охлаждение) (рис. 2.102). Поскольку после сжатия в компрессоре ТКР воздух нагревается до 150 °С, промежуточное охлаждение наддувочного воздуха способствует повышению массового наполнения цилиндров, что необходимо для повышения мощности, улучшения топливной экономичности и уменьшения тепловой напряженности деталей. Для охлаждения наддувочного воздуха спереди дизеля устанавливают воздухо-воздушный радиатор *1* (рис. 2.102).

На рис. 2.103 изображена схема воздухо-воздушного ОНВ, который обычно устанавливают перед масляным радиатором (если он установлен) и жидкостным радиатором двигателя. Охлаждение наддувочного воздуха происходит за счет обдува ОНВ встречным и вентиляторным потоками воздуха.

Впускные трубопроводы (*коллекторы*) изготовляют, как правило, из чугуна в виде одной общей или двух отдельных отливок. Трубопроводы крепят к блок-картеру или головке цилиндров шпильками и гайками. Под фланцы впускных трубопроводов устанавливают паронитовые прокладки, а под фланцы выпускных – металлоасбестовые.

Если отработавшие газы выпускать непосредственно в окружающую среду, то они, быстро расширяясь, вызовут сильный шум. Поэтому их пропускают через глушитель *24* (рис. 2.87) или *15* (рис. 2.89), действие которого основано на уменьшении скорости и давления газов. Сопротивление глушителя выходу газов должно быть небольшим, чтобы не снижались мощность и экономичность двигателя.

Для уменьшения пожарной опасности выпускные трубопроводы дизелей тракторов направлены вверх и снабжены искрогасителями.

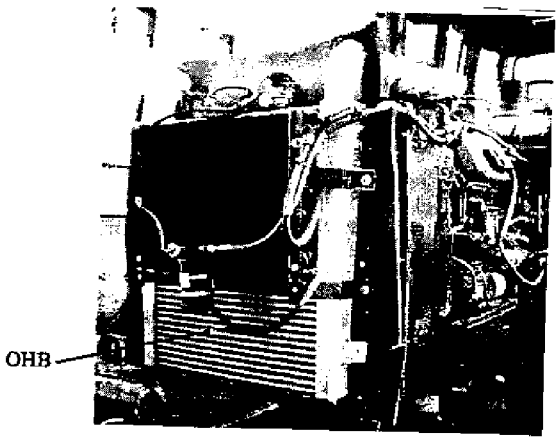


Рис. 2.102. Установка охладителя наддувочного воздуха (ОНВ) «Беларус-3022ДВ»

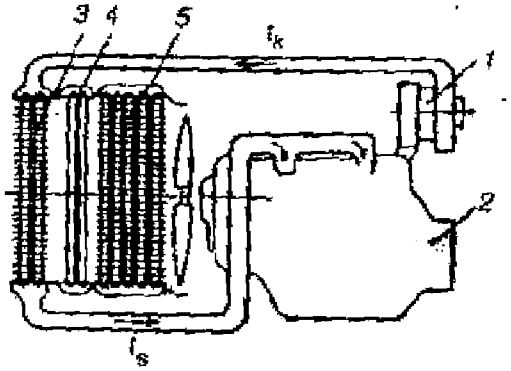


Рис. 2.103. Схема воздухо-воздушного ОНВ:
1 – ТКР; 2 – двигатель; *3* – ОНВ; *4* – масляный радиатор двигателя (если установлен); *5* – жидкостный радиатор двигателя

4.6.5. Топливные баки

Как правило, их изготовляют из листовой стали методом штамповки с последующей сваркой. Внутри бака вваривaются перегородки, придающие ему необходимую жесткость. Однако, в современных тракторах «Беларус» серий 900, 1000, 1200, 1500, 2000, 3000 и зарубежных аналогах, выпускаемых фирмами DEUTZ, *Fendt*, *Case*, *John Deer* и др., все большее применение находят топливные баки, изготовляемые из специального полиэтилена и других пластических материалов. Это можно объяснить целым рядом преимуществ пластиковых баков перед металлическими:

– экономия металла и снижение металлоемкости;

– исключение коррозии, присущей металлическим топливным бакам, являющейся причиной отказов топливной аппаратуры;

– упрощается технология изготовления баков;

– удобство компоновки баков на тракторе из-за возможности легкого придания им различной формы.

Емкость топливных баков должна обеспечить непрерывную работу двигателя с полной нагрузкой в течение 8–10 часов. Запорным краном бак соединен с системой питания, а через сливной кран удаляют отстой топлива. В горловине бака размещают сетчатый фильтр.

В автомобилях с карбюраторными двигателями крышки *20* (рис. 2.89) заливных горловин снабжены воздушным *22* и выпускным *24* клапанами. По мере расходования топлива из герметичного бака давление в нем уменьшается, и при разрежении 0,002–0,004 МПа открывается воздушный клапан *22* – в бак поступает воздух. Если из-за испарения топлива давление в баке

превысит атмосферное на 0,01–0,015 МПа, то откроется выпускной клапан *24* и выпустит пары топлива в окружающую среду.

4.6.6. Топливные фильтры

На автотракторных двигателях обычно устанавливают два последовательно работающих топливных фильтра грубой и тонкой очистки.

На дизелях Д-242, -243, -244, -245, Д-260.1 и их модификациях для грубой очистки топлива используют сетчатый фильтр-отстойник (рис. 2.104). Топливо, поступая от бака по топливопроводу *7*, направляется в кольцевую полость *5* и, пройдя распределитель *3*, попадает на отражатель *2*, которым отбрасывается к стенкам стакана *1*. Основная часть потока топлива, резко изменяя направление, проходит через стенку фильтрующего элемента с отверстиями размером 0,1 мм и отводится из фильтра по топливопроводу *9*. Часть топлива с грубыми механическими примесями и водой направляется под успокоитель *13* в полость отстоя.

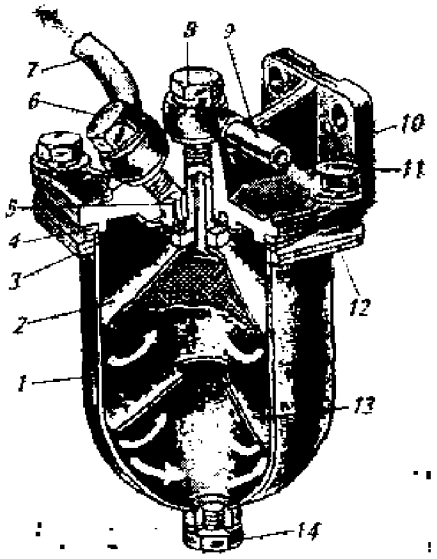


Рис. 2.104. Фильтр грубой очистки топлива: *1* – стакан; *2* – отражатель; *3* – распределитель; *4* – уплотнительное кольцо; *5* – кольцевая полость; *6*, *8* – болты топливопроводов; *7* – подводящий топливопровод; *9* – отводящий топливопровод; *10* – корпус фильтра; *11* – болт; *12* – прижимное кольцо; *13* – успокоитель

На дизелях DDC S40E тракторов «Беларус-3022ДВ» в качестве *фильтра грубой очистки топлива* используется сменный бумажный фильтрующий элемент (БФЭ) *7* (рис. 2.105). Характерной особенностью фильтра является наличие прозрачного колпака *4*, который вместе с БФЭ поджимается к корпусу *8* пластмассовой гайкой *3*.

При установке нового фильтрующего элемента (рис. 2.105, *а*) уровень топлива, видимый через прозрачный колпак, находится в нижней части фильтра. По мере загрязнения БФЭ уровень топлива повышается и, когда он достигает верхней части фильтра (рис. 2.105, *б*), необходимо произвести замену БФЭ, выполнив следующие операции:

– перекрыть запорный кран системы питания дизеля;

– отвинтить вентиляционную крышку *1*;

– открыть сливной клапан *9* и слить топливо ниже сменного фильтрующего элемента;

– закрыть сливной клапан;

– отвинтить крепежную гайку *3*, снять прозрачный колпак *4*, пружину *5* и уплотнение *6*;

– снять старый фильтрующий элемент *7* путем его легкого проворачивания и установить новый БФЭ такого типоразмера, который рекомендован корпорацией *Detroit Diesel*, выполнив операции в последовательности обратной демонтажу БФЭ;

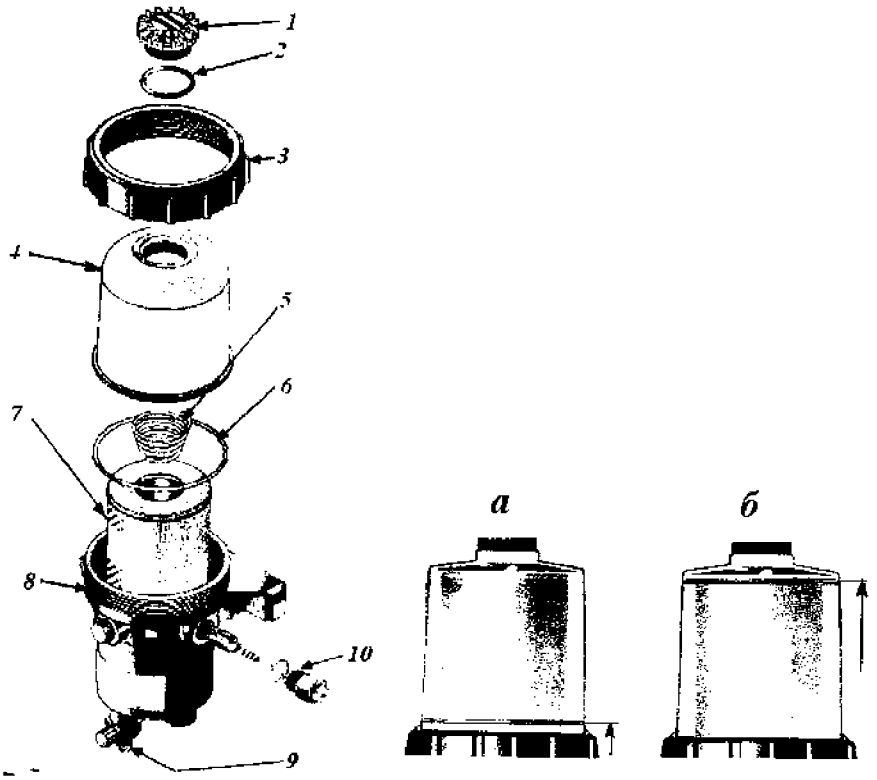


Рис. 2.105. Фильтр грубой очистки топлива дизеля DDC S40E: *1* – вентиляционная крышка; *2* – уплотнительное кольцо; *3* – гайка; *4* – прозрачный колпак; *5* – пружина; *6* – уплотнительное кольцо; *7* – сменный бумажный фильтрующий элемент; *8* – корпус; *9* – клапан слива отстоя; *10* – запорный клапан; *а* – уровень топлива внутри прозрачного колпака для нового фильтрующего элемента (показан стрелкой); *б* – уровень топлива, когда требуется замена фильтрующего элемента

Фильтр *тонкой очистки топлива разборного типа* со сменным бумажным фильтрующим элементом (рис. 2.103) применяется на дизелях Д-243, -245, -260.1 и их модификациях.

Фильтр тонкой очистки топлива состоит из корпуса *1* и сменного бумажного фильтрующего элемента *2*. Топливо, подводимое через отверстие *3*, проходя через шторки бумажного фильтрующего элемента, полностью очищается от механических примесей. В нижней части корпуса фильтра *1* имеется отверстие с пробкой *6* для слива отстоя. Для удаления воздуха из топливной системы на крышке фильтра предусмотрена пробка *4*. Очищенное топливо отводится через отверстие *5* к головке топливного насоса высокого давления (ТНВД).

На дизелях Д-260.1 и их модификациях, а также на дизелях DDC S40E и DEUTZ устанавливаются фильтры тонкой очистки патронного (неразборного) типа (рис. 2.107 и рис. 2.108). В фильтрах такого типа бумажный фильтрующий элемент и его корпус представляют собой неразборную конструкцию (патрон), ввинчиваемую в корпус фильтра от руки и уплотняемую резиновым кольцом. При засорении фильтра вывинчивается весь патрон и заменяется новым.

Топливо очищается, проходя через бумажный фильтрующий элемент *2*, выполненный из прессованных материалов или многослойных синтетических микроволокон.

Топливо может содержать влагу в виде капель воды или эмульсии воды с топливом. Естественно вода не должна попадать в систему впрыска топлива. Образующиеся на фильтрующем элементе капельки воды накапливаются в водосборнике *8*. Наличие воды могут контролировать специальные датчики (тракторы «Беларус» с дизелями DEUTZ).

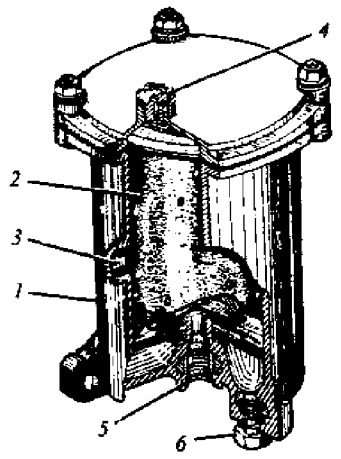


Рис. 2.106. Фильтр тонкой очистки топлива разборного типа: *1* – корпус; *2* – сменный бумажный фильтрующий элемент; *3* – отверстие подвода топлива; *4* – пробка для удаления воздуха из системы; *5* – отвод очищенного топлива; *6* – сливная пробка

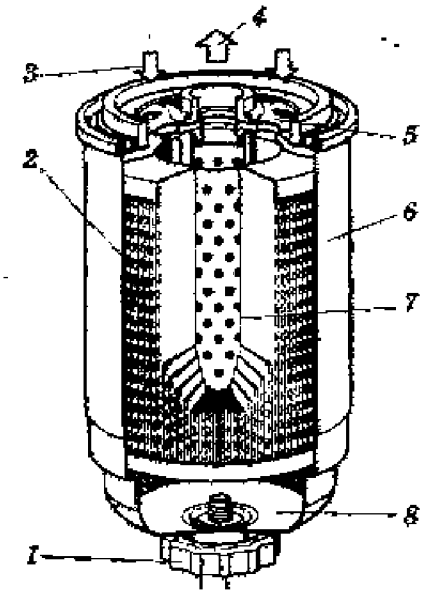


Рис. 2.107. Фильтр тонкой очистки топлива с водосборником:
1 – сливная пробка; *2* – фильтрующий элемент; *3* – подвод топлива; *4* – отвод очищенного топлива; *5* – крышка; *6* – корпус; *7* – распорная трубка; *8* – водосборник

Для предотвращения закупоривания пор БФЭ кристаллами парафина при зимней эксплуатации в фильтрах грубой очистки топлива применяется предварительный подогрев топлива с помощью нагревательных элементов (тракторы «Беларус» с дизелями DDC S40E).

В карбюраторных двигателях (ЗМЗ-53-11, ЗИЛ-508.10) между баком и топливным насосом установлен щелевой пластинчатый фильтр-отстойник, а между топливным насосом и карбюратором – фильтр тонкой очистки топлива, который имеет керамический фильтрующий элемент или элемент в виде стакана из алюминиевого сплава с отверстиями и ребрами, обернутого мелкой латунной сеткой.

В топливной системе дизелей DDC S40E (*Detroit Diesel*) тракторов «Беларус-3022ДВ» установлен фильтр тонкой очистки топлива неразборного (патронного) типа (рис. 2.108). Патрон фильтра *1* с тонкостью фильтрации 6 мкм ввинчивается в резьбовый элемент корпуса фильтра и уплотняется резиновым кольцом. Чтобы заменить фильтр выполните следующие операции:

– с помощью специального ключа вывинтите отработавший свой ресурс фильтр тонкой очистки топлива *1*;

– для замены используйте новый топливный фильтр оригинальной конструкции *Detroit Diesel*;

– смажьте тонким слоем моторного масла уплотнение нового фильтра;

– установите фильтр и завинчивайте его до касания уплотнения корпуса фильтра;

– затяните фильтр рукой на один полный оборот;

– прокачайте топливную систему насосом ручной прокачки *3*, удаляя воздух через пробку *2*;

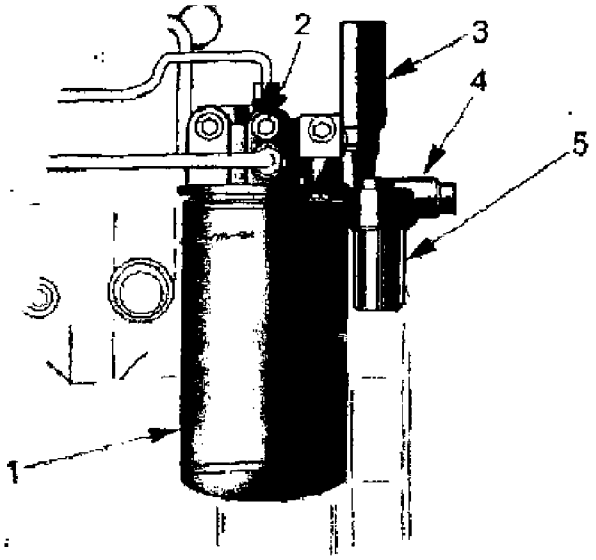


Рис. 2.108. Фильтр тонкой очистки топлива патронного типа (дизели DDC S40E): *1* – фильтр тонкой очистки топлива; *2* – пробка выпуска воздуха; *3* – насос ручной прокачки топлива; *4* – корпус крепления фильтра грубой очистки топлива; *5* – фильтр сетчатый грубой очистки топлива

4.6.7. ТОПЛИВОПОДКАЧИВАЮЩИЙ НАСОС

Топливоподкачивающий насос предназначен для подачи топлива из бака к карбюратору (в бензиновых двигателях) или к топливному насосу высокого давления (в дизелях).

На большинстве автотракторных дизелей применяют топливоподкачивающий насос *поршневого типа*. Его устанавливают на корпусе ТНВД. В центральном отверстии чугунного корпуса *2* (рис. 2.109, *а*) насоса перемещается поршень *1*. Пружина *11* прижимает поршень к торцу стержня *6*, противоположный торец которого упирается в толкатель *5*. На толкатель действует также пружина *3*. В корпус установлены впускной и выпускной *4* клапаны, прижатые к гнездам пружинами *13*. К насосу топливо подводится от фильтра-отстойника, а от насоса поступает к фильтру тонкой очистки и далее к ТНВД.

При вращении кулачкового вала ТНВД эксцентрик, набегая на толкатель *5* (рис. 2.109, *б*), перемещает стержень *6* и поршень *1* вверх. В полости *А* над поршнем давление повышается, а в полости *Б* создается разрежение.

Вследствие этого, выпускной клапан *10* закрывается, а перепускной *4* открывается и топливо из полости *А* поступает в полость *Б*.

При сходе эксцентрика с толкателя (рис. 2.109, *в*) поршень под действием пружины *11* перемещается в обратном направлении и над поршнем в полости *А* создается разрежение, а под поршнем в полости *Б* давление увеличивается. Впускной клапан *10* открывается, и топливо засасывается в полость *А*. Одновременно топливо, находящееся в полости *Б* по топливопроводу нагнетается к фильтру тонкой очистки и далее к топливному насосу.

Если по каким-либо причинам (например, вследствие загрязнения фильтра, топливопровода и т. д.) гидравлическое сопротивление за топливоподкачивающим насосом превысит давление (0,15–0,17 МПа), создаваемое пружиной *11*, перемещение поршня прекратится и подачи топлива не будет.

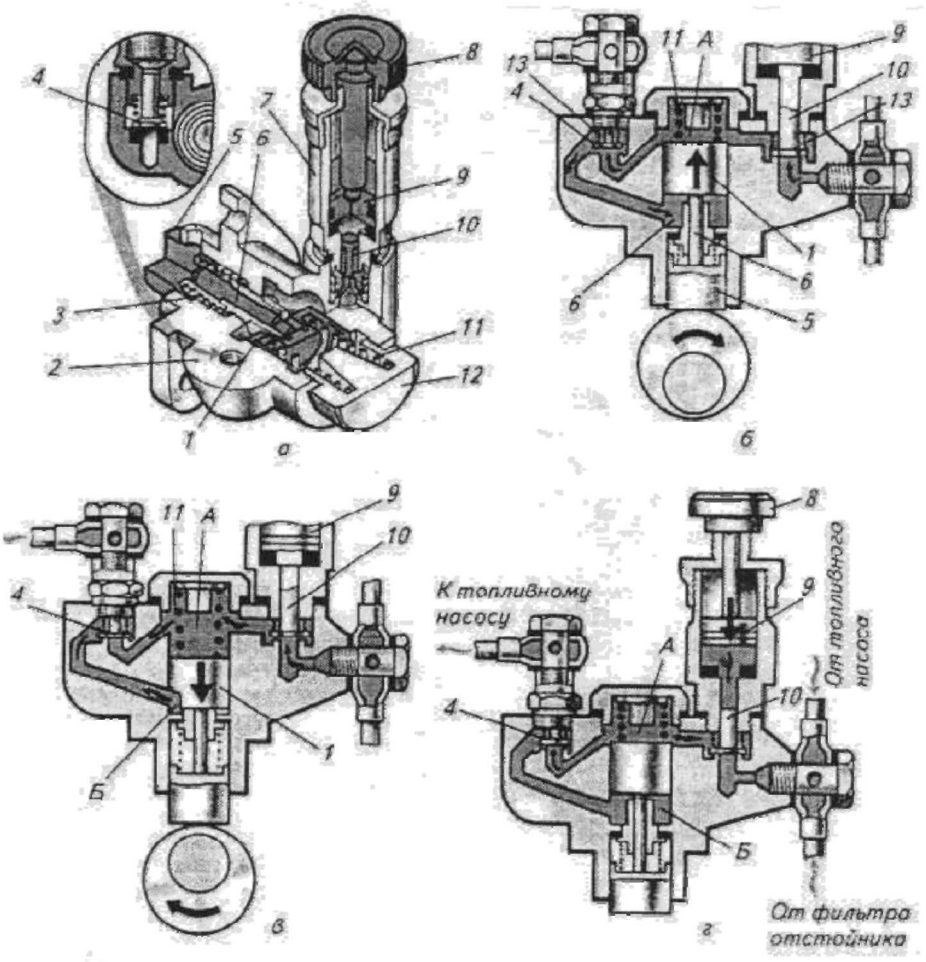


Рис. 2.109. Поршневой топливоподкачивающий и ручной прокачивающий насосы: *а* – устройство подкачивающего насоса; *б*, *в* – схемы действия подкачивающего при подготовительном и рабочем ходах поршня; *г* – схема действия ручного прокачивающего насоса; *1* – поршень; *2* – корпус; *3*, *11*, *13* – пружины; *4* – перепускной клапан; *5* – толкатель; *6* – стержень толкателя; *7* – цилиндр; *8* – рукоятка насоса; *9* – поршень с резиновым уплотнением; *10* – впускной клапан; *12* – пробка; *А*, *Б* – полости

Ручной прокачивающий насос установлен на корпусе топливоподкачивающего насоса и служит для удаления воздуха в результате заполнения топливом фильтра тонкой очистки, топливопроводов низкого давления, ТНВД. Насос работает следующим образом. При перемещении рукояткой *8* (рис. 2.109, *г*) поршня *9* вверх в цилиндре под поршнем создается разрежение. В результате этого открывается впускной клапан *10* и топливо засасывается в пространство под поршнем. При ходе поршня вниз давление в пространстве под поршнем возрастает, впускной клапан закрывается, а перепускной *4* открывается и топливо из цилиндра по каналам в корпусе насоса нагнетается в фильтр.

После прокачивания топлива рукоятка *8* должна быть навернута на хвостовик крышки до плотного перекрытия поршнем отверстия в днище цилиндра.

Топливоподкачивающий насос *диафрагменного типа* (рис. 2.110, *а*) устанавливают на большинство бензиновых двигателей. При вращении распределительного вала его эксцентрик *25* (рис. 2.110, *в*) через штангу *24* поднимает коромысло *2*. При этом толкатель *7* и диафрагма *11* опускаются. Над диафрагмой создается разрежение, вследствие чего впускные клапаны *22* открываются (рис. 2.110, *б*) и топливо из бака по топливопроводу поступает через фильтр грубой очистки и отверстие *17* в камеру над диафрагмой.

Когда эксцентрик «выйдет» из-под штанги (рис. 2.110, *в*), толкатель *7* под действием пружины *8* займет исходное положение. Диафрагма *11* прогнется вверх, и топливо через открывшийся клапан *19* вытеснится в пространство над клапаном, откуда через отверстие *13* по топливопроводу поступит к карбюратору. При этом выпускные клапаны *22* закрыты вследствие повышенного давления в камере над диафрагмой.

Упругость пружины *8* должна быть такой, чтобы при заполненной до нормального уровня поплавковой камере карбюратора давление подаваемого топлива не могло открыть его запорной иглы. В этом случае топливо в поплавковую камеру не подается и диафрагма с толкателем находится в нижнем положении, а коромысло *2* (рис. 2.110, *г*) качается вхолостую до тех пор, пока не откроется запорная игла карбюратора.

Для наполнения поплавковой камеры карбюратора при неработающем двигателе используют рычаг *4* подкачки топлива вручную.

Смесеобразование в дизелях. Рабочая смесь образуется внутри камеры сгорания дизеля за очень короткий промежуток времени. Топливо в нее впрыскивают через форсунку под давлением, в несколько раз превышающем

давление воздуха в конце такта сжатия. При этом скорость истечения топлива достигает 150–400 м/с, вследствие чего его капли дробятся на мелкие частицы диаметром 0,002–0,003 мм, образующие струю топлива. Размеры распыленных частиц и форма струй в основном зависит от формы и размеров сопел, давления впрыскивания, вязкости топлива и давления воздуха в цилиндре.

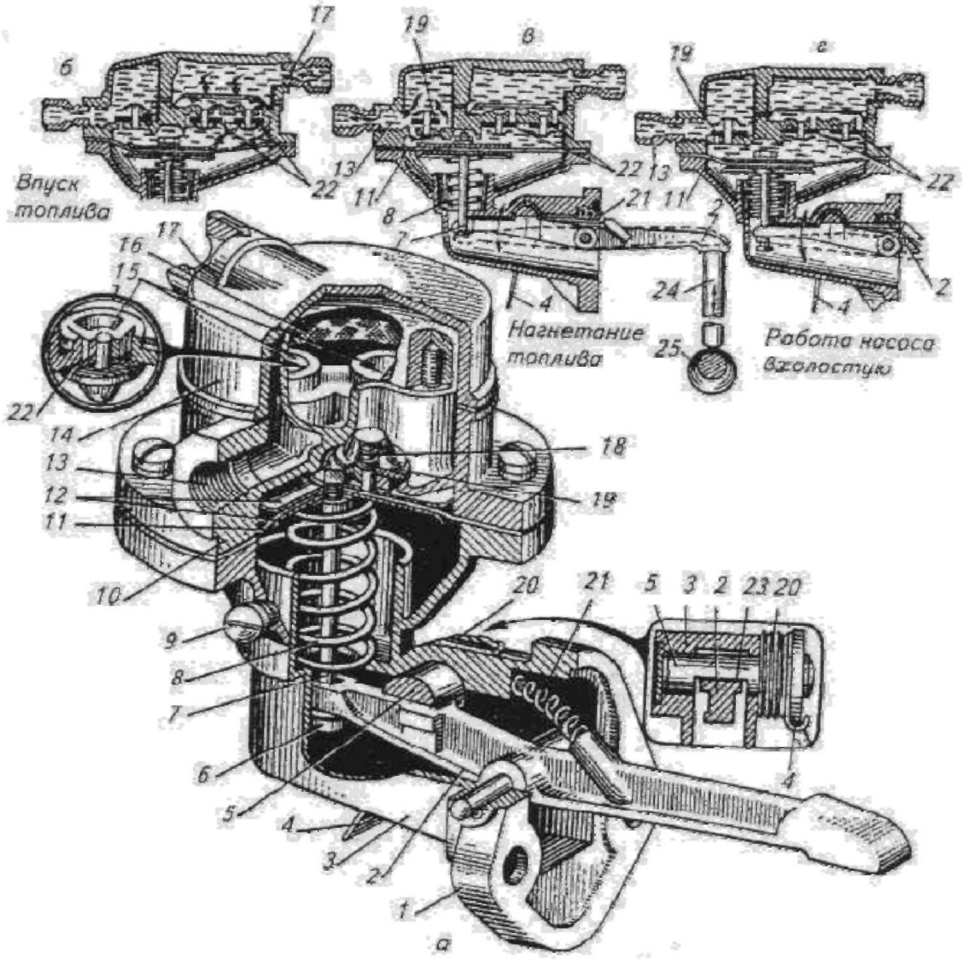


Рис. 2.110. Топливный насос диафрагменного типа автомобильного двигателя ЗИЛ-508.10: *а* – устройство; *б*, *в*, *г* – схемы работы; *1* – фланец крепления насоса к блок-картеру; *2* – коромысло привода насоса; *3* – корпус насоса; *4* – рычаг ручной подкачки; *5* – валик; *6* – упорная шайба; *7* – толкатель; *8* – пружина толкателя; *9* – пробка; *10* – головка насоса; *11* – диафрагма; *12* – стальные шайбы; *13*, *17* – выпускное отверстие; *14* – крышка насоса; *15* – гнезда для впускных клапанов; *16* – фильтр; *18* – пружина клапана; *19* – нагнетательный клапан; *20* – возвратная пружина рычага ручной подкачки; *21* – возвратная пружина коромысла; *22* – впускной клапан; *23* – канавка на валике; *24* – штанга; *25* – эксцентрик распределительного вала

Чтобы получить рабочую смесь, способную быстро и полностью сгорать, вокруг каждой мелкой частицы топлива должно быть необходимое количество кислорода. Добиться такого равномерного распределения распыленного топлива в воздухе, находящемся в камере сгорания, трудно. Поэтому в цилиндр дизеля вводят воздуха больше, чем это необходимо теоретически.

Отношение действительного количества воздуха $L_д$, подаваемого в цилиндры, к теоретически необходимому $L_т$ для полного сгорания заданного часового расхода топлива при заданной частоте вращения коленчатого вала называют *коэффициентом избытка воздуха:*

$$\alpha = L_д / L_т. \quad (8)$$

В современных автотракторных дизелях при номинальном режиме работы α составляет 1,35–1,65.

Качество смесеобразования зависит от следующих основных факторов: формы камеры сгорания; интенсивности воздушных потоков (вихрей) в камере сгорания, способствующих перемешиванию топлива с воздухом перед самовоспламенением и затем наиболее полному его сгоранию; тонкости и однородности распыливания топлива.

Выполнение первых двух условий или, по крайней мере, одного из них обеспечивается применением камер сгорания специальных конструкций.

Тонкость и однородность распыливания топлива достигают двумя способами: увеличением давления впрыскивания; уменьшением диаметра сопловых отверстий форсунки. Чем меньше вязкость топлива, тем тоньше и однороднее распыливается топливо.

По способу приготовления рабочей смеси различают объемное, пленочное и объемно-пленочное смесеобразования. Объемный способ смесеобразования основан на впрыскивании струй непосредственно в сжатый воздух, находящийся в камере сгорания. При пленочном способе смесеобразования большая часть впрыскиваемого топлива подается на стенки горячей камеры сгорания, образуя на них тонкую пленку. Поэтому топливо быстро испаряется и его основная часть в парообразном состоянии перемешивается с воздухом.

Объемно-пленочный способ смесеобразования сочетает первый и второй способы, т. е. в объеме воздуха распыливается небольшая часть топлива, а основная же его часть попадает на горячие стенки камеры и распределяется на них в виде пленки толщиной не более 0,015 мм. Вначале воспламеняется топливо, распыленное в сжатом воздухе, а затем топливная пленка испаряется и вихревыми потоками воздушного заряда подается в зону горения.

Конструкция камеры сгорания должна обеспечить реализацию одного из этих способов. Камеры сгорания дизелей делят на два типа: *разделенные* (рис. 2.36) и *неразделенные* (рис. 2.37).

В дизелях применяют объемно-пленочное смесеобразование в неразделенных камерах сгорания, представляющих собой полости, ограниченные

днищем поршня и поверхностями головки и стенок цилиндров. В эту полость через форсунку впрыскивается несколько струй топлива, которые смешиваются с воздухом и сгорают. Форма неразделенной камеры сгорания обеспечивает создание интенсивного вихревого движения воздуха и топливных струй.

Чтобы дизель обладал наилучшими мощностью и экономичностью, топливо нужно впрыскивать в цилиндр до прихода поршня в ВМТ. Угол, на который кривошип коленчатого вала дизеля не доходит до ВМТ в момент начала впрыскивания топлива, называют *углом опережения впрыскивания топлива*. Для основного режима работы дизеля характерен определенный угол опережения впрыскивания.

При нормальном сгорании топлива увеличение давления на градус поворота коленчатого вала не должно превышать 0,4–1,0 МПа. Если оно несколько выше, то работу дизеля условно называют жесткой.

Если топливо впрыснуто рано, то дизель работает жестко. При позднем впрыскивании значительная часть его сгорает в процессе расширения газов. Тогда потери теплоты в охлаждающую систему и с отработавшими газами увеличиваются, а, мощность и экономичность дизеля уменьшаются.

Мощность автотракторных двигателей можно повысить за счет применения газотурбинного наддува (см. разделы 1.7 и 4.6.3). Увеличение количества воздуха, нагнетаемого турбокомпрессором в цилиндры, позволяет подавать также большее количество топлива. Пропорционально этому возрастает мощность двигателя. Так как применение турбонаддува увеличивает тепловые и механические нагрузки, в первую очередь на детали кривошипно-шатунного механизма, то без конструктивных изменений дизеля возможно только применение низкого наддува с давлением на впуске в цилиндр 0,13–0,14 МПа. При этом подача топлива увеличивается на 25–30 %, что вместе с увеличением мощности обеспечивает процесс сгорания с несколько большим коэффициентом избытка воздуха α равным 1,7–1,9. Максимальное давление сгорания возрастает с 7,5–8 до 10–11 МПа.

4.6.8. Топливные насосы высокого давления (ТНВД)

Топливные насосы высокого давления служат для подачи точно отмеренных порций топлива, соответствующих нагрузке, в определенный момент времени и под высоким давлением через топливопроводы и форсунки в камеры сгорания. На многих дизелях устанавливают унифицированные ТНВД

с отдельной топливной секцией для каждого цилиндра. Секции располагают в один ряд (дизели Д-243, Д-245, Д-260, Д-262) или V-образно (в двигателе КамАЗ-740). Различают топливные насосы рядные типа ТН и распределительные типа НД.

Все марки ТНВД имеют определенное буквенно-цифровое обозначение. Например, «4УТНМ-Т» означает «четырехплунжерный универсальный рядный топливный насос модернизированный, для дизелей с турбонаддувом»; «НД-21/2-4» – насос дизельный распределительного типа, односекционный (*21*), для двух – четырех цилиндров; «НД-22/6» – насос дизельный распределительного типа, двухсекционный (*22*) для шести цилиндров.

Индексация ТНВД может быть разной для различных заводов-изготовителей. Например, рядные ТНВД Ярославского завода дизельной топливной аппаратуры для 4-х цилиндровых дизелей имеют обозначение 773 или 772 и 363 – для дизелей Д-260.1 и их модификаций.

4.6.8.1. Рядные ТНВД

Рассмотрим работу секции многоплунжерного рядного ТНВД с механическим приводом плунжера и дозированием отсечкой (рис. 2.111 и рис. 2.112). Насосная секция рядного ТНВД (4УТНМ, 4УТНМ-Т, 772 и 773 – для дизелей Д-242, Д-243, Д-244 и Д-245), а также рядного ТНВД (363 или PPM610P1f – для дизелей Д-260.1 и их модификаций) представляет собой насос поршневого (плунжерного) типа. Циклы наполнения и нагнетания топлива происходят при возвратно-поступательном движении плунжера *1* во втулке (гильзе) *2* (рис. 2.111).

Кулачковый вал ТНВД приводится во вращение шестернями привода, входящими в зацепление с зубчатым колесом, установленным на коленчатом валу дизеля. При этом выступающая часть кулачка *15*, набегая на ролик *11*, который катится по поверхности кулачка, перемещает вверх толкатель *10*. Вместе с толкателем поднимается плунжер *1*, прижатый пружиной *6* к торцу регулировочного болта *9* толкателя. Перемещение вниз плунжер *1* совершает под действием пружины *6*.

В гильзе *2* сделаны два радиальных отверстия: наполнительное *4* (впускное) и отсечное *3* (перепускное). Наполнительное отверстие расположено несколько выше отсечного. Гильзы насосных секций установлены в корпусе, в верхней части которого имеются продольные каналы, заполненные топливом, поступающим из фильтра тонкой очистки. Эти каналы соединены

с радиальными отверстиями гильз. Сверху над гильзой установлено седло *14*, в которое входит нагнетательный клапан *13*. Седло прижимается к гильзе штуцером *18*, ввернутым в корпус, а нагнетательный клапан – пружиной *17*, вставленной в штуцер.

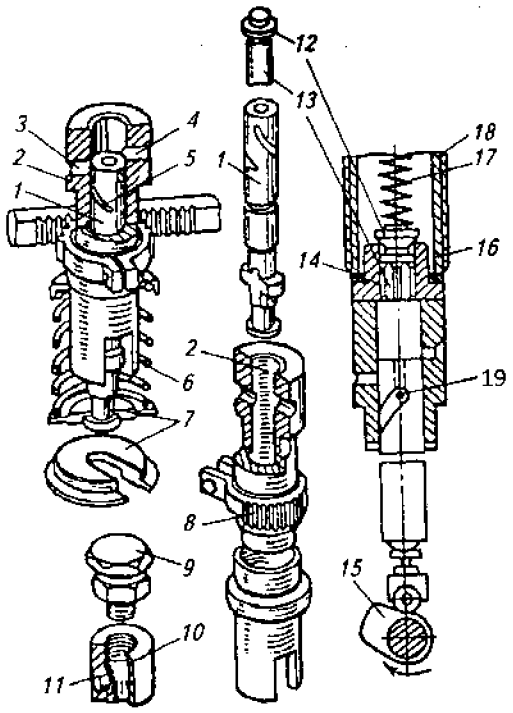


Рис. 2.111. Насосная секция рядного ТНВД: *1* – плунжер; *2* – гильза; *3*, *4* – соответственно перепускное и впускное отверстие; *5* – отсечная кромка; *6, 17* – пружины; *7* – опорная тарелка; *8* – зубчатый венец; *9* – регулировочный болт; *10* – толкатель; *11* – ролик; *12* – запирающий конус; *13* – нагнетательный клапан; *14* – седло нагнетательного клапана; *15* – кулачок; *16* – разгрузочный поясок; *18* – штуцер; *19* – отверстие

В верхней части плунжера *1* выполнены соединенные между собой и с надплунжерной полостью боковой осевой канал и отсечная кромка *5* (по винтовой линии). В средней части плунжера имеется кольцевая выточка, обеспечивающая равномерное распределение по поверхности гильзы топлива, используемого еще и как смазка. Нижняя часть плунжера входит в пазы поворотной втулки с зубчатым венцом *8*, соединенной с рейкой насоса. При воздействии на зубчатый венец плунжер *1* может поворачиваться относительно втулки *2*.

Секция насоса работает следующим образом. Топливо от топливоподкачивающего насоса, очищенное в фильтре тонкой очистки, подается во втулку из продольного канала через окно *4* (рис. 2.112, *б*), когда плунжер находится в нижнем положении, и заполняет надплунжерную полость. При движении плунжера вверх (рис. 2.111*)* под воздействием кулачка *15* впускное

окно *4* перекрывается и топливо под большим давлением (так как жидкость практически не сжимается) открывает нагнетательный клапан *13* и поступает к форсункам. Подача топлива будет происходить при перемещении плунжера до момента соединения отсечной кромки *20* (рис. 2.112, *в*) с выпускным отверстием *3*. Поскольку перепускное отверстие связано с каналом подачи топлива от топливоподкачивающего насоса, в котором давление топлива 0,12–0,15 МПа, то топливо из надплунжерной плоскости, находящееся под давлением более 20 МПа, устремится через центральное отверстие, диаметральный канал и винтовую канавку в перепускное отверстие. Давление в топливопроводе высокого давления резко падает, и под действием пружин закрываются нагнетательный клапан и форсунка. Обратный клапан *13* разъединяет надплунжерное пространство втулки и топливопровод высокого давления. При движении плунжера вниз (рис. 2.112, *г*) происходит наполнение надплунжерной полости через впускное окно *4*.

При опускании обратного клапана *13* вначале в седло входит цилиндрический поясок *16*, называемый разгрузочным. Поясок, опускаясь в седло, как поршенек в цилиндр, отсасывает часть топлива из топливопровода высокого давления, в результате чего давление в нем резко снижается (приблизительно до 2,0–2,5 МПа) и форсунка быстро прекращает впрыскивание топлива – происходит отсечка топлива.

Расстояние, проходимое плунжером от положения полного закрытия впускного окна *4* до положения начала открытия отсечной кромки выпускного отверстия *3*, называют *геометрическим активным ходом плунжера*, а вытесненный при этом объем топлива – *геометрической цикловой подачей*.

Так как отсечная кромка выполнена по винтовой линии, то в зависимости от поворота плунжера относительно втулки отсечная кромка может открывать выпускное отверстие разными своими участками по длине. Таким образом, при постоянном полном ходе плунжера его рабочий ход может быть различным и соответственно разной будет цикловая подача топлива, а, следовательно, и крутящий момент дизеля.

Втулку *2*, плунжер *1*, нагнетательный клапан *13* и его седло *14* изготовляют из высококачественной легированной стали и термически обрабатывают. Чтобы обеспечить необходимую герметичность в парах «втулка – плунжер» и «нагнетательный клапан – седло» при больших давлениях (30 МПа и более), трущиеся поверхности этих деталей тщательно полируют и притирают одну к другой. *Раскомплектовывание* плунжерных пар не допускается.

Каждая секция рядных ТНВД соединена топливопроводом высокого давления с одной форсункой.

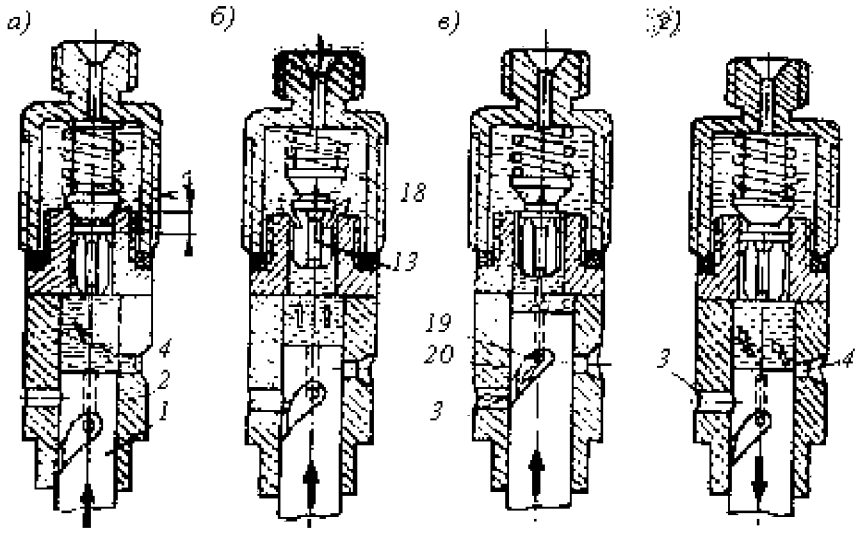


Рис. 2.112. Схема работы секции ТНВД: *а* – вытеснение топлива в канал низкого давления; *б* – открытие клапана *13* и заполнение объема штуцера *18*; *в* – нарастание давления и открытие форсунки (впрыск); *г* – заполнение надплунжерного пространства через впускное окно *4; 1–4*, *13*, *18* – см. рис. 2.111; 19 – отверстие; *20* – отсечная кромка; $h_{ко}$ – высота разгрузочного пояска для исключения подвпрыска

Четырехсекционный рядный ТНВД 4УТНИ (рис. 2.113) установлен на дизелях Д-242, Д-243 и Д-244. На дизелях Д-245, Д-245.5 установлен ТНВД 4УТНИ-Т с пневматическим ограничителем дымления (противодымный корректор).

На дизелях Д-245 S2, Д-245.5 S2 устанавливается рядный ТНВД модели 772 или 773 (ЯЗДА), или рядный ТНВД «Моторпал» PP4M10P1f (Чехия) (рис. 2.115).

Шестисекционный рядный ТНВД мод. 363-40 (ЯЗДА) или ТНВД «Моторпал» PP4M10P1f устанавливаются на дизелях Д-260.1, Д-260.2, Д-260.4 (рис. 2.116).

Изображенный на рис. 2.113 ТНВД 4УТНИ имеет два рычага управления *7* (нижний) с упором максимальной и минимальной частоты вращения и рычаг останова и аварийного останова *6* для полного отключения подачи топлива в крайнем правом положении.

В двухрычажных топливных насосах применен новый привод. Вместо шлицевой втулки *24* (рис. 2.117) с установочным фланцем *25* установлен фланец *1* (рис. 2.113) с тремя неравномерно расположенными шпильками *9*. Изменена конструкция шестерни привода топливного насоса. Конструкция привода двухрычажного топливного насоса рассмотрена ниже (рис. 2.114).

Привод двухрычажного топливного насоса имеет более простую конструкцию и осуществляется от шестерни коленчатого вала дизеля через шестерню привода *5*, три шпильки *6* с гайками *3*, входящие в пазы шестерни и фланец *8*, посаженный на кулачковом валу топливного насоса с помощью конуса и шпонки и зафиксированный специальной гайкой *7*. Регулировка установочного угла опережения впрыска осуществляется путем поворота фланца со шпильками в пазах шестерни привода и последующей затяжки гаек *3* с шайбами *4*.

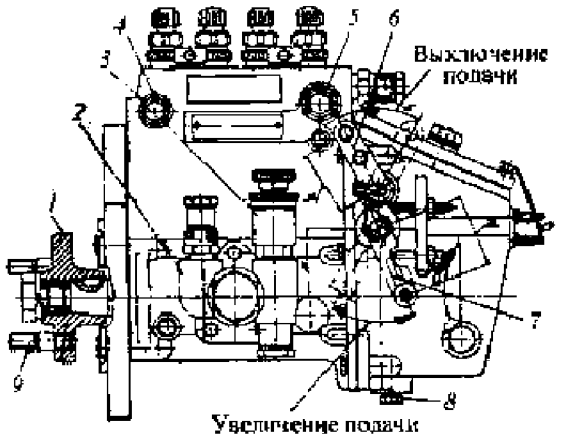


Рис. 2.113. Рядный ТНВД 4УТНИ с двумя рычагами управления: *1* – фланец со шпильками; *2* – топливоподкачивающий насос; *3* – насос ручной прокачки; *4* – пробка для удаления воздуха; *5* – предохранительный клапан; *6* – рычаг останова и аварийного останова; *7* – рычаг управления; *8* – сливная пробка; *9* – шпилька

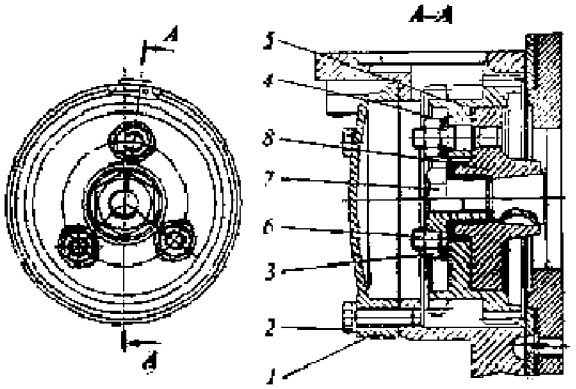


Рис. 2.114. Привод двухрычажного топливного насоса 4УТНИ:
1 – крышка; *2* – болт; *3* – гайка; *4* – шайба; *5* – шестерня привода топливного насоса; *6* – шпилька; *7* – гайка специальная; *8* – фланец

Рядный ТНВД «Моторпал» (Чехия) (рис. 2.115) устанавливается на сертифицированные дизели Д-242, Д-243, Д-244, Д-245 с индексом S (TIER-1). Дизели с индексом S2 (Д-245.5, Д-245) комплектуются рядными ТНВД модели 773 (рис. 2.116).

Рядный ТНВД модели 773-08 устанавливается на дизеле с турбонаддувом (Д-245.5, Д-245, Д-245.43), сертифицированные по ступени TIER-2 европейских экологических норм по выбросу вредных веществ. ТНВД имеет два рычага управления *22*, *29*, новый приводной механизм с полумуфтой *7*, позволяющей упростить регулировку установочного угла опережения впрыска. В корпусе всережимного регулятора *24* смонтирован корректор по наддуву *30*.

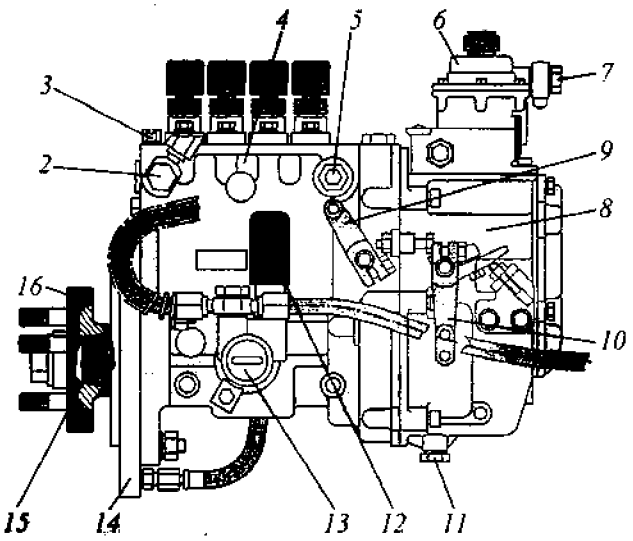


Рис. 2.115. Рядный ТНВД «Моторпал» PP4M10P1f: *1* – корпус; *2* – подвод топлива к насосу; *3* – пробка выпуска воздуха; *4* – головка топливного насоса; *5* – отвод топлива от насоса; *6* – пневмокорректор; *7* – подвод воздуха к пневмокорректору; *8* – всережимный центробежный регулятор; *9* – рычаг останова дизеля; *10* – рычаг управления; *11* – сливная пробка; *12* – насос ручной прокачки топлива; *13* – топливоподкачивающий насос; *14* – переходная плита; *15* – кулачковый вал топливного насоса; *16* – фланец со шпильками

Конструкция рядного ТНВД 4УТНИ для безнаддувных дизелей Д-242, Д-243, Д-244 изображена на рис. 2.117. Для удобства изучения конструкции ТНВД показан с частичными разрезами и с условным показом одной секции насоса. В корпусе *27* насоса расположены четыре насосные секции, механизм привода плунжеров и механизм регулирования количества топлива. Корпус и крышка насоса отлиты совместно из алюминиевого сплава. Внутри корпус разделен на две полости горизонтальной перегородкой, в отверстия которой установлены толкатели *9*. В верхней части корпуса выполнены четыре вертикальные расточки для установки секций топливного насоса. Горизонтальные сверления образуют П-образный топливный канал *2*, соединенный топливопроводами с подкачивающим насосом. Перепускной клапан *4*, установленный в штуцере перепуска топлива к подкачивающему насосу, поддерживает в П-образном канале *2* давление около 0,1 МПа.

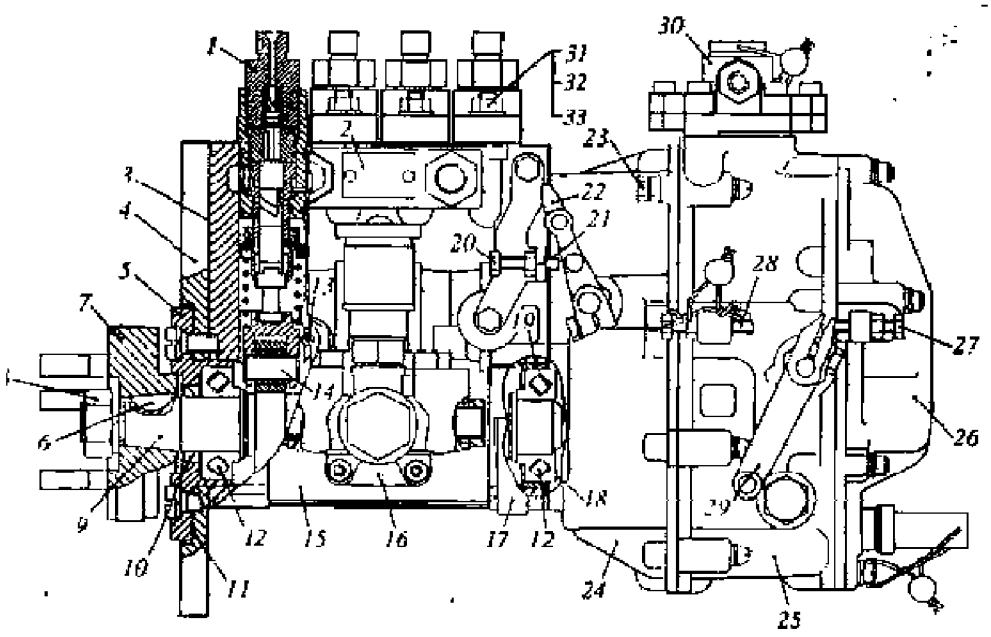


Рис. 2.116. Рядный ТНВД модели 773-08: *1* – секция топливного насоса; *2* – табличка; *3* – прокладка фланца; *4* – фланец; *5* – крышка подшипника; *6* – шпонка; *7* – полумуфта привода; *8* – гайка крепления полумуфты; *9* – кулачковый вал; *10* – манжета крышки подшипника; *11* – прокладка крышки подшипника; *12* – подшипник; *13* – направляющий штифт толкателя; *14* – толкатель; *15* – корпус топливного насоса; *16* – топливоподкачивающий насос; *17* – шпилька кронштейна поддержки ТНВД; *18* – регулировочные прокладки; *19* – кольцо подшипника; *20*, *23* – болты; *21* – кронштейн; *22* – рычаг останова; *24* – корпус регулятора; *25* – крышка регулятора; *26* – крышка смотрового люка; *27* – болт регулировки минимальной частоты вращения; *28* – болт регулировки максимальной частоты вращения; *29* – рычаг управления; *30* – корректор по наддуву; *31* – шпилька; *32* – гайка; *33* – шайба

В нижней половине корпуса насоса на двух шарикоподшипниках размещен кулачковый вал *23* (общий для всех секций насоса). На кулачковом валу расположено четыре кулачка, развернутых один относительно другого под углом 90°. Между вторым и третьим кулачками вала расположен эксцентрик *22* привода топливоподкачивающего насоса.

Кулачковый вал *23* приводится в действие зубчатым колесом *30* (рис. 2.117, *б*) привода с помощью шлицевой втулки *24*, посаженной на вал посредством шпонки. Зубчатое колесо *30* свободно посажено на ступицу установочного фланца. Шайба *29* установлена относительно втулки в определенном положении благодаря пропущенному («слепому») шлицу. Это положение обеспечивает снятие и установку топливного насоса без нарушения установленного момента начала подачи топлива.

Современные тракторные дизели оснащены ТНВД, привод которых осуществляется через шестерню привода *5* (рис. 2.114) и фланец *8* с тремя неравномерно расположенными шпильками *6*, которые входят в пазы шестерни и крепятся гайками *3* и шайбами *4*.

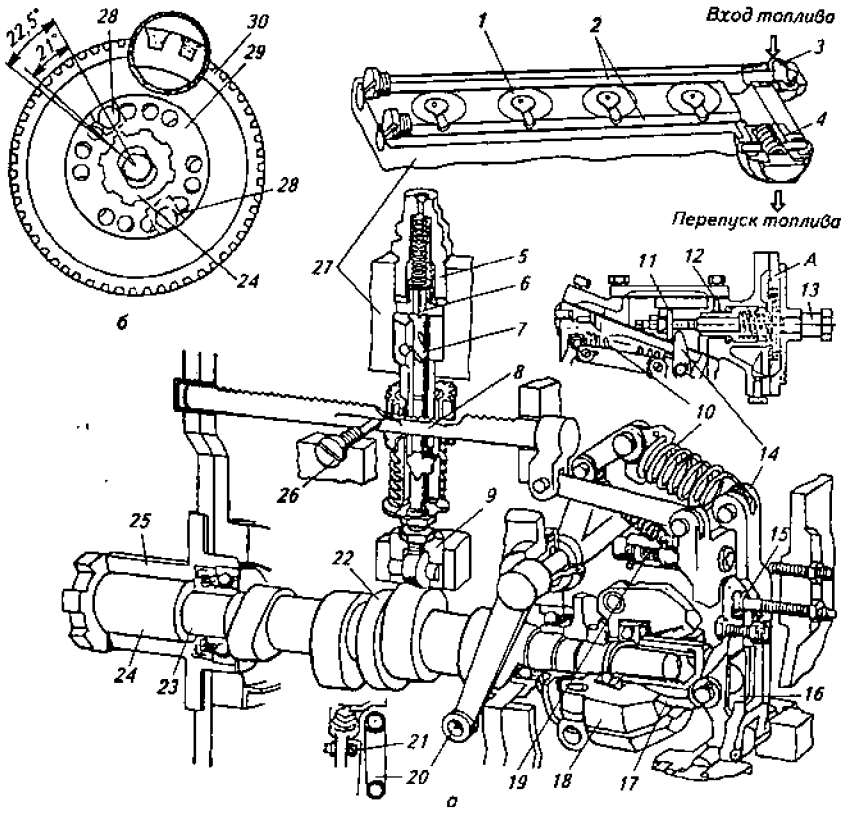


Рис. 2.117. Рядный однорычажный ТНВД 4УТНИ: *а* – устройство: *1* – втулка плунжерной пары; *2* – П-образный канал; *3* – топливоподводящий штуцер; *4* и *6* – перепускной и нагнетательный клапаны; *5* – штуцер; *7* – плунжер; *8* – рейка; *9* – толкатель; *10* – пружина; *11* – подвижной упор; *12* – корректор; *13* – штуцер воздухопровода к корректору; *14* и *16* – основной и промежуточный рычаги регулятора; *17* – муфта; *18* – груз; *19* – корректор подачи топлива; *20* – рычаг управления; *21* – винт максимальной частоты вращения; *22* – эксцентрик; *23* – кулачковый вал; *24* – шлицевая втулка; *25* – установочный фланец; *26* – стопорный винт; *27* – корпус; *А* – пневмокамера противодымного корректора; *б* – привод насоса; *28* – болт; *29* – шлицевая шайба; *30* – зубчатое колесо

Изменение установочного угла опережения впрыска топлива легко осуществляется поворотом фланца *8* вместе со шпильками *6* и валиком насоса при отвинченных гайках относительно шестерни привода трех пазов, имеющихся в шестерне. Правильность установки снятого ТНВД обеспечивается за счет неравномерно расположенных по окружности шпилек и сопрягаемых с ними пазов в шестерне привода.

В однорычажном ТНВД, имеющем рычаг управления *20* (рис. 2.117), но не имеющем рычага аварийного останова, момент начала подачи топлива насосными секциями изменяют, поворачивая шлицевую шайбу *29* (рис. 2.117) относительно шестерни насоса. Для этого в шайбе просверливают ряд отверстий на одном радиусе через 21°, что соответствует установочному углу опережения впрыска 22°± 1 до ВМТ для дизеля Д-245. На переднем торце ступицы шестерни выполнены резьбовые отверстия через 22,5°. При таком исполнении можно совместить только два противоположных отверстия.

При повороте шлицевой шайбы *29* по ходу часовой стрелки до совмещения следующей пары отверстий момент подачи топлива к форсунке происходит на 3° раньше. Если повернуть шайбу против хода часовой стрелки, то угол начала подачи топлива соответственно уменьшится.

Момент начала подачи топлива каждой секции изменяют регулировочным болтом толкателя *9*.

Масло для смазывания деталей топливного насоса подается под давлением из общей смазочной системы двигателя.

Топливный насос дизеля КамАЗ двухрядный V-образный, по четыре секции в каждом ряду. Кулачковый вал такого насоса вращается в конических роликовых подшипниках, установленных в прикрепленных к корпусу насоса крышках. Осевой зазор в конических подшипниках устанавливают с помощью регулировочных прокладок.

На современных дизелях Д-260.1 S2, Д-260.2 S2 устанавливаются шестисекционные рядные ТНВД, 363-40 (ЯЗДА) (рис. 2.118).

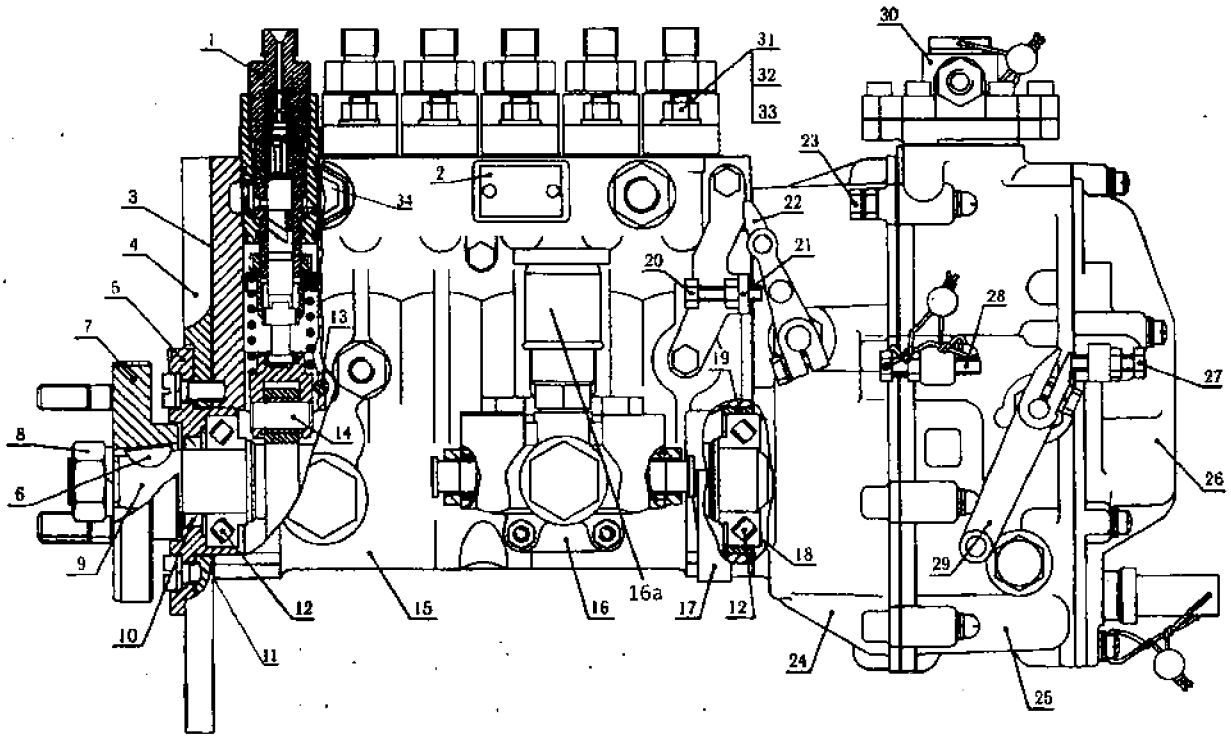


Рис. 2.118. Рядный ТНВД 363-40 дизелей Д.260.1 S2, Д-260.2 S2: *1* – секция топливного насоса; *2* – табличка; *3* – прокладка фланца; *4* – фланец; *5* – крышка подшипника; *6* – шпонка; *7* – полумуфта (фланец) привода; *8* – гайка крепления полумуфты; *9* – кулачковый вал; *10* – манжета крышки подшипника; *11* – прокладка крышки подшипника; *12* – подшипник; *13* – направляющий штифт толкателя; *14* – толкатель; *15* – корпус топливного насоса; *16* – топливоподкачивающий насос; *16а* – насос ручной прокачки; *17* – шпилька кронштейна поддержки ТНВД; *18* – регулировочные прокладки; *19* – кольцо подшипника; *20* – болт; *21* – кронштейн; *22* – рычаг останова; *23* – болт; *24* – корпус регулятора; *25* – крышка регулятора; *26* – крышка смотрового люка; *27* – болт регулировки минимальной частоты вращения; *28* – болт регулировки максимальной частоты вращения; *29* – рычаг управления; *30* – корректор по наддуву; *31* – шпилька; *32* – гайка; *33* – шайба; *34* – перепускной клапан

ТНВД имеет шесть секций и предназначен для подачи в цилиндры дизеля в определенные моменты времени строго дозированных порций топлива под высоким давлением.

ТНВД имеет два рычага:

– рычаг управления *29* с упорами максимальной и минимальной частоты вращения холостого хода, который не отключает подачу топлива;

– рычаг останова *22*, отключающий подачу топлива при повороте его по часовой стрелке до упора.

В одном агрегате с ТНВД объединены топливоподкачивающий насос *16* поршневого типа и регулятор частоты вращения с корректором по наддуву *30*.

Топливоподкачивающий насос *16* (рис. 2.118), прикрепленный к корпусу ТНВД *15*, предназначен для подачи топлива из топливного бака к ТНВД и приводится в действие эксцентриком кулачкового вала *9*.

Для удаления воздуха из системы питания на топливоподкачивающем насосе установлен насос ручной прокачки *16а* поршневого типа.

Для обеспечения надежного запуска дизеля в регуляторе *34* предусмотрено пусковое устройство, обеспечивающее увеличенную подачу топлива при пуске дизеля.

В головке ТНВД установлен перепускной клапан *34*, который служит для создания необходимого давления (0,12–0,19 МПа) в каналах низкого давления ТНВД. Избыточное топливо, подаваемое топливоподкачивающим насосом, через перепускной клапан поступает по дренажному топливопроводу к топливному баку. При неработающем дизеле перепускной клапан обеспечивает герметичность полости низкого давления ТНВД, что является необходимым условием для надежного пуска дизеля.

4.6.8.2. ТНВД РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТИПА

ТНВД, каждая секция которого предназначена для поочередного нагнетания топлива в несколько цилиндров дизеля, называют *распределительным*. Насосы такого типа устанавливают на дизели Д-120 и их модификации. На дизеле СМД-66 применен топливный насос НД-22/6Б4 – двухплунжерный, распределительный, с изменяемым окончанием подачи топлива, снабженный всережимным механическим регулятором прямого действия, поршневым подкачивающим насосом и насосом ручной прокачки топлива (рис. 2.119).

Топливный насос состоит из двух секций высокого давления *11*, расположенных в вертикальных расточках корпуса *9*. Там же находятся толка-

тели *36*. Корпус отлит из алюминиевого сплава. В горизонтальных расточках корпуса на шариковых подшипниках установлен кулачковый вал *38*. В задней полости корпуса размещен механизм регулятора. Для доступа к регулятору в корпусе насоса имеется люк, закрытый крышкой *23*. С левой стороны в корпусе расположена рычажная система привода дозаторами, закрытая боковой крышкой. С правой стороны в расточке корпуса установлен подкачивающий насос *26*.

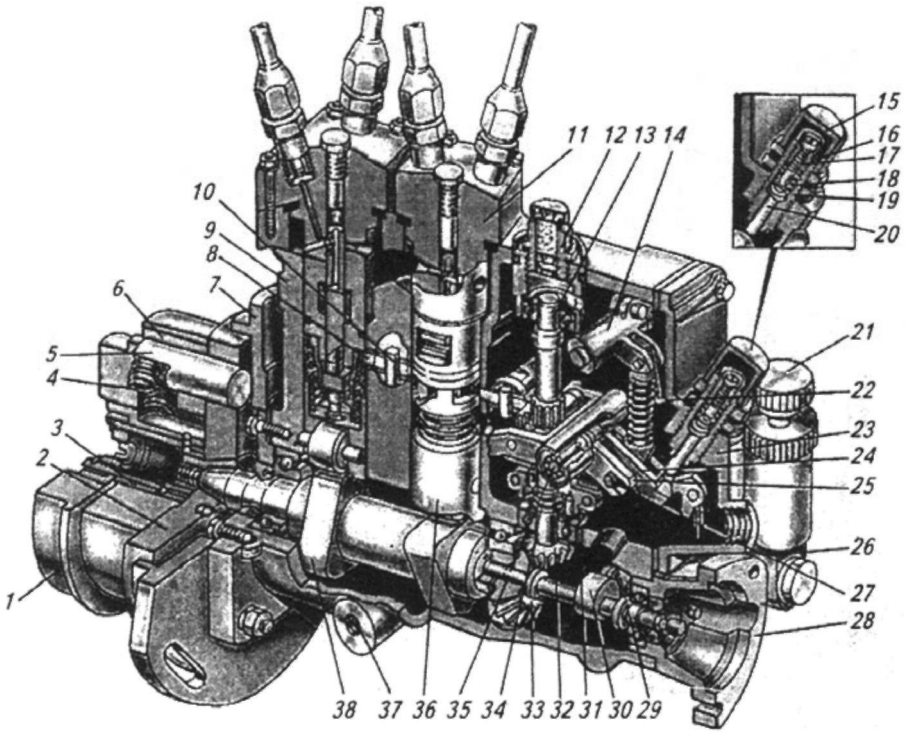


Рис. 2.119. Двухплунжерный ТНВД распределительного типа: *1* – ведущая полумуфта; *2* – ведомая полумуфта; *3* – втулка ведущей полумуфты; *4* – пружина автоматической муфты; *5* – ось груза; *6* – груз автоматической муфты; *7* – установочный фланец; *8* – промежуточное зубчатое колесо привода плунжера; *9* – корпус насоса; *10* – кронштейн промежуточного зубчатого колеса; *11* – секция высокого давления; *12* – сапун; *13* – валик регулятора; *14* – рычажная втулка пружины регулятора; *15* – ограничитель хода штока корректора; *16* – гайка; *17* – винт корректора; *18* – пружина корректора; *19* – корпус корректора; *20* – шток корректора; *21* – насос ручной прокачки топлива; *22* – пружина регулятора; *23* – задняя крышка; *24* – рычаг корректора; *25* – вильчатый рычаг регулятора; *26* – подкачивающий насос; *27* – ось серьги пружины; *28* – корпус привода тахоспидометра; *29* – толкатель подкачивающего насоса; *30* – эксцентриковый вал; *31* – спица регулятора; *32* – ведомое зубчатое колесо; *33* – ведущее зубчатое колесо; *34* – демпферная пружина; *35* – ось вильчатого рычага; *36* – толкатель плунжера; *37* – сливное отверстие; *38* – кулачковый вал

Кулачковый вал *38* изготовлен из легированной стали, а его поверхность, за исключением переднего конического резьбового конца, зацементована и закалена. На валу имеются два трехгранных кулачка – каждый для

одной из двух секций. Профиль кулачков обеспечивает высокую скорость подъема плунжеров в момент впрыскивания топлива. На переднем коническом конце вала с помощью шпонки установлена автоматическая муфта с кулачками для привода топливного насоса. К пазам заднего торца вала присоединена ступица конического ведущего зубчатого колеса *33* привода регулятора, закрепленная на эксцентриковом валу *30*. Движение от кулачкового вала к плунжерам секций высокого давления передается двумя роликовыми толкателями *36*.

Корпус *5* (рис. 2.120) толкателя изготовлен из стали, цианирован и термически обработан. В прорези корпуса на оси *1* установлен ролик *2*. От проворачивания вокруг оси толкатель зафиксирован с помощью установочного винта *3*, ввернутого в корпус и входящего цилиндрическим концом в продольный паз корпуса толкателя. Топливо подается и распределяется по цилиндрам секциями высокого давления, которые состоят из втулки *20* и плунжера *12*. Плунжер вращается вокруг своей оси с помощью зубчатой втулки *25*. На плунжере находится дозатор *11*, который перемещается по нему вверх и вниз с помощью поводка *10* привода дозатора. Поводок *10* привода рычагом *8* кинематически связан с концом основного рычага всережимного регулятора. Втулка, плунжер и дозатор являются прецизионными парами, изготовляются с высокой точностью, и замена их в паре не допускается. Центральное отверстие втулки плунжера закрыто пробкой *19*.

Установленное в канавке втулки плунжера резиновое уплотнительное кольцо *22* разделяет топливную и масляную полости насоса.

На нижнюю часть плунжера, в сечении которой квадрат, надета зубчатая втулка *25*. Это обеспечивает относительное перемещение плунжера вдоль оси втулки и совместное вращение зубчатой втулки и плунжера. Плунжер опускается с помощью пружины *6*, упирающейся верхним торцом в тарелку *7*, а нижним – в тарелку *4*. Тарелка *7* находится на втулке плунжера, а тарелка *4* с помощью выточки и паза соединена с его хвостовиком. Секция высокого давления в сборе удерживается монтажной чекой, которую вставляют в отсечное отверстие плунжера при извлечении секции из корпуса насоса. Секцию высокого давления крепят в корпусе насоса с помощью четырех шпилек и уплотняют резиновым кольцом *21*. Монтажную чеку хранят в специальном гнезде корпуса насоса.

Всасывание и нагнетание топлива происходят через систему каналов, расположенных во втулке и плунжере.

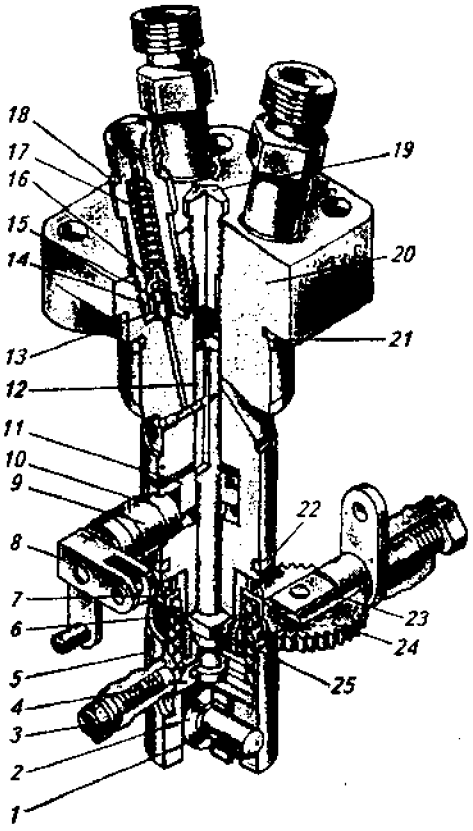


Рис. 2.120. Секция ТНВД распределительного типа: *1* – ось ролика толкателя; *2* – ролик толкателя; *3* – установочный винт; *4* – нижняя тарелка пружины; *5* – корпус толкателя; *6* – пружина; *7* – верхняя тарелка; *8* – рычаг привода дозатора; *9* – втулка привода дозатора; *10* – поводок привода дозатора; *11* – дозатор; *12* – плунжер; *13* – пружина обратного клапана; *14* – седло нагнетательного клапана; *15* – обратный клапан; *16* – нагнетательный клапан; *17* – пружина нагнетательного клапана; *18* – штуцер линии высокого давления; *19* – пробка втулки плунжера; *20* – втулка плунжера; *21* – уплотнительное кольцо секции; *22* – уплотнительное кольцо втулки; *23* – кронштейн промежуточного зубчатого колеса; *24* – промежуточное зубчатое колесо привода плунжера; *25* – зубчатая втулка

Во втулке *7* (рис. 2.121) выполнены наполнительное *12* и три распределительных *10* отверстий, которые сообщаются с нагнетательными каналами *11*, ведущими к штуцеру *24*. Осевой канал *17* плунжера-распределителя через паз *9* соединяет надплунжерную полость *18* поочередно с нагнетательными каналами *11*. Через отсечное отверстие *16* (если оно не закрыто дозатором) канал *17* сообщается с отсечной полостью *8*.

При работе распределительного насоса различают ход всасывания и ход нагнетания.

Всасывание осуществляется при опускании плунжера *6*. Отсечное отверстие *16* перекрывается дозатором *13*, и в надплунжерной полости *18* создается разрежение. В тот момент, когда плунжер открывает наполнительное отверстие *12*, в надплунжерную полость втулки из полости низкого давления насоса поступает топливо.

Нагнетание осуществляется при подъеме плунжера *6* толкателем при набегании кулачка *1* на ролик *2*. Когда плунжер перекроет наполнительное отверстие *12*, в надплунжерной полости создается давление, а распределительный паз *9* вращающегося плунжера приближается к распределительному отверстию *10* втулки. Когда паз подойдет к этому отверстию, топливо из полости *18*, пройдя канал *17*, паз *9* и отверстие *10*, поступает в нагнетательный канал *11*. Под давлением топлива, создаваемым плунжером, нагнетательный *22* и обратный *21* клапаны, преодолевая действие пружины *23*, приподнимаются, пропуская топливо по трубопроводу высокого давления к форсунке. Подача топлива продолжается до начала выхода отсечного отверстия *16* из дозатора *13* – происходит отсечка топлива.

При отсечке топлива давление в надплунжерной полости *18* и подводящих каналах резко падает. Нагнетательный клапан *22* под действием пружины *23* и давления топлива в трубопроводе садится в седло *19*, перекрывая доступ топлива обратно в надплунжерную полость. Под действием избыточного давления в трубопроводе часть топлива поступает по сверлению *25* в нагнетательном клапане к обратному клапану и, преодолевая сопротивление пружины *20*, приоткрывает его. Топливо выходит в подклапанную полость, разгружая тем самым топливопровод от избыточного давления. Игла распылителя резко закрывает отверстие форсунки, происходит отсечка подачи топлива в цилиндр. Затем цикл повторяется, но при вращении плунжера топливо подается к следующему цилиндру в соответствии с порядком работы.

Количество топлива, подаваемого в цилиндр, регулируется положением дозатора. Чем выше он находится, тем больше топлива поступает в цилиндр поскольку увеличивается активный ход плунжера и отсечка наступает позже. Наибольшая подача соответствует крайнему верхнему положению дозатора. При нахождении дозатора в крайнем нижнем положении наполнительное отверстие *12* втулки перекроется плунжером лишь тогда, когда отсечное отверстие *16* уже выйдет из дозатора. Подачи топлива не будет, и оно из полости *18* через полость *8* возвратится в подкачивающий насос. В зависимости от режима работы и нагрузки дизеля дозатор устанавливается регулятором в необходимое положение.

Плунжеры приводятся во вращение от вертикального вала *13* (рис. 2.119) регулятора, заодно с которым выполнено зубчатое колесо. Между зубчатым колесом вала регулятора и зубчатой втулкой *25* (рис. 2.120) установлено промежуточное зубчатое колесо *24*, а между зубчатыми втулками секций –

промежуточное зубчатое колесо *8* (рис. 2.119). Зубчатые колеса установлены на осях в прорезях кронштейнов, которые закреплены в корпусе насоса.

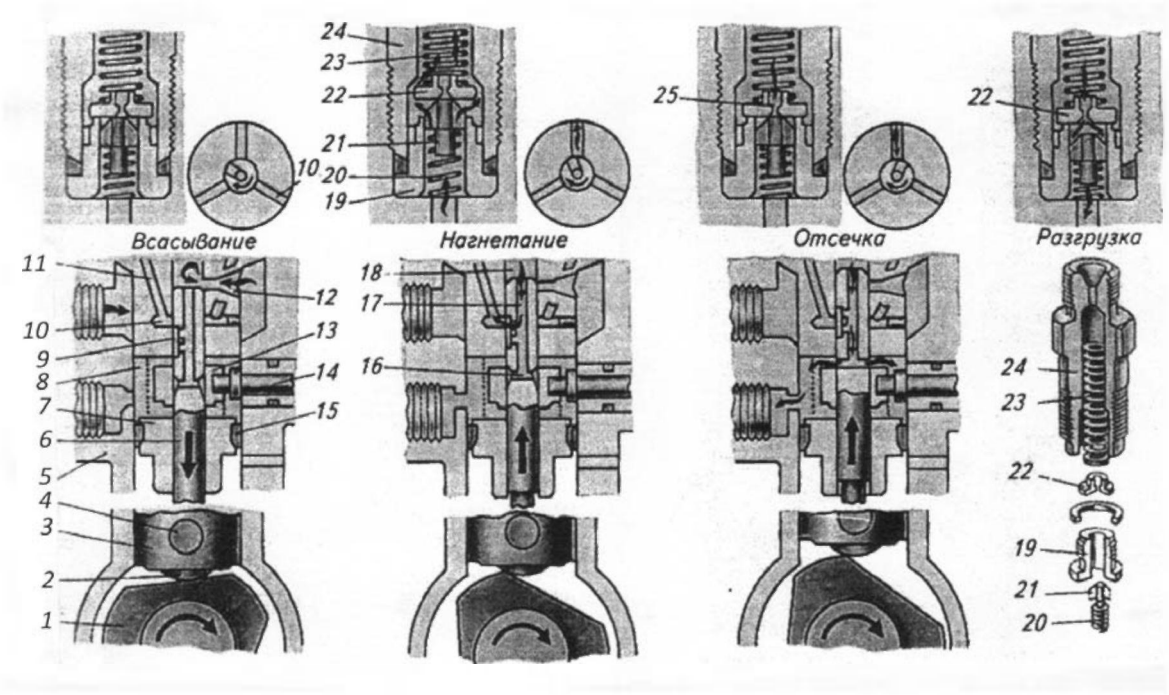


Рис. 2.121. Схема работы секции распределительного ТНВД: *1* – кулачок; *2* – ролик толкателя; *3* – корпус толкателя; *4* – ось ролика толкателя; *5* – корпус насоса; *6* – плунжер; *7* – втулка плунжера; *8* – отсечная полость; *9* – распределительный паз; *10* – распределительное отверстие; *11* – нагнетательный канал; *12* – наполнительное отверстие; *13* – дозатор; *14* – поводок дозатора; *15* – уплотнительное кольцо; *16* – отсечное отверстие; *17* – осевой канал; *18* – надплунжерная полость; *19* – седло нагнетательного клапана; *20* – пружина обратного клапана; *21* – обратный клапан; *22* – нагнетательный клапан; *23* – пружина нагнетательного клапана; *24* – штуцер; *25* – сверление в нагнетательном клапане

Муфта автоматического регулирования **опережения впрыскивания топлива.** Муфта (рис. 2.122) автоматически изменяет момент начала подачи в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя (дизели ЯМЗ-238БЕ, ЯМЗ-238БЕ2, ЯМЗ-238ДЕ2, КамАЗ-740). Это позволяет значительно улучшить пусковые качества двигателя и их экономичность на различных скоростных режимах.

Автоматическая муфта устроена следующим образом. Ведомая полумуфта *5* с помощью шпонки и гайки закреплена на переднем конце кулачкового вала насоса. На ее резьбу навернут корпус *4*, а на ось *8* свободно надеты грузы *6*.

Ведущая полумуфта *1* имеет два шипа *10*, передающих крутящий момент от вала привода насоса, и два упорных пальца *9*. Она свободно посажена на ступицу ведомой полумуфты *5*. Пальцы *9* ведущей полумуфты *1* входят в вырез грузов *6* и опираются на их криволинейные поверхности *11*. Между осями *8* и упорными пальцами *9* установлены пружины *7*.

При вращении ведущей полумуфты *1* ее пальцы *9*, нажимая на криволинейные поверхности *11* грузов *6*, через оси *8* и ведомую полумуфту *5* передают крутящий момент кулачковому валу насоса.

Когда частота вращения коленчатого вала дизеля увеличивается, грузы *6* под действием центробежной силы расходятся в стороны, скользя криволинейной поверхностью по пальцам *9* ведущей полумуфты *1*. При этом расстояние между осями *8* и пальцами *9* сокращается, пружины *7* сжимаются и ведомая полумуфта *5* вместе с кулачковым валом поворачивается по направлению вращения кулачкового вала. Вследствие этого топливо подается насосом раньше, т. е. угол опережения подачи топлива увеличивается.

С понижением частоты вращения коленчатого вала грузы *6* сходятся, ведомая полумуфта *5* под действием разжимающихся пружин *7* поворачивается в направлении, противоположном направлению вращения кулачкового вала, и угол опережения подачи топлива насосом уменьшается.

Шестерня привода ТНВД устанавливается по меткам в механизме газораспределения для согласования топливоподачи с работой механизма.

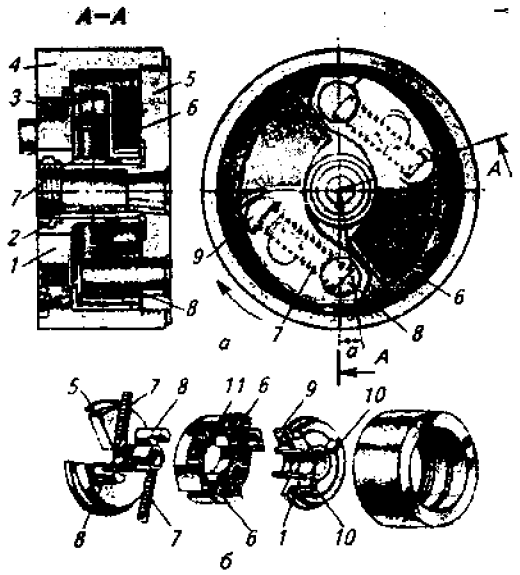


Рис. 2.122. Автоматическая муфта опережения впрыскивания топлива (АМОВТ): *а* – муфта в сборе; *б* – детали муфты; *1* – ведущая полумуфта; *2* – уплотнительное кольцо; *3* – самоподжимной сальник; *4* – корпус муфты; *5* – ведомая полумуфта; *6* – грузы; *7* – пружина; *8* – ось; *9* – упорный палец; *10* – шипы; *11* – криволинейная поверхность груза

4.6.9. ФОРСУНКА

Форсунка предназначена для впрыскивания топлива под давлением в цилиндр дизеля. Она обеспечивает необходимый распыл топлива и ограничивает начало и конец подачи топлива.

На автотракторных дизелях применяют многодырчатые форсунки закрытого типа с гидравлическим управлением и пружинным запиранием иглы различных моделей, отличающихся числом распыливающих отверстий, их диаметром и углом наклона к оси распылителя. По способу подвода топлива различают форсунки с боковым подводом топлива (рис. 2.123) и осевым подводом топлива (рис. 2.124). Кроме того, форсунки могут отличаться давлением впрыска топлива и механизмом его регулировки.

4.6.9.1. Форсунка с боковым подводом топлива

Рассмотрим устройство и работу форсунки ФД закрытого типа (рис. 2.123).

Детали форсунки размещены в жестком стальном корпусе *7*, на нижний конец которого навертывают гайку *13* крепления распылителя *17*. В верхнюю часть центрального канала корпуса распылителя с очень малым зазором (0,002–0,004 мм) входит игла *16*. Корпус распылителя и иглу изготовляют из легированной стали, термически обрабатывают и притирают. Они составляют прецизионную пару и не подлежат разукомплектованию.

Выходной канал диаметром 1,2 мм в нижней части корпуса распылителя сообщается с четырьмя или пятью распыливающими отверстиями *22*, расположенными под углом к продольной оси распылителя.

Верхний конец иглы *16* торцом упирается в дно гнезда штанги *8*, пружина *5* нижним торцом – в тарелку штанги *8*, а верхним – в тарелку регулировочного винта *2*, который ввернут в стакан *4*, закрепленный на резьбе в корпусе форсунки *7*. Контргайка *3* предотвращает вывинчивание регулировочного винта. Под действием пружины *5* через штангу *8* игла *16* запирающим конусом *21* (рис. 2.123, *б*) плотно садится на коническую поверхность седла распылителя.

Топливо из насоса поступает по топливопроводу высокого давления через штуцер *11*, фильтр *10*, каналы *12* и *14* в кольцевую полость *18*. Поскольку нижний конец иглы *16* вставлен в корпус распылителя с небольшим зазором, топливо проходит в полость *23*.

Как только давление топлива на конические поверхности *19* и *20* превысит усилие пружины *5*, игла *16* поднимется на 0,27–0,34 мм и ее запирающий конус *21* откроет доступ топливу через распыливающие отверстия *22* в камеру сгорания (рис. 2.123, *в*). Пройдя эти отверстия, топливные струи турбулентным потоком поступают в камеру сгорания и перемешиваются с воздухом.

Чтобы игла находилась в поднятом состоянии и не колебалась во время впрыскивания, а впрыскивание топлива не затягивалось, давление топлива должно резко и быстро увеличиваться. Это обеспечивает специальный профиль кулачка вала топливного насоса.

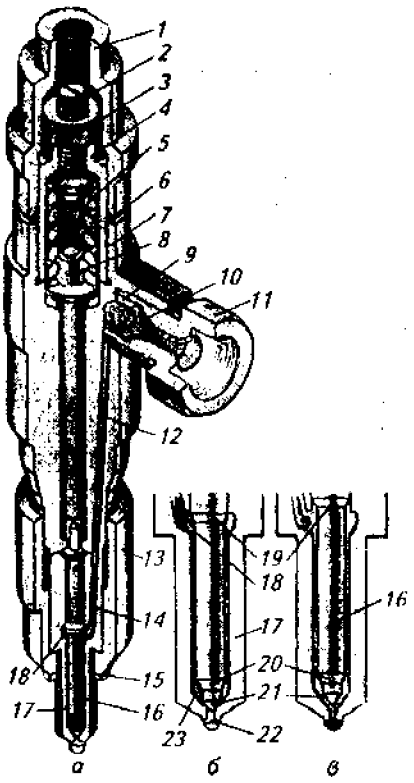


Рис. 2.123. Форсунка ФД закрытого типа с боковым подводом топлива (Д-243, Д-245, Д-260.1, ЯМЗ-238Б): *а* – конструкция форсунки; *б* – положение иглы в распылителе перед впрыскиванием топлива; *в* – положение иглы в распылителе при впрыскивании топлива; *1* – колпак; *2* – винт; *3* – контргайка; *4* – стакан пружины; *5* – пружина; *6*, *15* – прокладки; *7* – корпус форсунки; *8* – штанга; *9* – втулка; *10* – сетчатый фильтр; *11* – штуцер; *12* – канал в корпусе форсунки; *13* – гайка крепления распылителя; *14* – канал в распылителе; *16* – игла распылителя; *17* – распылитель; *18* и *23* – полости; *19* – коническая поверхность верхней части иглы; *20* – коническая поверхность нижней части иглы; *21* – запирающий конус; *22* – распыляющие отверстия

Как только насос прекратит подачу топлива в форсунку, давление в полости *23* снизится, игла под действием пружины прижмется конусом *21* к корпусу распылителя и закроет его отверстия *22*. Прекращение (отсечка) подачи топлива должно быть резким, без повторного подъема иглы. Иначе в конце впрыскивания топливо перестанет распыливаться и образует у выходных отверстий распылителя висящие капли, которые, сгорая не полностью, вызывают его закоксовывание. Игла 16 открывается под давлением топлива, т. е. управление ею гидравлическое.

Форсунку регулируют винтом *2* так, чтобы давление начала впрыскивания топлива (в момент отрыва иглы от седла) составляло:

– 17,5–18,0 МПа (Д-242, -243, -244);

– 21,5–22,5 МПа (Д-245, Д-260.1, ЯМЗ-238БЕ).

Сверху регулировочный винт закрыт колпаком *1*, навернутым на стакан *4*.

Топливо, просачивающееся в зазор между корпусом распылителя и иглой через отверстие в стакане *4*, сверленый болт и сливной топливопровод, отводится от форсунки в фильтр тонкой очистки или топливный бак, или во впускной коллектор.

Форсунки устанавливают в специальные латунные стаканчики, размещенные в головке цилиндров. Стык стаканчика и форсунки уплотняют медной прокладкой. Каждую форсунку закрепляют двумя болтами и скобкой. Болты затягивают моментом 25–30 Н · м.

4.6.9.2. Форсунка с осевым подводом топлива

Дизели Д-245 S, Д-260.1 S2, ЯМЗ-238БЕ2, сертифицированные по ступени TIER-2 европейских экономических требований, оснащаются форсунками с осевым подводом топлива моделей 455, 172, 51-01 (рис. 2.124).

Все детали форсунки собраны в корпусе *7*. К нижнему торцу корпуса форсунки гайкой *2* присоединяются проставка *3* и распылитель *1*.

Топливо подводится к форсунке через отверстие *9* штуцера корпуса форсунки, в который установлен щелевой фильтр *8*. Топливо, просочившееся через зазор распылителя, отводится из форсунки через полость пружины и отверстие *10* в корпусе форсунки.

Взаимное расположение корпуса форсунки, проставки и распылителя определяется штифтами, запрессованными в проставке. Внутри корпуса распылителя *1* находится запорная игла. Корпус и игла составляют прецизионную пару. Распылитель имеет шесть распыливающих отверстий. Усилие затяжки пружины *5* (давление начала впрыскивания) регулируется регулировочными шайбами *6*, установленными в корпус форсунки.

Форсунки регулируются на следующие давления впрыска:

– 23,5–24,7 МПа (Д-245 S2, Д-260.1 S2, Д-260.2 S2, Д-260.4 S2);

– 26,0–27,0 МПа (ЯМЗ-238 БЕ2).

К преимуществам таких форсунок можно отнести их сравнительное быстродействие в связи с меньшими инерционными массами механизма регулировки.

4.6.9.3. Электрогидравлическая форсунка BOSCH

В аккумуляторных топливных системах (Common Rail) фирмы BOSCH дизелей Д-245 S3A, Д-245.5 S3A, Д-245.43 S3A, Д-260.1 S3A, Д-260.2 S3A, Д-260.4 S3A устанавливается электрогидравлическая форсунка (рис. 2.125). Она состоит из электромагнита *12* и его якоря *11*, маленького шарикового управляющего клапана *8*, запорной иглы *2*, распылителя *3*, поршня *5* управляющего клапана, подпружиненного штока *10*. Шарик клапана прижимается к седлу усилием пружины *9* и электромагнита. Сила пружины рассчитана на давление до 10 МПа, что значительно ниже давления в линии высокого давления (25–160 МПа), поэтому только при приложении усилия электромагнита *12* шариковый клапан не отойдет от седла, отделяя аккумулятор от линии слива. Игла распылителя форсунки *2* в нерабочем состоянии прижимается к седлу пружиной распылителя *4* – это предотвращает попадание воздуха в форсунку при пуске двигателя. При высоких давлениях в аккумуляторе *8* (рис. 2.88) электромагнит *12* (рис. 2.125) не в состоянии поднять запорную иглу *2*, поэтому используется принцип гидроусиления (рис. 2.126).

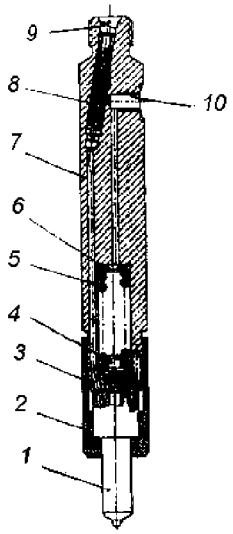


Рис. 2.124. Форсунка закрытого типа с осевым подводом топлива: *1* – распылитель; *2* – гайка распылителя; *3* – проставка; *4* – штанга; *5* – пружина; *6* – регулировочные шайбы; *7* – корпус; *8* – щелевой фильтр; *9* – отверстие подвода топлива; *10* – отверстие отвода топлива

При создании давления в аккумуляторе оно действует как на конусную поверхность иглы *2*, так и на поршень *5* управляющего клапана *8* (рис. 2.126, *а*). Поскольку площадь рабочей поверхности поршня на 50 % больше площади конусной поверхности иглы и на поршень воздействует пружина, игла распылителя продолжает прижиматься к седлу.

При подаче напряжения от блока управления на электромагнит *12* шток *10* якоря поднимается и открывается шариковый управляющий клапан *8* (рис. 2.126, *б*). Давление в камере управления *7* падает в результате открытия дроссельного отверстия, и топливо пропускается из зоны над поршнем управляющего клапана в зону слива. Давление на поршень управляющего клапана падает, так как подводящее дроссельное отверстие управляющего клапана имеет меньшее сечение, чем отводящее. Запорная игла *2* при этом под действием высокого давления в кармане распылителя *3* (рис. 2.125) открывается. Количество подаваемого топлива зависит от времени подачи напряжения в электромагнит *12* (рис. 2.125), а значит, от времени открытия шарикового управляющего клапана *8*. При прекращении подачи напряжения на электромагнит *12* якорь под действием пружины опускается вниз, при этом шариковый управляющий клапан закрывается, давление в камере управления восстанавливается через специальный жиклер (рис. 2.126, *в*). Под действием давления топлива на поршень *5* управляющего клапана, диаметр которого больше, чем диаметр иглы, последняя закрывается.

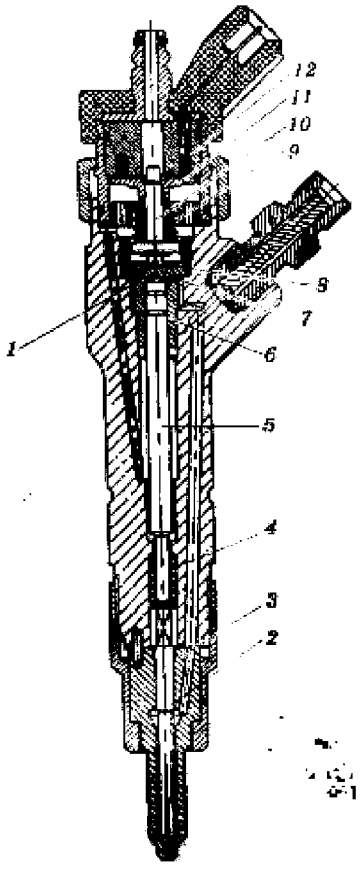


Рис. 2.125. Электрогидравлическая форсунка BOSCH: *1* – отводящий дроссель; *2* – игла; *3* – распылитель; *4* – пружина запирания иглы; *5* – поршень управляющего клапана; *6* – втулка поршня; *7* – камера управления; *8* – шариковый управляющий клапан; *9* – пружина клапана; *10* – шток; *11* – якорь; *12* – электромагнит

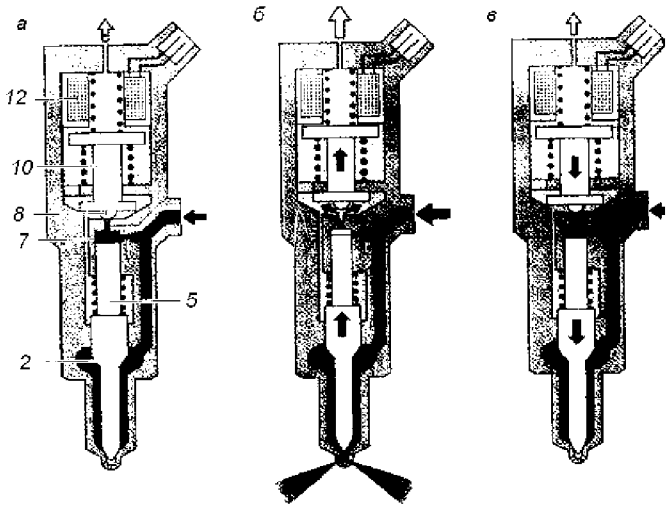


Рис. 2.126. Принцип действия электрогидравлической форсунки (позиции соответствуют позициям рис. 2.125): *а* – форсунка в закрытом состоянии; *б* – форсунка в открытом состоянии; *в* – фаза закрытия форсунки; *2* – игла; *5* – поршень управляющего клапана; *7* – камера управления; *8* – шариковый управляющий клапан; *10* – шток; *12* – электромагнит

4.6.9.4. Электрогидравлическая насос-форсунка дизеля DDC S40E

На тракторах «Беларус-3022ДВ» с дизелем DDC S40E корпорации *Detroit Diesel* используется аккумуляторная система питания с топливно-масляным аккумулятором *6* (рис. 2.127) и с насос-форсунками *2*, у которых привод плунжера насоса осуществляется не от распределительного вала, а с помощью гидравлической системы высокого давления. В аккумуляторе имеется масляный канал *1* и топливный канал *3*, от которых масло под давлением до 23 МПа и топливо под давлением 0,3 МПа подводится к насос-форсункам *2*.

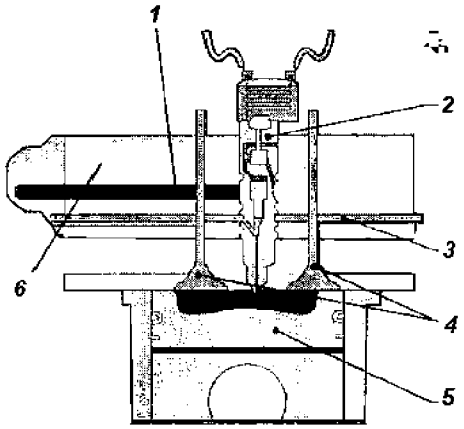


Рис. 2.127. Схема системы с электрогидравлической насос-форсункой:
1 – канал подачи масла; *2* – насос-форсунка; *3* – канал подачи топлива;
4 – клапаны (впускной и выпускной); *5* – поршень; *6* – топливно-масляный аккумулятор

Процесс впрыска топлива протекает следующим образом (рис. 2.128). При подаче напряжения на соленоид *8* подъемный клапан *6*, преодолевая усилие возвратной пружины *5*, поднимается в верхнее положение. Через канал *4* масло высокого давления (до 230 бар) подается на поршень усилителя *3*. Поршень усилителя своим штоком давит на топливо и подает его к распылителю форсунки под давлением 1270 бар. Усиление по давлению происходит за счет соотношения площадей поршня и штока. При снятии напряжения с соленоида *8* подъемный клапан опускается под воздействием возвратной пружины *2* и перекрывает подачу масла под высоким давлением к поршню усилителя, одновременно соединяя полость над поршнем усилителя через разгрузочный канал *7* с низким давлением. Поршень усилителя поднимается в исходное положение под воздействием возвратной пружины *2*. При поднятии поршня усилителя происходит всасывание топлива из канала подвода топлива *1*.

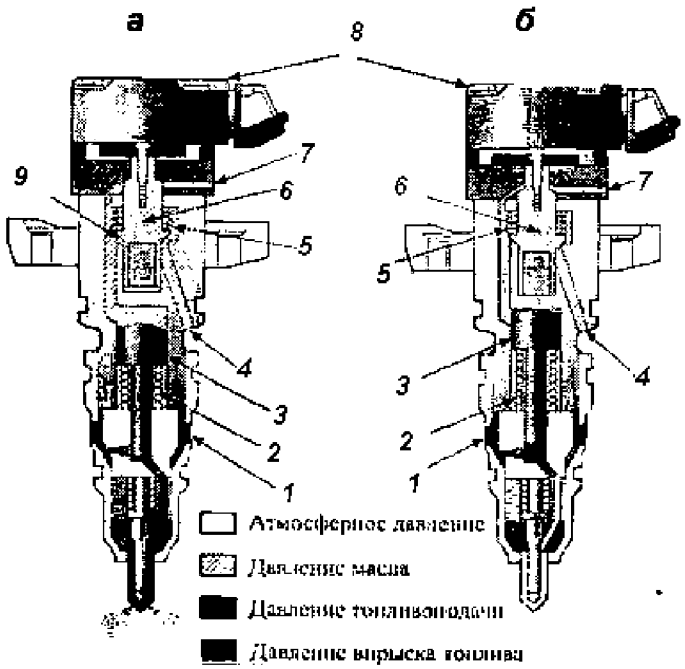


Рис. 2.128. Электрогидравлическая насос-форсунка: *а* – впрыск топлива; *б* – нет впрыска; *1* – подвод топлива; *2* – пружина возврата поршня усилителя; *3* – поршень усилителя; *4* – подвод масла; *5* – пружина возврата подъемного клапана; *6* – подъемный клапан; *7* – разгрузочный масляный канал; *8* – электронный соленоид; *9* – седло подъемного клапана

В современном двигателестроении наблюдается повышение интереса к насос-форсункам, т. к. при максимальной простоте конструкции возможности реализации давления впрыска до 2000 бар к вводу электронного управления. К достоинствам насос-форсунок относят также уменьшение номенклатуры деталей, отсутствие необходимости в нагнетательном клапане,

отсутствие топливопроводов высокого давления, снижение запаздывания впрыска относительно нагнетания плунжера, что стабилизирует угол опережения впрыска по частотам вращения коленчатого вала двигателя.

4.6.10. Топливопроводы низкого и высокого давления

Топливопроводы низкого и высокого давления – это трубки, соединяющие сборочные единицы топливной системы. Топливопроводы низкого давления для двигателей всех типов изготовляют из стальных, латунных или поливинилхлоридных трубок, а топливопроводы высокого давления – из стальной толстостенной цельнотянутой трубки.

Топливопроводы высокого давления должны обеспечивать минимальные потери давления из-за периодических расширений топливопроводов в начале подачи и при разгрузке в конце подачи. Длина топливопроводов всех форсунок должна быть одинаковой, это обеспечит идентичность потерь давления по длине. Практически чем ближе форсунка к ТНВД, тем больше витков спиральной навивки имеет топливопровод для удобства его компоновки на дизеле.

Наконечники топливопроводов надежно присоединяют к штуцерам накидными гайками или полыми болтами (типа «Банджо») с медными или алюминиевыми уплотнительными шайбами.

4.7. Смесеобразование в карбюраторных двигателях

4.7.1. Общие сведения

Топливовоздушная смесь, характеризуемая соотношением масс топлива и воздуха, подготавливается в карбюраторе. Для полного сгорания 1 кг бензина теоретически необходимо 14,9–15,0 кг воздуха. При таком соотношении топливовоздушную смесь называют *нормальной*, или *стехиометрической*. Ее коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1$. Смесь, у которой α составляет 0,7–0,85, условно называют *богатой*. При α от 0,85 до 0,95 смесь считают *обогащенной*, при α – 1,05–1,15 – *обедненной*, а если α составляет 1,15–1,2 – *бедной*.

Процесс приготовления топливовоздушной смеси вне цилиндров двигателя методом пульверизации называют *карбюрацией*, а прибор, в котором этот процесс осуществляется, – *карбюратором*.

4.7.2. Работа простейшего карбюратора

Простейший карбюратор (рис. 2.129, *а*) состоит из поплавковой камеры *9* с поплавком *10*, игольчатого клапана *11*, жиклера *8* с распылителем *5*, диффузора *4*, воздушной *3* и дроссельной *6* заслонок, смесительной камеры *7*. Поплавковая камера, поплавок и запорная игла необходимы для поддержания постоянного уровня топлива в поплавковой камере и распылителе. Через отверстие *2* поплавковая камера сообщается с окружающей средой. Жиклер *8* представляет собой калиброванное отверстие в пробке, трубке или канале. В карбюраторах он предназначен для дозирования топлива, воздуха или эмульсии (топлива, насыщенного пузырьками воздуха). Диффузор *4* – это участок патрубка карбюратора с постепенно уменьшающимся, а затем увеличивающимся диаметром. Сужение и расширение сечений диффузора по длине выполнены плавными. Распылитель *5* – это трубка для распыления топлива, сообщающая поплавковую камеру с диффузором.

Воздушная заслонка *3* – круглая или овальная металлическая пластинка, закрепленная на оси. Открывая и закрывая ее, можно уменьшить или увеличить площадь проходного сечения впускного трубопровода, а, следовательно, изменить количество воздуха, поступающего в диффузор *4*, т. е. качество тепловоздушной смеси. Дроссельная заслонка *6* имеет такую же форму, как и воздушная, но предназначена для изменения количества, а в отдельных случаях и качества смеси, поступающей в цилиндр двигателя.

Смесительной камерой *7* называют участок трубы карбюратора от самой узкой части (горловины) диффузора *4* до оси дроссельной заслонки *6*.

Топливо из бака по топливопроводу *1* поступает в поплавковую камеру *9*, заполняя ее. Когда топливо в поплавковой камере достигнет определенного уровня, поплавок *10* прижмет игольчатый клапан *11* к седлу и поступление топлива прекратится. При понижении уровня поплавок опустится, и игольчатый клапан вновь откроет доступ топливу в поплавковую камеру.

Из поплавковой камеры топливо через жиклер *8* поступает в распылитель *5*, выходное отверстие которого находится в горловине диффузора *4*. Чтобы топливо не вытекало из распылителя при неработающем двигателе, выходное отверстие распылителя расположено на 1–2 мм выше уровня топлива в поплавковой камере.

Во время такта впуска при открытых воздушной *3* и дроссельной *6* заслонках разрежение из цилиндра передается в смесительную камеру *7* и вызывает движение воздуха в направлении, указанном стрелками. Разрежение

в смесительной камере можно регулировать дроссельной *6* и воздушной *3* заслонками.

Воздух, всасываемый в цилиндр двигателя, проходит при открытой воздушной заслонке *3* через патрубок и диффузор *4*. Так как проходное поперечное сечение в горловине диффузора уменьшается, скорость воздуха в ней возрастает и разрежение увеличивается. Вследствие разницы между атмосферным давлением в поплавковой камере и разрежением в диффузоре топливо фонтанирует из распылителя *5*. Поток воздуха движется через диффузор со скоростью, примерно в *25* раз большей скорости топлива из распылителя. Поэтому топливо распыляется на мелкие капли и, смешиваясь с воздухом, образует топливовоздушную смесь, которая поступает в цилиндр двигателя. Чтобы увеличить скорость воздуха в зоне устья распылителя *5*, во многих карбюраторах устанавливают два диффузора: большой и малый. Причем входное отверстие малого диффузора размещают в горловине большого. В результате распыления поверхность соприкосновения капель топлива с воздухом увеличивается, и оно интенсивно испаряется.

Приготовленная карбюратором топливовоздушная смесь неоднородна. Для обеспечения более полного испарения топлива впускной трубопровод обычно подогревают отработавшими газами и охлаждающей жидкостью.

Загрязнение воздухоочистителя сопровождается увеличением разрежения в диффузоре, а, следовательно, и расходом топлива через жиклер *8*. Для устранения этого недостатка поплавковую камеру часто сообщают не с окружающей средой, а с входным патрубком карбюратора. Такую поплавковую камеру называют *балансированной* (уравновешенной).

По направлению потока воздуха и топливовоздушной смеси различают карбюраторы с *падающим потоком* (рис. 2.129, *а*), в которых смесь движется сверху вниз (падает), и с *горизонтальным потоком*.

В зависимости от числа смесительных камер (главных воздушных трактов) карбюраторы делят на *одно-* и *многокамерные*. Многокамерные карбюраторы бывают с *параллельным* (*одновременным*) и *последовательным* (*разновременным*) *открытием дроссельных заслонок*.

Карбюраторный двигатель работает в следующих основных режимах: пуск; холостой ход и малые нагрузки; средние нагрузки; полная нагрузка. Для получения наиболее эффективной работы двигателя на каждом режиме очень важно, чтобы горючая смесь к моменту ее воспламенения электрической искрой была по составу наивыгоднейшей. Горючая смесь должна быть однородной, а топливо в ней должно находиться в парообразном состоянии.

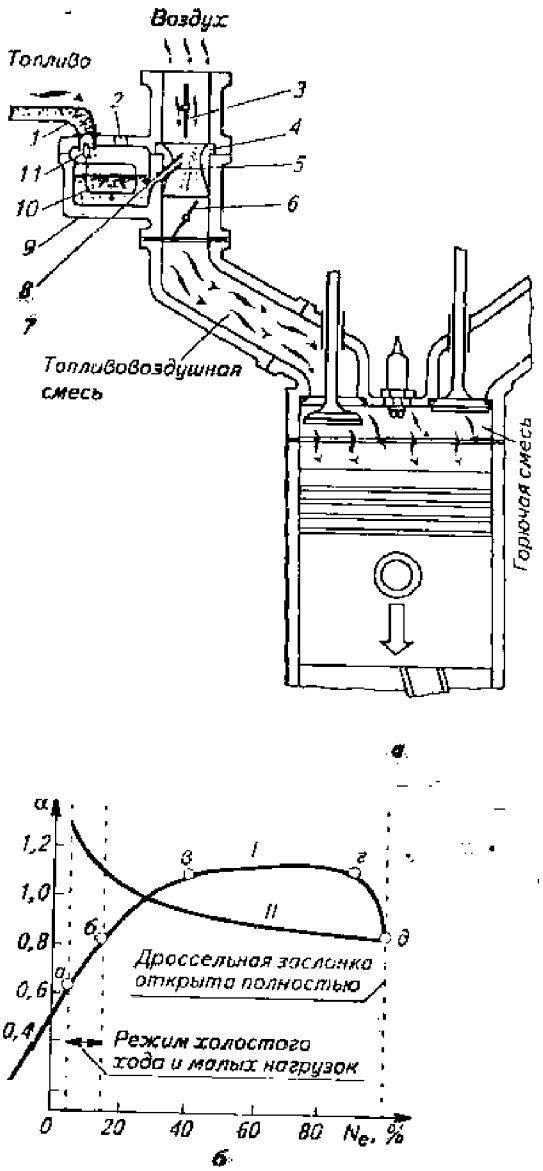


Рис. 2.129. Схема работы и характеристики карбюраторов: *а* – схема работы простейшего карбюратора; *б* – характеристики карбюраторов; *1* – топливопровод; *2* – отверстие в поплавковой камере; *3* – воздушная заслонка; *4* – диффузор; *5* – распылитель; *6* – дроссельная заслонка; *7* – смесительная камера; *8* – жиклер; *9* – поплавковая камера; *10* – поплавок; *11* – игольчатый клапан; *I* – характеристика карбюратора на различных режимах работы двигателя; *II* – характеристика простейшего карбюратора

Характеристика карбюратора – это график изменения состава горючей смеси, подаваемой в цилиндр двигателя в зависимости от степени (%) его загрузки (по эффективной мощности). Чтобы обеспечить наиболее эффективную работу двигателя, карбюратор должен иметь характеристику, представленную кривой *I* на рис. 2.129, *б*. Кривой *II* изображена характеристика простейшего карбюратора.

При пуске холодного двигателя смесеобразование затруднено вследствие недостаточного разрежения в диффузоре, незначительной скорости воздуха и низкой температуры деталей двигателя. Поэтому в цилиндры двигателя

должна подаваться очень богатая топливовоздушная горючая смесь (α от 0,1 до 0,2), чтобы для воспламенения в ней было достаточное количество легких, быстро испаряющихся фракций топлива.

При работе на холостом ходу и с малыми нагрузками дроссельная заслонка прикрыта, так как в двигатель нужно подавать небольшое количество топливовоздушной смеси. Разрежение и скорость воздушного потока в диффузоре незначительны. Условия для распыления и испарения неблагоприятны. Поэтому карбюратор должен приготовлять богатую смесь с α равным 0,6–0,8 (кривая *I*, участок *а–б*).

С увеличением нагрузки (участок *б–в*) дроссельную заслонку открывают. Скорость воздуха и разрежение увеличиваются, температура впускного трубопровода повышается. Следовательно, смесеобразование улучшается, и топливовоздушная смесь постепенно обедняется, а коэффициент избытка воздуха увеличивается до α – 1,05–1,1.

При средних нагрузках (участок *в–г*), соответствующих 40–90 % N_e, в цилиндры двигателя нужно подавать разные количества смеси, но состав ее должен быть постоянным и слегка обедненным (α от 1,1 до 1,15) для достижения наиболее экономичной работы.

При полных нагрузках (дроссельная заслонка полностью открыта; участок *г–д*) для получения максимальной мощности двигателя топливовоздушная смесь должна быть обогащенной (α составляет 0,85–0,9).

4.7.3. Дополнительные устройства карбюраторов

Для приготовления топливовоздушной смеси требуемого состава на разных режимах работы двигателя в конструкцию простейшего карбюратора включены дополнительные устройства:

– система холостого хода – для работы двигателя на холостом ходу и с малыми нагрузками;

– главное дозирующее устройство, обеспечивающее в широком диапазоне средних нагрузок приготовление постоянно обедненного (экономичного) состава смеси;

– экономайзер или эконостат – для обогащения смеси при работе двигателя на больших нагрузках за счет подачи;

– ускорительный насос – для дополнительного обогащения смеси при резком открытии дроссельной заслонки;

– пусковое устройство.

4.7.3.1. Система холостого хода

Во время работы двигателя на холостом ходу и с малыми нагрузками дроссельная заслонка *6* (рис. 2.130) прикрыта на 80–90 %. Поэтому разрежение и скорость воздушного потока в диффузоре настолько малы, что истечения топлива из распылителя главного жиклера *10* недостаточно для образования горючей смеси нужного состава. В то же время под дроссельной заслонкой *6* создается большое разрежение и топливо (бензин) засасывается через жиклер *11* и канал *12* в канал *2*, куда через воздушный жиклер *1* проходит воздух. Образуется эмульсия, которая через выходное отверстие поступает во впускной трубопровод.

При холостом ходе, когда дроссельная заслонка почти полностью закрыта, через выходное отверстие *3* в канал *2* проходит воздух, снижая разрежение в канале. Вследствие этого уменьшается содержание топлива в эмульсии и улучшается ее приготовление.

Для перехода на малые нагрузки дроссельную заслонку несколько открывают. При этом кромка дроссельной заслонки перекрывает отверстие *3*. Подсос воздуха в канал *2* прекращается, и через отверстие *5* поступает более богатая топливом эмульсия. Затем оба отверстия (*3* и *5*) оказываются под дроссельной заслонкой, и эмульсия поступает из них в большем количестве. При дальнейшем открытии дроссельной заслонки включается главное дозирующее устройство, а подача эмульсии через систему холостого хода постепенно уменьшается до нуля.

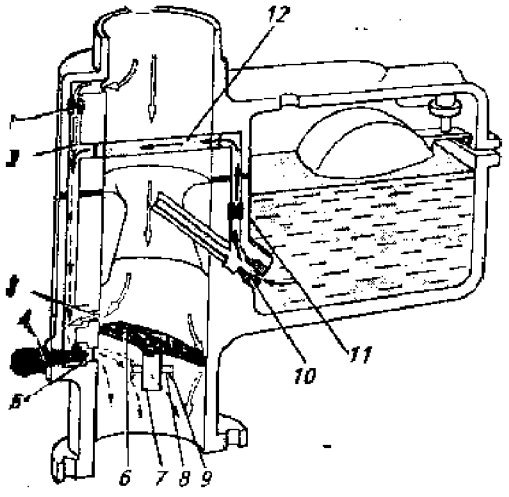


Рис. 2.130. Схема работы системы холостого хода: *1* – воздушный жиклер; *2*, *12* – каналы; *3*, *5* – выходные отверстия; *4* – регулировочный винт-игла; *6* – дроссельная заслонка; *7* – рычажок; *8* – винт ограничения открытия дроссельной заслонки; *9* – прилив на корпусе карбюратора; *10* – главный топливный жиклер; *11* – жиклер холостого хода

Количество подаваемой эмульсии и ее состав регулируют во время холостого хода двигателя винтом-иглой *4*, расположенной напротив отверстия *5*. При ввертывании винта проходное сечение уменьшается. Поэтому разрежение в канале *2* падает и смесь обедняется.

Чтобы двигатель на холостом ходу устойчиво работал при минимальной частоте вращения коленчатого вала, дроссельную заслонку нужно приоткрыть на строго определенную величину. Для этого используют регулировочный винт *8* на рычажке *7* привода дроссельной заслонки. При минимальной устойчивой частоте вращения коленчатого вала двигателя торец винта *8* должен упираться в специальный прилив *9* на корпусе карбюратора. Ввертывая и вывертывая винт *8*, находят положение дроссельной заслонки, обеспечивающее такую частоту вращения коленчатого вала.

4.7.3.2. Главное дозирующее устройство

В карбюраторах К-88АТ и К-90 соответственно для двигателей ЗИЛ-130 и ЗИЛ-4314.10 применены главные дозирующие устройства с изменением разрежения у топливного жиклера. В верхней части трубки этих устройств установлен воздушный жиклер *1* (рис. 2.131). Когда двигатель не работает, уровень топлива в поплавковой камере *14* и в колодце распылителя *13* одинаковый. По мере открытия дроссельной заслонки *6* увеличивается разрежение в диффузоре и из распылителя *13* начинает вытекать топливо. При этом уровень топлива в колодце распылителя быстро понижается. По мере расходования топлива из колодца в него через воздушный жиклер *1* поступает воздух, который понижает разрежение в главном топливном жиклере *10*. В результате истечение топлива из жиклера замедляется и топливовоздушная смесь обедняется.

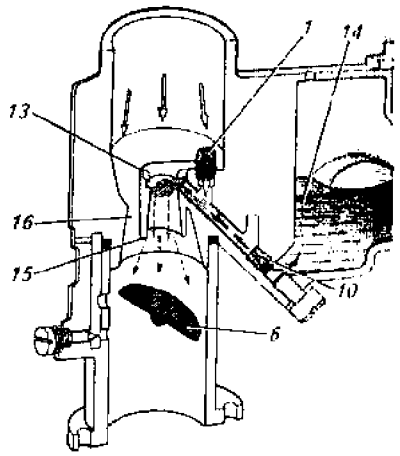


Рис. 2.131. Схема работы главного дозирующего устройства: *1* – воздушная заслонка; *6* – дроссельная заслонка; *10* – главный топливный жиклер; *13* – распылитель; *14* – поплавковая камера; *15*, *16* – малый и большой диффузоры соответственно

Подбирая сечения топливного и воздушного жиклеров, состав смеси приближают к желаемому (рис. 2.129, *б*, кривая *1*). При наличии такого главного дозирующего устройства в смесительную камеру через распылитель *13* подается не топливо, а эмульсия, образующаяся при смешивании топлива с воздухом, который поступает в распылитель.

4.7.3.3. Экономайзер. Экономстат

Экономайзер состоит из жиклера *21* (рис. 2.132) и клапана *19*, прижимаемого к седлу пружиной *20*. Клапан может иметь механический или вакуумный привод.

Экономайзер с механическим приводом карбюраторов К-88АТ и К-135 работает следующим образом. Когда открытие дроссельной заслонки *6* приближается к полному, рычаг *22* настолько перемещает тягу *18* вниз, что шток *17* открывает клапан *19* и топливо из поплавковой камеры всасывается через жиклер *21* в распылитель *13* параллельно потоку топлива через главный жиклер *10*. Смесь обогащается.

Экономстат в отличие от экономайзера не имеет управляемого клапана. Он включается за счет разрежения у устья распылителя дополнительной камеры и обогащает горючую смесь эмульсией.

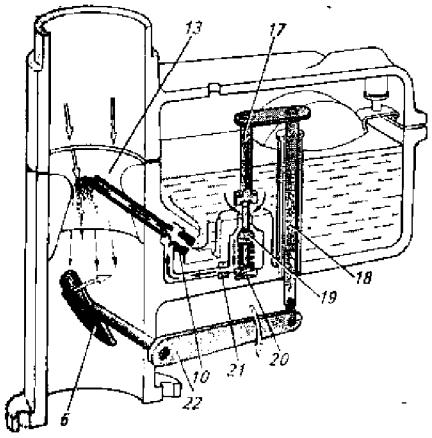


Рис. 2.132. Схема работы экономайзера:
10 – главный топливный жиклер; *13* – распылитель; *17* – шток; *18* – тяга;
19 – клапан; *20* – пружина; *21* – жиклер экономайзера; *22*– рычаг

4.7.3.4. Ускорительный насос

Ускорительный насос с механическим приводом широко применяют в карбюраторах. Когда дроссельная заслонка *6* (рис. 2.133) закрывается, рычаг

22 через тягу *18* и планку *26* поднимает шток *17* с поршнем *28*. При этом топливо из поплавковой камеры через клапан *27* поступает в цилиндрический колодец *25*. Во время заполнения цилиндрического колодца *25* топливом нагнетательный клапан *24* закрыт.

При резком открытии дроссельной заслонки рычаг *22* перемещает тягу *18* и планку *26* вниз. Планка, сжимая пружину, толкает поршень *28* вниз. Под давлением топлива в цилиндрическом колодце *25* закрывается обратный *27* и открывается нагнетательный *24* клапаны, и в смесительную камеру через распылитель *23* ускорительного насоса впрыскивается топливо.

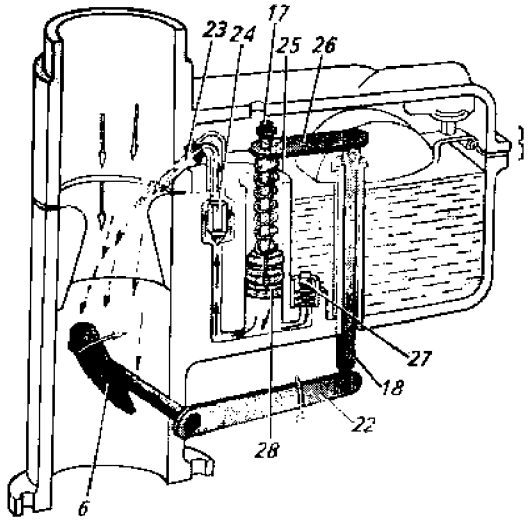


Рис. 2.133. Схема работы ускорительного насоса: *6* – дроссельная заслонка; *17* – шток; *18* – тяга; 22 – рычаг; *23* – распылитель ускорительного насоса; *24*, *27* – нагнетательный и обратный клапаны соответственно; *25* – цилиндрический колодец; *26* – планка; *28* – поршень

4.7.3.5. Пусковое устройство

Пусковое устройство обеспечивает обогащение топливовоздушной смеси при пуске двигателя. В современных карбюраторах в качестве пускового устройства применяют воздушную заслонку, устанавливаемую во входном (воздушном) патрубке. При закрытии воздушной заслонки повышается разрежение в смесительной камере. Смесь обогащается за счет интенсивного истечения топлива из распылителей главного дозирующего устройства и системы холостого хода. Воздух для образования смеси проникает через щели у кромки воздушной заслонки.

При первых вспышках разрежение в смесительной камере резко возрастает, и вследствие переобогащения смеси двигатель может заглохнуть.

Поэтому на воздушной заслонке установлен автоматический клапан, который открывается под действием атмосферного давления и в смесительную камеру дополнительно поступает воздух, уменьшающий переобогащение смеси.

При пуске двигателя дроссельная заслонка должна быть немного открыта. Чтобы при закрытии воздушной заслонки дроссельная заслонка несколько приоткрылась, их соединяют системой тяг и рычагов.

Воздушной заслонкой большинства карбюраторов управляют вручную с помощью тросика, выведенного в кабину.

4.7.4. Устройство и работа карбюратора К-90

На двигателях ЗИЛ-508.10 может быть установлен один из трех типов карбюраторов: К-88АТ, К-90 или К-96, принцип работы которых одинаков.

Карбюратор К-90 вертикальный, с падающим потоком смеси, со сбалансированной поплавковой камерой, двухкамерный; каждая камера имеет два диффузора. Необходимый состав смеси достигается в результате пневматического торможения топлива и применения экономайзера. Карбюратор имеет раздельную для каждой камеры систему холостого хода с питанием после главного топливного жиклера. С целью обогащения смеси при резком открытии дроссельных заслонок в карбюраторе установлен ускорительный насос.

Для облегчения пуска холодного двигателя в карбюраторе применена воздушная заслонка с автоматическим клапаном и предусмотрена кинематическая связь воздушной и дроссельной заслонок. Поплавковая камера, ускорительный насос, экономайзер и воздушная заслонка – общие устройства для обеих камер. Карбюратор имеет встроенный исполнительный механизм пневмоцентробежного ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Характерной особенностью карбюратора К-90 является установка в наклонных каналах системы холостого хода двух электромагнитных клапанов и контактного датчика положения дроссельных заслонок, которые входят в систему автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода (САУ ЭПХХ). Эта система состоит из электронного блока управления, датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя (в качестве датчика частоты вращения используется система зажигания – вывод «К»

добавочного резистора датчика температуры охлаждающей жидкости, датчика углового положения дроссельных заслонок карбюратора, двух электромагнитных клапанов и жгута проводов).

Карбюратор состоит из трех основных сборочных единиц: корпуса *5* (рис. 2.134) воздушной горловины, корпуса *1* поплавковой камеры и корпуса *40* смесительных камер.

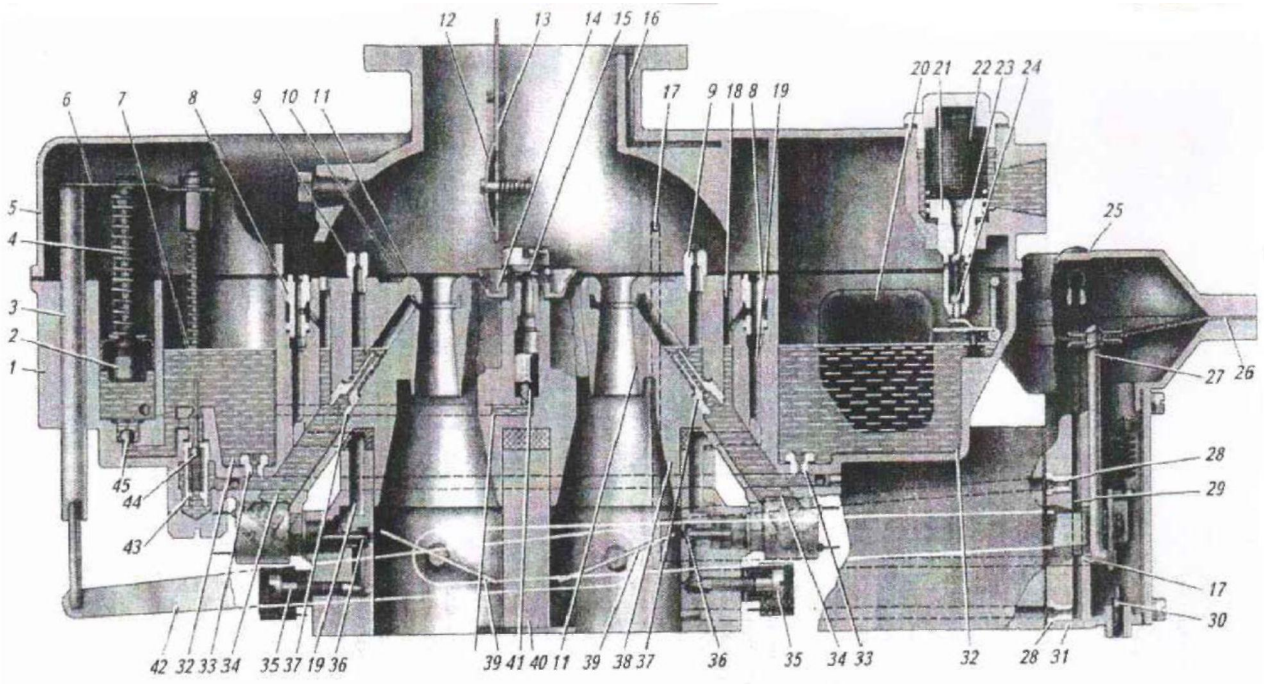


Рис. 2.134. Схема карбюратора К-90: *1* – корпус поплавковой камеры; *2* – поршень ускорительного насоса; *3* – шток привода экономайзера и ускорительного насоса; *4* – шток поршня ускорительного насоса; *5* – верхний корпус; *6* – планка привода ускорительного насоса и экономайзера; *7* – шток механического экономайзера; *8* – топливный жиклер системы холостого хода; *9* – воздушный жиклер; *10* – распылитель главной дозирующей системы; *11* – малый диффузор; *12* – клапан воздушной заслонки; *13* – воздушная заслонка; *14* – распылитель форсунки; *15* – форсунка ускорительного насоса; *16* – балансировочный канал; *17* – канал, соединяющий полости корпуса ограничителя частоты вращения с полостью воздушной горловины; *18* – канал подвода топлива к жиклеру системы холостого хода; *19* – эмульсионный канал системы холостого хода; *20* – поплавок; *21* – корпус клапана поплавка; *22* – сетчатый фильтр; *23* – клапан поплавка; *24* – стержень клапана поплавка; *25* – пневмокамера механизма ограничителя максимальной частоты вращения коленчатого вала; *26* – мембрана; *27* – шток мембраны; *28* – вакуумный жиклер; *29* – канал, соединяющий полость вакуумной камеры ограничителя частоты вращения с полостью смесительной камеры; *30* – упорный винт ограничения открытия дроссельных заслонок; *31* – корпус ограничителя частоты вращения; *32* – поплавковая камера; *33* – главный топливный жиклер; *34* – главный топливный канал; *35* – регулировочный винт состава топливовоздушной смеси в режиме холостого хода; *36* – электромагнитный клапан ЭПХХ; *37* – жиклер максимальной мощности; *38* – большой диффузор; *39* – дроссельная заслонка; *40* – корпус смесительных камер; *41* – нагнетательный клапан ускорительного насоса; *42* – рычаг привода дроссельных заслонок ускорительного насоса и экономайзера; *43* – корпус механического экономайзера; *44* – клапан экономайзера; *45* – впускной клапан ускорительного насоса

Работа карбюратора на различных режимах работы двигателя происходит следующим образом.

При пуске холодного двигателя воздушную заслонку *13* закрывают. Одновременно через систему рычагов и тяг немного открываются дроссельные заслонки *39*. При проворачивании коленчатого вала в смесительных камерах карбюратора создается сильное разрежение и через главные топливные жиклеры *33* в эмульсионные каналы *19* поступает бензин, а через жиклеры *8* – воздух. Образующаяся богатая бензином эмульсия через распылители *14* попадает в малые диффузоры *11* и далее через щели между кромками дроссельных заслонок и стенками корпуса *40* во впускной трубопровод двигателя. Эмульсия поступает также через два выходных отверстия системы холостого хода.

После того как двигатель начал работать, обогащение смеси уменьшается вследствие прохода воздуха через клапан *12* воздушной заслонки.

При работе двигателя на холостом ходу дроссельные заслонки *39* немного приоткрыты.

При малой частоте вращения на холостом ходу двигателя вакуум из его впускного газопровода передается через отверстия системы холостого хода в каналы *19*. Под действием этого вакуума топливо из поплавковой камеры карбюратора, пройдя жиклер *33*, направляется к жиклеру *8* системы холостого хода. Для получения необходимого состава смеси к топливу подмешивается воздух, поступающий в жиклер *8* через воздушную полость. Образующаяся при этом эмульсия поступает через отверстия системы холостого хода в смесительную камеру. При выходе из отверстий эмульсия смешивается с основным потоком воздуха.

Холостой ход регулируют упорным винтом (на схеме он не показан), ограничивающим закрытие дроссельных заслонок, и винтами *35*, изменяющими состав топливовоздушной смеси.

При работе двигателя на средних (частичных) нагрузках в карбюраторе с увеличением открытия дроссельной заслонки количество воздуха, проходящего через главный воздушный канал, увеличивается, в результате чего вакуум в малом диффузоре оказывается достаточным для вступления в работу главной дозирующей системы карбюратора. При этом топливо из поплавковой камеры поступает через жиклеры *33* и *37* к кольцевой канавке малого диффузора. В процессе движения к топливу подмешивается небольшое количество воздуха, проходящего через воздушный жиклер *9*. Вследствие этого образуется эмульсия и одновременно снижается вакуум около жиклеров *33* и *37*, чем достигается необходимый состав смеси.

При малых и средних нагрузках двигателя клапан *44* экономайзера с механическим приводом закрыт, карбюратор подает смесь экономичного состава.

При работе двигателя на полных нагрузках клапан *44* экономайзера с механическим приводом закрыт под действием пружины, прижимающей шариковый клапан к седлу. Клапан открывается, когда дроссельная заслонка находится в положении, близком к ее полному открытию, вследствие кинематической связи заслонки с рычагом *42*, штоком *3* и планкой *6*. При этом планка *6*, закрепленная на штоке *3*, через толкатель входит в соприкосновение с промежуточным толкателем и перемещает его вниз. Промежуточный толкатель нажимает клапан *44*, который отходит от седла. Топливо проходит через отверстие клапана и поступает в главный топливный канал *34*.

Дозировка топлива осуществляется жиклером *33* (седлом) и затем поступает к жиклеру *37*, проходное сечение которого рассчитано на приготовление смеси, обеспечивающей получение полной мощности двигателя.

При резком открытии дроссельной заслонки обогащение смеси происходит с помощью ускорительного насоса, привод которого объединен с механическим приводом клапана экономайзера. Когда заслонка прикрыта, поршень *2* ускорительного насоса, состоящий из втулки, штока, пружины и манжеты, находится в верхнем положении и полость над ним заполнена топливом, поступившим из поплавковой камеры через шариковый выпускной клапан *45*.

При резком открытии дроссельных заслонок рычаг *42* поворачивается и опускает привод поршня вместе с планкой *6*. В планке имеется отверстие, в которое свободно входит шток *4* поршня насоса.

Планка, опускаясь, сжимает пружину, заставляющую поршень насоса двигаться вниз. Впускной шариковый клапан *45* при этом прижимается к седлу в корпусе поплавковой камеры, и топливо по каналу поступает к выточке в форсунке, открывая по пути игольчатый нагнетательный клапан *41*. Затем топливо выходит в виде тонких струй из форсунки *15*, ударяется о стенки диффузоров, разбивается на мельчайшие частицы и, смешиваясь с воздухом, направляется во впускной топливопровод двигателя.

В результате упругой связи поршня ускорительного насоса с дроссельной заслонкой посредством пружины получается затяжной впрыск топлива и, кроме того, исключается действие насоса, тормозящее открытие заслонки. Привод ускорительного насоса выполнен так, что насос работает в первой половине открытия дроссельной заслонки.

Нагнетательный клапан *41* и воздушная полость распылителя *14* в корпусе форсунки *15* предотвращают поступление топлива через систему ускорительного насоса во время работы двигателя с большой частотой вращения при неизменном положении дроссельных заслонок

Главной отличительной особенностью карбюратора К-96 является применение электронного блока управления для ограничения максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя. В карбюраторе К-90 это осуществляется с помощью центробежного датчика.

4.8. Возможные неисправности и техническое обслуживание систем питания ДВС с искровым зажиганием и дизелей

На систему питания приходится 25–50 % всех неисправностей, наблюдаемых на автотракторных двигателях. На рабочий процесс и скорость изнашивания деталей двигателя большое влияние оказывает состояние системы очистки воздуха, всасываемого в цилиндры. С увеличением наработки ухудшаются рабочие характеристики воздухоочистителя – коэффициент пропуска абразивных частиц различного размера и сопротивление. Причины этого изменения – накопление пыли в фильтрующих элементах, а также снижение уровня и ухудшение свойств масла в поддоне. Повышение сопротивления вызывает увеличение разрежения во впускном коллекторе, что повышает опасность подсоса неочищенного воздуха через неплотности воздушного тракта, снижает степень наполнения цилиндров воздухом и, следовательно, мощность и экономичность двигателя.

Для своевременного обнаружения неисправностей в системе очистки и подачи воздуха контролируют герметичность системы, сопротивление воздухоочистителя и впускного тракта (по разрежению в нем) с помощью диагностических средств или штатных приборов.

О неудовлетворительной работе топливной аппаратуры свидетельствуют затрудненный пуск дизеля и неустойчивая работа, повышенная дымность отработавших газов, пониженные мощность и экономичность.

Затрудненный пуск и неустойчивая работа дизеля происходят из-за попадания в цилиндры воды, наличия в топливе воздуха, закоксовывания или залегания иглы в корпусе распылителя, чрезмерного износа прецизионных пар топливного насоса, неравномерности подачи топлива в цилиндры, значительного износа механизмов регулятора. Возможны также поломки пружин плунжеров, нагнетательных клапанов и форсунок, заедание рейки

топливного насоса или муфты регулятора, неисправность подкачивающего насоса.

Причиной повышенной дымности отработавших газов является неполное сгорание топлива из-за неудовлетворительной работы форсунок, слишком раннее или, наоборот, позднее впрыскивание топлива в цилиндры, чрезмерная подача топлива, недостаток воздуха (при сильном засорении воздухоочистителя).

Форсунки обеспечивают нормальное протекание рабочего процесса при хорошем впрыскивании и распыливании топлива под определенным давлением. По мере изнашивания деталей форсунки и снижения упругости пружины давление начала впрыскивания топлива уменьшается, а следствием этого являются увеличение объема впрыскиваемого топлива и угла начала впрыскивания, изменение мощности и экономичности. При значительном снижении давления впрыскивания топливо может подтекать из распылителя после посадки иглы в седло, что быстро приводит к его *закоксовыванию*, ухудшению качества распыливания, зависанию иглы. Закоксовывание проходных сечений распылителей определяет изменение пропускной способности и неравномерность работы дизеля.

Работоспособность системы питания нарушается также при *неисправности простейших вспомогательных устройств* – бака, топливопроводов и их соединений, фильтров, топливоподкачивающего насоса.

Иногда топливо плохо подается в систему вследствие *засорения отверстия* (обычно в пробке), сообщающего бак с атмосферой. При этом по мере расхода топлива в баке создается разрежение, и топливо не подается в систему питания.

Нередки случаи, когда топливо не поступает или поступает с перебоями из-за *подсоса воздуха в систему питания.* При этом в каналах топливных фильтров и топливного насоса образуются воздушные пробки. Пуск дизеля при этом затруднен, так как топливо к форсункам поступает с перебоями, не создается нужное давление для впрыскивания. Дизель либо не дает вспышек, либо «схватывает», дает отдельные вспышки, но не заводится.

Прекращение подачи топлива к топливному насосу высокого давления или подача его с перебоями и в недостаточном объеме наблюдается также при засорении топливопровода (попадание соринок, ниток, клочков обтирочных материалов, применяемых при обслуживании трактора). В зимнее время причиной прекращения подачи топлива может быль образование в топливопроводах и отстойниках фильтров ледяных пробок при заправке топлива с примесью воды.

Уменьшение или полное прекращение подачи топлива диафрагменным насосом может быть вызвано подсосом воздуха в соединениях, разрывом диафрагмы, поломкой пружины диафрагмы и неплотным закрытием клапанов. Чтобы устранить подсос воздуха, уплотняют зазоры в соединениях. Разорванную диафрагму и поломанную пружину заменяют. При неплотном закрытии клапанов разбирают насос; клапаны, их гнезда и пружины очищают и промывают в бензине.

Обнаруженные в процессе работы двигателя подтекания топлива устраняют, подтягивая накидные гайки, полые болты, штуцера и при необходимости заменяя уплотняющие прокладки.

Неисправности карбюратора часто приводят к образованию горючей смеси, не соответствующей режиму работы двигателя: слишком богатой или слишком бедной. Переобогащение смеси может быть следствием повышения уровня топлива в поплавковой камере карбюратора, неполного открытия воздушной заслонки, увеличения пропускной способности жиклеров, негерметичности клапанов экономайзера и некоторых других причин. Переобеднение смеси может быть вызвано засорением фильтра, жиклеров и каналов карбюратора, недостаточной подачей топлива из-за неисправностей подкачивающего насоса, проникновением воздуха между фланцем карбюратора. Многие эти неисправности можно устранить, разбирая фильтр и карбюратор и промывая их детали.

Для поддержания системы питания двигателя в работоспособном состоянии проводят регламентные операции планового технического обслуживания. К таким операциям относятся:

– слив отстоя из топливных фильтров грубой и тонкой очистки и топливных баков;

– проверка засоренности и очистка воздушных фильтров;

– проверка герметичности впускного тракта и фильтра;

– замена фильтрующих элементов воздушных и топливных фильтров;

– проверка форсунок на давление впрыска и качество распыливания топлива;

– проверка топливных насосов высокого давления на стенде.

Техническое обслуживание системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода (САУ ЭПХХ) карбюраторов К-90 и К-96 в условиях эксплуатации заключается в поддержании чистоты контактов датчика положения дроссельных заслонок. При сезонном обслуживании надо промыть детали электромагнитных клапанов в чистом бензине и заменить (если требуется) уплотнительные кольца. После технического обслуживания надо восстановить пломбировку выводов проводов.

4.9. Регуляторы частоты вращения

4.9.1 Общие сведения

При работе тракторов и автомобилей нагрузка на их двигатели зависит от рельефа местности, свойств почвы, других условий и колеблется в широких пределах. Изменение нагрузки на двигатель при постоянной подаче топлива вызывает изменение частоты вращения коленчатого вала и, следовательно, поступательной скорости движения трактора и автомобиля. Для качественного выполнения многих сельскохозяйственных работ нужны постоянная поступательная скорость движения машинно-тракторного агрегата и постоянная частота вращения вала механизма отбора мощности. При колебаниях нагрузки это осуществимо лишь в том случае, если одновременно изменяется количество подаваемого в цилиндр двигателя топлива или топливовоздушной смеси.

Заданный скоростной режим двигателя поддерживается специальным механизмом – регулятором частоты вращения, который при непостоянной нагрузке автоматически изменяет положение рейки ТНВД или открытие дроссельной заслонки карбюратора, а значит, и количество топлива или топливовоздушной смеси, подаваемых в цилиндры двигателя.

По числу регулируемых режимов различают *одно-*, *двух- и всережимные* регуляторы. Упрощенные схемы механических центробежных регуляторов приведены на рис. 2.135, *а*, *б*.

В автотракторных дизелях наибольшее распространение нашел всережимный регулятор с центробежным чувствительным элементом *4* (рис. 2.135, *а*).

Могут использоваться также пневматические, гидравлические и электрические чувствительные элементы; тогда такие автоматические регуляторы называют пневматическими, гидравлическими и электрическими (электронными).

В пневматических регуляторах, действующих на рейку ТНВД или дроссельную заслонку карбюратора, использованы скоростной напор или разрежение во впускном трубопроводе двигателя, а в центробежных – центробежная сила вращающихся масс (грузов). Пневмоцентробежный регулятор состоит из двух механизмов: центробежного и исполнительного с диафрагменным приводом, воздействующим на дроссельную заслонку карбюратора.

Электронные регуляторы позволяют осуществлять более гибкое и эффективное регулирование частоты вращения. При этом наибольший эффект

использования электронного регулятора достигается, когда он вместе с топливной системой с электронным управлением (рис. 2.91, рис. 2.92) встраивается в микропроцессорную систему управления дизелем и является, следовательно, частью этой системы (электронный блок управления *15*, рис. 2.91).

Рассмотрим работу всережимного регулятора по упрощенной схеме на рис. 2.135, *а*. При установившемся режиме центробежная сила грузов *4* уравновешивается натяжением пружины *1*, задаваемым рычагом управления *5*. При увеличении частоты вращения грузы *4* перемещают муфту *3* влево и передвигают рейку *6* топливного насоса в сторону уменьшения цикловой подачи $V_ц$. Уменьшение подачи топлива приводит к уменьшению частоты вращения и поддержанию ее в заданном диапазоне. Снижение частоты вращения приводит к перемещению рейки *6* под действием пружины *1* в сторону увеличения цикловой подачи и, следовательно, увеличению частоты вращения и поддержанию ее в заданном диапазоне.

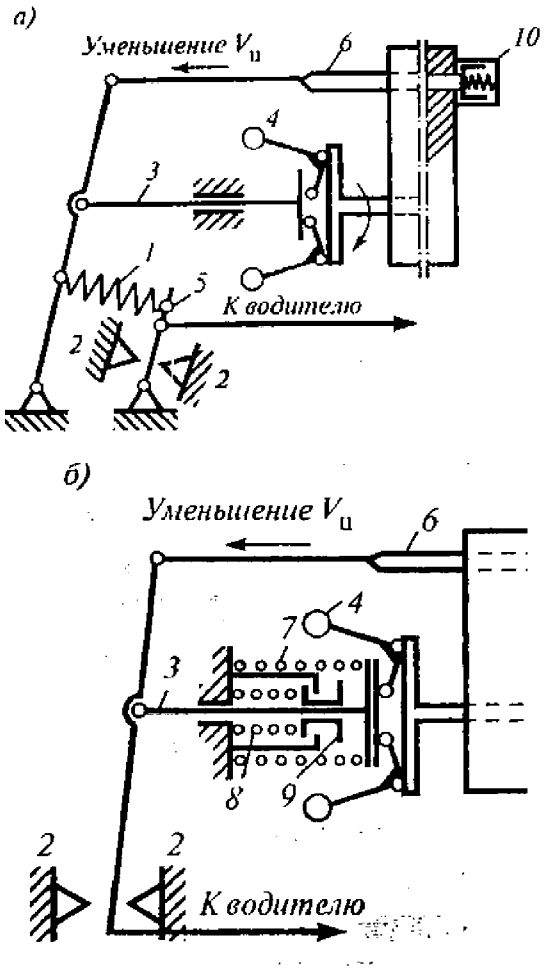


Рис. 2.135. Схемы механических центробежных регуляторов: *а* – всережимного; *б* – двухрежимного; *1* – пружина; *2* – упор; *3* – муфта; *4* – грузы; *5* – рычаг; *6* – рейка топливного насоса; *7* – менее жесткая пружина; *8* – более жесткая пружина; *9* – втулка; *10* – корректор; $V_ц$ – цикловая подача

Водитель, устанавливая положение рычага управления *5*, таким образом задает диапазон, в котором может изменяться частота вращения вала двигателя при изменении нагрузки. Так, при промежуточном положении рычага *5* обеспечивается поддержание частоты вращения, например, на промежуточном режиме между n_{max} и n_{min}.

Водитель, перемещая рычаг управления *5* вправо (до упора *2*), увеличивает натяжение пружины. Центробежная сила грузов в этом случае сможет преодолеть сопротивление пружины при более высокой частоте вращения, соответствующей полному нажатию на педаль управления подачей топлива.

Двухрежимные регуляторы позволяют осуществить регулирование двух скоростных режимов путем использования двух пружин с различной предварительной деформацией и жесткостью (пружины *7* и *8* на рис. 2.135, *б*). Пружина *7* с меньшей предварительной деформацией и жесткостью начинает сжиматься под действием центробежных сил грузов *4* при частоте вращения n_1, муфта *3* передвигается влево и перемещает рейку *6* топливного насоса в сторону уменьшения цикловой подачи топлива. Это приводит к резкому уменьшению крутящего момента $M_к$. При большей частоте вращения n_2 муфта регулятора достигнет втулки *9* и остановится, так как втулка находится под воздействием сильной пружины *8*, установленной с большой предварительной затяжкой. При дальнейшем изменении частоты вращения в пределах от n_2 до n_3 регулятор не воздействует на рейку топливного насоса и подачей топлива управляет водитель. При частоте вращения n_3 центробежная сила грузов оказывается равной суммарному усилию пружин *7* и *8*. Поэтому дальнейшее увеличение частоты вращения вызывает перемещение муфты и рейки в сторону уменьшения цикловой подачи топлива. Рассмотренный регулятор обеспечивает две зоны регулирования: «А» (минимальная частота вращения) и «Б» (максимальная частота вращения). Между этими двумя зонами регулирование частоты вращения осуществляется водителем, воздействующим на рейку ТНВД (дозатор, дозирующий золотник).

Двухрежимные регуляторы в условиях городского движения автомобиля с дизелем обеспечивают уменьшение дымности ОГ и снижение расхода топлива на 5–7 % по сравнению с всережимным регулятором. Это происходит в основном потому, что при разгонах всережимный регулятор, как правило, переводит рейку топливного насоса в положение, соответствующее режиму полной подачи, а потом уже устанавливается цикловая подача в соответствии с нагрузкой. При использовании двухрежимного регулятора рейку перемещает водитель и имеет возможность избегать резких нажатий на педаль управления.

В свою очередь, всережимные регуляторы более универсальны. Их способность автоматически поддерживать заданную частоту вращения коленчатого вала двигателя удобна в управлении автомобилем и работой вспомогательных агрегатов автомобиля (подъемник самосвала, автопогрузчик и т. д.). Особенно эффективен всережимный регулятор на дизелях тракторов и дорожных машин.

Всережимные регуляторы в основном сохраняют преимущества двухрежимного регулятора по топливной экономичности и дымности. В то же время устраняется основной недостаток двухрежимного регулятора – менее устойчивая работа дизеля в диапазоне между зонами «А» и «Б» центробежного регулирования.

Для обеспечения требуемого коэффициента запаса крутящего момента регулятор дополняется *прямым корректором.* Одним из используемых конструктивных исполнений прямого корректора является подвижный упор рейки топливного насоса (рис. 2.135, *а*). При работе дизеля на внешней скоростной характеристике уменьшение частоты вращения от $n_{ном}$ до n_{max} приводит к перемещению рейки *6* и упора рейки, находящегося в корпусе корректора *10*, вправо, в сторону увеличения цикловой подачи. Перемещение рейки происходит под действием основной пружины регулятора *1*, которая при уменьшении частоты вращения преодолевает центробежную силу грузов и противодействие пружины корректора *10*.

Прямой корректор увеличивает цикловую подачу топлива в режиме перегрузки на 15–35 %, а встроенный в регулятор пусковой обогатитель увеличивает цикловую подачу примерно вдвое.

Однорежимные центробежные регуляторы поддерживают только один скоростной режим максимальной частоты вращения (двигатели П-10УД, П-350).

4.9.2. Основные характеристики регулятора

Регулятор, с одной стороны, должен быть достаточно чувствителен к изменению частоты вращения, а с другой – не должен непрерывно дергать рейку.

Для качественной оценки способности регулятора поддерживать заданный скоростной режим двигателя при изменении нагрузки используют понятие *степени неравномерности автоматического регулятора* δ.

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_{ср}}, \quad (9)$$

где ω_{max}, ω_{min} – максимальная и минимальная угловая частоты вращения валика топливного насоса при работе регулятора;

$\omega_{ср} = \frac{\omega_{max} + \omega_{min}}{2}$ – средняя угловая частота вращения валика топливного насоса.

Степень неравномерности регулятора у отечественных дизелей находится в пределах 0,07–0,08.

Степень нечувствительности регулятора характеризует относительный интервал угловых скоростей, когда регулятор не реагирует на изменение $\omega_р$.

$$\varepsilon = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_{ст}}, \quad (10)$$

где ω_2, ω_1 – наибольшая и наименьшая угловые частоты вращения, по достижении которых регулирующий механизм начинает работать: $\omega_1 = \omega_{ст} - \Delta\omega$, $\omega_2 = \omega_{ст} + \Delta\omega$; $\omega_{ст}$ – устойчивая угловая частота вращения валика топливного насоса;

У современных регуляторов степень нечувствительности составляет 0,025–0,03.

Уменьшенная чувствительность регулятора приводит к увеличению максимальной частоты вращения, интенсивному изнашиванию деталей двигателя и перерасходу топлива. Повышенная чувствительность сопровождается износом регулирующего механизма и связанных с ним деталей насоса.

4.9.3. Устройство и работа всережимного регулятора ТНВД 4УТНМ (И) дизелей Д-242, Д-243, Д-244

Корпус регулятора *1* (рис. 2.136, *а*) закреплен на фланце корпуса ТНВД. В корпусе находится хвостовик кулачкового вала *7*, на лыску которого напрессована ведущая упорная шайба *6*. На цилиндрическую часть хвостовика свободно надета ступица *4* грузов регулятора, установлены упорный подшипник *3* и подвижная муфта *21*. Шайба *6* и ступица *4* соединены резиновыми сухарями *5* амортизатора, которые передают вращение и служат упругим звеном регулятора, уменьшающим неравномерность вращения грузов.

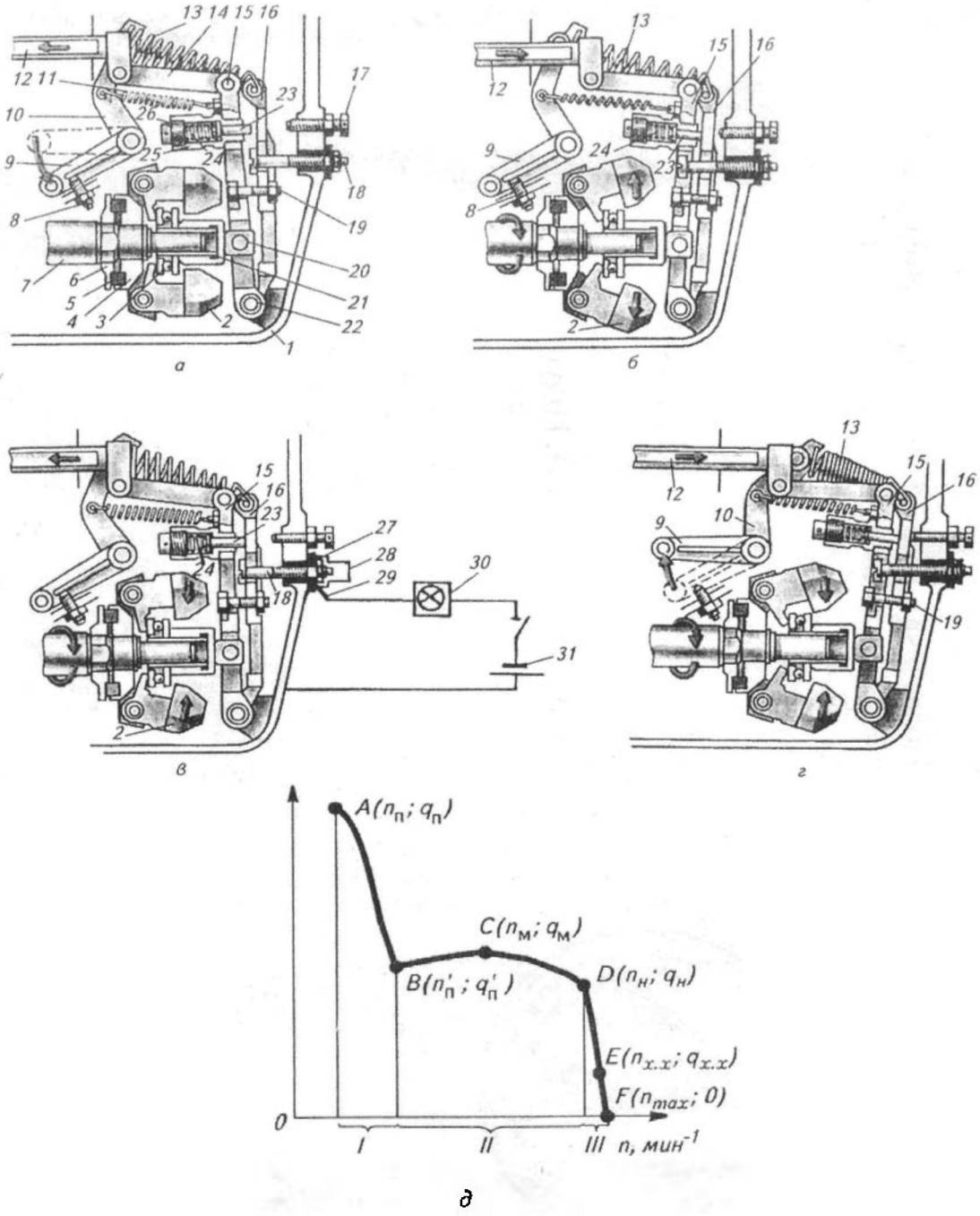


Рис. 2.136. Схемы действия регулятора насоса 4УТНМ или 4УТНИ на различных режимах работы дизеля: *а* – во время пуска; *б* – при максимальной частоте вращения холостого хода; *в* – при кратковременной перегрузке; *г* – при сбросе нагрузки и остановке дизеля; *д* – скоростная характеристика ТНВД с регулятором; *1* – корпус регулятора; *2* – груз регулятора; *3* – упорный подшипник втулки; *4* – ступица груза; *5* – резиновый сухарь; *6* – упорная шайба привода; *7* – кулачковый вал насоса; *8* – винт максимальной частоты вращения; *9* – наружный рычаг с валиком; *10* – внутренний рычаг; *11* – пружина обогатителя; *12* – рейка насоса; *13* – пружина регулятора; *14* – тяга рейки; *15* – промежуточный рычаг; *16* – основной рычаг; *17* – винт; *18* – винт номинальной подачи топлива; *19* – болт регулировки пусковой подачи топлива; *20* – пята; *21* – подвижная муфта; *22* – ось рычагов; *23* – шток корректора; *24* – пружина корректора; *25* – корпус корректора; *26* – винт корректора; *27* – изолирующая втулка; *28* – колпачок; *29* – контактная шайба; *30* – световой указатель (лампа); *31* – источник электропитания; *I*, *II* и *III* – соответственно пусковой, корректорный и регуляторный участки характеристики; *n* – частота вращения; *q* – цикловая подача

В корпусе *1* закреплена ось *22*, на которой установлены основной *16* и промежуточный *15* рычаги. В основной рычаг *16* ввернут болт *19* регулировки пусковой подачи топлива. Он ограничивает поворот промежуточного рычага *15* относительно основного. На промежуточном рычаге закреплены упорная пята *20*, корпус *25* корректора подачи топлива, шпилька для крепления пружины *11* обогатителя и тяга *14* рейки топливного насоса. Основной рычаг *16* с помощью пружины *13* регулятора и серьги соединен с внутренним рычагом *10*. Последний закреплен на валике, вращающемся в корпусе регулятора. С наружной стороны корпуса валик заканчивается рычагом *9* управления регулятором. В приливе корпуса закреплен регулировочный винт *8* максимальной частоты вращения, который ограничивает поворот рычага *9* в сторону увеличения частоты вращения. Головка регулировочного болта *18* номинальной подачи топлива ограничивает перемещение основного рычага *16* в сторону увеличения подачи. Поворот рычага в противоположную сторону ограничивается винтом *17*.

При работе дизеля вращение передается кулачковому валу *7* топливного насоса и упорной шайбе *6* привода. Через резиновые сухари *5* вращение передается ступице *4* грузов. Грузы *2* при вращении расходятся в стороны и своими внутренними рычагами через упорный подшипник *3* перемещают по валу подвижную муфту *21*. Это перемещение передается через пяту *20*, рычаг *15* и тягу *14* рейке топливного насоса. Перемещаясь, промежуточный рычаг *15* упирается в основной рычаг *16*, растягивая пружину *13* регулятора.

При пуске дизеля наружный рычаг *9* управления регулятора поворачивают до упора в винт *8* максимальной частоты вращения. Внутренний рычаг *10*, поворачиваясь одновременно с рычагом *9*, растягивает пружину *13*, которая перемещает основной рычаг *16* регулятора до упора в головку болта *18* номинальной подачи топлива. Пружина *11* обогатителя перемещает промежуточный рычаг *15* до упора в головку регулировочного болта *19*. При этом рейка *12* займет положение, соответствующее пусковой подаче топлива (точка *А*, рис. 2.136, *а*).

После пуска дизеля увеличивается частота вращения коленчатого вала и, следовательно, кулачкового вала топливного насоса. При возрастании центробежной силы грузов *2* (рис. 2.136, *а*) они расходятся и внутренними рычагами, преодолевая усилие пружины *11* обогатителя, перемещают подвижную муфту *21* и промежуточный рычаг *15* с рейкой насоса в сторону уменьшения цикловой подачи топлива.

При максимальной частоте вращения холостого хода двигатель не загружен. При этом рычаг *9* (рис. 2.136, *б*) прижат к винту *8*. На таком режиме

центробежная сила грузов *2* уравновешивается усилием пружины *13*, а рейка *12* насоса устанавливается в положение, соответствующее цикловой подаче топлива на холостом ходу (точка *E*, рис. 2.136, *д*). Рычаги *15* и *16* (рис. 2.136, *б*) прижаты один к другому и работают как одно целое. Шток *23* корректора утоплен, а пружина *24* сжата.

При увеличении нагрузки частота вращения коленчатого вала и, следовательно, топливного насоса снижается. Уменьшается центробежная сила грузов *2* и рычаги *15* и *16* под действием пружины *13* перемещаются в сторону увеличения цикловой подачи топлива. При номинальной частоте вращения основной рычаг *16* подойдет вплотную к головке регулировочного болта *18* номинальной подачи топлива. В этом положении устанавливается подвижное равновесие силы растянутой пружины *13* регулятора и центробежной силы грузов *2*. Номинальная цикловая подача топлива соответствует точке *D* (рис. 2.136, *д*).

При кратковременных перегрузках частота вращения дизеля падает и центробежная сила грузов *2* (рис. 2.136, *в*) снижается. Пружина *24* корректора распрямляется и нажимая через шток *23* на основной рычаг *16*, остановленный болтом *18*, перемещает промежуточный рычаг *15* в сторону увеличения цикловой подачи топлива, что соответствует точке *C* (рис. 137, *д*). Это позволяет увеличить крутящий момент дизельного двигателя и преодолеть кратковременную перегрузку.

Для остановки дизеля рычаг *9* (рис. 2.136, *г*) управления регулятором поворачивают в сторону от винта *8*. При этом рычаг *10* через пружину *13* переместит основной рычаг *16*, связанный болтом *19* с рычагом *15*, вправо и рейка *12* топливного насоса сдвинется в сторону прекращения подачи топлива. В режиме принудительного холостого хода на большой частоте вращения промежуточный рычаг переводится на выключение подачи топлива под действием возросшей центробежной силы грузов.

Рассмотренные схемы работы регулятора соответствуют режиму работы, при котором рычаг *9* (рис. 2.136, *а*) управления упирается в винт *8* максимальной частоты вращения коленчатого вала.

При установке рычага *9* управления регулятором в промежуточном положении можно изменить степень растяжения пружины *13* регулятора и задать любой другой скоростной режим работы двигателя.

Номинальную частоту вращения коленчатого вала регулируют винтом *18* номинальной подачи топлива. В режиме пуска подачу топливного насоса регулируют болтом *19*, соединяющим промежуточный и основной рычаги

регулятора. Топливоподачу корректора регулируют, изменяя число прокладок под шток *23*. Минимальную частоту вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу ограничивает винт *17* на задней стенке корпуса регулятора.

Сигнализатор загрузки двигателя (СЗД) предназначен для сообщения оператору информации о степени загрузки дизеля и выбора им наиболее экономичного режима работы. В СЗД входят датчик, смонтированный в регуляторе, и контрольная лампа, установленная в щитке приборов. Датчик и лампа последовательно включены в электрическую цепь. Датчик представляет собой болт *18* (рис. 2.136, *в*) номинальной подачи топлива, изолированный от «массы» пластмассовой втулкой *27*. При выполнении трактором полевых работ основной рычаг *16* регулятора постоянно колеблется и при соприкасании с головкой болта номинальной подачи топлива включает контрольную лампу *30* сигнализатора, которая указывает на следующие режимы работы:

– недогрузка и повышенный расход топлива – лампа не горит;

– перегрузка и повышенный расход топлива – лампа горит постоянно или периодически затухает;

– нормальная загрузка в наиболее экономичном режиме – лампа загорается периодически.

На некоторых тракторах вместо одной сигнальной лампы устанавливают три лампы разного цвета, которые в сочетании с электронным блоком выдают постоянные световые сигналы: зеленый – норма, красный – перегрузка, желтый – недогрузка.

Для смазывания деталей насоса и его регулятора, полости корпусов которых сообщаются между собой, применяется моторное масло смазочной системы дизеля.

Пневматический корректор (ограничитель дымления) насоса 4УНТМ-Т предназначен для снижения дымности отработавших газов дизельного двигателя с турбонаддувом. При этом ТНВД модифицируют путем установки в корпус регулятора пневматической камеры с диафрагмой *4* (рис. 2.137), штоком *3* и путем изменения конструкции основного рычага. Полость диафрагмы (*В*) сообщается с впускным коллектором дизеля с помощью воздухоотвода.

При наличии во впускном трубопроводе избыточного давления более 0,04 МПа шток *3*, связанный с диафрагмой *4*, находится в переднем положении и не препятствует повороту основного рычага *2* до упора в головку болта *8* номинальной подачи топлива. Если во впускном трубопроводе, а, следовательно, и в полости «В» корректора давление снижается, то пружина *9*

на штоке перемещает его с ограничителем и диафрагму назад. При этом упор *1* штока поворачивает назад основной рычаг *2*, который через промежуточный рычаг *10* перемещает назад рейку, что приводит к уменьшению цикловой подачи на 25–30 %. Это позволяет избежать чрезмерного дымления двигателя при снижении давления наддува, при перегрузе, а также при резком повороте рычага *7* в сторону винта *6* в процессе разгона, что позволяет повысить топливную экономичность.

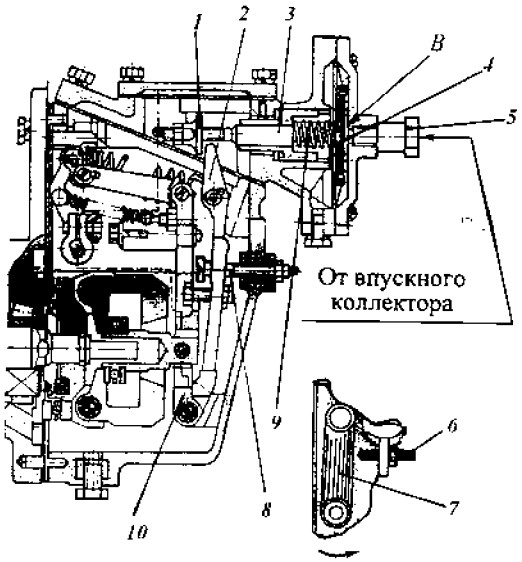


Рис. 2.137. Пневматический корректор (ограничитель дымления) ТНВД 4УТНМ(И)-Т дизеля Д-245.5, Д-245 с турбонаддувом: *1* – ограничитель (упор); *2* – основной рычаг; *3* – шток; *4* – диафрагма; *5* – штуцер воздухопровода; *6* – винт регулировки максимальной частоты вращения; *7* – рычаг; *8* – болт номинальной подачи топлива; *9* – пружина; *10* – промежуточный рычаг; *B* – полость диафрагмы

Пневмогидравлический корректор подачи топлива по наддуву применен в дизелях ЯМЗ-238БЕ2, ЯМЗ-238ДЕ2, укомплектованных топливными насосами высокого давления рядного типа модели «173».

Корректор подачи топлива по наддуву (рис. 2.138) установлен на верхней части корпуса регулятора. К проставке *20* с помощью болтов крепятся корпус корректора *16*, корпус мембраны *5* и крышка корректора *14*. Внутри корпуса корректора расположена пара поршень *13* и золотник *12*. Через упор *2* поршень поджимается пружиной *4* к корпусу корректора. На упоре установлена гильза *1* упора, которая пружиной *3* постоянно поджимается к регулировочному болту *21* рычага *19*. Рычаг установлен на оси *18* в проставке. На одном конце рычага расположен регулировочный болт с гайкой, а другой конец при работе корректора непосредственно воздействует на рейку ТНВД. В корпусе мембраны располагается выполненная из специальной ткани мембрана в сборе со штоком *9*, закрытая крышкой *6*. В крышке выполнено отверстие

для подвода воздуха от впускного коллектора двигателя. Рычаг *17*, установленный на оси, служит для передачи движения от штока к золотнику *12*. В золотник упирается пружина корректора *11*. Для изменения ее предварительного сжатия в крышку *14* корректора ввернут корпус *10* пружины. На корпус навернута контргайка и колпачок. В корпус корректора ввернут штуцер *15* подвода масла из системы смазки двигателя.

Уплотнение сопряженных деталей корректора по наддуву осуществляется с помощью паронитовых прокладок.

При неработающем двигателе давление масла в системе смазки и воздуха во впускных коллекторах отсутствует. Пружина *4* поджимает поршень *13* с упором *2* к корпусу корректора *16*. Пружина корректора *11* поджимает золотник *12* и шток *9* с мембраной до упора в крышку мембраны.

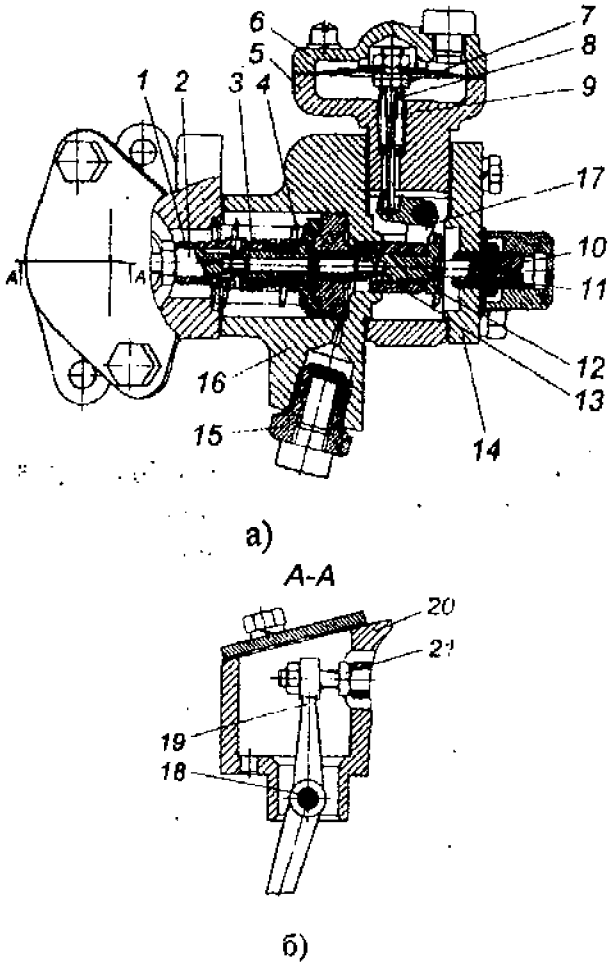


Рис. 2.138. Корректор подачи топлива по наддуву ТНВД дизелей ЯМЗ-238БЕ2, ЯМЗ-238ДЕ2: *а* – горизонтальный разрез; *б* – вертикальный разрез; *1* – гильза упора; *2* – упор; *3* – пружина гильзы; *4* – пружина поршня; *5* – корпус мембраны; *6* – крышка мембраны; *7* – контргайка штока мембраны; *8* – пружина; *9* – шток с мембраной; *10* – корпус пружины корректора; *11* – пружина корректора; *12* – золотник; *13* – поршень; *14* – крышка корректора; *15* – штуцер подвода масла; *16* – корпус корректора; *17* – рычаг; *18* – ось рычага; *19* – рычаг; *20* – проставка; *21* – регулировочный болт рычага

При пуске двигателя масло из системы смазки двигателя через ввертыш *15* начинает поступать в поршневую полость корректора и через открытые сливные окна поршня, осевые каналы золотника, поршня и упора сливается в полость регулятора.

При выходе двигателя на режим холостого хода рейка ТНВД перемещается из стартового положения в сторону уменьшения подачи. Вслед за рейкой под действием пружины *3* перемещается гильза *1*, поворачивая рычаг *19*. Перемещение гильзы относительно упора приводит к перекрытию сливных окон до упора, в результате чего свободный слив прекращается, давление масла в подпоршневой полости увеличивается; и поршень начинает перемещаться влево в свое рабочее положение. Перемещение поршня продолжается до момента открытия сливных окон поршня торцовой рабочей кромкой золотника.

При работе двигателя под нагрузкой и увеличении частоты вращения коленчатого вала давление воздуха в полости мембраны увеличивается. Мембрана деформируется, шток перемещает рычаг *17* корректора, который в свою очередь сдвигает золотник корректора вправо. При этом площадь проходного сечения, через которую происходит перетекание масла из подпоршневой полости в осевой канал поршня, увеличивается, давление масла в подпоршневой полости уменьшается, и поршень вместе с упором под действием пружины смещается вправо, восстанавливая свое положение относительно золотника. Вслед за поршнем и упором под действием стартовой пружины, перемещается рейка ТНВД. Таким образом, увеличение давления воздуха в полости мембраны приводит к увеличению цикловой подачи топлива. Перемещение рейки сопровождается поворотом рычага *19*, при этом величина перемещения рейки и изменения цикловой подачи определяется величиной перемещения поршня и упора.

При уменьшении частоты вращения коленчатого вала давление турбокомпрессора падает, уменьшается давление в полости мембраны, золотник *12* под действием пружины *11* смещается влево и рабочая кромка торцевой поверхности золотника перекрывает сливные окна поршня. В подпоршневой полости давление масла растет, поршень сдвигается влево до момента открытия сливных окон и через упор *2* и рычаг *19* сдвигает рейку в сторону уменьшения подачи.

Таким образом, изменение давления воздуха в полости мембраны приводит к изменению положения золотника, поршень автоматически отслеживает положение золотника и обеспечивает соответствующее перемещение

рейки ТНВД. Величина перемещения рейки и изменение цикловой подачи определяется величиной перепада давления в полости мембраны и характеристикой пружины корректора.

При увеличении давления надува около 0,06 МПа (0,6 кгс/см^2) ограничение подачи корректором снимается.

При останове двигателя корректор обеспечивает автоматическое включение пусковой подачи.

4.9.4. Устройство и работа всережимного регулятора ТНВД распределительного типа дизелей ЯМЗ

Валик *13* (рис. 2.119) регулятора установлен вертикально. Он приводится во вращение от кулачкового вала *38* через конические зубчатые колеса *33* и *32*. Со ступицей *31* регулятора шарнирно соединены грузы. Ступица *31*, на которой свободно установлена муфта *1* (рис. 2.119, *а*), соединена с валиком 6 (или *13* на рис. 2.119) посредством пружины. При увеличении или уменьшении частоты вращения валика *6* изменяется положение грузов, муфты, соединенного с ней вильчатого рычага *4* и дозаторов *10*, а, следовательно, и цикловая подача топлива.

При номинальной нагрузке дизеля, соответствующей номинальному скоростному режиму, рычаг *14* управления подачей топлива поворачивают рычагом *13* до упора в винт *12* регулировки скоростного режима. Пружина *15* растягивается, и ее действие на вильчатый рычаг *4* уравновешивает центробежную силу грузов *2*. Система тяг устанавливает дозаторы *10* в положение номинальной подачи топлива.

При кратковременной перегрузке двигателя частота вращения коленчатого вала уменьшается от номинальной $n_н$ (рис. 2.136, *д*) до значения $n_м$ при максимальном крутящем моменте, муфта *1* (рис. 2.139) опускается, а рычаги *4* регулятора и *21* корректора поворачиваются против хода часовой стрелки. При этом рычаг *21*, преодолевая сопротивление пружины *19* корректора, перемещает шток *20* в корпусе *16* до упора в ограничитель *17*, а система тяг поднимает дозаторы *10* выше. Цикловая подача топлива увеличивается от $q_н$ (рис. 2.136, *д*) до $q_м$.

При пуске дизеля рычаг *14* (рис. 2.139) поворачивают до упора в рычаг *13*. Под действием пружины *8* обогатителя вильчатый рычаг *4* выбирает зазор *h* в соединении с осью *22*, и система рычагов и тяг устанавливает дозаторы *10* в крайнее верхнее положение, увеличивая цикловую подачу топлива от $q_м$

до $q_{\text{п}}$. После первых вспышек частота вращения коленчатого вала быстро увеличивается и центробежная сила, развиваемая грузами *2* (рис. 2.139), перемещает муфту *1* вверх, преодолевая сопротивление пружин *15* и *8*. Зазор *h* восстанавливается, и рычаг *4* через систему тяг перемещает дозаторы *10* вниз, уменьшая цикловую подачу топлива.

Для остановки дизеля рычаг *14* поворачивают до упора левого плеча рычага *13* в винт *11* «Стоп». При этом пружина *15* перестает действовать на вильчатый рычаг *4* и он, поворачиваясь по ходу часовой стрелки, через систему тяг перемещает дозаторы *10* вниз до положения, соответствующего прекращению подачи топлива.

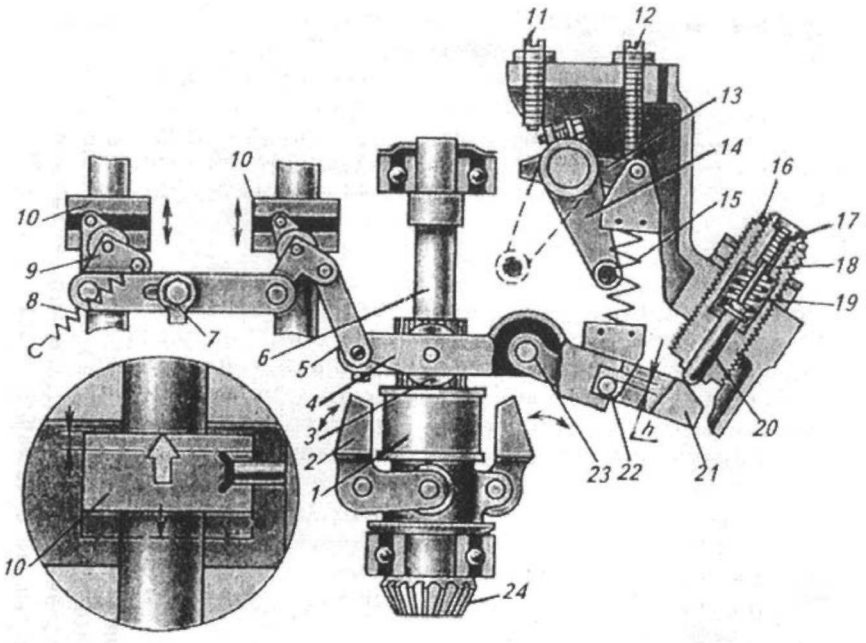


Рис. 2.139. Схема работы всережимного регулятора ТНВД распределительного типа: *1* – муфта регулятора; *2* – груз; *3* – ролик; *4* – основной (вильчатый) рычаг; *5* – тяга; *6* – валик регулятора; *7* – болт регулировки равномерности подачи топлива по секциям; *8* – пружина обогатителя (пусковой подачи); *9* – поводок; *10* – дозатор; *11* – упорный винт выключения подачи; *12* – винт регулировки скоростного режима; *13* – внутренний рычаг; *14* – наружный рычаг управления подачей топлива; *15* – пружина регулятора; *16* – корпус корректора; *17* – ограничитель; *18* – резьбовая втулка; *19* – пружина корректора; *20* – шток корректора; *21* – рычаг корректора; *22* – ось серьги пружины; *23* – ось основного рычага; *24* – зубчатое колесо

4.9.5. Возможные неисправности и техническое обслуживание всережимных регуляторов

ТНВД и регулятор смазываются централизованно от смазочной системы дизеля через специальное маслоподводящее отверстие. Необходимо следить, чтобы подвод и слив масла из ТНВД были в исправном состоянии. При на-

рушении (блокировке) подвода или слива масла ТНВД и регулятор могут быть сильно повреждены.

Для дизелей Д-245 и Д-260 и их модификаций пневмокорректором по наддуву предусмотрена регулировка начала действия пневмокорректора, которое фиксируется по началу движения штока и должно быть в пределах от 0,015 до 0,020 МПа. Регулировку производят на стенде с регулируемым давлением в полости пневмокорректора при 0,06–0,08 МПа. В новый ТНВД и в ТНВД после ремонта заливают 250 г моторного масла через заливное отверстие в верхней крышке регулятора.

Основная возможная неисправность всережимных регуляторов – их разрегулировка, т. е. недопустимое изменение координат точек *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F* (рис. 2.136, *д*) скоростной характеристики. Регуляторы проверяют и при необходимости регулируют в мастерских на специальных стендах.

Примечание. Демонтаж корректора по наддуву регулятора ТНВД модели «173» вместе с проставкой *20* (рис. 2.138) в эксплуатации не рекомендуется, так как затем возможна неправильная установка рычага *19* относительно рейки, ведущая к разносу двигателя.

В случае необходимости демонтажа (например, при ремонте) при последующей установке корректора на регулятор отведите скобой кулисы двигателя рейку насоса в положение выключенной подачи и вставьте корректор проставкой в корпус регулятора. Затем отпустите скобу кулисы. После этого необходима проверка регулировки корректора по наддуву, а также проверка регулятора на выключение подачи топлива.

4.10. Системы впрыскивания бензина

Основными преимуществами систем впрыскивания бензина являются:

– раздельное дозирование воздуха и топлива, в результате чего одной и той же подаче воздуха может соответствовать разная подача бензина;

– точное дозирование топлива на всех эксплуатационных режимах с учетом многих факторов;

– хорошая приспособленность системы к диагностике и объединению с другими системами управления двигателем (например, зажиганием, наддувом и т. п.);

– улучшение экономических, мощностных и экологических показателей двигателя.

Впрыскивание бензина может быть *распределенным* (рис. 2.140, *а*), когда форсунки *6* впрыскивают бензин в зону впускных клапанов каждого цилиндра, или *центральным* (рис. 2.140, *б*), когда впрыск реализуется одной форсункой *6*,

установленной на месте карбюратора. Если впрыскивание бензина производится в каждый цилиндр двигателя (рис. 2.140, *в*), такой впрыск называют *непосредственным.*

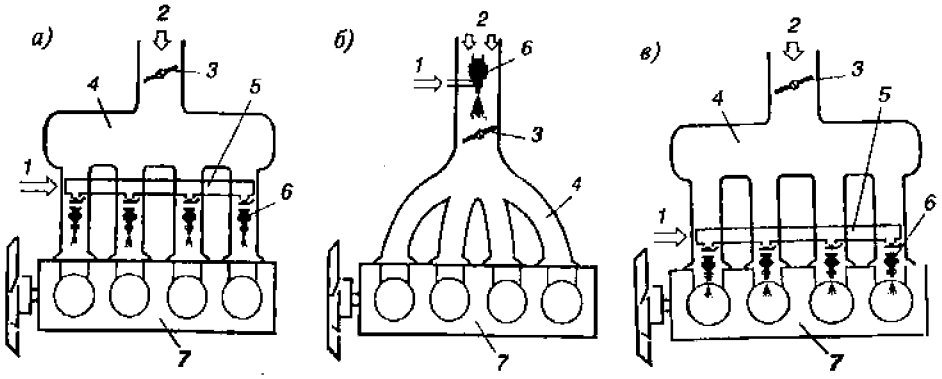


Рис. 2.140. Схемы систем впрыскивания бензина: *а* – распределенное впрыскивание; *б* – центральное впрыскивание; *в* – непосредственное впрыскивание в цилиндр; *1* – подвод топлива; *2* – подвод воздуха; *3* – дроссельная заслонка; *4* – впускной трубопровод; *5* – коллектор подвода топлива к форсункам; *6* – форсунка; *7* – головка цилиндров

4.10.1. Система распределенного впрыскивания

К основным преимуществам распределенного впрыскивания относятся:

– короткий путь струи бензина от форсунки до цилиндра, что способствует уменьшению количества топливной пленки и улучшению разгона автомобиля;

– повышение коэффициента наполнения вследствие отсутствия подогрева впускного трубопровода, снижения гидравлического сопротивления впускного тракта из-за отсутствия карбюратора и использования хороших возможностей для применения динамического наддува;

– увеличение степени сжатия на 0,5–1,5 единицы вследствие отсутствия подогрева впускного трубопровода и испарения бензина, главным образом, в цилиндре;

– системы распределенного впрыскивания хорошо сочетаются с системами наддува.

Распределенное впрыскивание уступает карбюраторным по стоимости, сложности устройства и простоте обслуживания при эксплуатации.

По совокупности всех своих свойств системы распределенного впрыскивания получили преимущественное применение на новых ДВС с искровым зажиганием.

Схема системы распределенного впрыска *K-Jetronic* без электронного блока (ЭБУ) приведена на рис. 2.90 (раздел 4.4.). При электронном управлении впрыском главным командным параметром для программного управления цикловой подачей служит сигнал измерителя массового расхода воздуха и датчика частоты вращения коленчатого вала. Эти сигналы обрабатываются ЭБУ, который, в соответствии с заложенной в нем программой, выдает электрические импульсы, управляющие соленоидным клапанами электромагнитных форсунок. Эти импульсы имеют различную длительность на каждом режиме работы двигателя.

Электрогидравлическая форсунка. Схема электрогидравлической форсунки приведена на рис. 2.141.

Топливо подводится к корпусу *1* форсунки по шлангу через фильтр *9*. Этот фильтр улавливает случайно попавшие в магистраль частицы. В корпусе форсунки размещены клапан *4* с распыливающим наконечником *5* (штифтом), быстродействующий электромагнит *2*, концы обмотки которого выведены наружу через изолированные от корпуса контакты *8*. Когда электромагнит обесточен, то пружиной *6* клапан прижимается к седлу. Клапан открывается примерно на 0,1 мм, когда на контакты форсунки подается управляющий электрический импульс и магнит *7* втягивает клапан *4*, объединенный со штифтом *5*.

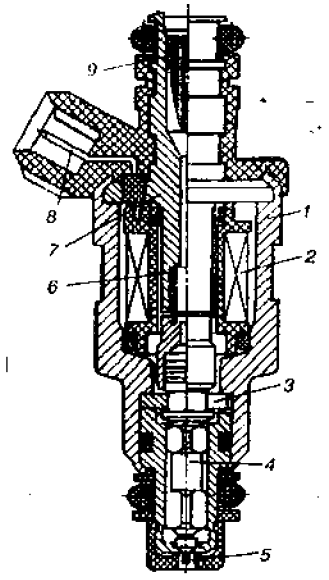


Рис. 2.141. Схема электрогидравлической форсунки:
1 – корпус; *2* – электромагнит; *3* – дистанционное кольцо; *4* – клапан;
5 – распыливающий штифт; *6* – пружина; *7* – магнит; *8* – контактная группа; *9* – фильтр

Перемещение клапана ограничивается дистанционным кольцом *3*. Однако клапан открывается и закрывается не одновременно с началом и окончанием

поступления управляющего импульса, а с некоторым запаздыванием. Время срабатывания (запаздывания открытия) и время отпускания (запаздывания закрытия) зависят не от длительности управляющего импульса, а от конструкции форсунки, в первую очередь от конструкции и материала магнитопровода, массы подвижных деталей и т. п. Чем короче время отпускания, тем выше быстродействие форсунки и меньше погрешности дозирования топлива. Разброс цикловых подач у одного комплекта форсунок может достигать ± 4,0 % на малых подачах и ± 1,5 % – на больших.

При установке форсунки во впускном трубопроводе, т. е. на большом расстоянии от клапана, угол факела топлива равен 15–25°, а при установке форсунки в головке блока цилиндров вблизи клапана – 25–45°.

Топливный насос. Давление бензина в системе обеспечивает насос с электроприводом (рис. 2.142). Этот насос и электромотор размещаются в едином герметичном корпусе *1* и погружаются в бензин, находящийся в топливном баке. Так решается проблема отвода теплоты, выделяющейся в электромоторе, снижается шум при работе насоса и гарантируется подача бензина на вход насоса. Топливный насос может располагаться и вне топливного бака. Давление бензина увеличивается в роликовом или шестеренчатом насосе *3*, который приводится в действие от электродвигателя *4* и защищен от перегрузки предохранительным клапаном *2*. Насос включается и выключается вместе с системой зажигания.

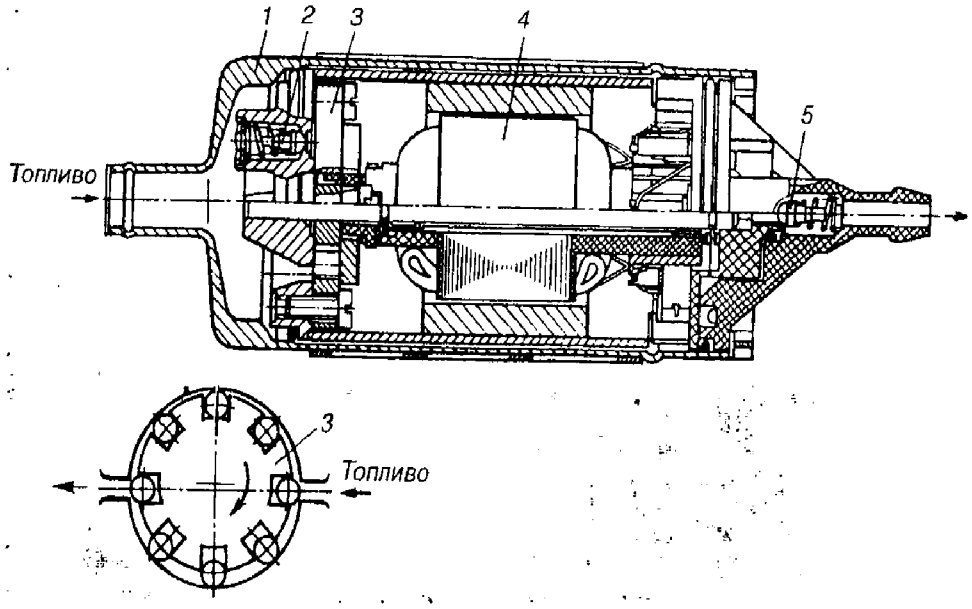


Рис. 2.142. Топливный насос с электроприводом:
1 – единый герметичный корпус; *2* – предохранительный клапан;
3 – шестеренчатый или роликовый насос; *4* – электродвигатель; *5* – обратный клапан

Электрический привод позволяет создавать давление в системе при неработающем ДВС, а обратный клапан *5* сохраняет в системе остаточное давление после выключения насоса. Это обеспечивает надежный пуск в условиях высокой температуры окружающей среды.

Регулятор перепада давления топлива. Постоянство перепада давления между входным и выходным сечениями электромагнитной форсунки имеет принципиальное значение для точности дозирования бензина. Регулятор (рис. 2.143) через штуцер *6* сообщается с впускным трубопроводом, а через штуцеры *8* к форсункам подводится и отводится бензин. Мембрана *7* и клапан *9* дросселируют топливо в зазоре между запирающим элементом и седлом клапана, сливая лишнее топливо через штуцер *10* сливной магистрали. Регулятор с мембранным чувствительным элементом обеспечивает требуемый перепад давления топлива с погрешностью ± 1–2 %. Постоянное избыточное давление топлива относительно давления воздуха во впускном трубопроводе, сообщающемся с полостью *4* через штуцер *6*, составляет 200–400 кПа.

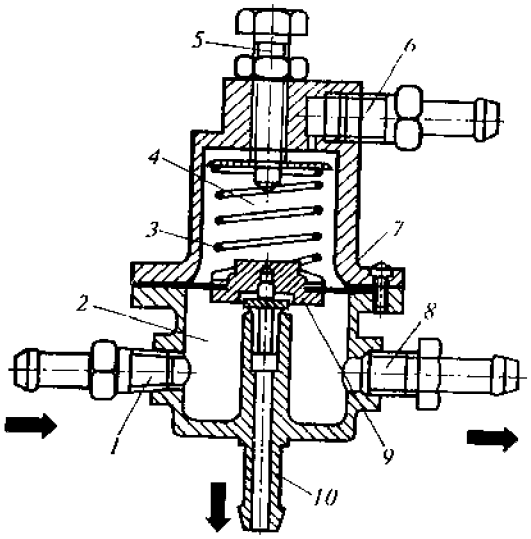


Рис. 2.143. Регулятор перепада давления топлива: *1* – входной штуцер; *2* – полость избыточного давления; *3* – пружина; *4* – наддиафрагменная полость; *5* – винт регулировки натяжения пружины; *6* – штуцер для сообщения полости *4* с впускным трубопроводом; *7* – мембрана; *8* – штуцер подвода топлива к форсункам; *9* – клапан; *10* – штуцер сливной магистрали

4.10.2. Система центрального впрыскивания (моновпрыск)

Системы центрального впрыскивания проще, надежнее и дешевле распределенного впрыскивания, поэтому они находят применение на более дешевых

автомобилях. Форсунки, например, менее подвержены закоксовыванию, а низкое давление в системе (100–150 кПа) позволяет применять бензонасосы турбинного типа с большим ресурсом.

Вместе с тем системы центрального впрыскивания не могут обеспечить показателей распределенного впрыскивания. Это объясняется наличием пленки топлива на стенках впускного трубопровода и обусловленной этим неравномерностью составов смеси по цилиндрам. Работа двигателя на режимах разгона ухудшается из-за значительного расстояния между форсункой и впускными клапанами. Сложнее достичь динамического наддува, т. к. гидравлическое сопротивление впускной системы увеличивается из-за размещения в ней форсунки относительно больших размеров.

Схема системы центрального впрыскивания *Mono-Jetronic* изображена на рис. 2.144. Из топливного бака *1* электробензонасос *8* через фильтр *7* под давлением 100–150 кПа, минуя регулятор перепада давления *6*, подает бензин в электромагнитную форсунку *2*. Количество топлива, подаваемого во впускной трубопровод, зависит от величины поднятия иглы форсунки, определяемой электронным блоком *3*, в который поступают сигналы измерителя расхода воздуха *1*, датчиков *5* положения и скорости открытия дроссельной заслонки *12*, температуры охлаждающей жидкости *9*.

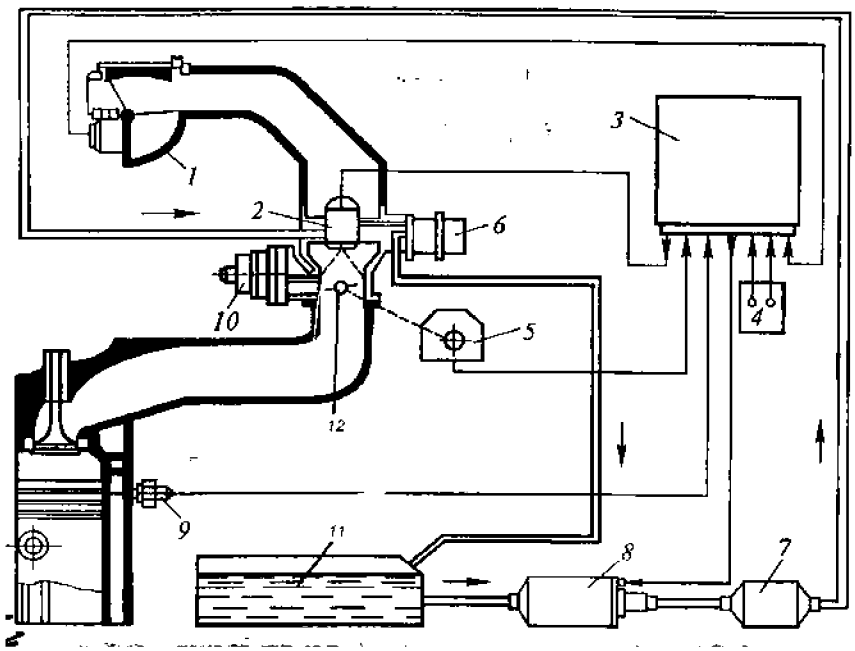


Рис. 2.144. Схема системы *Mono-Jetronic*: *1* – измеритель расхода воздуха; *2* – форсунка; *3* – электронный блок управления; *4* – источник питания; *5* – датчик положения и скорости открывания дроссельной заслонки; *6* – регулятор перепада давления топлива; *7* – топливный фильтр; *8* – топливный насос; *9* – датчик температуры охлаждающей жидкости; *10* – регулятор перепуска воздуха; *11* – топливный бак; *12* – дроссельная заслонка

Основной частью моносистемы является центральная форсунка *7* (рис. 2.145). Конструктивно форсунка объединена с регулятором перепада давления *5*, дроссельной заслонкой *8* и регулятором холостого хода *2* в единую сборочную единицу. К распылителю топливо подводится по каналу *3*, а из регулятора давления топливо отводится по каналу *4*. Подача топлива форсункой производится дискретно при давлении ≈ 100 кПа, а частота впрыска зависит от частоты вращения коленчатого вала.

Принцип работы и устройство регулятора *5* в основном аналогичны электронным системам распределенного впрыска. Однако имеющееся отличие состоит в том, что полость *4* (рис. 2.143) соединяется не с задроссельным пространством (впускным трубопроводом), а с атмосферой. Это объясняется тем, что форсунка *7* (рис. 2.145) расположена над дроссельной заслонкой, т. е. в зоне почти постоянного давления, поэтому перепад давления на форсунке не меняется. В обесточенном состоянии клапан форсунки прижат к гнезду и перекрывает доступ к отверстиям распылителя.

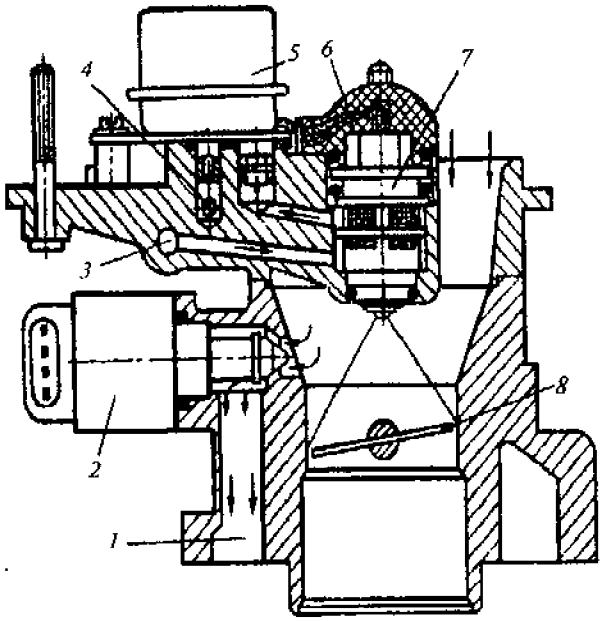


Рис. 2.145. Установка центральной форсунки: *1* – канал холостого хода; *2* – регулятор холостого хода; *3* – подводящий топливный канал; *4* – канал отвода топлива от регулятора давления; *5* – регулятор перепада давления топлива; *6* – штекер электропитания форсунки; *7* – форсунка; *8* – дроссельная заслонка

Когда на катушку электромагнита поступает импульс от электронного блока, магнитное поле поднимает якорь, уменьшая давление пружины на клапан. Топливо поднимет клапан и под давлением, поддерживаемым регулятором *5*, распыливается в корпус дроссельной заслонки *8* через распыливающее отверстие.

4.11. Системы питания газом

4.11.1. Общие сведения

Применение газовых топлив на автомобилях дает существенный экономический эффект и значительно улучшает экологические показатели: до двух раз снижаются выбросы *CO*; на 50–100 % – выбросы *CH* и на 20–30 % – окислов азота (NO_x). Однако использование газовых топлив на 10–20 % уменьшает мощность двигателя, а большая масса и габариты топливной аппаратуры снижают эксплуатационные показатели автомобилей. Запас хода автомобиля на природном газе снижается почти вдвое, на 20 % уменьшается грузоподъемность грузовых автомобилей и объем багажника легковых автомобилей. При работе на сжиженном газе и небольшом увеличении массы автомобиля его запас хода остается таким же, как и для бензинового варианта.

4.11.2. Система питания сжиженным пропан-бутановым газом

В баллоне *16* (рис. 2.146) газ находится в жидком и газообразном (над поверхностью жидкой фазы) состояниях. Давление в баллоне зависит от состава газа и его температуры и не превышает 1,6 МПа.

При запуске, когда температура жидкости в системе охлаждения двигателя менее 60 °С, газ из баллона отбирается через расходный вентиль газовой фазы *15*, а вентиль жидкой фазы *18* при этом закрыт. После прогрева охлаждающей жидкости до 60 °С вентили *15* и *18* переключаются.

Газ, пройдя магистральный вентиль *29*, направляется по газопроводу высокого давления в подогреватель *12*, где он в змеевике нагревается и испаряется за счет теплоты жидкости из системы охлаждения двигателя. Затем после фильтра *1* газ поступает в двухступенчатый редуктор *6* с дозирующим экономайзерным устройством *7*, где его давление понижается почти до атмосферного. Расход газа и его давление на выходе из редуктора регулируются автоматически в зависимости от разрежения в диффузоре и в дроссельном пространстве путем изменения положения клапанов, управляемых системой пружин и диафрагм. При остановке двигателя редуктор автоматически прекращает подачу газа в двигатель.

После второй ступени редуктора *6* газ направляется в карбюратор-смеситель: по газопроводу *3* в систему холостого хода и в дозирующее экономайзерное устройство *7*, откуда по газопроводу *5* газ поступает к обратному клапану *24*, а затем к форсунке *25*.

На холостом ходу клапан экономайзера *9* и обратный клапан *24* закрыты. По мере открытия дроссельной заслонки под действием разрежения в диффузоре открывается клапан *24* и начинается подача газа через форсунку *25*. При дальнейшем увеличении нагрузки открывается клапан *9* и осуществляется дополнительная подача газа через экономайзерное устройство. Устройства, аналогичного насосу-ускорителю карбюратора, система не требует, так как редуктор обеспечивает разгоны без провалов.

Расход газа зависит от степени открытия клапанов и давления во второй ступени редуктора.

Работу системы контролируют по показанию манометра *13*, установленного в кабине водителя.

Давление газа в первой и второй ступенях регулируют, изменяя натяжение пружин *8* и *26* соответственно. Регулировку на холостом ходу осуществляют винтами *1* и *2*, а также упорным винтом, ограничивающим закрытие дроссельной заслонки *23*.

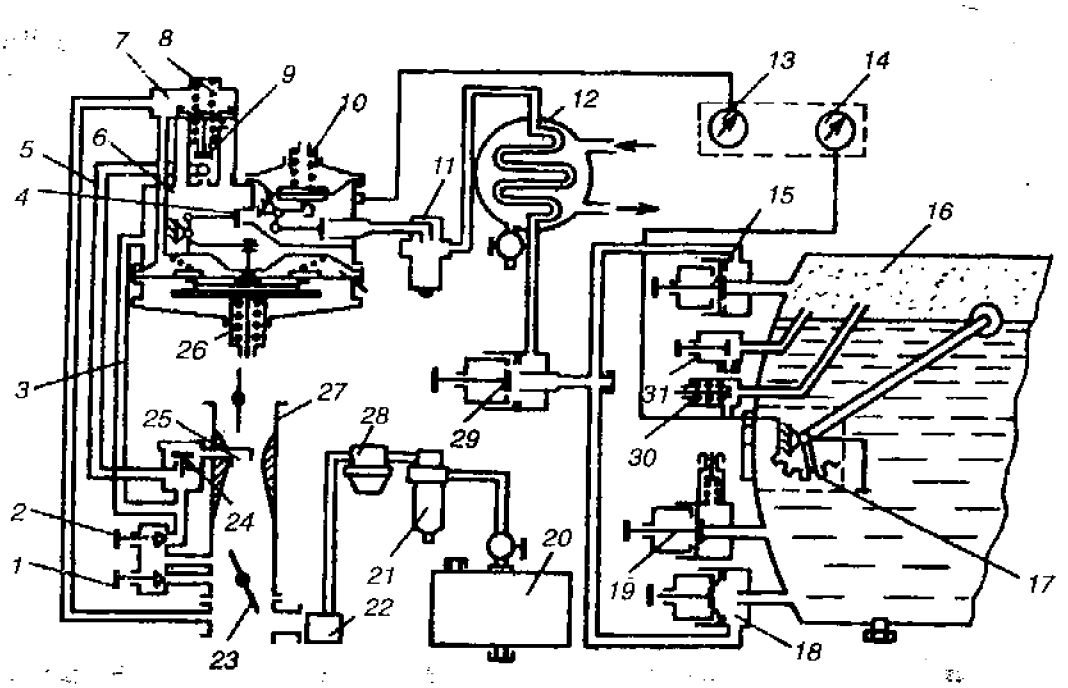


Рис. 2.146. Схема системы питания сжиженным пропан-бутановым газом: *1*, *2* – регулировочные винты; *3*, *5* – газопроводы; *4* – клапан второй ступени редуктора; *6* – газовый редуктор; *7* – дозирующее экономайзерное устройство; *8*, *10* – пружины; *9* – клапан; *11* – магистральный фильтр; *12* – подогреватель; *13* – манометр давления газа в первой ступени; *14* – указатель уровня газа в баллоне; *15* – расходный вентиль газовой фазы; *16* – баллон; *17* – датчик указателя уровня; *18* – расходный вентиль жидкой фазы; *19* – наполнительный вентиль; *20* – бензиновый бак; *21* – фильтр; *22* – карбюратор; *23* – дроссельная заслонка; *24* – обратный клапан; *25* – газовая форсунка; *26* – пружина второй ступени; *27* – смеситель; *28* – бензонасос; *29* – магистральный вентиль; *30* – предохранительный клапан; *31* – вентиль контроля максимального наполнения бака

Резервная система питания бензином (поз. *20*, *21*, *22*, *28*) предназначена для кратковременной работы и обеспечивает получение от двигателя не более 50 % номинальной мощности.

4.11.3. Система питания сжатым природным газом

Системы подачи сжатого и сжиженного газа имеют много общего. Баллоны *5* со сжатым (до 20 МПа) газом объединяют в две батареи (рис. 2.147). После подогревателя *9*, обогреваемого отработавшими газами, и редуктора высокого давления *10* ($p_{вых}$ составляет 0,8–1,2 МПа) газ (в основном метан) поступает в электромагнитный клапан *4* с фильтром, выполняющий функцию запорно-дозирующего устройства пусковой системы двигателя. Затем газ направляется в двухступенчатый редуктор низкого давления *3* (такой же, как для сжиженного газа), который понижает давление почти до атмосферного, дозирует подачу газа для приготовления смеси необходимого состава и отключает газовую магистраль при остановке двигателя. Устройство карбюратора-смесителя *12* и резервной системы подачи бензина (поз. *13*, *14*) в основном такое же, как и при работе на сжиженном газе.

Для достижения требуемой точности дозирования и надежности работы системы газ проходит тройную очистку: на входе в редуктор высокого давления, в экономайзерном клапане и на входе в редуктор низкого давления.

Для контроля над состоянием системы в кабине водителя имеются два манометра: высокого давления, который показывает давление (запас) газа в баллонах, и низкого давления, характеризующего правильность регулировки редуктора низкого давления.

4.11.4. Возможные неисправности и техническое обслуживание системы питания газом

В процессе эксплуатации автомобиля необходимо соблюдать требования безопасности при использовании газового оборудования. Баллоны должны быть надежно закреплены. Все газовые приборы должны своевременно проверяться на герметичность и параметры по давлению. Следует выполнять все рекомендации по проведению регулировочных операций. Указатели давления должны быть исправными. Все соединительные газопроводы и шланги, а также уплотнительные элементы должны быть герметичными и плотно затянутыми.

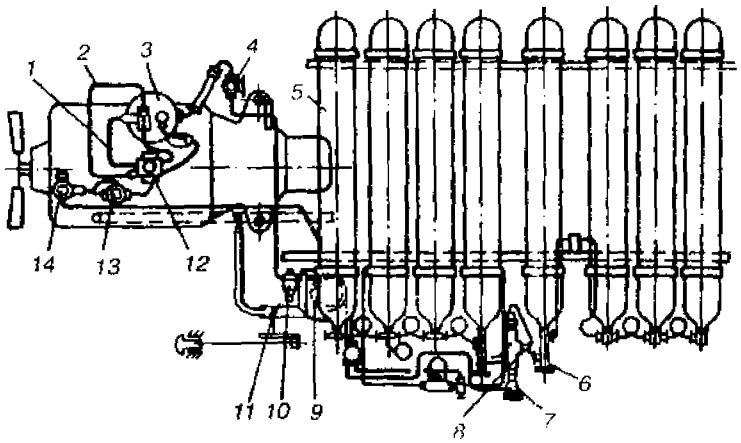


Рис. 2.147. Схема питания сжатым природным газом (метаном): *1* – трубка холостого хода; *2* – трубка для основной подачи газа; *3* – редуктор низкого давления; *4* – электромагнитный клапан; *5* – баллон; *6* – расходный вентиль; *7* – вентиль заправочный; *8* – предохранительный клапан; *9* – подогреватель; *10* – редуктор высокого давления; *11* – заслонка подогревателя; *12* – карбюратор-смеситель; *13* – бензиновый клапан-фильтр; *14* – бензонасос

Глава 5. СМАЗОЧНАЯ СИСТЕМА

5.1. Общие сведения

Одним из основных факторов, обеспечивающих надежную работу двигателя, является непрерывная циркуляция смазочного материала через зазоры трущихся поверхностей.

Смазочная система – это совокупность устройств, обеспечивающих смазку трущихся деталей двигателя.

В зависимости от характера относительного перемещения деталей трение движения может быть двух видов: скольжения и качения.

Если между трущимися поверхностями тел нет смазочного материала, то трение называют *трением без смазочного материала*, или *сухим*. При наличии между трущимися поверхностями любого смазочного материала его называют *трением со смазочным материалом*.

Широко распространены жидкие и пластичные смазочные материалы. Когда трущиеся поверхности деталей полностью разделены жидким смазочным материалом, смазывание называют *жидкостным*. Если же смазывание поверхностей частичное, то его называют *полужидкостным*.

В смазочных системах ДВС применяются жидкие смазочные материалы, которые называются моторными маслами.

Моторные масла обеспечивают уменьшение износа, снижение потерь энергии на трение, герметизацию деталей (например «поршень-гильза цилиндров»), отвод образующегося при трении тепла, защиту поверхностей от коррозии и вымывание из зазоров продуктов износа.

Н. П. Петров, разработавший теорию жидкостной (гидродинамической) смазки, установил, что вал, находящийся в состоянии покоя (рис. 2.148, *а*) опирается на подшипники, а зазора между соприкасающимися поверхностями вала и подшипника нет ($h_{min} = 0$). При вращении вала первые слои масла, прилипшие к его поверхности, увлекают за собой следующие. Пришедшие в движение частицы масла под действием сил трения между слоями перемещаются из широкой части зазора в узкую – клиновую (рис. 2.148, *б*). В результате этого в области масляного слоя с наименьшим зазором h_{min} увеличивается давление, под действием которого вал как бы всплывает и лежит на масляной подушке.

С ростом относительной скорости перемещения поверхностей (частоты вращения вала) все большее количество масла втягивается в клиновое пространство, вследствие чего повышается давление в масляном слое. Поэтому вал стремится занять центральное положение в подшипнике (рис. 2.148, *в*, *г*) и зазор h_{min} увеличивается. Когда наименьшая толщина масляного слоя превысит суммарную высоту неровностей поверхностей вала и подшипника, между поверхностями возникает жидкостное смазывание.

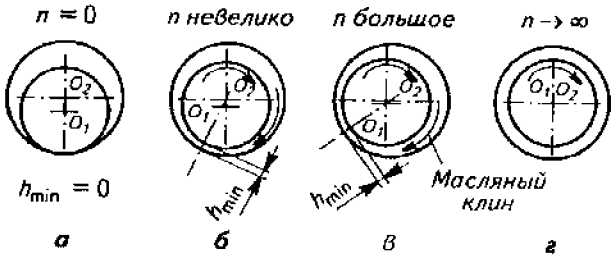


Рис. 2.148. Образование масляного клина при вращении вала в подшипнике скольжения

Масляный клин может образовываться и при движении одной смазанной плоской поверхности по другой, если имеется клиновидный зазор между поверхностями и относительная скорость их перемещения достаточно велика.

Несущая способность масляного слоя, его толщина и, следовательно, надежность жидкостного смазывания возрастают с повышением вязкости масла, увеличением скорости движения трущихся поверхностей и уменьшением нагрузки на эти поверхности. Однако с увеличением вязкости масла и скорости движения поверхностей возрастают и потери на трение.

Одно из важных свойств масла – способность растекаться по поверхности металла и образовывать на ней плотно прилипающую неразрывную (даже при значительном давлении) пленку.

При выдавливании масла из зазора между деталями на их поверхности остается тончайший слой масла толщиной в одну или несколько молекул, который силами молекулярного притяжения прочно связан с поверхностью деталей. В этом случае при относительном движении между поверхностями возникает *граничная смазка.*

При жидкостном смазывании потери энергии на трение и изнашивание деталей наименьшие. Но условия, которые требуются для жидкостного смазывания, могут быть созданы только в некоторых подвижных соединениях, и то не во все периоды их работы. Многие соединения деталей двигателя, например стержень клапана – втулка, поршень – цилиндр, большую часть времени работают в условиях граничной смазки. Долговечность деталей подвижного сочленения, работающих при граничной смазке, уменьшается.

Смазочная система двигателя – это совокупность взаимодействующих устройств, обеспечивающих непрерывную подачу к поверхностям трения очищенного смазочного материала (масла) в необходимом количестве при определенной температуре, под определенным давлением и возврат его в поддон картера.

В зависимости от способа подачи масла к трущимся поверхностям различают смазочные системы трех типов: *разбрызгиванием, под давлением, комбинированную.*

Смазочная система большинства автотракторных двигателей комбинированная. В ней сочетаются способы подачи масла разбрызгиванием и под давлением. При комбинированной смазочной системе к наиболее нагруженным поверхностям трения сборочных единиц масло подается под давлением, а остальные поверхности смазываются маслом, разбрызгиваемым во внутренних полостях двигателя при его работе.

Комбинированная смазочная система включает в себя устройства для очистки и охлаждения масла. Это уменьшает расход и изнашивание деталей двигателя. Некоторые сборочные единицы многих двигателей имеют самостоятельные устройства для смазывания трущихся поверхностей деталей.

Применение комбинированного типа смазочной системы обусловлено сложностью реализации смазывания всех трущихся деталей только под давлением.

5.2. Комбинированная смазочная система дизеля

В качестве примера рассмотрим комбинированную смазочную систему дизеля Д-245 и его модификаций.

Подшипники коленчатого и распределительного валов, втулки промежуточной шестерни и шестерни привода топливного насоса, шатунный подшипник коленчатого вала пневматического компрессора, механизм привода клапанов и подшипник вала ротора турбокомпрессора (дизели Д-245, -245.5) смазываются под давлением. Гильзы, поршневые пальцы, штанги, толкатели и кулачки распределительного вала смазываются разбрызгиванием.

Примечание. Для дизелей Д-245, -245.5 масло системы смазки используется также для охлаждения поршней с помощью четырех форсунок, установленных в блоке цилиндров.

Моторное масло заливают в масляный поддон *2* (рис. 2.149) через маслозаливную горловину с пробкой *2* (рис. 2.150). Контроль уровня масла производится по меткам масломерного стержня *1*. Слив масла осуществляют через сливное отверстие, закрываемое пробкой *3*.

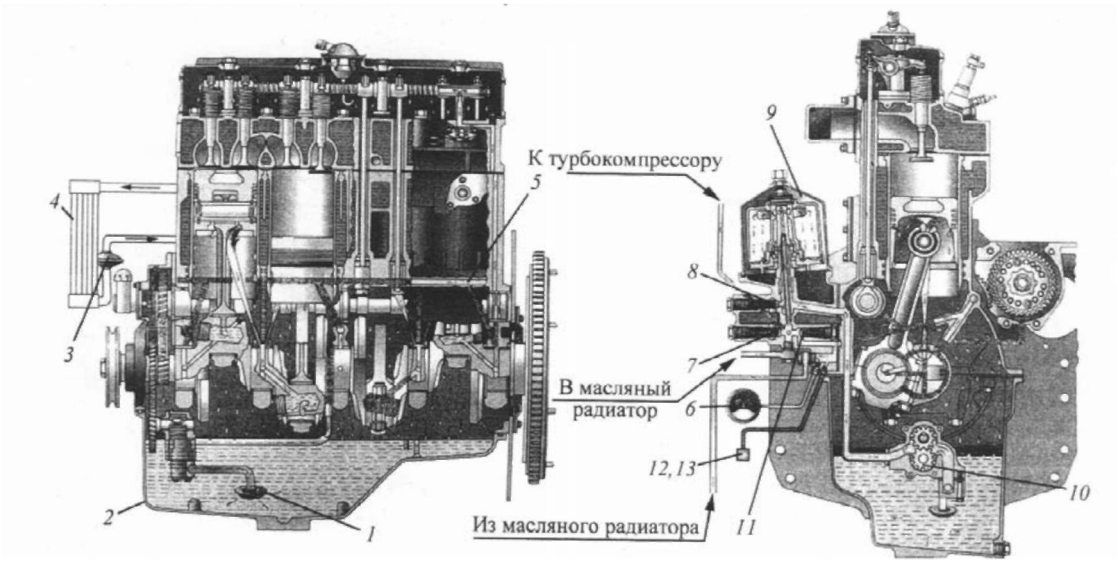


Рис. 2.149. Смазочная система дизеля Д-245: *1* – маслоприемник; *2* – масляный поддон; *3* – масляный сетчатый фильтр (предварительной очистки); *4* – масляный радиатор; *5* – главный масляный канал; *6* – указатель давления масла; *7* – сливной клапан; *8* – предохранительный клапан; *9* – центробежный масляный фильтр (тонкой очистки); *10* – масляный насос; *11* – редукционный клапан; *12*, *13* – датчик и контрольная лампа аварийного давления масла

Масляный насос *10* (рис. 2.149) – шестеренчатый, односекционный – прикреплен к крышке 1-го коренного подшипника. Насос подает масло из поддона *2*, засасывая его через сетку маслоприемника *1*, по каналам в блоке цилиндров к центробежному масляному фильтру *9*, где масло очищается

от механических примесей и продуктов сгорания. Из фильтра *9* очищенное масло поступает в масляный радиатор *4* для охлаждения и к подшипнику вала ротора турбокомпрессора (Д-245, -245.5) по отдельной внешней маслоотводящей трубке. Из масляного радиатора охлажденное масло проходит через сетчатый фильтр предварительной очистки масла *3* и поступает в главную магистраль дизеля *5* и далее к коренным подшипникам коленчатого и распределительного валов. От коренных подшипников по каналам в коленчатом вале масло поступает к шатунным подшипникам. От 1-го коренного подшипника масло подается по каналам к втулкам промежуточной шестерни и шестерни привода топливного насоса и к насосу. От заднего подшипника распределительного вала масло по каналам в блоке, головке цилиндров, отверстию в 4-й стойке коромысел поступает к деталям клапанного механизма (во внутреннюю полость оси коромысел, через отверстие – к втулке коромысла и по каналу – к регулировочному винту и штанге). Из главной магистрали через отверстия в блоке масло поступает к пневмокомпрессору по отдельному внешнему маслопроводу, откуда сливается в картер дизеля.

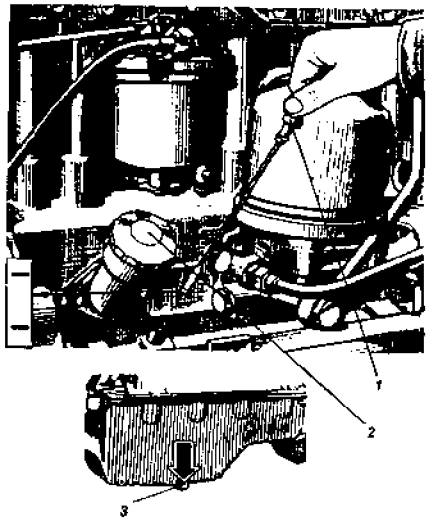


Рис. 2.150. Контроль уровня масла:
1 – масломерный стержень; *2* – пробка маслозаливной горловины;
3 – сливная пробка

5.2.1. Масляный насос

В современных автотракторных двигателях применяют масляные насосы шестеренчатого типа с внешним (рис. 2.151, *а*) и внутренним зацеплением (рис. 2.151, *б*, *в*). В насосах с внутренним зацеплением используют как эвольвентное (рис. 2. 151, *б*), так и эпициклоидальное зацепление (рис. 2.151, *в*).

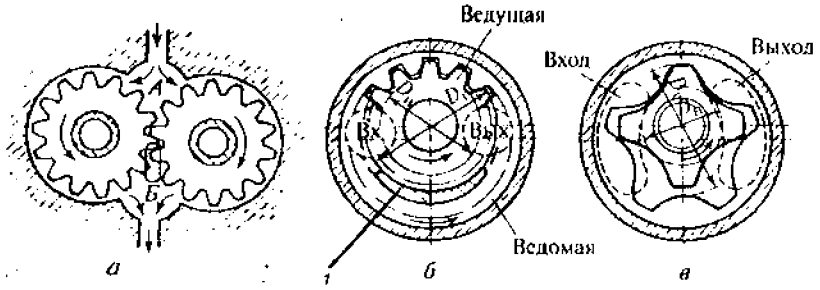


Рис. 2.151. Масляный насос: *а* – шестеренчатый с внешним зацеплением; *б* – шестеренчатый с внутренним зацеплением; *в* – с эпициклоидальным зацеплением; *1* – разделительный серп

Масляный насос, показанный на рис. 2.151, *б*, имеет специальную серповидную перегородку *1* (серп), находящуюся между зубьями ведущей и ведомой шестерен в месте их наибольшего удаления друг от друга. Она уплотняет большее число зубьев, чем в конструкции (рис. 2.151, *в*) без разделительного серпа. Преимуществом насосов с разделительным серпом является более высокое рабочее давление, но они больше по габаритам. Такие насосы приводятся непосредственно от коленчатого вала и размещаются в передней крышке картера двигателя. Насосы без разделительного серпа (рис. 2.151, *в*) используются как в системах с их непосредственным приводом от коленчатого вала, так и при расположении в масляной ванне с приводом от шестерни коленчатого вала через приводную шестерню насоса.

В дизелях Д-243, Д-245, Д-260.1 и их модификациях используется шестеренчатый масляный насос с внешним зацеплением, расположенный в масляной ванне (рис. 2.152).

В дизелях DDC S40E и DEUTZ установлены масляные насосы героторного типа с непосредственным приводом от коленчатого вала. Они расположены вне масляного картера в передней крышке блок-картера дизеля.

Односекционный шестеренчатый масляный насос с внешним зацеплением 4-х и 6-ти цилиндровых дизелей тракторов «Беларус» (рис. 2.152) приводится от коленчатого вала через шестерню привода *3*. Насос состоит из цилиндрических шестерен *1, 4*, корпуса *5* и крышки *2*. Корпус насоса *5* крепится к крышке 1-го коренного подшипника.

После запуска дизеля при вращении шестерен *1*, *4* в противоположных направлениях в полости всасывания *А* создается разрежение. Масло всасывается через маслоприемник *6*, подается в полость нагнетания *В* и далее в смазочную систему. В корпусе насоса смонтирован перепускной клапан (не показан), который при давлении более 0,70–0,75 МПа перепускает масло из полости *В* в полость *А*.

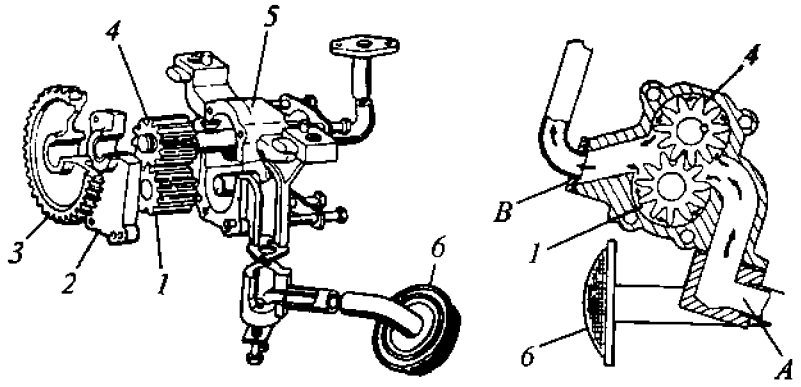


Рис. 2.152. Масляный насос: *1* – ведомая шестерня насоса; *2* – крышка; *3* – шестерня привода; *4* – ведущая шестерня насоса;*5* – корпус насоса; *6* – маслоприемник; *А* – полость всасывания; *В* – полость нагнетания

5.2.2. Центробежный масляный фильтр

Центробежный масляный полнопроточный фильтр (*ЦМФ*) (рис. 2.153) установлен с правой стороны дизеля и имеет хороший доступ для обслуживания.

Ротор центробежного фильтра состоит из корпуса ротора *5* и стакана *3*. Он монтируется на оси ротора *8* и фиксируется гайкой *2*.

Внутри стакана *3* ротора установлены крыльчатка *4*, сетка *6* и полая ось *8*, ввинченная в корпус *1*. В результате действия реактивных сил, возникающих при вытекании масла из тангенциальных отверстий, в корпусе *5* ротор приводится во вращение. Под действием центробежных сил посторонние частицы и продукты старения масла отбрасываются на сетку *6* и к стенкам стакана *3*. Очищенное масло по трубке *9* поступает в главную магистраль системы смазки.

Предохранительный клапан *12* служит для поддержания давления масла перед ротором ЦМФ, равного 0,7 МПа. При превышении указанного давления часть неочищенного масла сливается через клапан в картер дизеля.

Редукционный *10* и предохранительный *12* клапаны – нерегулируемые.

В корпусе центробежного масляного фильтра *1* (рис. 2.153) установлены датчики давления и аварийного давления масла.

Указатель давления масла *3* (рис. 2.154) в системе смазки дизеля встроен в комбинацию приборов *1* (в кабине трактора). Сигналы поступают от датчика давления масла.

Указатель давления масла имеет световой сигнализатор аварийного давления *2*, работающий от сигналов датчика аварийного давления.

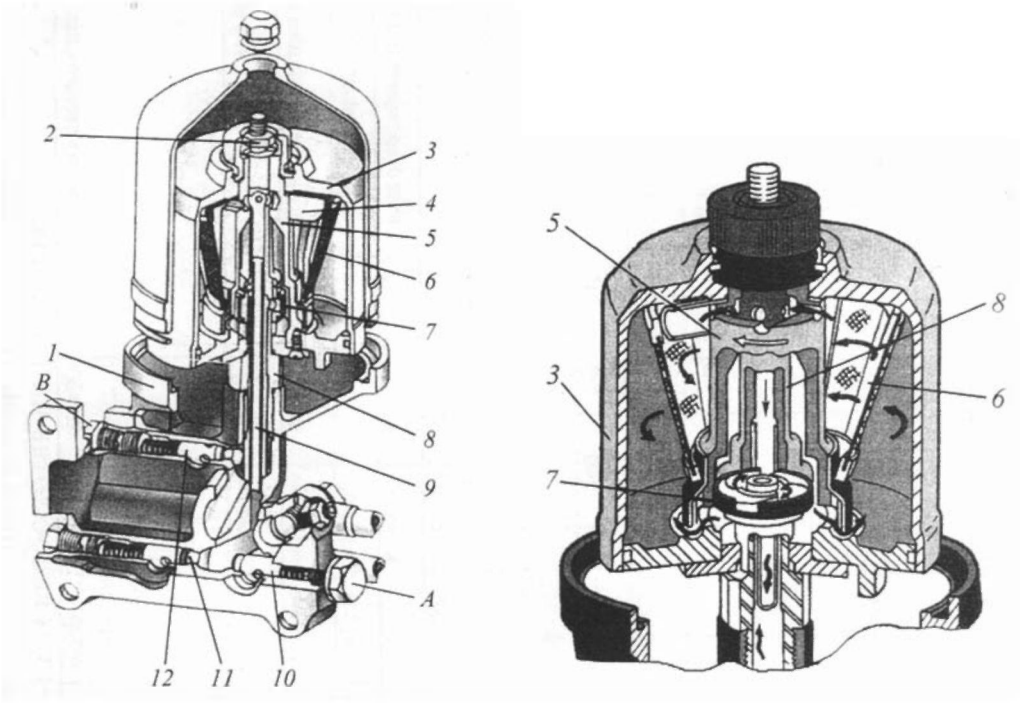


Рис. 2.153. Центробежный масляный фильтр: *1* – корпус фильтра; *2* – гайка; *3* – стакан ротора; *4* – крыльчатка; *5* – корпус ротора; *6* – сетчатый фильтр; *7* – насадка; *8* – ось ротора; *9* – трубка; *10* – редукционный клапан; *11* – сливной клапан; *12* – предохранительный клапан

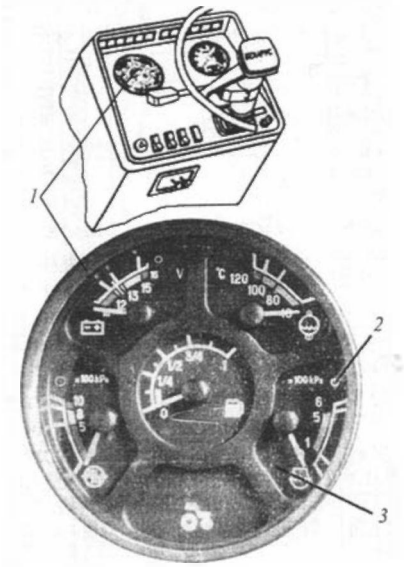


Рис. 2.154. Указатель давления в системе смазки *3* на комбинации приборов *1*: *1* – комбинация приборов; *2* – сигнальная лампа; *3* – указатель давления масла в дизеле

В отличие от полнопоточных ЦМФ, установленных на дизелях Д-242, Д-243, Д-244, Д-245 и их модификациях, дизели Д-260.1 и их модификации оборудованы неполнопоточными ЦМФ, установленными на ответвлении. Основная часть потока смазочного масла фильтруется фильтрами с БФЭ (рис. 2.155).

В автотракторных дизелях зарубежных фирм очистка масла методом центрифугирования не нашла широкого применения. Как правило, в системах смазки дизелей устанавливают масляные фильтры-патроны с бумажными или картонными фильтрующими элементами.

Сливной клапан *11* отрегулирован на заводе на давление 0,25–0,35 МПа и служит для поддержания требуемого давления в главной магистрали дизеля. Избыточное масло сливается через клапан в картер дизеля.

Редукционный клапан *10* служит для перепуска холодного масла непосредственно в магистраль дизеля, минуя масляный радиатор.

Внимание! Категорически запрещается отвинчивать пробки *А* и *В* редукционного *10* и предохранительного *12* клапанов при работающем дизеле (рис. 2.153).

5.2.3. Масляный фильтр со сменным бумажным фильтрующим элементом (БФЭ)

На дизелях Д-245 S2, Д-245.5 S2 и Д-245.43 S2 (сертифицированные по ступени TIER-2 европейских экологических норм четырехцилиндровые дизели с турбонаддувом мощностью 105, 93 и 80 л. с. соответственно) вместо центробежного масляного фильтра ЦМФ устанавливается фильтр с БФЭ (245-1017060) на чашке корпуса малогабаритного автономного жидкостно-масляного теплообменника (ЖМТ) *2*, который внедрен вместо масляного радиатора.

В корпусе фильтра *1* имеется регулируемый предохранительный клапан *15* для поддержания давления 0,25–0,35 МПа в главной магистрали дизеля. Избыточное масло сливается в картер дизеля.

Разборный фильтр (245–1017030) имеет перепускной клапан *11*, который открывается при чрезмерном засорении БФЭ или при холодном пуске дизеля, и масло, минуя фильтровальную бумагу, поступает в масляную магистраль дизеля. Клапан (нерегулируемый) срабатывает при сопротивлении БФЭ 0,13–0,17 МПа.

ЖМТ *2* имеет нерегулируемый предохранительный клапан *18*, который открывается при давлении 0,15–0,20 МПа для перепуска неохлажденного масла в магистраль дизеля при пуске и эксплуатации дизеля в условиях низких температур окружающего воздуха.

Пробка *17* служит для слива охлаждающей жидкости (воды) при обслуживании системы охлаждения дизеля, а также в зимнее время в случае применения технической воды – для исключения размораживания системы.

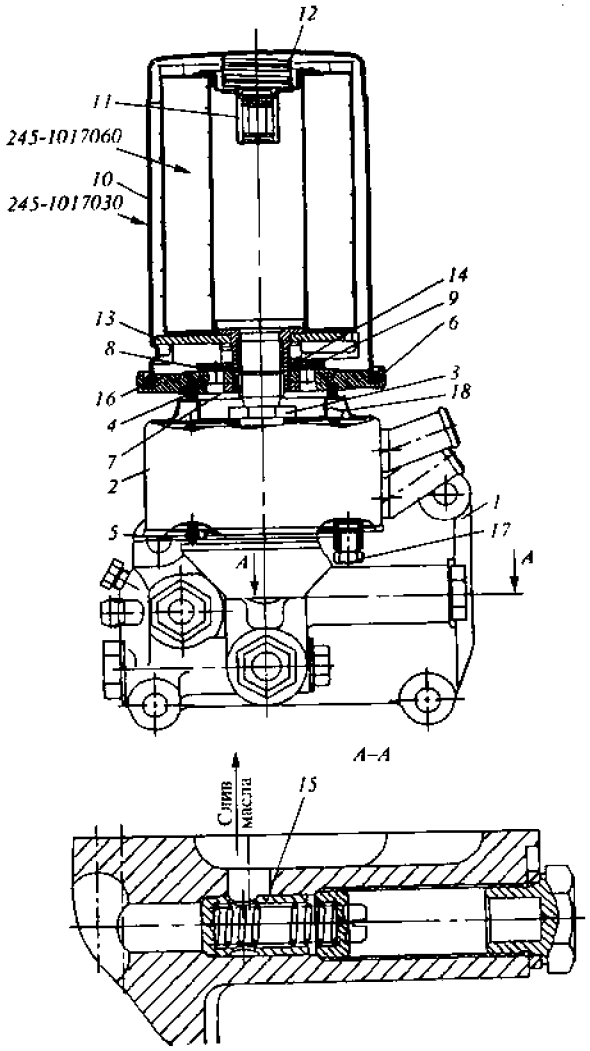


Рис. 2.155. Масляный фильтр разборного типа с бумажным фильтрующим элементом: *1* – корпус фильтра; *2* – ЖМТ; *3* – штуцер; *4*, *5*, *6* – прокладки; *7* – гайка; *8* – клапан антидренажный; *9* – шайба; *10* – колпак; *11* – клапан перепускной; *12*, *14* – пружина; *13* – прижим; *15*, *18* – предохранительный клапан; *16* – дно; *17* – пробка

5.2.4. Масляный фильтр неразборного (патронного) типа

Дизели Д-260.1 и их модификации могут быть укомплектованы масляными фильтрами неразборной конструкции. Могут быть также установлены фильтры зарубежных фирм *AC Delco*, X 149 (Франция), *Purolator* (Италия), ОАО «Автоагрегат» (РФ).

В корпусе масляного фильтра *1* (рис. 2.156) имеются редукционный *5* и предохранительный *6* клапаны. При пуске дизеля непрогретое масло вследствие большого сопротивления радиатора через редукционный (радиаторный) клапан поступает непосредственно в магистраль дизеля, минуя радиатор. Редукционный клапан – нерегулируемый. Предохранительный клапан отрегулирован

на давление 0,25–0,35 МПа (2,5–3,5 кгс/см^2) и служит для поддержания необходимого давления масла в главной магистрали дизеля. Избыточное масло сливается через предохранительный клапан в картер дизеля.

Неразборный фильтр-патрон имеет противодренажный *3* и перепускной *4* клапаны.

В случае чрезмерного засорения фильтра или при запуске дизеля на холодном масле, когда сопротивление фильтра становится выше 0,13–0,17 МПа (1,3–1,7 кгс/см^2), перепускной клапан открывается, и масло, минуя фильтровальную бумагу, поступает в масляную магистраль. Перепускной клапан – нерегулируемый.

Примечание. Замену фильтра необходимо производить одновременно с заменой масла в картере дизеля. Для этого надо отвернуть фильтр со штуцера корпуса и установить вместо него новый фильтр в сборе с прокладкой 2, которую предварительно следует смазать моторным маслом.

После касания прокладкой *2* чашки корпуса *1* надо довернуть фильтр еще на $^1/_2$ оборота. При этом установку фильтра производить только усилием рук.

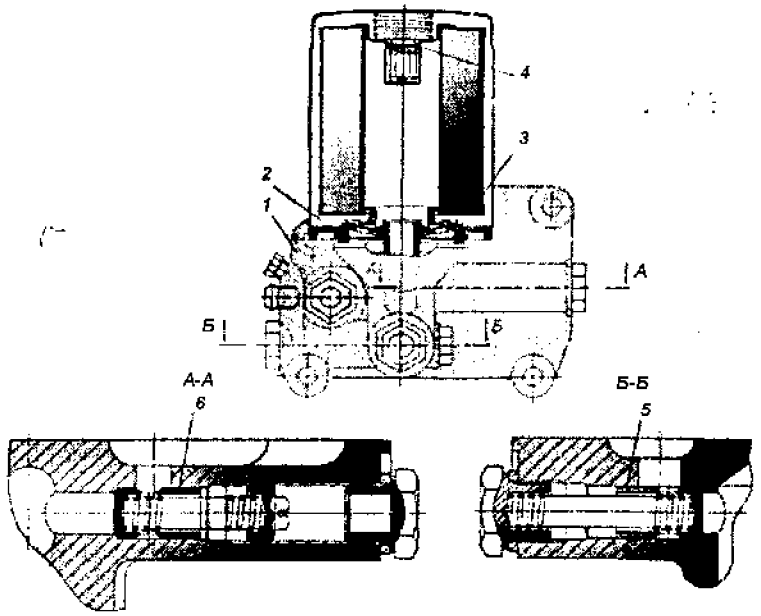


Рис. 2.156. Масляный фильтр неразборной конструкции: *1* – корпус фильтра; *2* – прокладка; *3* – клапан противодренажный; *4* – клапан перепускной; *5* – клапан редукционный; *6* – клапан предохранительный

На дизелях DDC S40E и DEUTZ тракторов «Беларус-3022ДВ», «Беларус-2822ДЦ» установлены масляные фильтры неразборной конструкции. Масляный фильтр тонкой очистки дизеля DDC S40E показан на рис. 2.157.

При замене масла в дизеле:

1. Отвинтить старый масляный фильтр *2* при помощи ключа для снятия фильтров. Слить масло из полости фильтра.

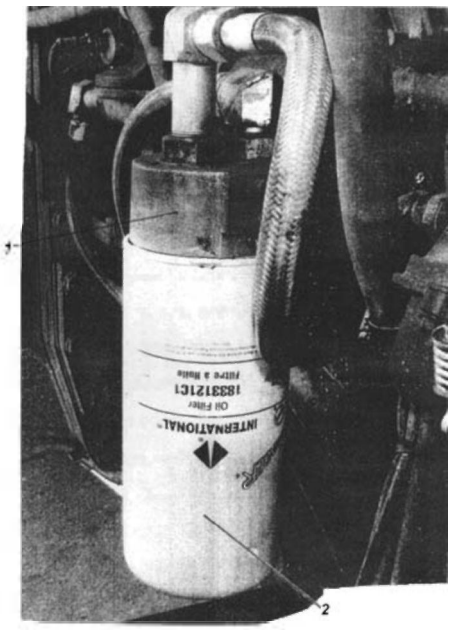


Рис. 2.157. Установка масляного фильтра дизеля DDC S40E:
1 – корпус фильтра; *2* – фильтр

2. Заполнить полость нового масляного фильтра свежим маслом (около 3-х литров). Для замены применять масляный фильтр 1833121C1 или 23529744 (номер по каталогу).

3. Смазать уплотнение фильтра моторным маслом.

4. Установить и заворачивать новый масляный фильтр до тех пор, пока уплотнение фильтра не коснется корпуса крепления фильтра *1*.

5. Затянуть фильтр рукой на один полный оборот, после того как уплотнение фильтра коснулось корпуса крепления фильтра.

5.3. Комбинированная смазочная система дизелей Д-260.1 и их модификаций

Подшипники коленчатого и распределительного валов, втулки промежуточной шестерни, шатунные подшипники коленчатого вала пневмокомпрессора, механизм привода клапанов и подшипник вала турбокомпрессора смазываются под давлением от масляного насоса *20* (рис. 2.158). Гильзы, поршни, поршневые пальцы, штанги, толкатели, кулачки распределительного вала и детали топливного насоса смазываются разбрызгиванием.

Система смазки состоит из масляного насоса *20*, масляного фильтра *2* с бумажным фильтрующим элементом, центробежного масляного фильтра *14*, жидкостно-масляного теплообменника *3*.

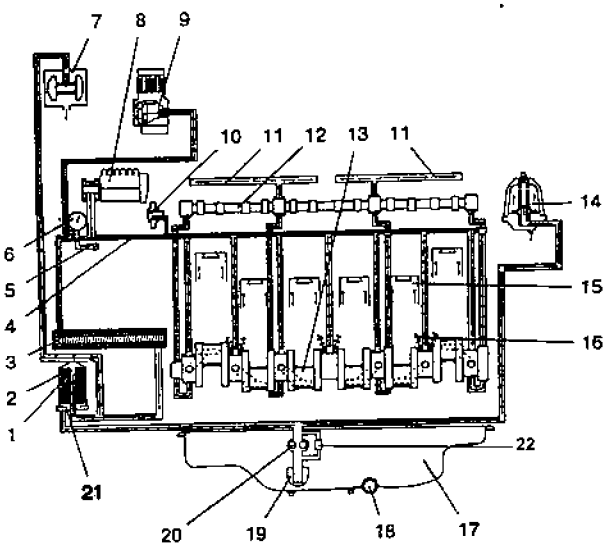


Рис. 2.158. Схема смазочной системы (Д-260.1, Д-260.2, Д-260.4): *1* – клапан перепускной; *2* – фильтр масляный бумажный; *3* – теплообменник; *4* – главная масляная магистраль; *5* – датчик аварийного давления масла; *6* – указатель давления; *7* – турбокомпрессор; *8* – топливный насос; *9* – пневмокомпрессор; *10* – шестерня промежуточная; *11* – масляный канал оси коромысел; *12* – вал распределительный; *13* – вал коленчатый; *14* – фильтр масляный центробежный; *15* – поршень; *16* – форсунка охлаждения поршня; *17* – картер масляный; *18* – пробка сливная; *19* – маслоприемник; *20* – масляный насос; *21* – клапан предохранительный; *22* – клапан перепускной

Масляный насос шестеренчатого типа через маслоприемник *19* забирает масло из масляного картера *17* и по каналам в блоке цилиндров подает в полнопоточный масляный фильтр *2* с бумажным фильтрующим элементом, а часть масла – в центробежный масляный фильтр *14* для очистки и последующего слива в картер.

Фильтрующий элемент масляного фильтра имеет перепускной нерегулируемый клапан *1*. При чрезмерном засорении БФЭ или при холодном пуске дизеля, когда сопротивление фильтрующего элемента превышает 0,13–0,17 МПа, клапан открывается и, нефильтрованное масло сливается в масляную магистраль.

Масло, очищенное в масляном фильтре, поступает в жидкостно-масляный теплообменник *3*, встроенный в блок цилиндров дизеля.

В корпусе фильтра *2* встроен предохранительный нерегулируемый клапан *21*, поддерживающий давление масла 0,28–0,45 МПа. Если давление превысит 0,45 МПа, избыток (запас) масла сливается в картер *17*.

Из жидкостно-масляного теплообменника *3* охлажденное масло поступает по каналам в блоке цилиндров в главную масляную магистраль *4*, из которой по каналам в блоке цилиндров масло подается ко всем коренным подшипникам коленчатого вала *13* и опорам распределительного вала *12*. От второго, четвертого и шестого коренных подшипников через форсунки *16*,

встроенные в коренных опорах блока цилиндров, масло подается для охлаждения поршней *15*.

От коренных подшипников по каналам в коленчатом валу масло поступает на смазку шатунных подшипников.

От первого коренного подшипника масло по специальным каналам в передней стенке блока поступает к втулке промежуточной шестерни *10* и далее по каналу в крышке распределения на смазку деталей топливного насоса *8*.

Детали клапанного механизма смазываются маслом, поступающим от второй и третьей опор распределительного вала *12* по каналам в блоке и головках цилиндров, сверлениям в третьей и четвертой стойках коромысел во внутреннюю полость оси коромысел и через отверстие к втулкам коромысел, от которых по каналу поступает на регулировочный винт и штангу.

Масло к подшипниковому узлу турбокомпрессора *7* поступает по трубке, подключенной на выходе из масляного фильтра *2*.

К пневмокомпрессору *9* масло поступает по маслопроводу, подключенному на выходе из теплообменника. Из компрессора масло сливается в картер дизеля *17*.

Номинальные и предельные значения давления масла в системе смазки приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Значения давления масла

Давление масла в главной масляной магистрали	Номинальное значение, МПа (кгс/см^2)	Предельное значение, МПа (кгс/см^2)
При номинальной частоте вращения коленчатого вала	0,28–0,45 (2,8–5,4)	0,13 (1,3)
При минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала (600 об/мин)	0,1 (0,1)	0,08 (0,8)

5.4. Комбинированная смазочная система дизелей ЯМЗ-238БЕ2, ЯМЗ-238ДЕ2

Масляный насос *3* (рис. 2.159) через всасывающую трубу с заборником *2* засасывает масло из картера *1* и подает в систему через жидкостно-масляный теплообменник (ЖМТ) *5*. В корпусе ЖМТ установлен перепускной клапан *17*, который при разности давлений до и после ЖМТ равном (274 ± 25) кПа (2,8 ± 0,25) кгс/см^2 открывается и часть масла подается непосредственно в масляную магистраль. Из ЖМТ масло подается в каналы блока

через дифференциальный клапан *13*, поддерживающий постоянное давление в системе. При давлении выше 520 кПа часть масла сливается в картер.

Далее часть масла через клапан *15* охлаждения поршней поступает к форсункам охлаждения поршней *14* и сливается в картер. При давлении в смазочной системе ниже 130–165 кПа клапан *15* прекращает подачу масла к форсункам.

Другая часть масла поступает в масляный фильтр *6* с тканевым или бумажным фильтрующим элементом. В корпусе фильтра *3* (рис. 2.160) установлен перепускной клапан *9*. Когда разность давлений до и после фильтра достигает 200–250 кПа, клапан открывается и часть неочищенного масла подается непосредственно в смазочную магистраль.

В перепускной клапан *9* вмонтирован электрический сигнализатор, который состоит из подвижного контакта *6* с пружиной *7* и неподвижного контакта *5* с клеммой *4*. Клемма *4* соединена с сигнальной лампой *8* (рис. 2.159) на щитке приборов. При открытии перепускного клапана происходит замыкание контактов *2*, *6* (рис. 2.160) и в этот момент в кабине водителя загорается сигнальная лампа. Срабатывание сигнальной лампы происходит при засорении фильтрующего элемента, которое сопровождается увеличением давления, или при пуске дизеля в холодное время года, когда масло имеет большую вязкость.

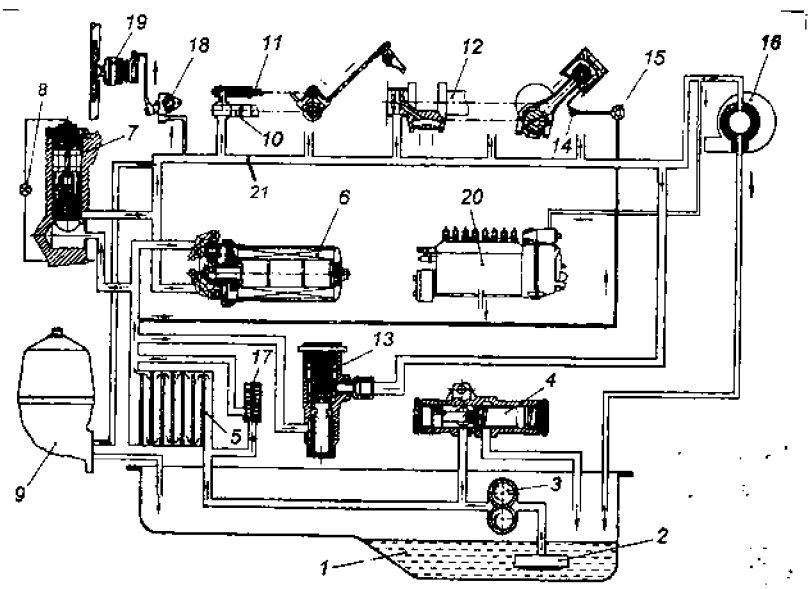


Рис. 2.159. Схема смазочной системы (ЯМЗ-238БЕ, -ДЕ): *1* – масляный картер; *2* – маслозаборник; *3* – масляный насос; *4* – редукционный клапан; *5* – жидкостно-масляный теплообменник; *6* – фильтр очистки масла; *7* – перепускной клапан; *8* – сигнальная лампа фильтра; *9* – фильтр центробежной очистки масла; *10* – распределительный вал; *11* – ось толкателей; *12* – коленчатый вал; *13* – дифференциальный клапан; *14* – форсунка охлаждения поршней; *15* – клапан системы охлаждения поршней; *16* – турбокомпрессор; *17* – перепускной клапан теплообменника; *18* – включатель привода вентилятора; *19* – привод вентилятора; *20* – ТНВД; *21* – центральный масляный канал

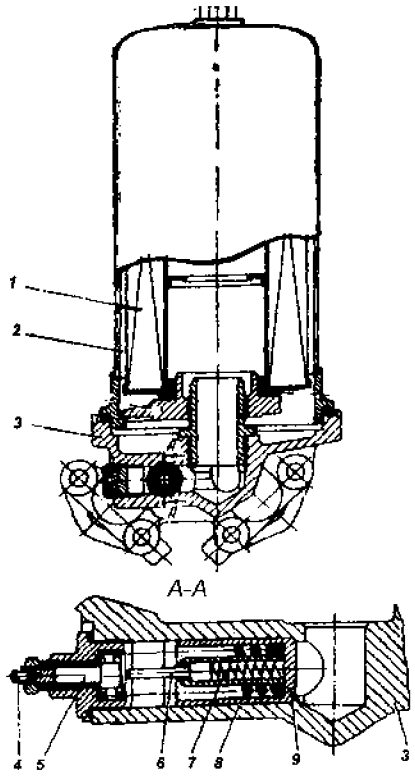


Рис. 2.160. Полнопоточный масляный фильтр с датчиком засоренности фильтрующего элемента: *1* – фильтрующий элемент (тканевый или бумажный); *2* – колпак; *3* – корпус; *4* – клемма; *5* – неподвижный контакт; *6* – подвижный контакт; *7* – пружина сигнализатора; *8* – пружина клапана; *9* – плунжер перепускного клапана

Из фильтра *6* (рис. 2.159) масло поступает в центральный масляный канал *21*, а оттуда через систему каналов в блоке – к подшипникам коленчатого *12* и распределительного *10* валов. От подшипников коленчатого вала через масляные каналы в коленчатом валу и шатунах масло подается к подшипникам верхних головок шатунов. От распределительного вала масло пульсирующим потоком направляется в ось толкателей *11*, а оттуда по каналам толкателей, полостям штанг и коромысел поступает ко всем трущимся парам привода клапанов, а по наружной трубе – к подшипникам турбокомпрессора *16*, регулятора частоты вращения и топливного насоса высокого давления *20*. Под давлением смазывается также подшипник промежуточной шестерни привода масляного насоса. Шестерни привода агрегатов, кулачки распределительного вала, подшипники качения, гильзы цилиндров смазываются разбрызгиванием.

На переднем фланце нагнетательной трубы масляного насоса установлен редукционный клапан *4*, перепускающий масло обратно в картер при давлении на выходе насоса 700–800 кПа.

Для стабилизации давления в смазочную систему дизеля включен дифференциальный клапан *13*, отрегулированный на давление 490–520 кПа. Контроль давления масла осуществляется в центральном масляном канале *21*.

Параллельно фильтру *6* подключен фильтр центробежной очистки масла *9*, который пропускает около 8 % масла, проходящего через смазочную систему. Этот фильтр предназначен для тонкой очистки масла. Принцип работы ЦМФ рассмотрен ранее (раздел 5.2.2). В отличие от ЦМФ с гидравлическим приводом ротора, здесь для привода ротора во вращение используется реактивный принцип, когда струи масла, выходящие из сопел (форсунок) с большой скоростью, создает реактивный момент, приводящий ротор во вращение.

Дополнительная центробежная очистка масла производится в полостях шатунных шеек коленчатого вала *12*.

5.5. Масляные радиаторы

Теплота, отводимая маслом от двигателя, должна быть рассеяна в окружающую среду. Для этой цели системы смазки автотракторных двигателей укомплектовывают специальными теплообменниками – масляными радиаторами. Преимущественное применение находят два типа радиаторов: *жидкостно-масляный и воздушно-масляный*.

Основными *преимуществами воздушно-масляных радиаторов* (дизели Д-242, -243, -244, -245) являются:

– меньшая масса;

– относительно простое и надежное устройство;

– возможность получения большего температурного напора.

Недостатком их является необходимость применения специального перепускного клапана для перепуска холодного масла. Пружину клапана регулируют на перепад давлений 0,15–0,20 МПа. По мере прогрева масла его вязкость понижается, что приводит к уменьшению гидравлических потерь в радиаторе, и клапан автоматически закрывается.

Основным *преимуществом жидкостно-масляных радиаторов* (дизели Д-260.1, Д-262, Д-263, Д-245 S2) является быстрый прогрев масла после пуска дизеля и поддержание его температуры, близкой к оптимальной.

Включение радиатора в смазочную систему осуществляется последовательно в главную магистраль дизеля.

Воздушно-масляные радиаторы трубчато-пластинчатой конструкции состоят из двух бачков-маслосборников *4*, *6* (рис. 2.161) и соединяющих их трубок *1* охлаждения с пластинами. Полости бачков разделены поперечными

перегородками *3* на две-три изолированные одна от другой части. Это позволяет увеличить путь, а, следовательно, и время прохождения масла через радиатор, что способствует лучшему его охлаждению. В масляных радиаторах масло охлаждается на 10–25°.

Трубчатые радиаторы в зависимости от числа трубок делят на *однорядные* (ЗИЛ-4314) и *двухрядные* (рис. 2.162).

Жидкостно-масляный радиатор (*теплообменник*) (*ЖМТ*) применен в семействе шестицилиндровых дизелей Д-260, Д-262, Д-263 (рис. 2.163).

ЖМТ предназначен для охлаждения масла в системе смазки дизеля охлаждающей жидкостью, циркулирующей через трубки теплообменника.

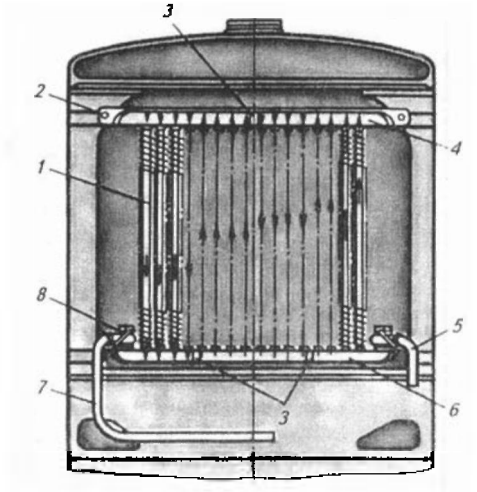


Рис. 2.161. Воздушно-масляный радиатор:
1 – трубки; *2* – болт; *3* – перегородки; *4* – верхний бачок; *5* – подводящий маслопровод; *6* – нижний бачок; *7* – отводящий маслопровод; *8*– угольник

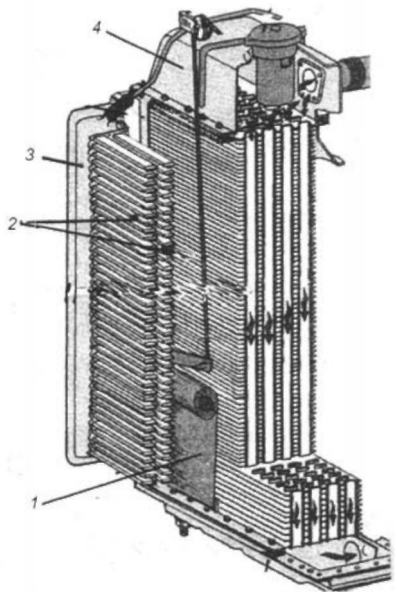


Рис. 2.162. Установка масляного радиатора (с частичным разрезом) дизелей Д-242, -243, -244, -245: *1* – шторка регулирования теплового режима; *2* – два ряда трубок масляного радиатора; *3* – правый бачок масляного радиатора; *4* – радиатор системы охлаждения дизеля

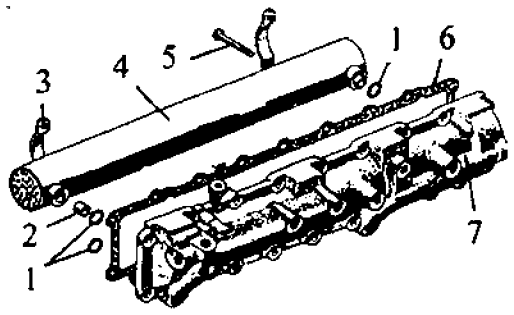


Рис. 2.163. Жидкостно-масляный теплообменник (дизели Д-260.1 и их модификации): *1* – кольцо уплотнительное; *2* – втулка; *3* – скоба; *4* – сердцевина; *5* – болт; *6* – прокладка; *7* – крышка

ЖМТ установлен с левой стороны дизеля на водораспределительном канале блока цилиндров и состоит из сердцевины *4* из нержавеющей стали и крышки *7*. Крышка вместе с прикрепленной к ней трубной доской крепится болтами к блоку цилиндров через уплотнительную прокладку *6*.

Подвод масла к трубкам ЖМТ от масляного фильтра с БФЭ, а также отвод масла от ЖМТ в систему смазки осуществляется по каналам и сверлениям в блоке цилиндров.

В отличие от четырехцилиндровых дизелей стандартного исполнения, дизели Д-245 S2, Д-245.5 S2 и Д-245.43 S2, сертифицированные по TIER-2 европейских экологических норм, оборудованы ЖМТ (рис. 2.164).

Жидкостно-масляный теплообменник *7* – малогабаритный автономный, установлен с правой стороны дизеля вместо центробежного масляного фильтра. ЖМТ расположен между корпусом фильтра *9* и дном масляного фильтра *1*. Вход и выход ЖМТ соединены рукавами *2*, *3* с жидкостным насосом *3а* и патрубком *5*. Для опорожнения ЖМТ предусмотрена сливная пробка *8*.

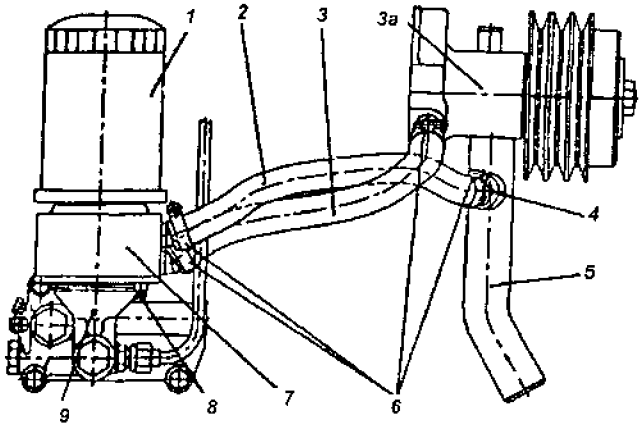


Рис. 2.164. Установка ЖМТ дизеля Д-245 S2:*1* – масляный фильтр с БФЭ; *2*, *3* – рукав; *3а* – жидкостный насос; *4* – штуцер; *5* – патрубок;*6* – хомут; *7* – жидкостно-масляный теплообменник; *8* – сливная пробка; *9* – корпус фильтра

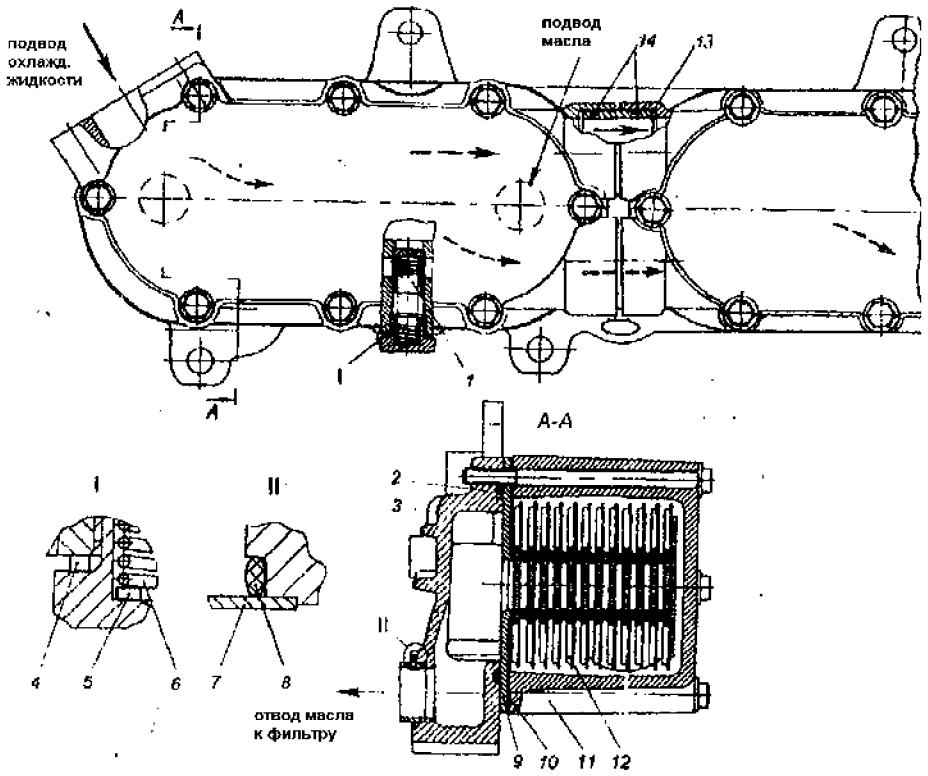


Рис. 2.165. Жидкостно-масляный теплообменник дизелей ЯМЗ-238БЕ2, -ДЕ2: *1* – клапан перепускной; *2* – уплотнение; *3* – корпус; *4* – шайба регулировочная; *5* – прокладка регулировочная; *6* – пружина; *7* – втулка; *8* – уплотнительное кольцо; *9* – фланец; *10* – прокладка; *11* – крышка элемента; *12* – секции элемента пластинчатого; *13* – муфта соединительная; *14* – уплотнительные кольца

ЖМТ пластинчатого типа с двумя теплопередающими элементами установлен на дизелях ЯМЗ-238БЕ2, ЯМЗ-238ДЕ2 (рис. 2.165).

Теплопередающие элементы *12* пластинчатого типа крепятся к корпусу *3* с уплотнением резиновыми кольцами *2* и закрываются крышками *11* с уплотнением паронитовыми прокладками *10*. Охлаждаемое масло проходит внутри секций теплопередающих элементов, а охлаждающая жидкость – снаружи противотоком. В масляной полости корпуса установлен перепускной клапан *1*, при открытии которого масло проходит в магистраль, минуя теплообменник. Начало открытия клапана при перепаде давления 274 кПа ± 25 кПа. Регулировка клапана обеспечивается установкой необходимого количества деталей *4* и *5*.

На отводящем патрубке теплообменника установлен кран или пробка для слива охлаждающей жидкости.

5.6. Вентиляция картера

Во время работы двигателя через неплотности между зеркалом цилиндра и поршневыми кольцами из надпоршневого пространства в картер проникают

воздух, отработавшие газы и пары топлива. В зоне работы маслосъемных колец, вследствие высоких скоростей перемещения поршня, картерные газы обогащаются частицами масла размером до 2 мкм. Образованию масляного аэрозоля способствует постоянное перемешивание масла в масляной ванне вращающимся коленчатым валом. Картерные газы содержат моторное масло в виде масляного тумана. Это диктует необходимость применения масляных сепараторов (отделителей масла от газов).

Существуют две системы вентилирования картера: *открытая* – с отводом газов в атмосферу и *закрытая* – с возвратом газов во впускной коллектор двигателя.

Картер дизелей сообщают с атмосферой через сапун (рис. 2.166). На дизелях Д-260.1 и их модификациях применены два сапуна *1* (рис. 2.166, *а*), поскольку дизель имеет две головки цилиндров. При повышении давления в картере газы проходят через фильтр *6*, подвергаются очистке и отделению масляных паров. Для исключения выброса из картера брызг масла предусмотрен маслоотделитель (отражатель) *5*. Отделенное масло собирается в нижней части фильтра и через сифонную трубку при разрежении в картере и при его избыточном накоплении сливается обратно в картер.

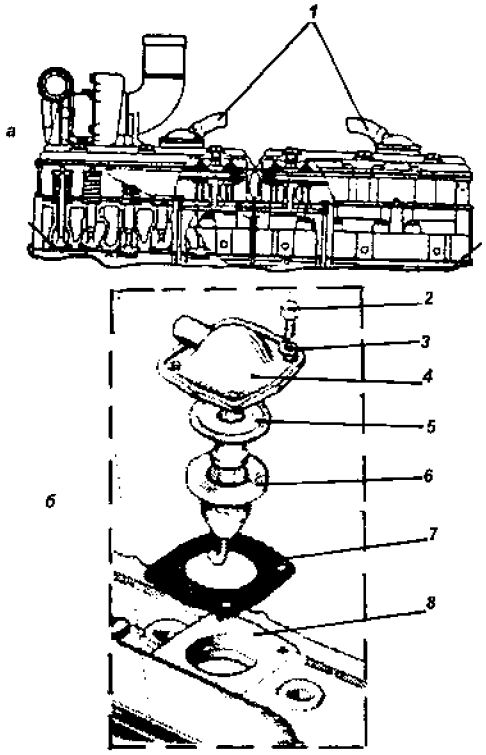


Рис. 2.166. Сапуны дизеля Д-260.1 и их модификаций: *а* – установка сапунов на дизеле; *б* – сапун в разобранном виде; *1* – сапун (передний и задний); *2*, *3* – болт с гайкой; *4* – корпус сапуна; *5* – маслоотражатель; *6* – фильтр с изогнутой сифонной трубкой; *7* – прокладка; *8* – крышка колпака головки цилиндров

5.6.1. Система вентиляции картера с циклонным маслоотделителем

В современных легковых автомобилях зарубежных фирм применяются циклонные маслоотделители, которые лишены недостатков широко применяемых тканевых фильтрующих элементов, постепенно загрязняющихся смолистыми веществами и твердыми частицами в виде сажи. Загрязнения приводят к возрастанию сопротивления прохождения картерных газов, что снижает эффективность системы вентиляции и требует замены фильтрующего элемента.

В системе с циклонным маслоотделителем (рис. 2.167) картерные газы по каналу внутри двигателя подводятся в циклонный маслоотделитель *1*, который приводит газы во вращательное движение. Благодаря возникающей центробежной силе частицы масляного тумана отбрасываются к стенкам маслоотражателя и образующейся капле масла по маслопроводу *6* или каналу отводятся в масляный поддон. Очищенный от масляного тумана воздух через клапан регулирования давления *2* подводится к каналу забора воздуха. Клапан *2* мембранного типа служит для ограничения разрежения в картере, чтобы предохранить от разрушения резиновые манжеты и уплотнительные кольца.

При сильном разрежении клапан закрывается, преодолевая сопротивление пружины, а при незначительном разрежении открывается усилием пружины.

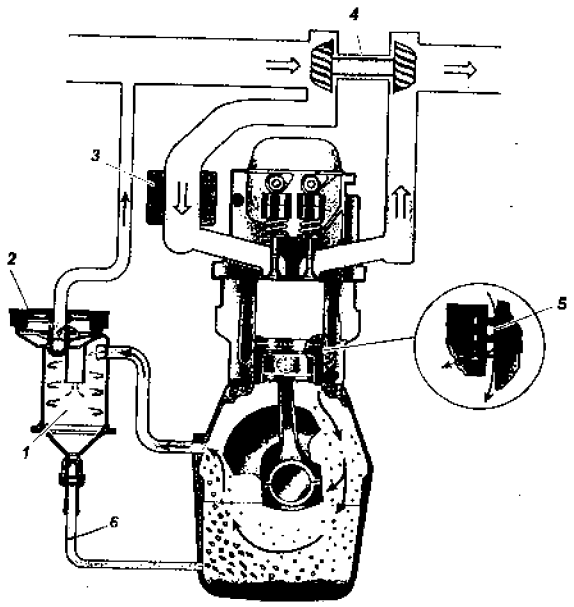


Рис. 2.167. Схема закрытой системы вентиляции картера с циклонным маслоотделителем: *1* – циклонный маслоотделитель; *2* – клапан регулирования давления; *3* – охладитель наддувочного воздуха (ОНВ); *4* – турбокомпрессор; *5* – прорыв газов через поршневые кольца; *6* – маслопровод отвода масла в картер

5.7. Моторные масла

5.7.1. Требования, предъявляемые к маслам

К маслам, применяемым в автотракторных двигателях, предъявляется ряд *эксплуатационных требований*, главные из которых:

– возможно более низкая температура застывания;

– пологая вязкостно-температурная характеристика;

– необходимая степень физической и химической стабильности;

– минимальное коррозионное воздействие на металлы;

– отсутствие механических примесей и воды. Масло не должно быть токсичным и вызывать загрязнение окружающей среды.

5.7.2. Состав моторных масел

Моторное масло как конечный продукт состоит из базового *масла* и *присадок*. По способу производства различают базовые масла *минеральные*, получаемые перегонкой из нефти, и *синтетические*, вырабатываемые путем органического синтеза. Существуют и так называемые *полусинтетические* масла, представляющие собой смесь минерального и синтетического базовых компонентов.

Минеральные масла благодаря относительной простоте производства наиболее распространены и дешевы.

Синтетические масла превосходят минеральные по совокупности эксплуатационных свойств. Они менее вязки при низких температурах, поэтому обеспечивают более легкий пуск двигателя и сохраняют необходимый уровень вязкости в условиях высоких температур.

Синтетические масла обладают также хорошими моющими свойствами.

В соответствии с рекомендациями изготовителей, дизели Д-243, Д-260.1 и их модификации работают на минеральных маслах. Для дизелей DEUTZ («Беларус-1025.4, -1221.4, -1222.4, -1523.4, -2022.4, -2822ДЦ, -3022ДЦ») рекомендуется использовать полусинтетическое масло.

5.7.2.1. Присадки

Присадки составляют до 20 % от объема масла и до 85 % от его стоимости. В основном это химические (минеральные и синтетические) продукты,

растворимые в базовых маслах, предназначенные для улучшения тех или иных эксплуатационных характеристик масел. В моторных маслах в основном используются следующие группы присадок:

– *депрессорные*, препятствующие образованию кристаллов парафина и тем самым понижающие температуру застывания и улучшающие текучесть масла при низких температурах;

– *загущающие*, повышающие вязкость и улучшающие их вязкостно-температурные характеристики;

– *моющие*, препятствующие отложению нагара на элементах двигателя;

– *антиокислительные*, повышающие физико-химическую стабильность масла;

– *противокоррозионные*, снижающие химическую агрессивность масел;

– *противоизносные;*

– *противопенные,* предотвращающие вспенивание масла при его циркуляции в системе смазывания;

– *многофункциональные*, улучшающие одновременно несколько эксплуатационных характеристик масел.

5.7.3. Наиболее важные показатели

Наиболее важными из множества показателей, характеризующих конкретный сорт масла, являются:

– *класс вязкости* по гос. стандарту или SAE (определяет сезон и климатические условия эксплуатации);

– *группа, определяющая уровень качества* (совокупность эксплуатационных свойств) по гос. стандарту, API или ACEA, устанавливающая пригодность данного сорта масла для использования в двигателях с данным уровнем форсированности.

Вязкость – важнейшая характеристика масла, определяющая температурные пределы его работоспособности. При низкой температуре окружающего воздуха вязкость не должна быть слишком велика, чтобы снизить пусковой момент при запуске холодного двигателя и обеспечить надежное прокачивание масла по масляной системе. При высокой температуре вязкость не должна быть слишком мала, чтобы гарантировать формирование масляного клина и создание смазывающей пленки в узлах и механизмах двигателя.

5.7.3.1. Классификация вязкости по SAE

Вязкостные свойства являются основным признаком классификации моторных масел.

Относительные характеристики вязкости определяются по методике SAE (*Sosiety of Automotive Engineers*). Цифры, указанные после аббревиатуры SAE, характеризуют вязкость масла.

Буквой W маркируются зимние сорта масла. Стандарт SAE предусматривает шесть зимних классов вязкости – 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W, гарантирующих возможность пуска холодного двигателя и достаточную прокачиваемость масла при температуре от –30 °С до 5 °С соответственно.

У летних сортов буквы W в обозначении нет. Они распределяются по классам в таком порядке: 20, 30, 40, 50 и 60 с повышением вязкости при t = 100 °С – от 8 до 16 сСт.

Из-за неудобства использования сезонных сортов масел повсеместно применяются всесезонные сорта, в маркировке которых сначала следует зимний показатель, а затем летний. Между двумя обозначениями обычно ставят дефис или знак дроби, а иногда нет никакого знака. Например: SAE 15W-40, SAE 5W/50, SAE 10W30. Эти масла рекомендованы для дизелей Д-243, Д-260 и DDC S40E. Для дизелей DEUTZ применяют 10W-40.

5.7.3.2. Классификация качества (API)

Вторым обязательным признаком классификации по совокупности эксплуатационных свойств является группа качества.

Одной из основных международных квалификационных систем по этому признаку является система API (*American Petroleum Institute*). Принадлежность масла к определенному классу API устанавливается рядом классификационных испытаний в двигателях или специальных моторных установках.

Классификация API подразделяет моторные масла на две категории: S – для бензиновых двигателей; C – для дизелей.

Обозначение класса складывается из начальной буквы, обозначающей категорию, и второй буквы, обозначающей уровень эксплуатационных свойств. Чем ближе к началу латинского алфавита вторая буква, тем ниже свойства данного масла. В системе API имеется девять классов для бензиновых двигателей – SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SJ – и десять классов для дизелей – CA, CB, CC, CD, CE, CF-4, CF, CG-4 и CDII, CF-2 (для двухтактных двигателей).

Для универсальных масел используют двойное маркирование, например CF-4/50, SH/CG-4. При этом на первом месте стоит обозначение типа двигателя, для которого это масло в основном предназначено.

5.7.3.3. Европейская классификация (ACEA)

Европейская классификация ACEA (Ассоциация европейских производителей автомобилей) базируется на единых требованиях к моторным маслам, согласованных 16 ведущими европейскими фирмами.

Классификация моторных масел по ACEA содержит девять категорий.

Чем больше цифровое значение после буквы, тем лучше характеристика масла.

5.7.3.4. Классификация по стандартам РФ и РБ

Отечественные масла классифицируют в соответствии с ГОСТ 17479–85 и ТУ РБ. Признаки классификации те же, что приняты в международных системах: необходимая вязкость масла при t = 100 °С и t = –18 °С, а также группа качества. При этой классификации все масла подразделяют на пять групп (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Классификация масел

Группа качества	Рекомендуемая область применения (двигатели)
А	Неформированные
Б	Малофорсированные
В	Среднефорсированные
Г	Высокофорсированные
Д	Высокофорсированные дизели, работающие в тяжелых условиях

В каждой группе марка масла обозначается буквами и цифрами (табл. 2.3). Буква М означает, что масло моторное. Цифра после буквы М характеризует вязкость в сантистоксах (сСт) при температуре 100 °С или в виде дроби, у которой цифра в числителе характеризует вязкость масла при температуре –18 °С, а цифра в знаменателе показывает вязкость в сСт при 100 °С. Буква «з» в индексе означает, что масло загущенное, т. е. содержит загущающие присадки. Индексом 1 маркируют масла двигателей с искровым зажиганием, индексом 2 – дизелей. Если индекс отсутствует, то это означает, что масло предназначено для обеих категорий двигателей.

Таблица 2.3

Марки масел

Класс вязкости	Пределы вязкости, $мм^2/с$, при температуре, °С		Группы масел по эксплуатационным свойствам				
	100	– 18	$Б_1$	В		Г	
				$В_1$	$В_2$	$Г_1$	$Г_2$
6	6 ± 0,5	–	М6$Б_1$	М6$В_1$	–	М6$Г_1$	–
8	8 ± 0,5	–	М8$Б_1$	М8$В_1$	М8$В_2$	М8$Г_1$	М8$Г_2$
10	10 ± 1	–	М10$Б_1$	М10$В_1$	М10$В_2$	М10$Г_1$	М10$Г_2$
12	12 ± 0,5	–	–	–	М12$В_2$	–	М12$Г_2$
$4_з$/6	6 ± 0,5	1300–2600	М$4_з$/6$Б_1$	М$4_з$/6$В_1$	–	–	–
$4_з$/8	8 ± 0,5	1300–2600	М$4_з$/8$Б_1$	М$4_з$/8$В_1$	М$4_з$/8$В_2$	–	–
$4_з$/10	10 ± 0,5	1300–2600	М$4_з$/10$Б_1$	М$4_з$/10$В_1$	М$4_з$/10$В_2$	–	–
$6_з$/10	10 ± 0,5	2600–10400	–	М$6_з$/10$В_1$	М$6_з$/10$В_2$	М$6_з$/10$Г_1$	М$6_з$/10$Г_1$

5.8. Возможные неисправности и техническое обслуживание смазочной системы

При работе двигателя нужно систематически следить по контрольным приборам за температурой и давлением масла. При загорании в комбинации приборов сигнальных ламп аварийной температуры и аварийного давления масла нужно немедленно остановить двигатель и устранить причины неисправности. Низкое давление масла в смазочной системе может быть следствием его утечки в маслопроводах, недостаточного количества в поддоне картера, засорения сетки масляного насоса. Эти неисправности следует немедленно устранить. Причиной может быть также износ подшипников распределительного и коленчатого валов. В этом случае двигатель направляют в ремонт.

Техническое обслуживание смазочной системы двигателя заключается в поддержании необходимого уровня масла в поддоне картера, периодической очистке фильтров, смене фильтрующих элементов и замене масла.

В конце каждой смены работу центробежного масляного фильтра (если установлен) проверяют на слух. После остановки двигателя в течение не менее 40–60 с должен быть слышен легкий шум (гудение) ротора. Отсутствие или малая продолжительность шума указывают на неисправность ЦМФ. При замене масла в двигателе следует очистить ротор от отложений на его внутренней поверхности, а также заменить масляные фильтры или сменные БФЭ (если прилагаются). При сезонном техническом переходе к весенне-летнему периоду (СТО-ВЛ) в картере тракторных дизелей заменяют зимний сорт масла на летний, а при переходе к осенне-зимнему периоду (СТО-ОЗ) – летний сорт

на зимний. При использовании универсальных (всесезонных) масел в такой замене нет необходимости.

При замене масел и через каждые 2000 ч работы двигателя необходимо снять сапуны, промыть их в дизельном топливе и продуть сжатым воздухом (Д-243, -245, Д-260, -262, -263).

Глава 6. СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ

6.1. Общие сведения

Средняя температура газов в течение рабочего цикла двигателя составляет 800–900 °С. Но не вся теплота, выделяемая при сгорании топлива, преобразуется в полезную работу. Часть теплоты передается цилиндрам, поршням и другим деталям двигателя, вследствие чего они сильно нагреваются. Это приводит к уменьшению зазоров в подвижных соединениях, что может вызвать заклинивание движущихся деталей, ухудшение смазывания деталей и смазочных свойств масел из-за их прогорания, нарушение процессов смесеобразования и сгорания (снижение наполнения цилиндров свежим зарядом воздуха, преждевременное воспламенение рабочей смеси, детонация и т. д.). Увеличиваются потери на трение, уменьшается прочность металла.

Интенсивное охлаждение деталей также отрицательно сказывается на экономичности работы двигателя и износе его деталей. В этом случае водяные пары могут конденсироваться. Часть конденсата стекает со стенок цилиндра и попадает в масла, образуя с металлическими частицами соли органических кислот, которые плохо растворяются в масле и при повышенной температуре выпадают в осадок, загрязняя масло и нарушая работу смазочной системы. В свою очередь это приводит к снижению мощности двигателя и увеличению удельного расхода топлива. Пониженный тепловой режим двигателя вызывает неполное сгорание тяжелых фракций топлива и масла, повышенное нагарообразование на деталях кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов (в камерах сгорания, на поршнях, клапанах и др.). Возможно коксование поршневых колец в канавках поршня, зависание клапанов из-за смолистых отложений. Так, при температуре охлаждающей жидкости и двигателя 65–70 °С в результате ухудшения процесса сгорания расход топлива

увеличивается на 5–10 %, при более низком тепловом режиме перерасход достигает 30–40 %.

Таким образом, как излишний нагрев, так и чрезмерное понижение температуры деталей двигателя нежелательны. Существует определенное оптимальное температурное состояние двигателя. Наивыгоднейший тепловой режим работы двигателя (наименьшие износ деталей и расход топлива) достигается при температуре охлаждающей жидкости 8–90 °С. Для этой цели применяют систему охлаждения двигателей.

Система охлаждения – это совокупность устройств, обеспечивающих отвод тепла от нагретых деталей двигателя и поддерживающих температурный режим, требуемый для его нормальной работы.

В зависимости от способа организации теплообмена между элементами двигателя и окружающей средой различают системы с промежуточным теплоносителем – *циркуляционные системы жидкостного охлаждения* и без промежуточного теплоносителя – *системы воздушного охлаждения.*

В автотракторных двигателях наибольшее распространение получили циркуляционные жидкостные двухконтурные системы, где теплоотвод осуществляется в воздух, а охлаждающая жидкость является промежуточным теплоносителем, циркулирующим по замкнутому контуру.

6.2. Типы систем охлаждения

6.2.1. Термосифонная система жидкостного охлаждения

В ней циркуляция происходит в результате разности плотностей нагретой и холодной жидкости. При нагревании плотность жидкости в рубашках *8* и *9* (рис. 2.168) соответственно головки цилиндров и блок-картера уменьшается и жидкость по патрубку *7* поднимается в верхний бак *4* радиатора. В сердцевине *1* радиатора жидкость, проходя по тонким трубкам, охлаждается, ее плотность повышается, и по патрубку *10* она поступает в рубашку *9* блок-картера, вытесняя жидкость с меньшей плотностью. Для улучшения охлаждения жидкости позади радиатора установлен вентилятор.

Такая система охлаждения конструктивно наиболее проста, недорога, но теплотехнически недостаточно эффективна. Сравнительно медленная циркуляция жидкости может приводить к местным перегревам и большим градиентам температур в охлаждаемых элементах. В связи с указанными недостатками в современных ДВС термосифонные системы охлаждения не применяются.

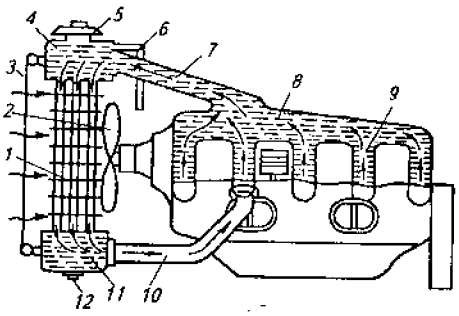


Рис. 2.168. Принципиальная схема термосифонной системы жидкостного охлаждения: *1* – сердцевина радиатора; *2* – вентилятор; *3* – шторка; *4* – верхний бак радиатора; *5* – крышка заливной горловины; *6* – пароотводная трубка; *7*– верхний патрубок; *8* – рубашка головки цилиндров; *9* – рубашка блок-картера; *10* – нижний патрубок; *11* – нижний бак радиатора; *12* – пробка (кран) сливного отверстия

Термосифонной системой жидкостного охлаждения оборудованы пусковые двигатели П-10УД, П-350, П-23У.

6.2.2. Система с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости

Такая система в настоящее время является одной из основных типов систем охлаждения автотракторных двигателей. В ней центробежный насос *6* (рис. 2.169) нагнетает жидкость в рубашку *7* блок-картера и головки цилиндров двигателя, из которой нагретая жидкость вытесняется в радиатор *1*, охлаждается и по патрубку возвращается к насосу.

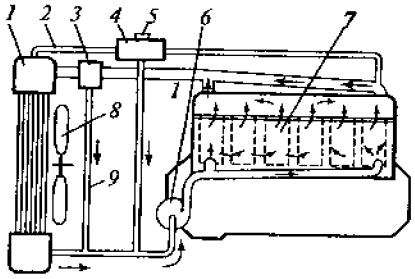


Рис. 2.169. Принципиальная схема циркуляционной системы жидкостного охлаждения: *1* – радиатор; *2* – паровоздушная трубка; *3* – термостат; *4* – расширительный бачок; *5* – пробка расширительного бачка; *6* – жидкостный насос; *7* – рубашка блока цилиндров; *8* – вентилятор; *9* – обводная магистраль

Разность температур нагретой и охлажденной жидкости для системы с принудительной циркуляцией не превышает 10 °С.

Интенсивность циркуляции жидкости и потока воздуха, создаваемого вентилятором *8* в системе с принудительной циркуляцией зависит главным образом от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Поэтому для

предотвращения переохлаждения двигателя при понижении температуры окружающего воздуха и уменьшении нагрузки используют различные устройства, регулирующие тепловое состояние двигателя: термостат *3*, шторки и жалюзи спереди радиатора (не показаны).

Теплота усиленно отводится от наиболее нагретых частей камер сгорания и цилиндров в результате сконцентрированного подвода жидкости к ним. В этом случае жидкость попадает в распределительный канал, идущий вдоль верхней части блок-картера. В канале выполнены отверстия для подачи жидкости в первую очередь к верхним, наиболее нагретым частям блок-картера и гильз цилиндров.

Если система охлаждения с принудительной циркуляцией жидкости постоянно сообщается с окружающей средой через пароотводную трубку *2*, ее называют *открытой*. Если же она отделена от окружающей среды специальным паровоздушным клапаном в пробке радиатора *1* или в пробке *5* расширительного бачка *4*, ее называют *закрытой*. В закрытой системе меньше потери жидкости на испарение и выше кавитационная устойчивость системы.

6.2.3. Система воздушного охлаждения

В этой системе теплота от деталей двигателя отводится в результате обдува цилиндров и их головок воздухом.

В двигателях небольшой мощности, устанавливаемых на мотоциклах, детали охлаждаются встречным потоком воздуха при движении. Двигатели тракторов и автомобилей с воздушным охлаждением оборудованы вентиляторами для принудительного обдува. Вентилятор состоит из ротора *9* (рис. 2.170) и направляющего аппарата *10*. Чтобы воздух равномерно охлаждал нагретые детали, вокруг цилиндров и их головок установлены щитки – дефлекторы *7* и *8*. Оребрение увеличивает поверхность охлаждения цилиндров и их головок.

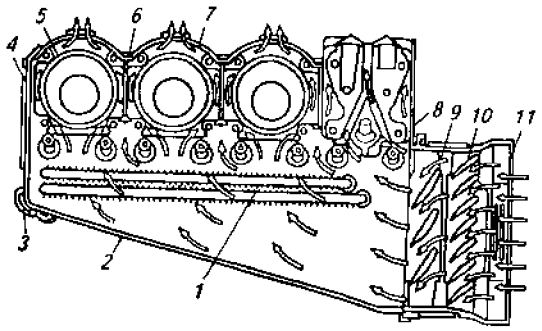


Рис. 2.170. Принципиальная схема воздушной системы охлаждения: *1* – масляный радиатор; *2* – кожух; *3* – замок; *4* – задний дефлектор; *5* – цилиндр; *6* – шпилька крепления среднего дефлектора; *7* – средний дефлектор; *8* – передний дефлектор; *9* – ротор; *10* – направляющий аппарат; *11* – защитная сетка

Система воздушного охлаждения по сравнению с системой принудительной циркуляции охлаждающей жидкости конструктивно проще, дешевле и удобнее в эксплуатации. Масса и размеры двигателя с воздушным охлаждением значительно меньше, чем у двигателя такой же мощности с жидкостным охлаждением. Однако двигатель с воздушным охлаждением отличается повышенной шумностью работы, переохлаждением двигателя при низких температурах, значительными потерями мощности на привод вентилятора (до 8 %) и меньшей литровой мощностью вследствие снижения коэффициента наполнения.

Воздушное охлаждение применяют на двигателях Д-120 и Д-144.

6.3. Система охлаждения дизеля Д-245 S2 и его модификаций

Схема системы охлаждения закрытого типа с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости приведена на рис. 2.171. В систему входят: жидкостной насос *1* центробежного типа, приводимый во вращение от коленчатого вала через ременной привод *3*; термостат *2*; вентилятор *4*; жидкостной радиатор *13* с пробкой *10*, оснащенной воздушным и паровым клапанами; рубашка охлаждения головки цилиндров *5*; рубашка охлаждения блока цилиндров *6*; верхний патрубок *9*; нижний патрубок *21*; жидкостно-масляный теплообменник *15*, установленный вместо масляного радиатора тракторов стандартного исполнения; патрубки *17*, *18* отвода и подвода ОЖ к ЖМТ; расширительный бачок *20*; световой сигнализатор аварийной температуры ОЖ *11*; указатель температуры ОЖ *12*; краны *8* слива ОЖ.

6.3.1. Жидкостный радиатор

Радиатор (рис. 2.172) или жидкостно-воздушный теплообменник служит для охлаждения нагретой в двигателе охлаждающей жидкости (ОЖ) путем отвода тепла в окружающую среду. Радиатор установлен на двух резиновых амортизаторах *1* на переднем брусе полурамы и состоит из сердцевины *6*, верхнего *8* и нижнего *2* бачков. Сердцевина радиатора представляет собой овальные тонкостенные трубки, концы которых впаяны в верхние пластины. Бачки радиатора прикреплены к сердцевине болтами и вместе с боковыми стенками образуют жесткую конструкцию. В нижнем бачке *2* установлен

кран *3* для слива жидкости из радиатора. В верхнем бачке *8* расположена заливная горловина, закрываемая пробкой *9*. В двигателях Д-243, Д-245 для регулирования интенсивности обдува радиатора воздушным потоком перед ним устанавливается шторка *4* из прорезиненной ткани, которая управляется из кабины ручкой *22* (рис. 2.171).

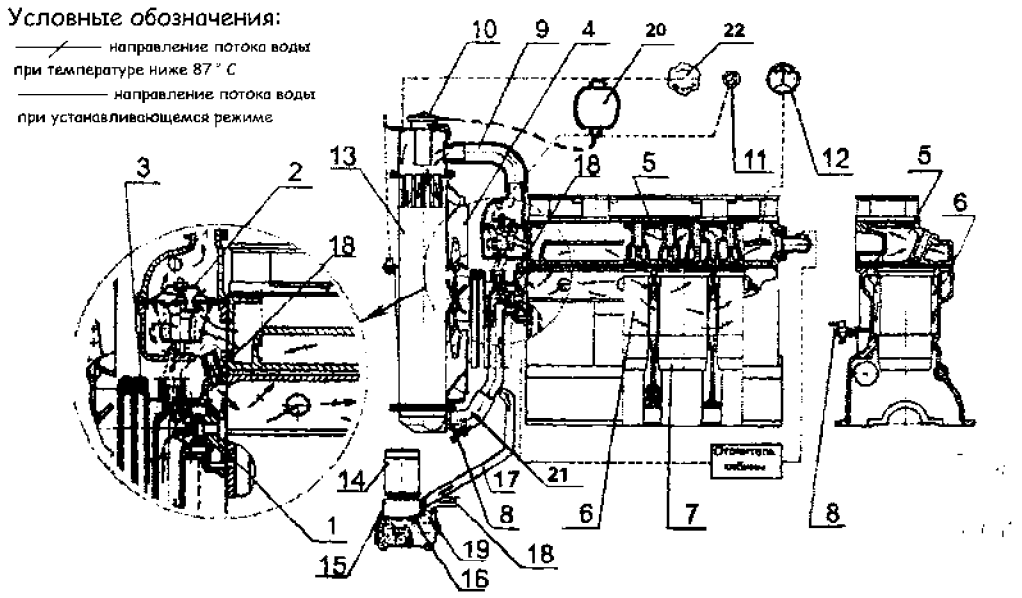


Рис. 2.171. Схема системы охлаждения (Д-245 S2): *1* – водяной насос; *2* – термостат; *3* – ремень привода водяного насоса; *4* – вентилятор; *5* – рубашка охлаждения головки цилиндров; *6* – рубашка охлаждения блока цилиндров; *7* – гильза блока цилиндров; *8* – краники для слива охлаждающей жидкости; *9* – патрубок; *10* – пробка заливной горловины; *11* – световой сигнализатор аварийной температуры охлаждающей жидкости; *12* – указатель температуры охлаждающей жидкости; *13* – радиатор; *14* – фильтр масляный; *15* – жидкостно-масляный теплообменник (ЖМТ); *16* – пробка для слива охлаждающей жидкости; *17* – патрубок для отвода охлаждающей жидкости от ЖМТ; *18* – патрубок для подвода охлаждающей жидкости к ЖМТ; *19* – корпус фильтра; *20* – расширительный бачок; *21* – нижний патрубок радиатора; *22* – ручка управления шторкой радиатора

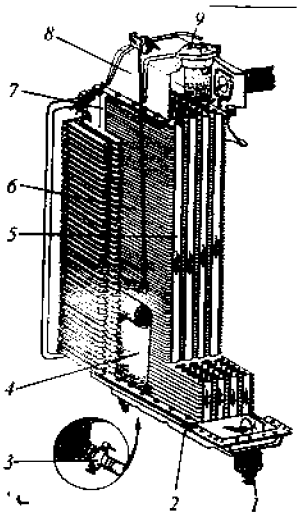


Рис. 2.172. Жидкостной радиатор:
1 – опора радиатора; *2* – нижний бак; *3* – сливной кран; *4* – шторка; *5* – трубка сердцевины; *6* – сердцевина; *7* – стойка; *8* – верхний бак; *9* – паровоздушная пробка

Закрытая система охлаждения двигателя связана с окружающей средой через паровоздушную пробку (рис. 2.173), в которой вмонтированы два клапана. Впускной (воздушный) клапан *2* срабатывает при падении давления в системе примерно на 0,01 МПа. Паровой клапан *3* регулируют на избыточное давление паров ОЖ в пределах 0,045–0,050 МПа. Таким образом, при давлениях в системе ниже давления срабатывания клапана *3* система изолирована («закрыта») от атмосферы. При этом температура в контуре может быть доведена до 105–110 °С без опасности закипания ОЖ.

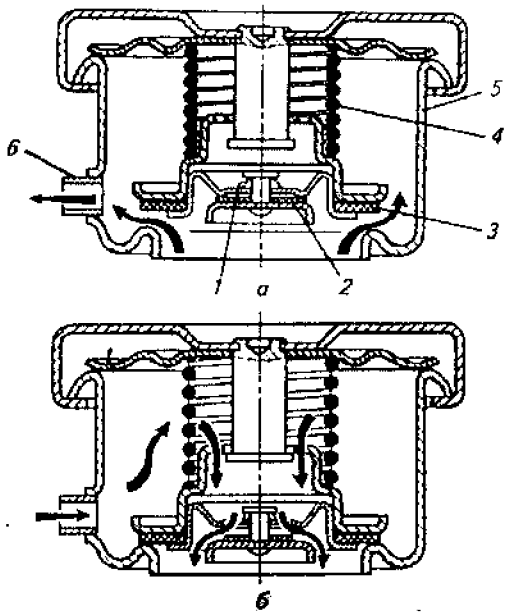


Рис. 2.173. Паровоздушная пробка горловины радиатора: *а* – открыт паровой клапан; *б* – открыт воздушный клапан; *1*, *4* – пружины соответственно воздушного и парового клапанов; *2*, *3* – соответственно воздушный и паровой клапан; *5* – торец горловины радиатора; *6* – трубка, связанная с атмосферой или с расширительным бачком

6.3.2. Расширительный бачок

Использование в качестве ОЖ низкозамерзающих жидкостей (антифризов), имеющих большой коэффициент объемного расширения, диктует необходимость иметь в системе резервный объем для компенсации расширения. Для этих целей используется расширительный бачок *20* (рис. 2.171). Будучи установленным в самой высокой точке жидкостного контура, он выполняет роль конденсатора, стабилизатора уровня жидкости в рубашке охлаждения и деаэратора (отделителя от ОЖ воздуха, газов и пара). Он также ограничивает разрежение на входе в жидкостной насос, что повышает кавитационную устойчивость системы охлаждения.

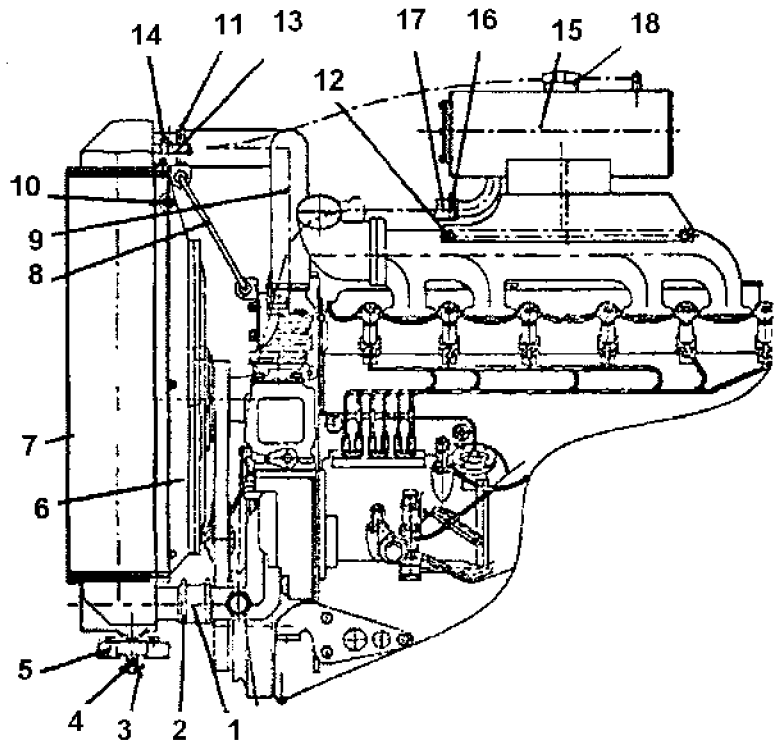


Рис. 2.174. Система охлаждения дизеля Д-260.4 (трактор «Беларус-2022»): *1* – шланг; *2* – хомут; *3* – шплинт; *4* – гайка; *5* – амортизатор; *6* – кожух вентилятора; *7* – жидкостной радиатор; *8* – растяжка; *9* – шланг; *10* – болт; *11* – хомут; *12* – болт, гайка, шайба; *13* – рукав; *14* – хомут; *15* – расширительный бачок; *16* – хомут; *17* – рукав; *18* – паровоздушная пробка

Система охлаждения дизеля Д-260.4 со сварным металлическим расширительным бачком *15* приведена на рис. 2.174. Бачок имеет паровоздушную пробку *18*, которая закрывает заливную горловину бачка. Жидкостной радиатор *7* не имеет заливной горловины и все операции заправки системы и контроля уровня ОЖ производятся через заливную горловину расширительного бачка.

В системе охлаждения закрытого типа с принудительной циркуляцией ОЖ дизелей DDC S40E *Detroit Diesel*, установленных на тракторах «Беларус-3022ДВ», расширительный бачок *2* (рис. 2.175) снабжен датчиком уровня охлаждающей жидкости *4*, связанным электрическим жгутом с электронным блоком управления дизеля. Нормальный уровень ОЖ, когда жидкость касается нижней кромки трубы *3*. Допускается понижение уровня ОЖ не более чем на 40 мм от нормального уровня.

Когда уровень ОЖ опускается ниже допустимого предела, срабатывает чувствительный датчик *4* дискретного действия, а на панели управления дизелем загорается лампа *STOP* (аварийного останова) и звучит звуковой сигнал (зуммер). Оператор должен принять меры к остановке дизеля для устранения возникшего сбоя в работе системы, чтобы не допустить опасного перегрева

дизеля. Кроме того, в постоянной памяти электронного блока управления дизелем заложена программа принудительного автоматического останова дизеля путем отключения электрогидравлических насос-форсунок при нагреве до температуры 112,5 °С.

6.3.3. Термостаты

Термостатом называют автоматически действующее устройство, регулирующее расход ОЖ через жидкостный радиатор. Будучи установленным в контур циркуляции ОЖ, термостат ускоряет прогрев жидкости при пуске двигателя и автоматически поддерживает ее температуру в определенных пределах.

По конструкции термочувствительного элемента различают термостаты с *жидким наполнителем* и *твердым наполнителем*.

Жидкостный термостат имеет сильфон, заполненный легкокипящей жидкостью ($^1/_3$ этилового спирта + $^2/_3$ дистиллированной воды). При повышении температуры ОЖ в сильфоне испаряется жидкость и под давлением паров он удлиняется, открывая клапаны и регулируя потоки ОЖ в радиатор и обводную магистраль к жидкостному насосу.

Недостатком жидкостных термостатов является разгерметизация сильфона из-за трещин, что ограничивает его срок службы.

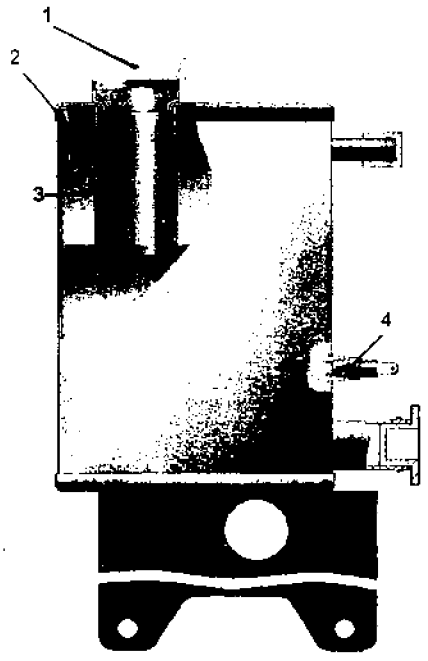


Рис. 2.175. Расширительный бачок системы охлаждения дизеля DDC S40E:
1 – паровоздушная пробка; *2* – расширительный бачок;
3 – труба заливной горловины; *4* – датчик уровня ОЖ

Этого недостатка в значительной мере лишен термостат *с твердым наполнителем* (рис. 2.176). Он состоит из капсулы *9*, заполненной термоактивной массой (обычно смесь церезина с медными опилками). Капсула закрыта резиновым буфером-мембраной *5* и штоком *4*, упирающимся в регулировочный винт *3*, расположенный в верхней рамке *2* термостата, кольцо которой образует седло *6* для основного клапана *7*. Через направляющее кольцевое отверстие *10* в нижней рамке *1* проходит конец капсулы, на котором закреплен перепускной клапан *11*, зафиксированный упругим кольцом *12* и пружиной *13*.

При расширении активной массы шток, упирающийся в регулировочный винт, отжимает капсулу вместе с основным клапаном от седла и открывает проход жидкости к радиатору. Одновременно нижний конец капсулы с клапаном *11* перекрывает циркуляцию жидкости по малому кругу. К числу достоинств термостата с твердым наполнителем относится его способность развивать большие усилия для перемещения рабочих органов, вследствие чего он нашел широкое применение также и в системах воздушного охлаждения, в устройствах отключения вентиляторов и т. д.

Термостаты с твердым наполнителем получили широкое распространение в современных автотракторных двигателях (дизели Д-243, Д-245, Д-260.1 и их модификации; ЯМЗ-238БЕ, КамАЗ-740, ЗИЛ-508).

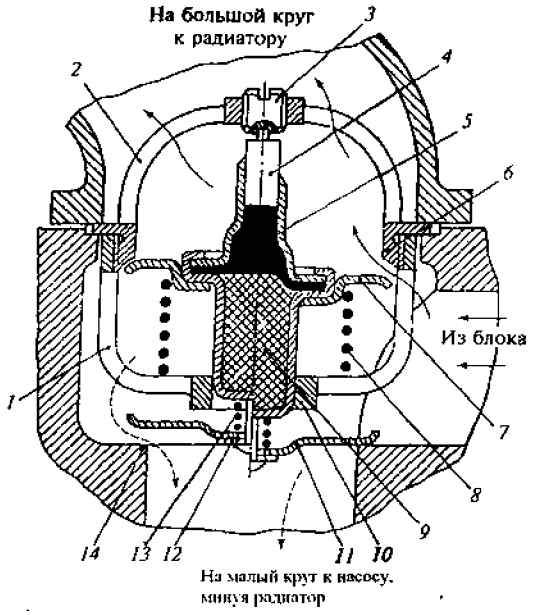


Рис. 2.176. Термостат с твердым наполнителем: *1* – нижняя рамка термостата; *2* – верхняя рамка термостата; *3* – регулировочный болт; *4* – шток; *5* – резиновый буфер-мембрана; *6* – седло основного клапана; *7* – основной клапан; *8* – пружина основного клапана; *9* – капсула с активной массой; *10* – направляющее кольцевое отверстие; *11* – перепускной клапан; *12* – фиксирующее кольцо перепускного клапана; *13* – пружина перепускного клапана; *14* – седло перепускного клапана

В системе охлаждения дизелей Д-260.1 и их модификаций применены два термостата *1* (рис. 2.177) типа ТС-107 с твердым наполнителем, установленные в корпусе *10* на выходе ОЖ из рубашки охлаждения.

Термостат, рис. 2.178, *а*, *б*, состоит из рамки *3*, датчика с твердым наполнителем *2* и двух клапанов: перепускного *1* и основного *4*.

После пуска дизеля при температуре охлаждающей жидкости ниже (87 ± 2) °С основной клапан *4* не пропускает жидкость в радиатор. Жидкость, проходя через боковые окна термостата в обводную трубку, циркулирует в рубашке охлаждения по малому кругу, рис. 2.178, *а*.

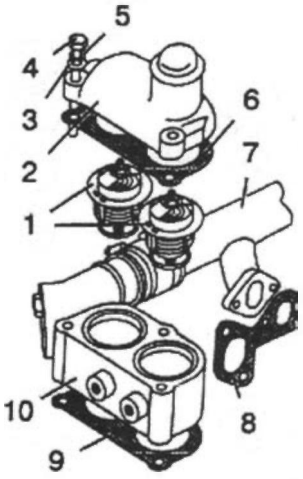


Рис. 2.177. Установка термостатов: *1* – термостат (2 шт.); *2* – крышка; *3* – шайба; *4* – болт М10×100(3 шт.); *5* – шайба; *6* – прокладка; *7* – водосборная труба, передняя; *8* – прокладка; *9* – прокладка; *10* – корпус термостатов

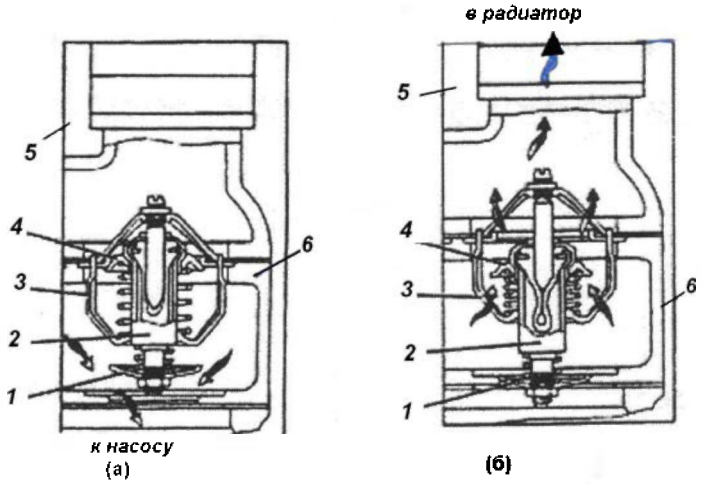


Рис. 2.178. Работа термостатов: *а* – циркуляция ОЖ по малому кругу (ниже (87 ± 2) °С); *б* – циркуляция ОЖ по большому кругу (выше (87 ± 2) °С); *1* – вспомогательный (перепускной) клапан; *2* – капсула с твердым наполнителем; *3* – рамка термостата; *4* – основной клапан; *5* – крышка; *6* – корпус

При температуре выше (87 ± 2) °С количество жидкости, поступающей в радиатор, регулируется автоматически. Перепускной клапан *1* перекрывает путь жидкости в обводной канал, а основной клапан *4* открыт (большой круг циркуляции), рис. 2.178, *б*.

6.3.4. Жидкостный насос и вентилятор

Насос и вентилятор большинства двигателей объединены в одну сборочную единицу. Во всех моделях двигателей применены насосы центробежного типа со спиральными лопатками.

Жидкостный насос центробежного типа дизеля Д-245 и его модификаций имеет двухручьевой приводной шкив *2* (рис. 2.179), к которому непосредственно или через проставку (рис. 2.181) крепится вентилятор.

Корпус *11* (рис. 2.179) крепится к крышке механизма газораспределения и представляет собой фасонную чугунную отливку, в которой на двух шарикоподшипниках *1* полузакрытого типа вращается вал *10* крыльчатки *7*. От осевого перемещения вал зафиксирован стопорным кольцом *12*. Приводной шкив *2* посажен на шпонке на переднем конце вала и затянут гайкой. На заднем конце валика по прессовой посадке зафиксирована крыльчатка *7* с шестью спиральными лопатками. Полость крыльчатки отделена от полости шарикоподшипников уплотнителем *3*. В корпусе *11* предусмотрено сливное отверстие *9* для контроля утечки ОЖ при износе уплотнителя. Шарикоподшипники имеют одноразовую смазку и не требуют обслуживания.

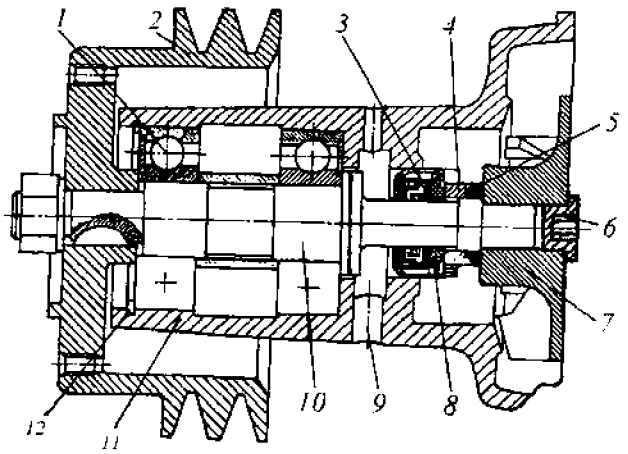


Рис. 2.179. Жидкостный насос дизеля Д-245 и его модификаций: *1* – шарикоподшипник полузакрытый; *2* – шкив двухручьевой; *3* – сальник; *4* – кольцо упорное; *5* – кольцо уплотнительное; *6* – заглушка; *7* – крыльчатка; *8* – шайба уплотнительная; *9* – сливное отверстие; *10* – вал; *11* – корпус; *12* – стопорное кольцо

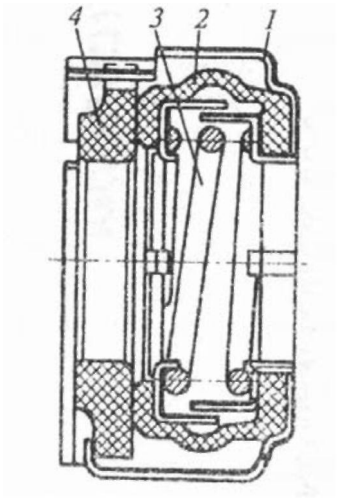


Рис. 2.180. Уплотнитель (сальник) жидкостного насоса:
1 – корпус; *2* – резиновая уплотнительная манжета;
3 – разжимная пружина; *4* – графитовое кольцо

Уплотнитель, герметизирующий подшипниковый узел, состоит из корпуса *1* (рис. 2.180, *а*), резиновой уплотнительной манжеты *2*, разжимной пружины *3* и графитового кольца *4*. Неподвижное графитовое кольцо уплотнителя усилием пружины, находящейся внутри манжеты, постоянно поджимается к вращающемуся торцу крыльчатки или к вращающемуся уплотнительному кольцу *5* (рис. 2.179).

В системах жидкостного охлаждения преимущественно распространены одноступенчатые осевые вентиляторы с числом лопастей от четырех до девяти и диаметром от 300 до 670 мм. Осевые вентиляторы могут выполняться клепаными или литыми. Лопасти клепаных вентиляторов штампуют из листовой стали толщиной 1,25–1,80 мм и укрепляют заклепками. Литые вентиляторы выполняют из полимерных материалов или алюминиевых сплавов с профилированными лопастями. Ширина лопастей в среднем равна 30–70 мм и может достигать 100 мм для мощных дизелей.

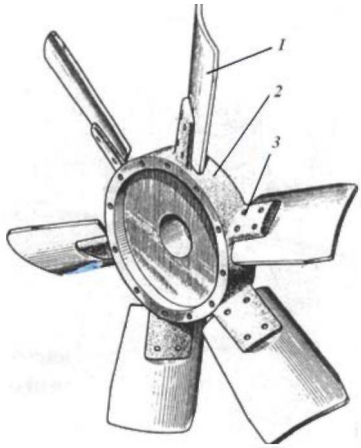


Рис. 2.181. Металлический шестилопастной вентилятор:
1 – лопасть; *2* – ступица; *3* – заклепка

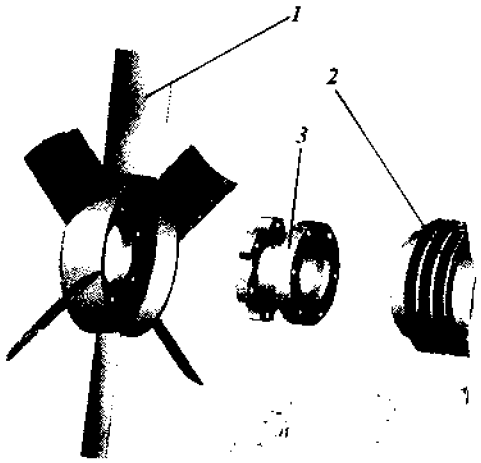


Рис. 2.182. Шестилопастной вентилятор из полимерных материалов:
1 – вентилятор; *2* – приводной шкив; *3* – проставка

На дизелях Д-243, Д-245, Д-260.1 устанавливаются вентиляторы с числом лопастей от шести до девяти, отличающиеся также диаметрами и материалами изготовления.

На рис. 2.181 изображен шестилопастной клепаный вентилятор дизелей Д-260.1 и их модификаций.

На рис. 2.182 приведен литой шестилопастной вентилятор из полимерных материалов, устанавливаемый на дизелях Д-245 S2 и их модификациях. Вентилятор *1* может закрепляться на приводном шкиве *2* непосредственно или через проставку *3*.

Девятилопастные вентиляторы выполняют преимущественно литыми и устанавливают на мощные дизели, а также на дизели, предназначенные для поставки в страны с тропическим климатом.

6.4. Система охлаждения дизеля ЯМЗ-238БЕ2

Схема системы охлаждения закрытого типа с принудительной циркуляцией ОЖ приведена на рис. 2.183.

Во время работы двигателя циркуляция охлаждающей жидкости в системе охлаждения создается центробежным насосом. Из водяного насоса *1* жидкость поступает в поперечный канал *15* и далее по правому продольному каналу *4* в водяную полость правого ряда цилиндров, а в левый ряд цилиндров – через впускной патрубок жидкостно-масляного теплообменника *13*, охлаждая масло в двух элементах, далее в левый продольный канал. Для того чтобы охлаждающая жидкость проходила через жидкостно-масляный теплообменник, в переднюю крышку шестерен распределения запрессована заглушка *12*.

Охлаждающая жидкость из водяных полостей цилиндров по направляющим каналам поступает в головки цилиндров к наиболее нагретым поверхностям – выпускным каналам и стаканам форсунок и затем собирается в водосборных трубах *6*.

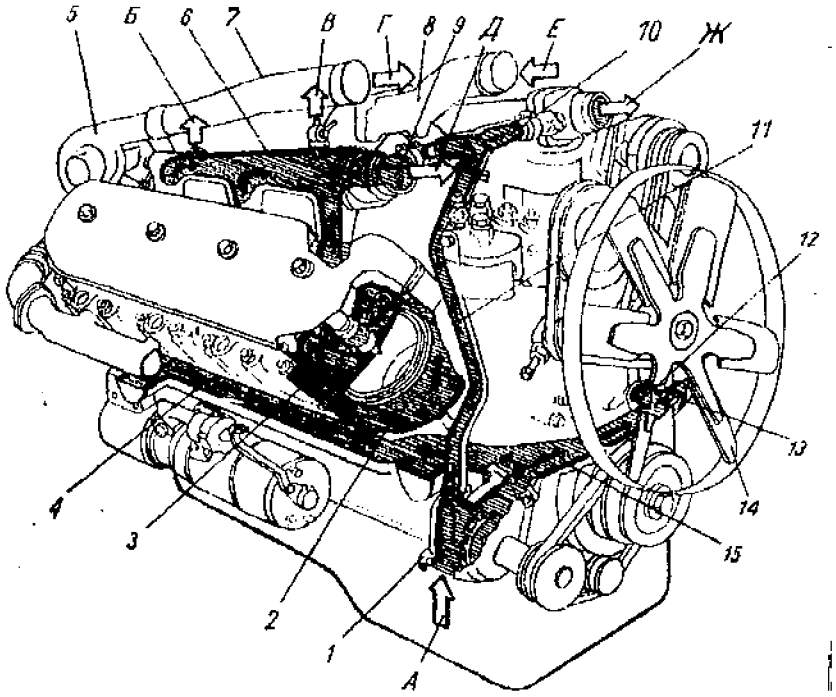


Рис. 2.183. Схема системы охлаждения: *1* – водяной насос; *2* – полость блока охлаждения гильз; *3* – водяная полость в головке блока; *4* – продольный водяной канал; *5* – турбокомпрессор; *6* – правая водяная труба; *7* – труба соединительная; *8* – патрубок впускной; *9* – термостат; *10* – тройник с соединительными трубками; *11* – трубка перепускная; *12* – заглушка; *13* – впускной патрубок жидкостно-масляного теплообменника; *14* – вентилятор; *15* – поперечный водяной канал; *А* – подвод охлаждающей жидкости от водяного радиатора; *Б* – к отопителю кабины; *В* – выпуск воздуха; *Г* – подача наддувочного воздуха к охладителю типа «воздух-воздух»; *Д*, *Ж* – к радиатору; *Е* – от охладителя наддувочного воздуха типа «воздух – воздух» в цилиндры

При нагреве холодного двигателя каналы, соединяющие водосборные трубы с радиатором, перекрыты клапанами двух термостатов *9*. Охлаждающая жидкость циркулирует по тройнику с соединительными трубками *10* и перепускной трубке *11* к водяному насосу, минуя радиатор, что ускоряет прогрев двигателя. По достижении охлаждающей жидкостью температуры 80 °С клапаны термостатов открываются, нагретая жидкость поступает в водяной радиатор, где отдает тепло потоку воздуха, создаваемому вентилятором *14*, после чего снова идет к водяному насосу.

Когда температура охлаждающей жидкости понижается, термостаты автоматически направляют весь ее поток непосредственно к водяному насосу, минуя радиатор. Таким образом, посредством термостатов обеспечивается оптимальный тепловой режим работы двигателя.

6.4.1. ФРИКЦИОННЫЙ ПРИВОД ВЕНТИЛЯТОРА

Двигатели ЯМЗ-238БЕ2, ЯМЗ-238ДЕ2 комплектуются фрикционным приводом вентилятора, предназначенным для включения и выключения вентилятора в зависимости от условий эксплуатации (рис. 2.184).

Применение фрикционного привода позволяет:

1. Обеспечить оптимальный тепловой режим двигателя.

2. Снизить расход топлива за счет снижения потерь мощности на работу вентилятора.

3. Повысить надежность шестеренчатого привода двигателя за счет снижения динамических нагрузок на шестерни.

4. Обеспечить продоходимость автомобиля без снятия вентилятора.

5. Сократить время прогрева двигателя.

6. Улучшить комфортабельность за счет поддержания надлежащего микроклимата в кабине и снижения шумности.

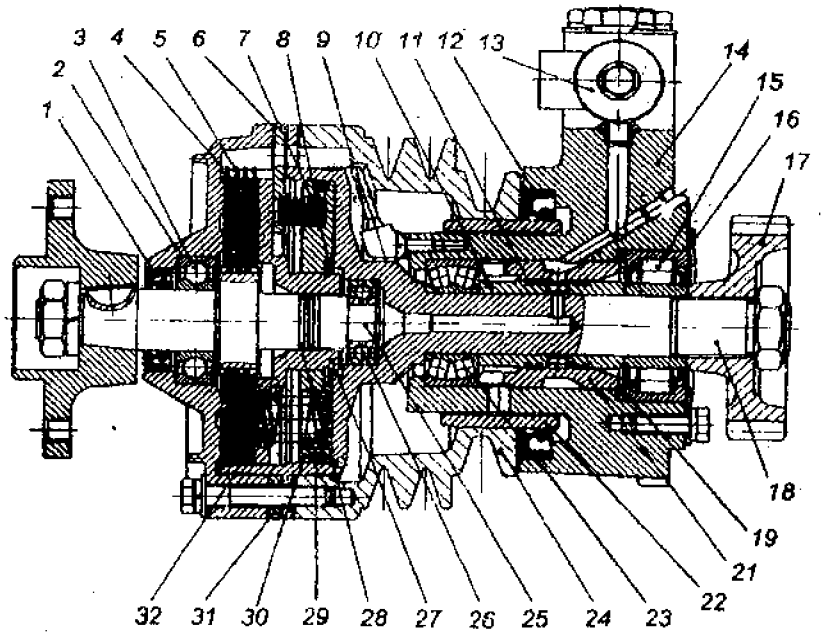


Рис. 2.184. Привод вентилятора с электромагнитным клапаном: *1* – манжета; *2* – крышка; *3* – подшипник; *4* – диск ведомый; *5* – диск ведущий; *6* – прокладка; *7* – пружина отжимная; *8* – кольцо упорное; *9* – трубка черпательная; *10* – втулка распорная; *11* – кольцо уплотнительное; *12* – манжета; *13* – клапан электромагнитный; *14* – корпус; *15* – подшипник; *16* – фланец упорный; *17* – шестерня; *18* – вал ведущий; *19* – шайба; *20* – прокладка; *21* – втулка распорная; *22* – втулка; *23* – подшипник; *24* – шкив; *25* – вал ведомый; *26* – подшипник; *27* – обойма нажимная; *28* – кольцо уплотнительное; *29* – кольцо уплотнительное; *30* – поршень; *31* – упор поршня; *32* – пружина нажимная

Электрогидравлическое управление приводом вентилятора обеспечивает три режима работы привода: автоматический, привод включен постоянно, привод выключен.

Электрическая часть управления приводом вентилятора (рис. 2.185) включает в себя:

– термореле *ВК*, установленное на правом водяном коллекторе дизеля;

– электромагнитный клапан (*У*), установленный на корпусе фрикционной муфты (поз. *13*, рис. 2.184);

– контрольную лампу *HL* в кабине автомобиля;

– переключатель трехпозиционный *SA*, обеспечивающий три режима работы привода вентилятора;

– диоды *VD1*, *VD2* и реле *К*.

Особенность работы схемы состоит в том, что от термореле *ВК*, когда переключатель *SA* установлен в режим «Автомат», через реле *К* поступает электрический сигнал к электромагнитному клапану *У*, который управляет подачей масла к фрикционной муфте привода (рис. 2.184). Сигнал от термореле зависит от температурного режима дизеля.

Гидравлическая часть управления муфтой работает следующим образом. При достижении температурного состояния двигателя близкого к высшему оптимальному (85–93 °С) в режиме «Автомат» по сигналу от термореле срабатывает электромагнитный клапан *13* (рис. 2.184) и масло по сверлениям в корпусе *14*, радиальным отверстиям во втулках *10* и *22* попадает в осевое отверстие ведущего вала *18*, а оттуда к поршню *30*. Поршень начинает перемещаться, передавая усилия через пружины *32* на обойму, которая давит на диски *4* и *5*, выбирая зазоры между ними. После сжатия ведущих и ведомых дисков ведомый вал *25* с крыльчаткой начинает вращаться с рабочей частотой.

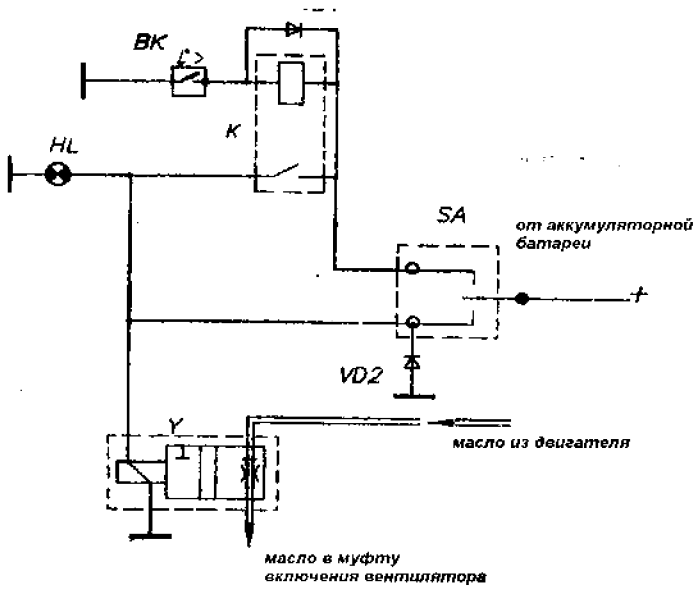


Рис. 2.185. Электрическая схема управления приводом вентилятора

После того, как температурное состояние двигателя достигнет значения близкого к низшему оптимальному, электронный клапан по сигналу термореле прекращает подачу масла. Масло, находящееся под поршнем *30*, под действием центробежных сил, а также пружин *7*, *32* через дренажные отверстия по специальным каналам перемещается во внутреннюю полость передней крышки *2* и шкива *24*. С помощью черпательной трубки *9* и далее по каналам в корпусе масло попадает в картер двигателя.

По мере освобождения полости под поршнем *30* от масла он перемещается под действием пружин *7* и *32*. Диски фрикционного привода расходятся и вентилятор отключается.

В положениях «Включено» и «Выключено» переключателя *SA* вентилятор будет включен и выключен соответственно независимо от температуры дизеля.

6.5. Охлаждающие жидкости

6.5.1. Вода

В современных автотракторных двигателях не допускается использование только чистой воды в качестве охлаждающей жидкости. Применение воды создает благоприятные условия для коррозийного и кавитационного износа гильз, приводит к разрушению подшипников, уплотнений и крыльчатки жидкостного насоса.

Некоторыми изготовителями ДВС допускается использование смягченной воды совместно с ингибиторами коррозии, без защиты от замерзания и не допускается эксплуатация в условиях, где температура окружающей среды может понижаться до 0 °С (32 °F).

Вода должна быть чистой, с небольшим содержанием солей кальция и магния. Предпочтительно использование дистиллированной или деионизированной воды. Единица измерения жесткости воды – миллимоль на килограмм (ммоль/кг). Воду считают мягкой, если в ней содержится солей до 1 ммоль/кг, средней жесткости – 1–2,5 ммоль/кг, жесткой – 2,5–5 ммоль/кг. Воду средней жесткости и жесткую воду без предварительного умягчения применять нельзя, так как при работе двигателя соли осаждаются на стенках деталей, омываемых водой, образуя накипь, которая снижает теплопроводность стенок и ухудшает циркуляцию воды. Это ведет к перегреву двигателя, снижению мощности, интенсивному изнашиванию деталей.

Простейший способ умягчения воды – кипячение в течение 30–40 мин с последующим отстаиванием и фильтрацией через матерчатый фильтр. Воду, которую сливают после работы из системы охлаждения, нужно накапливать, отстаивать и фильтровать для последующего использования.

Широко распространены химические способы смягчения воды тринатрийфосфатом, известью, кальцинированной содой.

6.5.2. Низкозамерзающие жидкости

При выборе надлежащего типа охлаждающей жидкости (ОЖ) необходимо руководствоваться рекомендациями нормативной документации изготовителя двигателя.

Антифриз (*Antifreeze*) – водный раствор этиленгликоля или пропиленгликоля в концентрации обычно 95 % по объему. Такой раствор, так называемый «концентрат», не может использоваться самостоятельно и должен быть разбавлен водой перед заливкой в систему охлаждения.

Охлаждающая жидкость (*Coolant*) – жидкостный раствор, циркулирующий в системе охлаждения, обычно представляет собой смесь 50 % воды и 50 % антифриза.

В отечественных автотракторных двигателях широкое применение находят всесезонные низкозамерзающие жидкости, приготовленные на основе этиленгликоля с добавками 2,5–3 % ингибиторов коррозии и пенообразования:

– тосол – А40МН с точкой замерзания минус 40 °С;

– тосол – А65МН с точкой замерзания минус 65 °С.

Не рекомендуется использование ОЖ с концентрацией антифриза более 67 % по объему из-за ухудшения теплопередачи и возможного выпадения в осадок силикатов.

Тосол А40МН предпочтительнее, чем Тосол А65МН, поскольку точка замерзания жидкости минус 40 °С соответствует климатической зоне эксплуатации машин и более привлекателен по цене.

В системе охлаждения дизелей Д-245, Д-260, DDC S40E дублирующая охлаждающая жидкость Тосол А40МН ТУ 6-02-751-86 ОАО «Азот», г. Гродно. Основной охлаждающей жидкостью является ОЖ-40 или ОЖ-65 ГОСТ 28084-89. В качестве резервной жидкости допускается вода с жесткостью не более 3 млм.экв./литр с содержанием антифриза не менее 10 % по объему при температуре окружающего воздуха 0 °С и выше. Рекомендуется через каждые два года заменять ОЖ в системе охлаждения.

6.6. Возможные неисправности и техническое обслуживание системы охлаждения

Внешним признаком неисправности системы охлаждения является перегрев двигателя.

Температуру ОЖ в системе, например, контролируют по указателю *12* (рис. 2.171) и световому сигнализатору *11* аварийной температуры ОЖ в комбинации на щитке приборов. **Запрещается эксплуатация дизеля при загорании светового сигнализатора аварийной температуры.**

Причинами перегрева могут быть: недостаточный уровень охлаждающей жидкости в системе; проскальзывание, слабое натяжение или обрыв ремней привода вентилятора; загрязнение сердцевины радиатора, межреберного пространства цилиндров и их головок или защитной сетки вентилятора; неполное открытие основного клапана термостата; отложение накипи на внутренних поверхностях трубок сердцевины радиатора и рубашки охлаждения двигателя; засорение сердцевины радиатора охладителя наддувочного воздуха, блокирующее воздушный поток через жидкостной радиатор.

В дизелях с ЖМТ может иметь место попадание масла в систему охлаждения или ОЖ в масло. Необходимо проверить ЖМТ, замените уплотнительные кольца.

Операции планового технического обслуживания включают в себя:

– ежемесячную проверку уровня ОЖ в жидкостном радиаторе или расширительном бачке и, если необходимо, доливку до уровня. Нельзя заливать холодную жидкость в систему охлаждения неостывшего двигателя, так как это может вызывать трещины в стенках блок-картера и головки цилиндров. По той же причине нельзя заливать зимой в холодный двигатель слишком горячую жидкость;

– периодическую проверку герметичности системы; при течи ОЖ через дренажное отверстие корпуса жидкостного насоса немедленно заменить уплотнитель насоса;

– периодическую проверку натяжения ремней привода вентилятора согласно инструкции по эксплуатации; произвести замену ремней при наличии трещин, расслоений и других повреждений;

– промывку системы охлаждения через каждые 2000 ч работы двигателя раствором кальцинированной соды в воде (50–60 г соды на литр воды);

– периодическую проверку плотности и концентрации ингибиторов в ОЖ.

Глава 7. СИСТЕМА ПУСКА

7.1. Общие сведения

Системой пуска называют совокупность приспособлений и устройств, предназначенных для быстрого и надежного перевода двигателя внутреннего сгорания из нерабочего режима в рабочий.

Пусковой частотой вращения называют минимальную частоту вращения коленчатого вала, при которой происходит пуск двигателя.

Пусковая частота вращения и пусковой крутящий момент зависят от многих факторов, главные из которых – степень сжатия смеси, число цилиндров двигателя и их размер, тепловое состояние двигателя.

Из-за более высокой степени сжатия в дизелях пусковая частота вращения значительно выше, чем в двигателях с искровым зажиганием при их одинаковой мощности. В двигателях обоих типов она возрастает с уменьшением температуры их деталей вследствие увеличения вязкости масла.

При температуре окружающего воздуха выше +5 °С в двигателях с искровым зажиганием эта частота должна быть не менее 50 мин$^{-1}$, а в дизелях со степенью сжатия 15–16 – не менее 150 мин$^{-1}$.

При меньших частотах вращения коленчатого вала пуск двигателей невозможен, так как медленное протекание процесса сжатия сопровождается повышением теплоотдачи поршню, стенкам и головке цилиндров, увеличением потерь топлива через неплотности; по этим причинам уменьшаются давление и температура смеси в конце сжатия.

7.2. Типы систем пуска

На современных тракторах и автомобилях применяют следующие способы пуска:

– ручной;

– электрическим стартером;

– сжатым воздухом;

– вспомогательным пусковым двигателем;

– с помощью гидромоторов.

Ручной пуск является, как правило, резервным и возможность его применения ограничивается маломощными двигателями с искровым зажиганием (мотоциклетных и пусковых). При этом водитель прикладывает усилие

к рукоятке или педали, предварительно соединив ее с коленчатым валом, или с помощью шнура, наматываемого на маховик (в двигателе П-10УД).

Система пуска электрическим стартером наиболее распространена как для тракторных, так и для автомобильных и пусковых двигателей. Простейшая схема такого устройства показана на рис. 2.186.

Такой системой оснащены все дизели Д-243, Д-245, Д-260.1 и их модификации, ЯМЗ-238 и др. в комплектации без пускового двигателя. Дизели с пусковым двигателем имеют в обозначении индекс «Л» (например, Д-243Л).

Для прокручивания коленчатого вала *5* (рис. 2.186) применяют электростартер *4*, представляющий собой серийный электродвигатель постоянного тока, который питается от аккумуляторной батареи *6* напряжением 12 В или 24 В. На период прокручивания зубчатое колесо *2*, установленное на валу стартера *4*, вводят в зацепление с зубчатым венцом *1* маховика двигателя. Передаточное отношение передачи подбирают таким образом, чтобы сообщить коленчатому валу пусковую частоту вращения. Зубчатое колесо *2* перемещается по валу стартера с помощью тягового реле *3*. Стартер автоматически выключается сразу после пуска двигателя, и зубчатое колесо *2* возвращается в исходное положение.

В системе пуска сжатым воздухом может использоваться пневматический стартер или пуск осуществляется сжатым воздухом, подаваемым непосредственно в цилиндры двигателя.

На рис. 2.187 изображена схема системы пуска с подачей воздуха в цилиндры, которая получила более широкое применение чем пневмостартер. Система работает следующим образом. Из баллонов *7* через вентили *6* сжатый воздух, проходя через кран-редуктор *5*, воздухораспределитель *2* и пусковой клапан *1*, поступает в цилиндры двигателя в соответствии с порядком их работы. В такте расширения сжатый воздух давит на поршень, перемещает его и проворачивает коленчатый вал. После пуска кран *5* закрывается. Для контроля давления воздуха в баллонах и воздуха, поступающего в двигатель, имеются манометры *3* и *4*.

Система пуска с вспомогательным пусковым двигателем включает в себя передаточный механизм. Пусковой двигатель приводят в действие с помощью электрического стартера или вручную. Вращение от коленчатого вала *4* пускового двигателя (рис. 2.188) передается на коленчатый вал *9* дизеля через зубчатые колеса *5*, *6* и *12*, вал *8*, зубчатое колесо *2* и зубчатый венец *1* маховика. Для того чтобы зубчатое колесо *2* можно было ввести в зацепление с неподвижным венцом *1* маховика, а также для плавного пуска дизеля

и для отключения передаточного механизма в конструкции предусмотрена муфта сцепления. Для повышения пускового крутящего момента и снижения частоты вращения передачу от пускового двигателя делают понижающей.

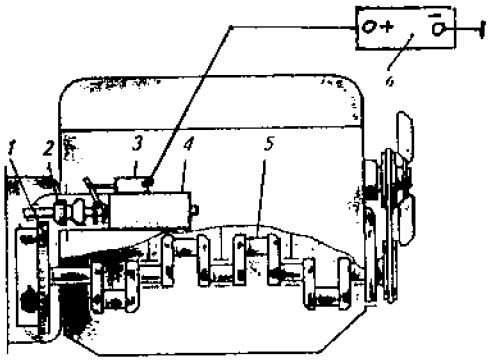


Рис. 2.186. Схема системы пуска электрическим стартером:
1 – зубчатый венец маховика; *2* – зубчатое колесо стартера; *3* – тяговое реле стартера; *4* – стартер; *5* – коленчатый вал; *6* – аккумуляторная батарея

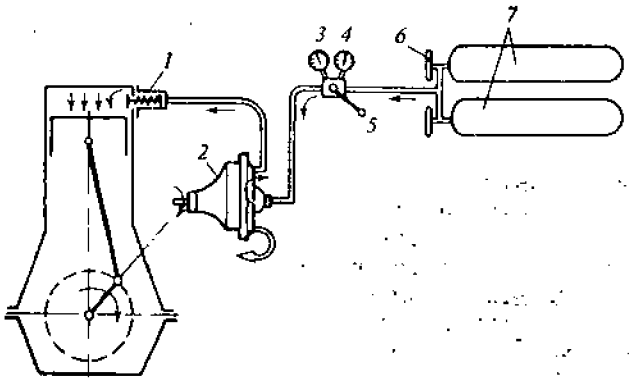


Рис. 2.187. Схема системы пуска сжатым воздухом:
1 – пусковой клапан; *2* – воздухораспределитель; *3*, *4* – манометры; *5* – кран-редуктор; *6* – вентили; *7* – баллоны со сжатым воздухом

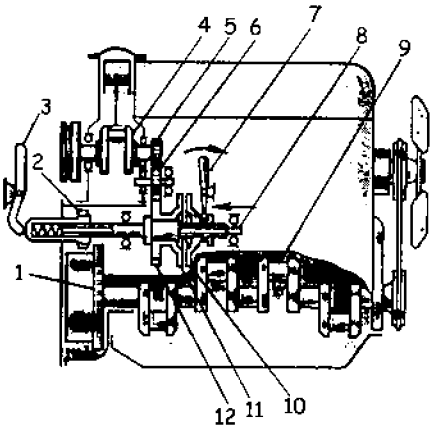


Рис. 2.188. Схема системы пуска с вспомогательным пусковым двигателем:
1 – зубчатый венец маховика; *2*, *5*, *6*, *12* – зубчатое колесо; *3*, *7* – рычаг; *4*, *9* – коленчатый вал; *8* – вал механизма передачи; *10*, *11* – диск муфты сцепления

После пуска дизеля его коленчатый вал вращается с частотой, значительно превышающей пусковую. Для предупреждения передачи вращения от коленчатого вала дизеля к пусковому двигателю (что может привести к выходу механизма из строя) в механизме передачи устанавливают обгонную муфту и автомат выключения (на схеме они не показаны). Сразу после пуска обгонная муфта расклинивается, и вращение на вал *8* не передается. В случае дальнейшего увеличения частоты вращения срабатывает автомат выключения, который выводит зубчатое колесо *2* из зацепления с венцом маховика.

Система пуска с помощью пускового двигателя достаточно надежна при любых температурных условиях, но обслуживание ее и операции при пуске сложнее, чем при использовании стартера.

Для обеспечения пуска дизелей, имеющих высокую степень сжатия, большую мощность и, следовательно, большую массу движущихся деталей, используют различные вспомогательные средства облегчения пуска: электрофакельные подогреватели, свечи накаливания, декомпрессоры, подогреватели ОЖ и масла.

Система гидрозапуска состоит из гидропневматического аккумулятора давления и гидромотора. В качестве аккумуляторов давления применяют резервуары, заполненные рабочей жидкостью и воздухом, которые разделены подвижной мембраной, препятствующей их смешению.

При закачивании рабочей жидкости газовая подушка сжимается, поднимая давление в аккумуляторе до 30 МПа.

7.3. Устройство и работа пускового двигателя

Широкое применение в тракторных дизелях получили одноцилиндровые двухтактные карбюраторные с кривошипно-камерной продувкой двигатели П-10УД и его модификации. Рабочий цикл такого двигателя рассмотрен в главе 1 настоящего раздела.

К картеру *21* (рис. 2.189) пускового двигателя прикреплен цилиндр *4*, к которому присоединены карбюратор *14* и глушитель *1*. Сверху цилиндр закрыт головкой *7*, в центральное отверстие которой ввернута искровая свеча зажигания *9*, а в наклонное – краник *8* для заливки топлива и продувки цилиндра. В картере на роликовых и шариковом подшипниках расположен коленчатый вал, на переднем конце которого насажено зубчатое колесо *17*, а на заднем – маховик *28*. Коленчатый вал составной, выходы его из картера

уплотнены сальниками. Щеки *24* кривошипа изготовлены заодно с противовесами, напрессованы на цапфы *22*, *27* и соединены между собой пустотелым пальцем *23*.

Поршень *5* посредством пальца *12* и шатуна соединен с коленчатым валом. Поршневой палец плавающего типа. Неразъемная нижняя головка шатуна установлена на поршневой палец через двухрядный роликовый подшипник.

В систему питания пускового двигателя входят: топливный бачок с фильтром-отстойником, карбюратор *14* (модель 11.1107), воздухоочиститель *15* и топливопровод, соединяющий отстойник бачка с карбюратором. Устройство и работа карбюратора 11.1107 описаны в главе 4. Топливом для пускового двигателя служит смесь из *15* или *20* частей (по объему) бензина АИ-80 (ТУ 0251-012-00044434-2001) и 1-ой части моторного масла, применяемого для дизеля. Эта смесь одновременно является и смазочным материалом для трущихся поверхностей деталей двигателя.

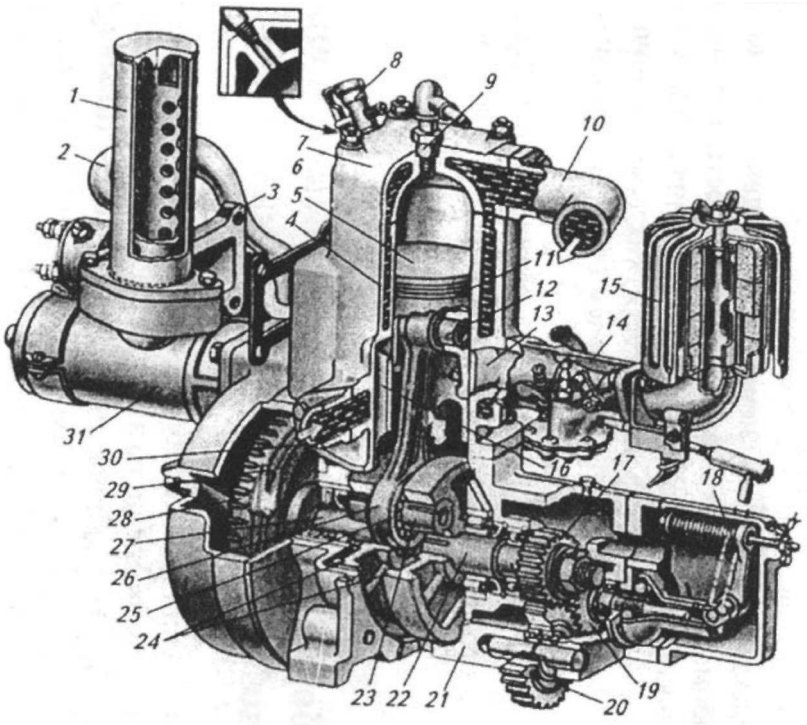


Рис. 2.189. Пусковой двигатель П-10УД дизеля Д-243Л: *1* – глушитель; *2* – выпускная труба; *3* – выпускной патрубок; *4* – цилиндр; *5* – поршень; *6* – рубашка водяного охлаждения; *7* – головка цилиндра; *8* – краник; *9* – искровая свеча зажигания; *10* – водоотводящий патрубок; *11* – компрессионное кольцо; *12* – поршневой палец; *13* – впускной канал; *14* – карбюратор; *15* – воздухоочиститель; *16* – продувочный канал; *17* – зубчатое колесо коленчатого вала; *18* – регулятор; *19* – зубчатое колесо регулятора; *20* – промежуточное зубчатое колесо; *21* – картер; *22* – передняя цапфа коленчатого вала; *23* – палец кривошипа; *24* – щеки кривошипа; *25* – роликовый подшипник; *26* – шатун; *27* – задняя цапфа коленчатого вала; *28* – маховик с зубчатым венцом; *29* – канавка для наматывания пускового шнура; *30* – водоподводящий патрубок, *31* – стартер

Частота вращения коленчатого вала двигателя регулируется однорежимным центробежным регулятором.

Система охлаждения двигателя жидкостная, термосифонная, общая с дизелем. Система искрового зажигания двигателя состоит из магнето правого вращения и свечи *9*, соединенных проводом. Магнето приводится в действие от зубчатого колеса *17* коленчатого вала.

Двигатель П-10УД пускают электрическим стартером. Маховик двигателя имеет венец для соединения с зубчатым колесом стартера. На маховике *28* сделаны канавки *29* и две прорези для наматывания и закрепления шнура. При неисправности аккумуляторной батареи (АКБ), проводки или стартера пусковой двигатель можно завести от руки вращая маховик с помощью шнура.

В дизеле СМД-66 и его модификациях, кроме электростартера, у пускового двигателя предусмотрен ручной дублирующий механизм.

7.4. Передаточный механизм (силовая передача)

Передаточный механизм служит для передачи крутящего момента от коленчатого вала пускового двигателя к коленчатому валу дизеля. В дизелях Д-245Л (трактор «Беларус-1025») этот механизм состоит из муфты сцепления, муфты свободного хода, редуктора, механизма привода и выключения.

Муфта сцепления предназначена для плавного соединения и разъединения коленчатого вала пускового двигателя и вала редуктора. Редуктор дает возможность вращать коленчатый вал дизеля замедленно (при прогреве) и с повышенной частотой (при пуске). Механизм привода и выключения нужен для ввода зубчатого колеса привода в зацепление с венцом маховика дизеля перед пуском и для автоматического выключения этого зубчатого колеса, когда вал дизеля разовьет устойчивую частоту вращения.

Рассмотрим работу механизма на примере двигателя А-41. Следует отметить, что передаточные механизмы разных пусковых двигателей имеют незначительные отличия.

В корпусе *1* (рис. 2.190, *а*) расположены сцепление, редуктор и обгонная муфта.

Виды сцепления: многодисковое, фрикционное, мокрое, непостоянно-замкнутое. Ведущий барабан соединен шестерней *3*. В пазы барабана входят выступы ведущих дисков *6*. Между ними находятся ведомые диски *7*, выступы

с внутренней стороны которых входят в пазы обоймы *5* обгонной муфты. Диски работают в масле. При сжатии их нажимным диском *8* возникает сила трения и происходит передача крутящего момента. Нажимной диск перемещают поворотом подвижного упора *10*, упирающегося своими скошенными поверхностями в такие же поверхности неподвижного упора *11*. Упорный диск поворачивают через шестеренную передачу *15* рычагом *16*.

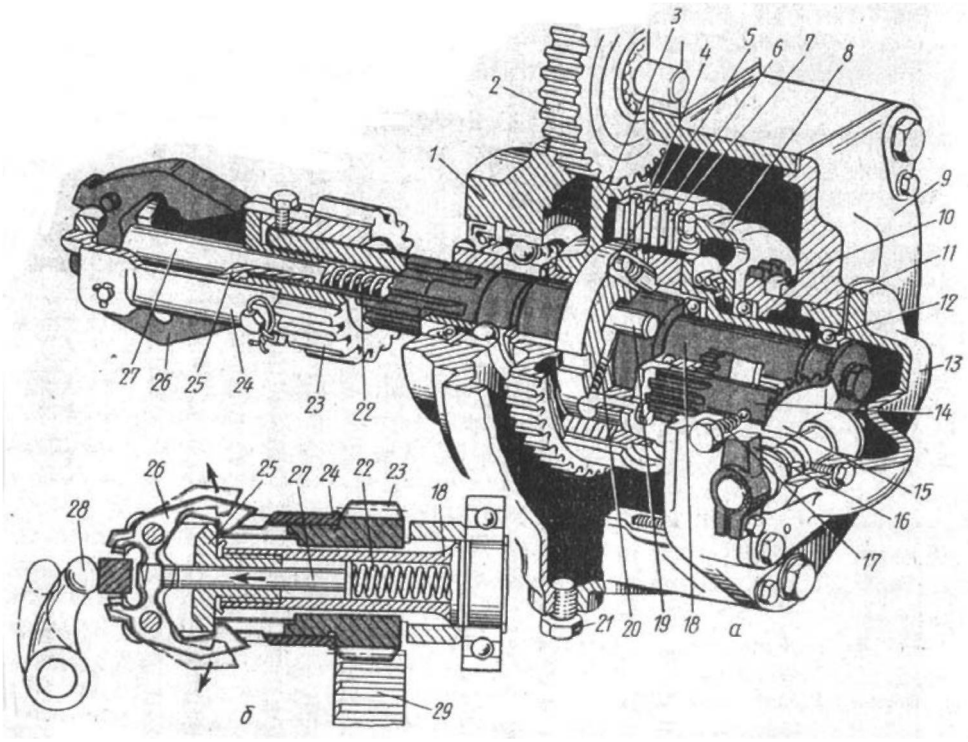


Рис. 2.190. Передаточный механизм: *а* – редуктор в сборе; *б* – схема действия автомата выключения; *1* – корпус; *2* – промежуточная шестерня пускового двигателя; *3* – шестерня; *4* – ведущий барабан; *5* – ведомая обойма; *6* – ведущий диск; *7* – ведомый диск; *8* – нажимной диск; *9* – крышка; *10* – подвижный упор; *11* – неподвижный упор; *12* – подшипник; *13* – крышка рычага; *14* – вал управления; *15* – конические шестерни; *16* – рычаг; *17* – фиксатор; *18* – вал редуктора; *19* – ролики обгонной муфты; *20* – пружины обгонной муфты; *21* – сливная пробка; *22* – пружины толкателя; *23* – шестерня автомата; *24* – стакан держателя; *25* – втулка; *26* – груз-собачка; *27* – толкатель; *28* – рычаг включения автомата; *29* – венец маховика

Обгонная муфта. От ее обоймы *5* крутящий момент передается через ролики *19* на вал *18*. При вращении обоймы *5* ролики заклинивают ведущую обойму и вал (вращение передается). Если вал будет вращаться быстрее, чем обойма (например, при отдельных вспышках в цилиндрах дизеля), то ролики выкатятся из клинового паза и расклинят обойму *5* и вал. Вал при этом будет вращаться независимо от обоймы.

Автомат выключения предназначен для удержания в зацеплении шестерни *23* с венцом *29* маховика до пуска дизеля и для автоматического

разъединения их после пуска. На вал *18* надета шестерня *23* со стаканом *24*. В стакане закреплены грузы-собачки *26*. Пружины *22* через шток стремятся свести защелки грузов вместе. В вал *18* ввернута втулка *25*, за фланец которой при перемещении рычагом *28* стакана *24* и шестерни *23* цепляются защелки грузов *26* и удерживают шестерню *23* в зацеплении с венцом *29* маховика. Когда дизель заведется (при 800–850 мин$^{-1}$ коленчатого вала) центробежная сила грузов, преодолевая силу пружин *22*, выбрасывает грузы из зацепления с фланцем втулки *25*, а пружины выталкивают шестерню *23* вместе со стаканом и грузами из зацепления с венцом маховика.

Разъединение двигателей после пуска дизеля необходимо, так как вращение коленчатого вала основного двигателя с частотой 800–1000 мин$^{-1}$ при жестком соединении двигателей вызовет вращение коленчатого вала пускового двигателя с частотой 12000–15000 мин$^{-1}$, что может привести к его разрушению.

7.5. Дублирующий ручной пуск

Пуск двигателя П-350 осуществляют стартером СТ-362А с дистанционным управлением или ручным дублирующим пусковым механизмом, установленным на картере маховика.

Ручной дублирующий пусковой механизм расположен в корпусе *6* (рис. 2.191), закрытом крышкой *13*. Корпус вместе с крышкой крепят болтами к картеру *18* маховика. Вал *19* вращается в подшипниках *1* и *10*. В этот вал запрессован штифт *3*, который входит в винтовой паз ступицы зубчатого колеса *4*. Тормозная пружина *17*, удерживаемая корпусом пружины, служит для притормаживания зубчатого колеса *4*. К диску *16* закрепленному на валу *19* пружиной *9* демпфера, прижимается барабан *15*. В прорезь барабана наматывается трос, один конец которого заделан в барабан, другой – в рукоятку *12*.

Для пуска двигателя дублирующим механизмом необходимо плавно потянуть за рукоятку *12* и тем самым ввести зубчатое колесо *4* в зацепление с промежуточным зубчатым колесом *5*, находящимся в постоянном зацеплении с маховиком пускового двигателя. После этого рывком размотать трос, сообщая маховику вращательное движение. Возвратная пружина смотает трос и вернет рукоятку в начальное положение. С поворотом вала *19* штифт *3* вернет зубчатое колесо *4* в исходное положение.

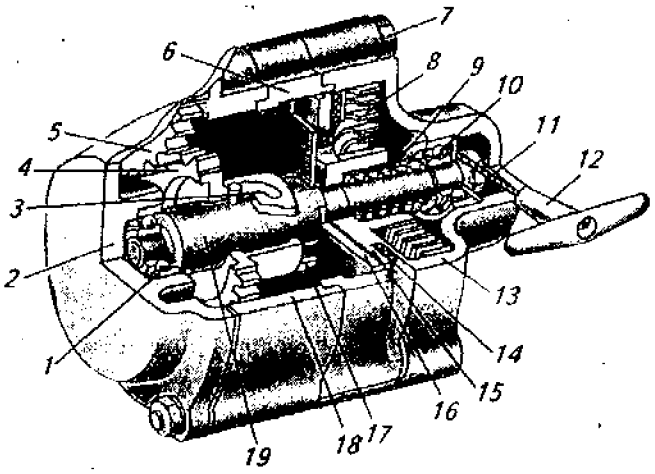


Рис. 2.191. Ручной дублирующий пусковой механизм: *1*, *10* – шариковые подшипники; *2* – крышка картера маховика пускового двигателя; *3* – штифт; *4* – зубчатое колесо дублирующего пускового механизма; *5* – промежуточное зубчатое колесо пускового двигателя; *6* – корпус; *7* – болт; *8* – возвратная пружина; *9* – пружина демпфера; *11* – гайка; *12* – рукоятка; *13* – крышка; *14* – трос; *15* – барабан; *16* – диск; *17* – тормозная пружина; *18* – картер маховика пускового двигателя; *19* – вал

При пуске пускового двигателя трос с рукояткой *12* необходимо рывком вытягивать на длину не более 1 м, а возвращать в исходное положение плавно, не отпуская рукоятку.

Ручной дублирующий механизм используют для поворота коленчатого вала дизеля при регулировочных операциях.

7.6. Средства облегчения пуска

Функционально эти средства можно разделить на две группы: устройства, способствующие надежному воспламенению рабочей смеси, и устройства, уменьшающие сопротивление прокручиванию коленчатого вала.

К первой группе относятся:

– подогрев поступающего воздуха;

– прогрев камеры сгорания свечами накаливания;

– применение легкоиспаряющихся и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ).

К устройствам второй группы относятся:

– декомпрессоры;

– подогреватели ОЖ и масла.

В машинах, эксплуатирующихся при низких отрицательных температурах, как правило, используются комбинированные устройства.

7.6.1. Подогрев воздуха

Устройства подогрева воздуха находят широкое применение в тракторных дизелях. Подогревателями воздуха могут быть электрофакельные устройства или свечи накаливания.

Электрофакельный подогреватель (ЭФП) устанавливают на впускном коллекторе дизелей Д-242, Д-243, Д-244, Д-245. Он имеет спираль накаливания *2* (рис. 2.192), расположенную в кожухе *1* с отверстиями. В корпусе *7* обмотка *Об* электромагнита и штуцер *9* с клапаном, перекрывающим жиклер *А*. К штуцеру *9* подводится топливо из бачка ЭФП. Через клемму *8* нить накаливания включается в сеть, после через клемму *5* включают обмотку электромагнита, который поднимает клапан *11*. Топливо поступает в камеру кожуха *1*. Попадая на раскаленную спираль *2*, топливо воспламеняется, подхватывается потоком воздуха впускного коллектора *12*, нагревая стенки коллектора, цилиндра, головки цилиндров и поршня. Включение спирали *2* проверяют по накалу контрольного элемента, расположенного в щитке приборов в кабине оператора.

В дизелях Д-245 S2, Д-245.5 S2, Д-245.43 S2, Д-260.1 S2, DEUTZ в качестве средств облегчения пуска используются свечи накаливания штифтового типа, устанавливаемые в головку цилиндров для подогрева всасываемого воздуха в зоне каждого цилиндра (в зоне впрыска). Свеча состоит из штифта и герметичной спирали накаливания, разогреваемой до 850 °С, и может оставаться включенной до 240 с. Продолжительность подогрева регулируется блоком управления свечами.

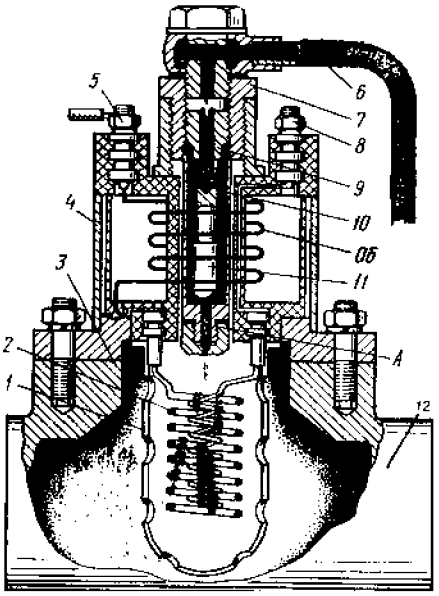


Рис. 2.192. Электрофакельный подогреватель: *1* – кожух; *2* – спираль накаливания; *3* – впускной коллектор; *4* – корпус обмоток; *5* – клемма обмоток; *6* – топливопровод; *7* – корпус; *8* – клемма спирали; *9* – штуцер; *10* – пружина; *11* – клапан; *12* – впускной коллектор; *Об* – обмотка; *А* – жиклер

Штифт накаливания герметично запрессован в корпус *5* (рис. 2.193) и состоит из термокоррозионностойкого стержня *4*, внутри которого в наполнителе *9* из порошка оксида магния находится спиральная нить накаливания *7*. Установленная в щитке приборов контрольная лампа сигнализирует водителю о подогреве и готовности свечи к пуску. Обычно подогрев включается поворотом выключателя поворотом выключателя стартера в положение «I».

В автотракторных дизелях для подогрева воздуха во впускной трубе используется устройство термостат, состоящее из факельной свечи, электромагнитного топливного клапана, добавочного резистора с термореле и переключателя.

Факельная свеча (рис. 2.194) имеет нагревательный элемент *1* в виде металлического кожуха с запрессованной внутри спиралью *12*. Топливо подводится к штуцеру *3* и, пройдя через фильтр *4* и жиклер *5*, попадает в кольцевую полость между нагревательным элементом и трубкой. Здесь оно испаряется и после смешивания с потоком воздуха воспламеняется. Образующийся факел пламени прогревает воздух, поступающий в цилиндры, облегчая пуск двигателя.

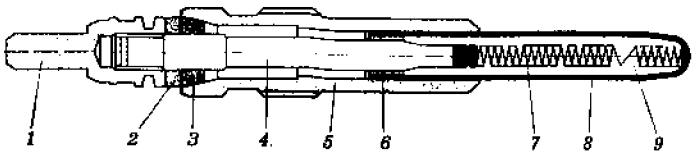


Рис. 2.193. Штифтовая свеча накаливания:
1 – штекер подачи электрического напряжения; *2* – изолирующая шайба;
3 – двойное уплотнение; *4* – стержень; *5* – корпус; *6* – уплотнение защитной оболочки;
7 – нагревательная спираль; *8* – трубка накаливания; *9* – наполнитель

7.6.2. Подогрев ОЖ и масла

Для подогрева охлаждающей жидкости и масла на тракторах (по заказу) могут устанавливаться предпусковые жидкостные подогреватели типа ПЖБ.

Подогреватель типа ПЖБ состоит из топливного бака *13* (рис. 2.195) электромагнитного клапана *12*, вентилятора *10* с заслонкой, котла *9*, фальш-поддона *5*, заливной трубы *1*, трубопроводов *2* и *4* и воздуховодов *6*. Включая электромагнитный клапан *12*, подают топливо (бензин) в камеру котла *9*. Топливо воспламеняется свечой накаливания *8*. Горячие газы нагревают стенки котла, а затем обдувают поддон, разогревая масло. Жидкость из системы охлаждения поступает в водяную рубашку котла, нагревается от его стенок и поступает в водяную рубашку двигателя по патрубку *4*. Устойчивый поддув воздуха и движение горячих газов обеспечивает вентилятор *10*. Контрольная спираль *17* в кабине дает возможность судить о работе свечи накаливания.

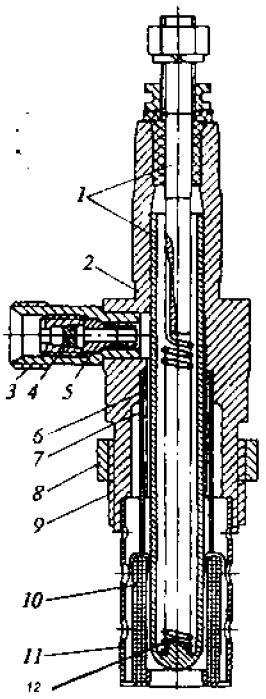


Рис. 2.194. Факельная свеча: *1* – нагревательный элемент; *2* – корпус; *3* – штуцер подвода топлива; *4* – топливный фильтр; *5* – жиклер; *6* – трубка; *7* – сетка; *8* – контргайка; *9* – резьбовая часть корпуса для установки во впускную трубу; *10* – объемная сетка; *11* – экран; *12* – спираль

Подготовка к подогреву и работа с подогревателем. Рассмотрим подробно операции по подготовке подогревателя к работе.

1. Подготавливают дизель к пуску, заправляют систему охлаждения.

2. Подготавливают подогреватель: открывают краник топливного бака *13* и заслонку вентилятора *10*, закрывают сливной краник *11*.

3. Рукояткой *18* включают вентилятор *10* и продувают котел, после 1–2 мин прикрывают заслонку вентилятора, оставив щель.

4. Включают свечу накаливания, после ее разогрева переводят рукоятку переключателя *18* в рабочее положение до обнаружения на слух шума горящего в котле топлива.

5. Полностью открывают заслонку вентилятора.

6. Не позже чем через 1 мин заливают в трубу *1* 10 л воды, а затем через каждые 3–5 мин добавляют по 8–10 л. Невошедшую в котел воду заливают через горловину радиатора.

7. После заливки воды прокручивают коленчатый вал и начинают пуск двигателя.

8. После пуска при достижении температуры воды и масла 50 °С переводят рукоятку переключателя *18* в положение «Продувка котла», закрывают краник топливного бака. Продувают котел 1–2 мин, переключатель ставят в положение «0».

При пользовании подогревателем необходимо следить за чистотой двигателя – не должно быть подтеканий масла и топлива. При хлопках в подогревателе проверяют и устраняют неисправность. Перед началом и после пользования подогревателем обязательно продувают котел. Нельзя прогревать двигатель с помощью подогревателя в закрытых помещениях.

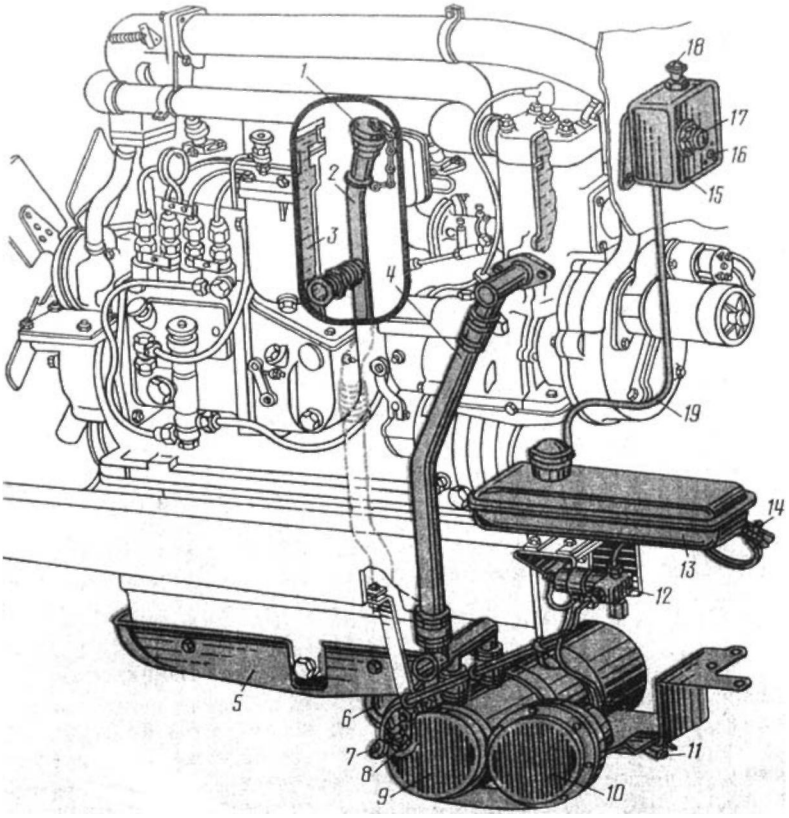


Рис. 2.195. Установка на дизель комплекта предпускового жидкостного подогревателя: *1* – крышка; *2* – заливная труба; *3* – водяная рубашка двигателя; *4* – патрубок горячей воды; *5* – фальшподдон; *6* – воздуховод; *7* – форсунка; *8* – свеча накаливания; *9* – котел; *10* – вентилятор; *11* – сливной краник; *12* – электромагнитный клапан; *13* – топливный бак; *14* – топливный кран; *15* – блок управления; *16* – выключатель свечи; *17* – контрольная спираль; *18* – переключатель

7.6.3. Подогрев ОЖ

Для облегчения пуска дизелей DEUTZ тракторов «Беларус-2822ДЦ» (280 л. с.) предусмотрен электрический подогреватель ОЖ, используемый при окружающей температуре от –20 °С и ниже.

Электрический подогреватель включает в себя нагревательный элемент *1* (рис. 2.196), установленный в системе охлаждения дизеля *6*, соединительные кабели *2, 5* и кожух *3*, установленный спереди с правой стороны по ходу движения трактора. В кожухе *3* закреплена герметизированная розетка с крышкой *4*, соединенная с кабелем *5*.

Подогрев двигателя осуществляется включением нагревательного элемента *1* в бытовую электросеть (220 В, 50 Гц) при помощи прикладываемого в ЗИП кабеля 0421-3701 (460921).

Одной стороной кабель 0421-3701 (460921) подключается к розетке *4*, закрепленной в кожухе *3*, а другой – в розетку бытовой электросети с заземлением. Мощность нагревательного элемента 600 Вт. Максимально допустимое время непрерывной работы нагревателя – 6 часов.

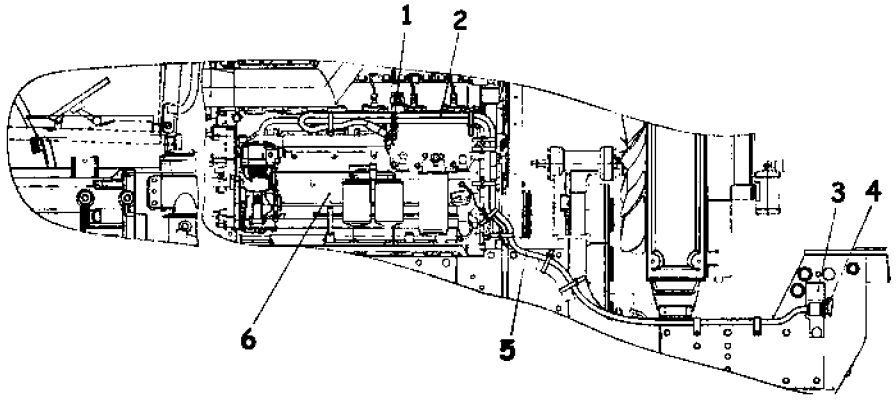


Рис. 2.196. Установка электрического подогревателя ОЖ:
1 – нагревательный элемент; *2, 5* – соединительный кабель; *3* – кожух;
4 – герметизированная розетка; *6* – дизель DEUTZ BF06M1013FC

7.6.4. Декомпрессоры

Уменьшить сопротивление прокручиванию коленчатого вала при пуске можно с помощью декомпрессионных механизмов, которые находят применение в системах облегчения пуска дизелей.

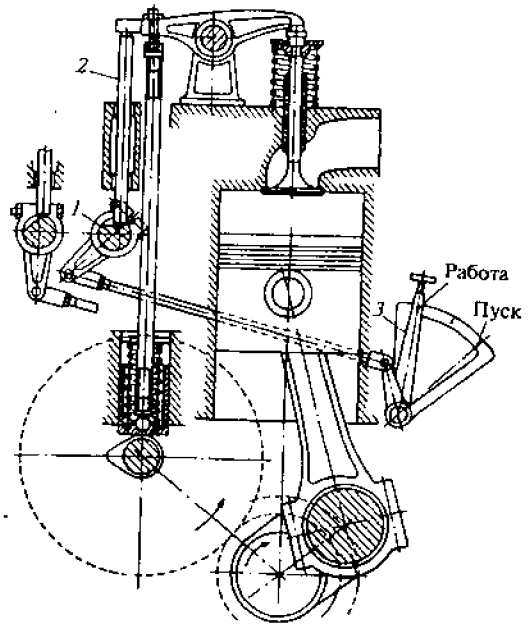


Рис. 2.197. Схема декомпрессора:
1 – валик декомпрессора; *2* – штанга; *3* – рычаг управления декомпрессором

В одном из таких устройств, схематично изображенном на рис. 2.197, при установке рычага управления *3* в положение «Пуск» валик *1*, имеющий лыски, поворачивается и его цилиндрическая часть через штанги *2* передает усилие на коромысла, которые открывают клапаны, осуществляя декомпрессию. При этом значительно снижаются энергозатраты на прокручивание двигателя, что обеспечивает необходимую пусковую частоту вращения. По достижении пусковой частоты декомпрессор отключается, и двигатель работает как обычно.

7.7. Возможные неисправности и техническое обслуживание

В процессе эксплуатации возможно появление различных неисправностей, приводящих к затруднительному или невозможному пуску пускового двигателя, неустойчивой его работе и перегреву.

Причиной неисправностей может быть отсутствие подачи топлива или искры в свече. В первом случае промывают отстойник топливного бака, топливопровод и сетчатый фильтр в штуцере карбюратора, во втором – проверяют надежность электрического контакта провода высокого напряжения в выводе магнето и зазоры между контактами прерывателя магнето и электродами запальной свечи. При необходимости зачищают контакты и регулируют зазоры между контактами прерывателя магнето (0,25–0,35 мм) и электродами свечи (0,60–0,70 мм).

Если двигатель не развивает полную мощность и работает с перебоями, проверяют состояние фильтрующих элементов воздухоочистителя жиклеров карбюратора и регулировку винта холостого хода. При необходимости промывают фильтрующие элементы, жиклеры и регулируют устойчивую работу двигателя винтом холостого хода.

Эти неисправности могут возникать и в результате некачественной смеси бензина с маслом. Ее нужно заменить, точно соблюдая требуемое соотношение смеси бензина с моторным маслом (15 : 1).

Перегрев двигателя вызывают его продолжительная работа под полной нагрузкой, неправильно установленный угол опережения зажигания, большое количество накипи в рубашке охлаждения. Нельзя допускать непрерывную работу двигателя под полной нагрузкой более 10 мин. Следует проверять и при необходимости устанавливать нормальный угол опережения зажигания, удалять накипь из рубашки охлаждения двигателя.

Контрольные вопросы

1. Двигатели каких типов устанавливают на тракторах и автомобилях?
2. По каким признакам классифицируют двигатели?
3. Назовите основные механизмы и системы двигателя.
4. Что такое степень сжатия?
5. Что такое индикаторная и эффективная мощности двигателя?
6. Назовите преимущества многоцилиндрового двигателя.
7. Чем характеризуется экономичность двигателя и как ее улучшить?
8. Для чего предназначен кривошипно-шатунный механизм?
9. Как устроен блок-картер двигателей жидкостного охлаждения?
10. Назовите особенности устройства корпусных деталей двигателей воздушного охлаждения.
11. Для чего устанавливают компрессионные и маслосъемные кольца?
12. Чем ограничивается осевое смещение коленчатого вала?
13. С какой целью применяют маховик и гаситель крутильных колебаний?
14. Как устроены уравновешивающие механизмы?
15. Для чего предназначен механизм газораспределения?
16. Какое преимущество дает верхнее расположение клапанов и распределительного вала?
17. Каково назначение декомпрессионного механизма?
18. Из каких основных частей состоят системы питания дизелей и двигателей с внешним смесеобразованием?
19. Как устроены и работают воздухоочистители?
20. Для чего предназначены топливные фильтры?
21. Как устроены и работают топливоподкачивающие насосы дизельных двигателей и бензонасосы карбюраторных двигателей?
22. Для чего карбюратор оснащен экономайзером?
23. Как устроен и работает ускорительный насос карбюратора?
24. Для чего предназначен регулятор?
25. С какой целью в регуляторах применяют корректор?
26. По каким признакам классифицируют системы с впрыскиванием бензина?
27. Каковы отличительные особенности механических и электронных систем непрерывного и многоточечного впрыска бензина?
28. Что такое «непосредственный впрыск бензина»?
29. Как работает система впрыска сжатого газа?
30. Как работает электромагнитная форсунка дизеля и ДВС с искровым зажиганием?
31. Что означает «моносистема» (*Mono-Jetronic*)?
32. Объясните назначение двухступенчатого газового редуктора.
33. Как контролируется давление газа?
34. Объясните сущность гидродинамической теории смазывания.
35. Назовите типы смазочных систем.
36. Как работает масляный шестеренчатый насос?

37. В чем сущность центробежной очистки масла?

38. Для чего предназначены масляные радиаторы?

39. Как устроена система вентиляции картера двигателя?

40. Какие бывают системы охлаждения двигателей?

41. Перечислите основные требования, предъявляемые к моторным маслам и охлаждающим жидкостям.

42. Объясните устройство и принцип работы жидкостных насосов, вентиляторов, радиаторов, термостатов.

43. Для чего применяют автоматический привод вентилятора?

44. Какие существуют способы пуска автотракторных двигателей?

45. Почему применяют дизельные двигатели с внешним смесеобразованием?

46. Что означает «декомпрессор» и каков принцип его работы?

47. Объясните назначение и работу силовой передачи пускового двигателя.

48. Какие средства применяют для облегчения пуска дизелей?

Раздел 3. ШАССИ

Глава 1. ОСНОВНЫЕ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ

Шасси трактора или автомобиля представляет собой совокупность частей, служащих для передачи крутящего момента от двигателя к ведущим колесам или звездочкам и преобразования вращательного движения в поступательное движение трактора или автомобиля.

Шасси включает в себя трансмиссию, ходовую часть, рулевое управление и тормозную систему.

Трансмиссия объединяет механизмы, передачи и сборочные единицы, с помощью которых вращение от коленчатого вала двигателя трансформируется, распределяется и переносится к ведущим колесам или звездочкам, валу отбора мощности и гидроприводу сельскохозяйственных машин.

Ходовая часть состоит из остова, движителей и подвески. Она предназначена для сообщения трактору или автомобилю поступательного движения.

Рулевое управление служит для изменения траектории и направления (вправо или влево) движения трактора или автомобиля.

Тормозная система представляет собой совокупность устройств для торможения трактора или автомобиля, т. е. уменьшения скорости их движения вплоть до полной остановки. В тракторах она используется также для выполнения крутых поворотов.

Глава 2. ТРАНСМИССИИ

2.1. Классификация трансмиссий

Трансмиссия предназначена для плавного трогания с места трактора или автомобиля, изменения скорости и направления движения (вперед или

назад), осуществления или облегчения поворота, передачи крутящего момента рабочим органам сельскохозяйственных машин и привода рабочего оборудования, а также обеспечения длительной остановки с работающим двигателем.

По способу трансформации вращательного движения различают *ступенчатые*, *бесступенчатые* и *комбинированные* трансмиссии.

По принципу действия они могут быть *механическими*, *гидравлическими, электрическими* или *комбинированными* – гидромеханическими, электромеханическими.

Основные показатели трансмиссии:

– коэффициент трансформации:

$$K = M / M_e; \tag{11}$$

– передаточное отношение:

$$i = \omega / \omega_e; \tag{12}$$

– коэффициент полезного действия (КПД):

$$\eta_{тр} = M\omega / M_e\omega_e = K_i, \tag{13}$$

где M, M_e – крутящие моменты соответственно ведущих колес (звездочек) и коленчатого вала, кН · м;

ω, ω_e – угловые скорости соответственно ведущих колес (звездочек) и коленчатого вала, рад/с.

Ступенчатая механическая трансмиссия за счет зацепления шестерен с разным числом зубьев обеспечивает несколько постоянных передаточных отношений i_1, i_2... $i_п$ при постоянном значении угловой скорости ω_e. Таких ступеней с различными передаточными отношениями может быть от 3 до 24. У тракторов число ступеней значительно больше, чем у автомобилей, что позволяет легче загрузить двигатель в разнообразных эксплуатационных условиях и обеспечить тем самым экономичную работу.

Бесступенчатая трансмиссия обеспечивает непрерывное и автоматическое изменение крутящего момента, а также более полное использование мощности двигателя на любом режиме.

Комбинированные трансмиссии представляют собой сочетание ступенчатых передач с бесступенчатым регулированием крутящего момента в пределах одной передачи. Они позволяют значительно расширить диапазон регулирования крутящего момента.

Механическая трансмиссия включает в себя муфту сцепления *1* (рис. 3.1), промежуточное соединение *2*, коробку передач *3*, главную передачу *4*, дифференциал *5*, конечные передачи *6*. В колесных тракторах с обоими ведущими мостами («Беларус-820», «Беларус-920, -952») дополнительно устанавливают раздаточную коробку *7* и карданную передачу *8*, в гусеничных тракторах – механизмы поворота *9*, при необходимости увеличитель крутящего момента *10*, ходоуменьшитель и др.

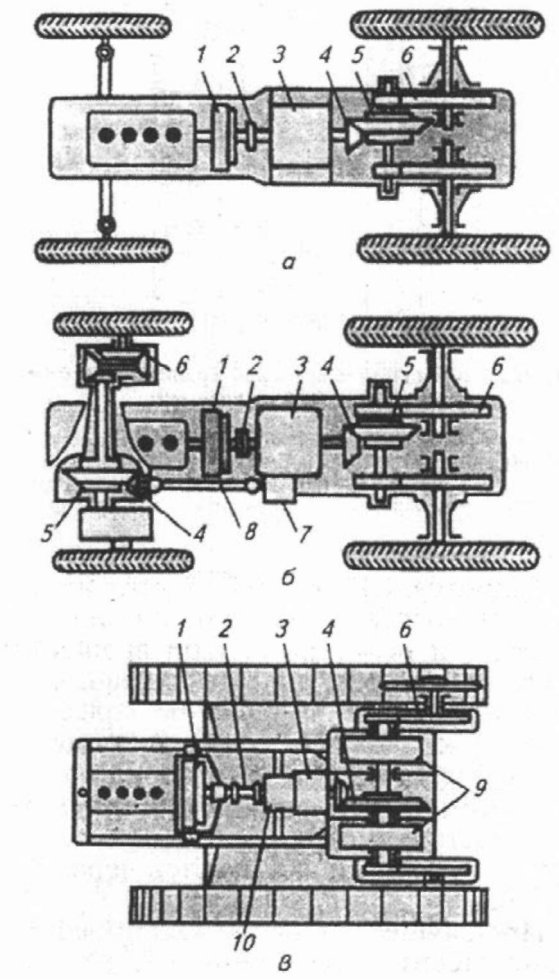


Рис. 3.1. Схемы механических трансмиссий тракторов: *а* – колесного с задним ведущим мостом; *б* – колесного с передним и задним ведущими мостами; *в* – гусеничного; *1* – муфта сцепления; *2* – промежуточное соединение; *3* – коробка передач; *4* – главная передача; *5* – дифференциал; *6* – конечная передача; *7* – раздаточная коробка; *8* – карданная передача; *9* – механизмы поворота; *10* – увеличитель крутящего момента

Гидравлическая трансмиссия в качестве основного элемента имеет гидравлическую передачу, передающую механическую энергию посредством жидкости.

Гидравлические передачи делят на гидростатические (гидрообъемные) и гидродинамические.

Гидравлическая трансмиссия с гидростатической передачей состоит из насоса *2* (рис. 3.2), приводимого от двигателя внутреннего сгорания *1*, распределительных устройств *5*, гидромоторов *3* и маслопроводов *6*.

Такая трансмиссия позволяет бесступенчато в большом оне регулировать частоту вращения ведущих колес трактора и автомобиля.

Гидромеханическая передача представляет собой сочетание гидродинамической передачи (гидромуфты или гидротрансформатора) и механической трансмиссии.

Гидротрансформатор состоит из насосного колеса *2* (рис. 3.3), турбинного колеса *1* и реактора *3*. При вращении коленчатого вала двигателя вращается и связанное с ним насосное колесо *2*. Рабочая жидкость под действием центробежных сил отбрасывается на лопатки турбинного колеса *1* и приводит его во вращение вместе с ведомым валом *4*. Круг циркуляции замыкается через реактор *3*, с помощью которого достигается трансформация крутящего момента с определенным коэффициентом.

Преимущества гидромеханической трансмиссии: бесступенчатое регулирование скорости движения в пределах ступени, меньшие динамические нагрузки на детали трансмиссии, лучший разгон и большая плавность движения. К недостаткам такой трансмиссии следует отнести более низкий КПД передачи. Гидромеханические передачи находят широкое применение в автомобилях БелАЗ различных моделей.

Электрическая (*гибридная*) *трансмиссия* состоит из тягового асинхронного генератора *2* (рис. 3.4, *а*), приводимого двигателем внутреннего сгорания *1*. Выработанная генератором энергия поступает к тяговому мотору *3* (рис. 3.4, *а*), установленному вместо коробки передач, или по силовым кабелям *6* (рис. 3.4, *б*) к тяговым моторам в колесах *3*, или для привода звездочек гусеничных тракторов.

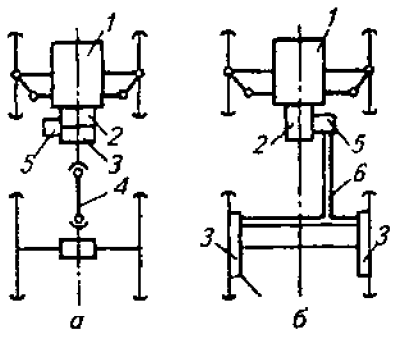


Рис. 3.2. Схемы гидравлической трансмиссии с гидростатической передачей: *а* – с карданной передачей; *б* – с гидролиниями; *1* – двигатель внутреннего сгорания; *2* – гидравлический насос; *3* – гидромотор; *4* – карданная передача; *5* – гидрораспределительное устройство; *6* – маслопровод

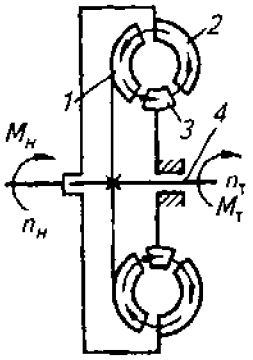


Рис. 3.3. Схема работы гидротрансформатора:
1 – турбинное колесо; *2* – насосное колесо; *3* – реактор; *4* – ведомый вал

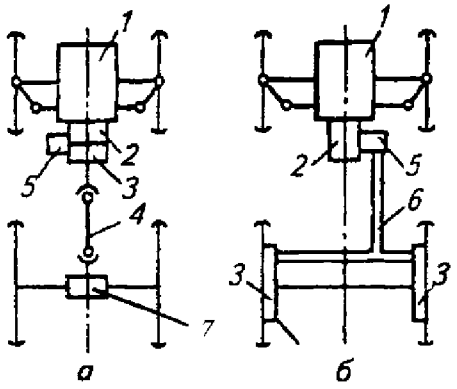


Рис. 3.4. Схемы электрического (гибридного) привода: *а* – с блоком «генератор – асинхронный двигатель»; *б* – с генератором и моторами в колесной передаче; *1* – двигатель внутреннего сгорания; *2* – тяговый асинхронный генератор; *3* – тяговый асинхронный двигатель (мотор); *4* – карданная передача; *5* – блок силовой электроники; *6* – кабели электропитания моторов; *7* – главная передача

Преимущество этой трансмиссии – легкость передачи энергии, бесступенчатость регулирования и легкость автоматизации, экономичность по расходу топлива и экологичность. Недостатки – большая масса агрегатов, сложность силовой электроники, большие потери и низкий КПД.

2.2. Конструктивные особенности трансмиссий

Конструктивные особенности трансмиссий одного и того же типа существенно зависят от вида энергетического средства (трактор или автомобиль), типа движителя (колесный или гусеничный), числа ведущих колес.

Автомобиль – высокоскоростное транспортное средство, поэтому передаточное число трансмиссии и передаваемый крутящий момент меньше, чем у трактора. В связи с этим механизмы, передачи и сборочные единицы

трансмиссий автомобилей выполнены более простыми по конструкции, компактными, менее металлоемкими. В конструкции автомобилей отсутствуют конечные передачи.

Конструкции тракторов и автомобилей со всеми ведущими колесами значительно усложняются вследствие дополнительно установленных раздаточной коробки или фрикционной муфты привода, карданной передачи и переднего ведущего моста.

Трансмиссии гусеничных тракторов более сложные по сравнению с колесными, так как включают в себя правый и левый механизмы поворота, которые создают разные крутящие моменты на ведущих звездочках. На большинстве гусеничных тракторов применяют планетарные механизмы поворота, на тракторах Т-70С, Т-130 – механизмы поворота с многодисковыми фрикционными муфтами.

Гусеничный трактор Т-150 имеет в отличие от других тракторов особую конструкцию трансмиссии. В трансмиссию этого трактора входит коробка передач *3* (рис. 3.5) с двумя вторичными валами, концы которых с помощью карданных передач *5* соединены с двумя главными передачами *4*. От главных передач вращение передается на ведущие валы и далее на правую и левую ведущие звездочки *7* через конечные передачи *6*, представляющие собой планетарные механизмы. В трансмиссии отсутствует механизм поворота, функцию которого выполняет коробка передач за счет отключения или переключения на другой скоростной режим одного из вторичных валов.

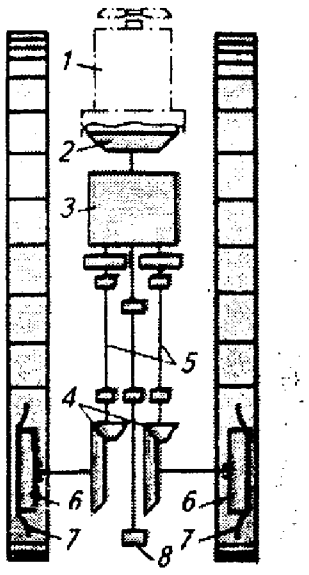


Рис. 3.5. Схема трансмиссии трактора Т-150: *1* – двигатель; *2* – муфта сцепления; *3* – коробка передач; *4* – главные передачи; *5* – карданные передачи; *6* – конечные передачи; *7* – ведущие звездочки; *8* – редуктор ВОМ

В конструкциях трансмиссий колесных и гусеничных тракторов предусмотрена передача механической энергии к заднему, боковому и переднему валам отбора мощности (ВОМ) для привода рабочих органов сельскохозяйственных машин.

На тракторах широко применяют механические ступенчатые трансмиссии с переключением передач под нагрузкой без разрыва потока мощности между двигателем и ведущими колесами (звездочками) трактора. Как правило, переключение диапазонов (рабочих и транспортных) происходит с разрывом силовой цепи зубчатыми муфтами и подвижными зубчатыми колесами, а переключение передач в диапазоне осуществляется под нагрузкой на ходу трактора фрикционной гидроподжимной муфтой.

Трансмиссии с переключением передач под нагрузкой применяют на тракторах «Беларус-2822ДЦ», «Беларус-3022ДВ», К-701, Т-150.

На энергонасыщенных тракторах мощностью 280–350 л. с. («Беларус-2822ДЦ, -3022ДВ, -3022.1») применяется электронно-гидравлическое управление переключением шести передач в каждом из четырех диапазонов с помощью пульта управления со встроенным микропроцессорным контроллером, имеющим рукоятку, которую можно устанавливать в семь фиксированных положений, изменяя передачи на ходу без разрыва потока мощности. Включенная передача сигнализируется светодиодными сигнализаторами.

В управлении сцеплением предусмотрен датчик выключенного состояния сцепления, который включает режим подтормаживания валов коробки передач для безударного переключения диапазонного редуктора.

2.3. Муфты сцепления

2.3.1. Общие сведения

Муфта сцепления предназначена для передачи крутящего момента от двигателя трансмиссии, быстрого и полного разъединения и плавного соединения двигателя с трансмиссией, необходимых для переключения передач и плавного трогания трактора или автомобиля с места, а также для предохранения двигателя и деталей трансмиссии от перегрузок.

Для передачи муфтой сцепления максимального крутящего момента она должна иметь необходимый коэффициент запаса:

$$\beta = M_{\text{т}} / M_{e\,\max}, \qquad (14)$$

где $M_{\text{т}}$ – момент трения муфты сцепления;

$M_{e\,\max}$ – максимальный крутящий момент двигателя.

Коэффициент запаса выбирают в пределах 1,5–4 в зависимости от типа и назначения трактора или автомобиля.

Основные требования к муфтам сцепления: полное их выключение и возможность плавного включения; небольшой момент инерции ведомых частей и наличие тормозного устройства, необходимого для безударного переключения передач в ступенчатых трансмиссиях тракторов; простота и надежность в эксплуатации, легкость в управлении.

Муфты сцепления могут быть *с силовым замыканием* за счет сил трения (механические фрикционные) или магнитного притяжения (электромагнитные) и *с динамическим замыканием* под действием сил инерции (гидравлические) или индукционного взаимодействия электромагнитных полей (электрические).

На тракторах и автомобилях, как правило, применяют механические фрикционные дисковые муфты сцепления с силовым замыканием за счет сил трения.

Механические фрикционные муфты сцепления классифицируют по следующим признакам:

– по роду трения – *сухие* и *мокрые.* Сухие муфты имеют диски с фрикционными накладками, им любой смазочный материал вреден, а мокрые муфты со стальными и фрикционными дисками работают в масле;

– по числу ведомых дисков – *одно-*, *двух-* и *многодисковые*. Например, муфта сцепления редуктора пускового двигателя, приведенная на рис. 2.192, многодисковая, работает в масле, а муфта сцепления, изображенная на рис. 3.6, однодисковая, сухая;

– по типу нажимного устройства – *постоянно замкнутые* (нажимной механизм пружинный) и *непостоянно замкнутые* (нажимной механизм рычажного типа);

– по принципу управления – *без усилителя* и *с усилителем* рычажно-пружинным (сервомеханизм), гидравлическим или пневматическим;

– по передаче крутящего момента трансмиссии – *одно-* и *двухпоточные*, т. е. одному или двум потребителям, например коробке передач и механизму отбора мощности;

– по назначению – *главная* и *дополнительная*. Главной называют муфту сцепления, передающую крутящий момент через трансмиссию на ведущие

колеса или звездочки, а дополнительными – муфты сцепления, размещенные в увеличителе крутящего момента, редукторе вала отбора мощности и других устройствах.

Муфта сцепления имеет три основные части: ведущую, ведомую и механизм управления. На рис. 3.6. показана упрощенная схема муфты сцепления. Ведущая часть – маховик *1* двигателя, кожух *5* и нажимной диск *4*; ведомая – диск *2* с фрикционными накладками *3* и вал *8*, соединенные между собой шлицевой ступицей.

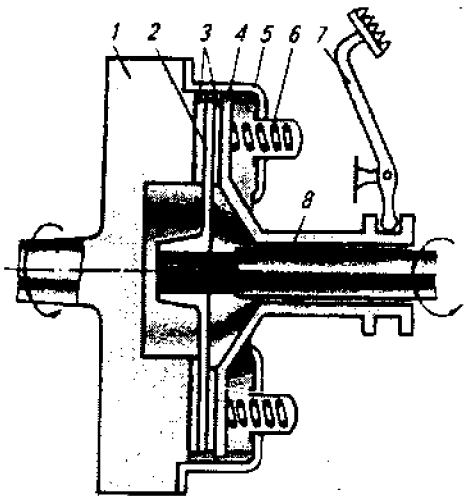


Рис. 3.6. Схема фрикционной однодисковой муфты сцепления:
1 – маховик; *2* – ведомый диск; *3* – фрикционные накладки; *4* – нажимной диск;
5 – кожух муфты сцепления; *6* – пружина; *7* – педаль; *8* – вал

Принцип действия такой муфты сцепления заключается в следующем. Под действием пружин *6* ведомый диск зажат между поверхностями маховика и нажимного диска. Вследствие трения они вращают диск как одно целое и передают крутящий момент от коленчатого вала двигателя валу *8* трансмиссии.

Для выключения муфты сцепления нажимают педаль *7*. При этом нажимной диск, преодолевая усилие пружин, перемещается вправо и освобождает ведомый диск. Передача вращения на ведомый вал *8* прекращается.

2.3.2. Однодисковая фрикционная постоянно-замкнутая муфта сцепления

Муфты сцепления такого типа установлены на тракторах «Беларус» мощностью до 100 л. с. (тракторы серий 300, 500, 800, 900).

В качестве примера рассмотрим корпус сцепления и муфту сцепления тракторов «Беларус-800, -820». В корпусе сцепления *11* (рис. 3.7) смонтированы шестерни *3*, *2* привода масляного насоса гидросистемы заднего навесного устройства (ЗНУ); шестерни *3*, *4*, *5* и вал *9* двухскоростного привода заднего ВОМ; шестерня ведущая *8* привода редуктора, установленная на силовом валу *6*; механизм переключения двухскоростного привода ВОМ, состоящий из зубчатой муфты *7* и поводка переключения *10*, фиксируемого болтом и имеющего лыски под ключ. Масляная ванна корпуса сцепления отделена перегородкой и герметизирована уплотнениями от сухого отсека, в котором находится сцепление *1*.

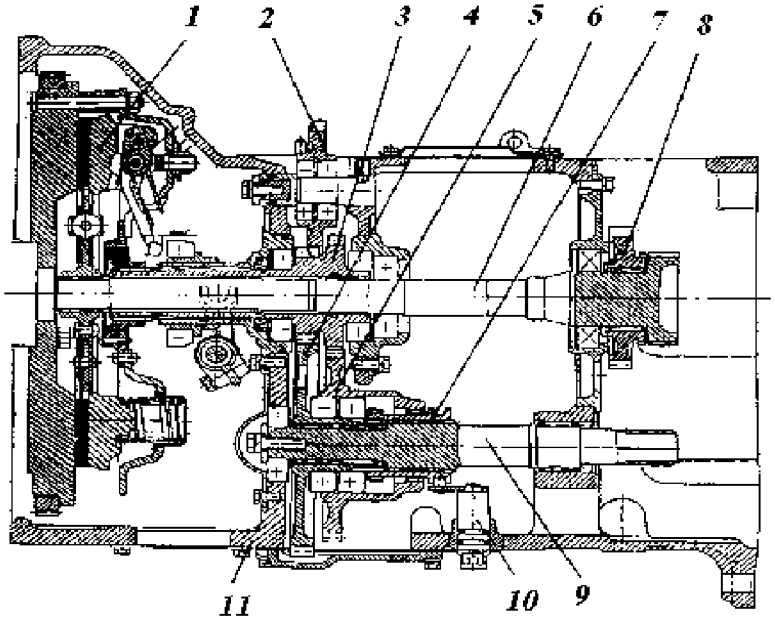


Рис. 3.7. Корпус сцепления с двух скоростным приводом ВОМ: *1* – сцепление; *2* – шестерня привода масляного насоса; *3* – вал-шестерня двухвенцовая привода ВОМ; *4* – ведомая шестерня привода 540 об/мин; *5* – ведомая шестерня привода 1000 об/мин; *6* – вал силовой передачи; *7* – муфта переключения ВОМ; *8* – ведущая шестерня редуктора; *9* – вал привода ВОМ; *10* – поводок переключения скоростей ВОМ; *11* – корпус сцепления

Ведущей частью сцепления является маховик *3* (рис. 3.8) и нажимной диск *4*, соединенный с опорным диском *5* с помощью тангенциальных пластин (на рисунке не показаны). Между опорным и нажимным дисками в стаканах *15* установлены девять нажимных пружин *16* с термоизолирующими шайбами *17*.

В сцеплении тракторов с турбонаддувными дизелями Д-245.5, Д-245.43 мощностью 60–70 кВт при номинальной частоте вращения 1800 об/мин установлены 15 нажимных пружин (девять наружных *16* и шесть внутренних *16а*).

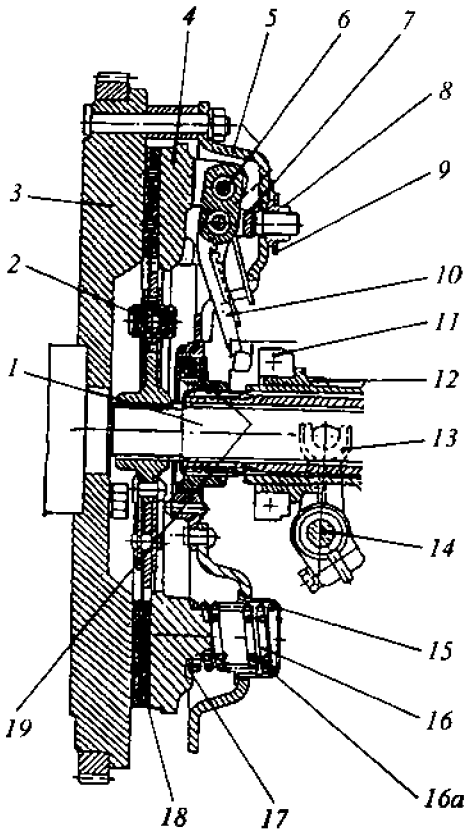


Рис. 3.8. Муфта сцепления: *1* – силовой вал; *2* – демпфер; *3* – маховик; *4* – диск нажимной; *5* – диск опорный; *6* – ось; *7* – вилка; *8* – гайка; *9* – пластина; *10* – рычаг отжимной; *11* – подшипник выжимной; *12* – отводка; *13* – вилка выключения; *14* – валик управления; *15* – стакан; *16* – пружина нажимная; *16а* – пружина нажимная внутренняя; *17* – шайба термоизолирующая; *18* – диск ведомый (сцепления); *19* – упругий элемент опорного диска (демпфер)

На выступах нажимного диска на осях *6* в игольчатых подшипниках установлены три отжимных рычага *10*, опирающиеся на вилки *7*, закрепленные в нажимном диске с помощью регулировочных гаек *8* и стопорных пластин *9*. Пластины стопорятся болтами М8×16. Ведомый диск *18* имеет резиновые демпферы *2*, являющиеся гасителями динамических нагрузок в трансмиссии. Опорный диск имеет резиновый упругий элемент *19* (12 шт.), который служит для компенсации несоосности сопрягаемых частей сцепления и приводных валов редукторной части корпуса сцепления. Ступица ведомого диска *18* имеет шлицевое соединение с хвостовиком силового вала *1*.

Ведомый диск *18* состоит из шлицевой ступицы, соединительного диска с приклепанными к нему фрикционными накладками и демпферного устройства. В соединительном диске сделаны радиальные прорези для уменьшения его жесткости и улучшения прилегания к поверхностям трения. Накладку со стороны маховика приклепывают непосредственно к диску, а накладку с противоположной стороны сначала соединяют заклепками с шестью пла-

стинчатыми пружинами, а затем приклепывают к диску. Это обеспечивает мягкое включение муфты сцепления.

Муфта сцепления выключается перемещением отводки *12* с отжимным подшипником *11* вперед и нажатием на концы отжимных рычагов *10*. Последние поворачиваются и отводят нажимной диск *4* от ведомого диска *18*, преодолевая сопротивление нажимных пружин *16*. В исходное включенное положение нажимной диск возвращается под действием нажимных пружин.

2.3.3. Типовые схемы сцеплений

1. Двухдисковое фрикционное сухое сцепление постоянно-замкнутого типа состоит из ведомых дисков *12*, *15* (рис. 3.9) и двух ведущих дисков: промежуточного *14* и нажимного *11*. Ведущие диски соединены с кожухом *10* пальцами *13*. Если педаль муфты сцепления находится в свободном состоянии, то ведущие и ведомые диски под действием пружин *9* прижаты к маховику, т. е. муфта сцепления включена. При нажатии на педаль отводка *5* перемещается вперед, нажимает на отжимные рычаги *4*, которые через болты *3* перемещают нажимной диск *11* назад. Диски разъединяются, и муфта сцепления выключается.

Промежуточный ведущий диск *14* отодвигается от переднего ведомого диска *15* специальными пружинами *1*, причем перемещение этого диска ограничивается регулировочными болтами *2*, что устраняет возможность заклинивания дисков.

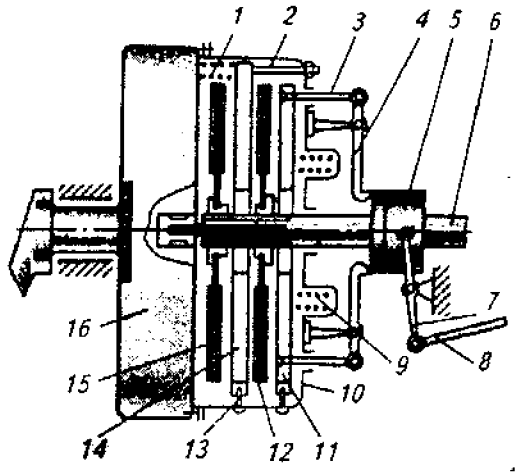


Рис. 3.9. Схема двухдискового сцепления постоянного замкнутого типа: *1* – отжимная пружина промежуточного диска; *2* – регулировочный болт; *3* – отжимной болт; *4* – отжимной рычаг; *5* – отводка; *6* – вал муфты сцепления; *7* – вилка выключения; *8* – тяга; *9* – нажимная пружина; *10* – кожух; *11* – нажимной диск; *12* – задний ведомый диск; *13* – направляющий палец; *14* – промежуточный диск; *15* – передний ведомый диск; *16* – маховик

Двухдисковые фрикционные муфты сцепления имеют значительный момент трения и поэтому могут передавать большой крутящий момент от двигателя к трансмиссии.

Такими сцеплениями оснащены трансмиссии всех энергонасыщенных тракторов «Беларус» мощностью от 100 до 300 л. с.

2. Однодисковое фрикционное сухое непостоянно замкнутое сцепление представляет собой ведущий диск *3* (рис. 3.10) свободно посаженный на ступицу ведомого диска *2*. С помощью пальцев *14* и упругих соединительных звеньев *13* диск *3* связан с маховиком *1*. Ведущий диск расположен между двумя ведомыми дисками *2* и *4* с фрикционными накладками. Передний ведомый диск *2* жестко закреплен на валу *12* муфты сцепления. Задний ведомый диск *4*, который одновременно является и нажимным диском, соединен со ступицей ведомого диска *2* шлицевым соединением и может перемещаться вдоль вала.

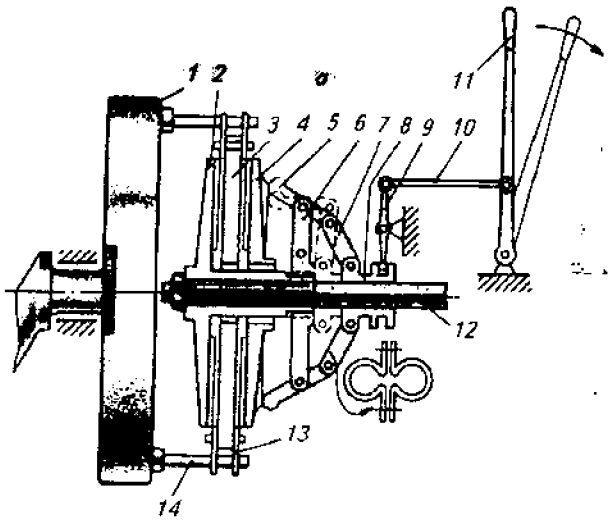


Рис. 3.10. Схема однодискового непостоянно замкнутого сцепления: *1* – маховик; *2* – передний ведомый диск; *3*– средний ведущий диск; *4* – нажимной ведомый диск; *5* – нажимной кулачок; *6* – крестовина; *7* – серьга; *8* – передвижная муфта; *9* – вилка; *10* – тяга; *11* – рычаг; *12* – вал муфты сцепления; *13* – соединительное звено; *14* – палец

Нажимное устройство рычажно-кулачкового типа состоит из передвижной муфты *8*, серег *7*, крестовины *6* и кулачков *5*, качающихся на осях в крестовине. При перемещении вперед рычага управления *11* передвижная муфта *8* сдвигается назад, кулачки *5* не действуют на ведомый диск *4*, диски *2*, *3* и *4* не соприкасаются и муфта сцепления выключена. При перемещении рычага *11* назад муфта *8* передвигается вперед и через серьги *7* поворачивает кулачки *5*, сжимая тем самым ведущий и ведомый диски. Муфта сцепления включена.

Такое сцепление установлено на тракторе Т-100М.

3. Двухпоточное постоянно замкнутое сцепление – это сочетание двух муфт сцепления: главной и привода механизма отбора мощности. Главная состоит из двух ведомых *2*, *4* (рис. 3.11) и двух ведущих *3*, *5* дисков. При включенной муфте сцепления все ведущие и ведомые диски пружинами *12* и *13* прижаты к маховику *1* и за счет сил трения крутящий момент от двигателя передается через вал *10* трансмиссии, а через вал *11* механизму отбора мощности.

При нажатии на педаль *9* на половину ее хода рычаги *8* отводят от маховика *1* оба нажимных диска *3* и *5* с зажатым между ними ведомым диском *4*. Сжатие этих дисков происходит под действием пружин *13*. В этом положении ведомый диск *4* продолжает вращаться и передавать крутящий момент на ВОМ.

При дальнейшем нажатии на педаль *9* штифты *6* переднего нажимного диска *3* упираются в регулировочные болты *7* и перемещение диска *3* прекращается, задний нажимной диск *5* продолжает перемещение назад, преодолевая сопротивление пружин *12*, тем самым освобождая ведомый диск *4* и выключая муфту сцепления привода механизма отбора мощности.

Эти муфты сцепления установлены на тракторах ЮМЗ-6Л, ЮМЗ-6М и самоходном шасси Т-16М.

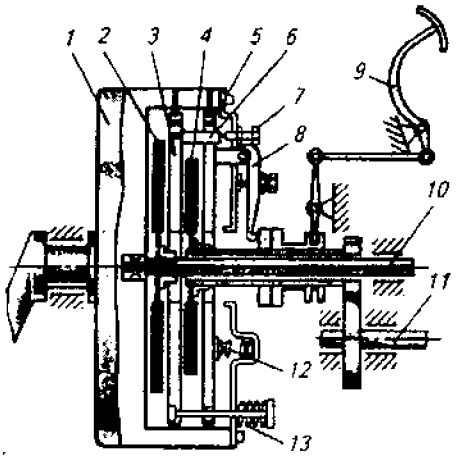


Рис. 3.11. Схема двухпоточного постоянно замкнутого сцепления: *1* – маховик; *2* – ведомый диск главной муфты сцепления; *3* – нажимной диск главной муфты сцепления; *4* – ведомый диск муфты сцепления ВОМ; *5* – нажимной диск; *6* – штифт; *7* – регулировочный болт; *8* – отжимной рычаг; *9* – педаль; *10* – вал главной муфты сцепления; *11* – вал привода ВОМ; *12*, *13* – нажимные пружины

2.3.4. Устройство и работа диафрагменного сцепления модели ЯМЗ-183

На автомобилях с трехсторонней разгрузкой МАЗ-555105 может быть установлен силовой агрегат ЯМЗ-238ДЕ2 с однодисковым постоянно замкнутым сцеплением модели ЯМЗ-183 (рис. 3.12).

Диафрагменное сцепление состоит из ведущих и ведомых частей, а также деталей механизма выключения сцепления, устанавливаемых в картер сцепления.

Ведущая часть сцепления – нажимной диск *2* с кожухом *13*, который устанавливается на маховик двигателя *10* и крепится болтами М10 (12 шт.) на диаметре 450 мм.

Центрирование кожуха осуществляется по цилиндрической проточке диаметром 475 мм на маховике и кожухе сцепления.

Нажимной диск соединен с кожухом при помощи 4-х пакетов пластин, обеспечивающих центрирование, осевое перемещение и передачу крутящего момента от кожуха к нажимному диску.

Для исключения поворота диафрагменной пружины *9* относительно кожуха и нажимного диска на последнем установлено 6 пар втулок *14* со специальными скобками. Применение этих скоб позволяет сохранять постоянный контакт нажимного диска с пружиной и обеспечивать отход первого при выключении сцепления.

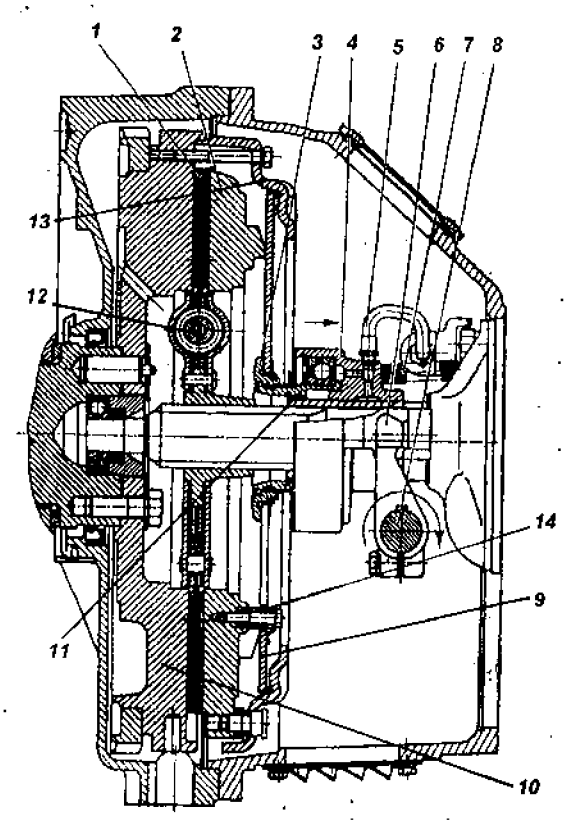


Рис. 3.12. Однодисковое диафрагменное постоянно замкнутое сцепление ЯМЗ-183: *1* – диск ведомый; *2* – диск нажимной; *3* – кольцо упорное; *4* – муфта выключения сцепления; *5* – шланг смазки; *6* – вилка выключения сцепления; *7* – оттяжная пружина; *8* – валик вилки выключения сцепления; *9* – диафрагменная пружина; *10* – маховик; *11* – втулка подшипника; *12* – демпфер; *13* – кожух; *14* – втулка

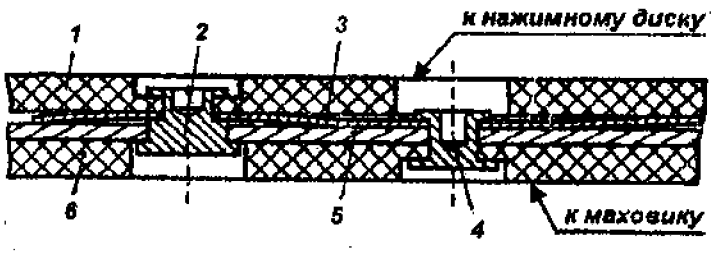


Рис. 3.13. Ведомый диск с упругим креплением одной из накладок:
1 – фрикционная накладка с эластичным креплением; *2* – заклепка; *3* – упругая пластина; *4* – заклепка; *5* – стальной диск; *6* – фрикционная накладка с жестким креплением

Ведомая часть – диск ведомый *1* устанавливается между маховиком и нажимным диском и центрируется по шлицам первичного вала коробки передач. В сцеплениях данного типа применен ведомый диск с демпфером *12* пружинно-фрикционного типа с упругим креплением одной из фрикционных накладок.

Безасбестовая фрикционная накладка *1* (рис. 3.13), обращенная к нажимному диску, с помощью заклепок *2* эластично прикреплена к диску *5* через упругую пластину *3*. Безасбестовая фрикционная накладка *6*, обращенная к маховику, с помощью заклепок *4* жестко прикреплена к стальному диску *5*.

Этим достигается снижение динамических нагрузок на трансмиссию при резких включениях (трогание с места, переключение передач), а также исключаются резонансные явления и снижаются максимальные «пиковые» значения крутящего момента при установившемся движении транспортного средства.

Характерная особенность механизма выключения диафрагменного сцепления состоит в том, что для выключения сцепления подшипник вместе с муфтой выключения *4* (рис. 3.12) должны перемещаться в направлении от сцепления, т. е. назад, как показано стрелками на рис. 3.12.

В широко применяемых сцеплениях с набором спиральных нажимных пружин для выключения сцепления отводка с выжимным подшипником должна быть перемещена вперед в сторону сцепления, т. е. с точностью наоборот.

Механизм выключения сцепления состоит из муфты *4* (рис. 3.12) с подшипником, вилки *6* и валика *8*. Муфта соединена через упорное кольцо *3* с диафрагменной пружиной *9* с помощью специального устройства, рассмотренного ниже.

Оттяжная пружина *7* исключает поворот и осевые перемещения втулки *11* относительно упорного кольца *3*. По мере износа фрикционных накладок муфта выключения сцепления *4* перемещается вместе с пружиной в сторону маховика, при этом конструкция привода выключения сцепления автомобиля или другого транспортного средства обеспечивает требуемый поворот вилки

6 по часовой стрелке за счет периодической регулировки привода или постепенный поворот за счет конструкции гидропривода.

Рассмотрим соединение диафрагменной пружины с муфтой выключения (втулкой подшипника). Оно включает в себя упорное кольцо *1* (рис. 3.14), втулку подшипника муфты *7* с фасонной канавкой, пружинное кольцо *2* круглого сечения, а также замковое кольцо *5*. Упорное кольцо *1* устанавливается на диафрагменную пружину *8* при сборке нажимного диска с кожухом и удерживается за счет пружинной шайбы *3* и стопорного кольца *4*. На рисунке муфта заперта (соединена) с упорным кольцом. Внутри втулки подшипника муфты *7* установлено предохранительное кольцо *6*, имеющее снаружи выступающий ус, препятствующий случайному рассоединению муфты выключения сцепления и упорного кольца.

Выключение сцепления обеспечивается поворотом валика *8* (рис. 3.12) по часовой стрелке. Допустимое направление перемещения муфты и поворота вала для выключения сцепления показано на рисунке стрелками. **Перемещение муфты и поворот валика в обратном направлении не допустимо**.

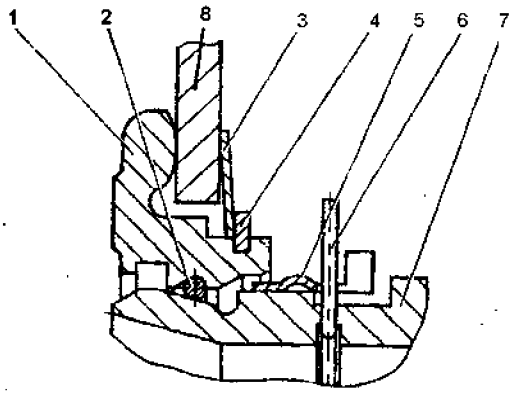


Рис. 3.14. Соединение диафрагменной пружины с муфтой выключения: *1* – кольцо упорное; *2* – кольцо пружинное; *3* – шайба пружинная; *4* – кольцо стопорное; *5* – кольцо замковое; *6* – кольцо предохранительное; *7* – втулка подшипника; *8* – диафрагменная пружина

2.3.5. Устройство и работа двухдискового сцепления трактора «Беларус-3022ДВ»

На маховике *1* (рис. 3.15) дизеля через проставку *26* установлено сухое двухдисковое сцепление постоянно-замкнутого типа.

Ведущей частью сцепления являются маховик *1*, нажимной диск *4* и промежуточный диск *3*, имеющие на наружных поверхностях по четыре шипа, которые входят в специальные пазы проставки *23*.

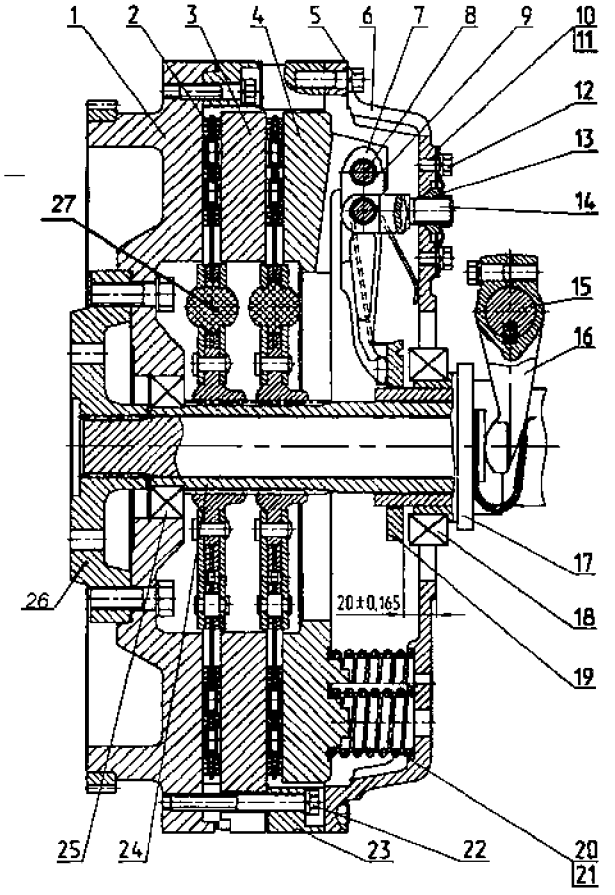


Рис. 3.15. Сцепление трактора «Беларус-3022ДВ»: *1* – маховик; *2* – ведомый диск; *3* – промежуточный диск; *4* – нажимной диск; *5* – болт; *6* – опорный диск; *7* – отжимной рычаг; *8* – ось отжимного рычага; *9* – ролики; *10*, *11* – стопорные пластины; *12* – болт; *13* – регулировочная гайка; *14* – вилка; *15* – вал; *16* – вилка отводки; *17* – отводка; *18* – выжимной подшипник; *19* – опора отжимных рычагов; *20* – нажимные пружины; *21* – термоизоляционные шайбы; *22* – болт; *23* – проставка; *24* – вал сцепления; *25* – подшипник; *26* – проставка; *27* – демпферное устройство

Между опорным диском *6* и нажимным диском *4* в специальных гнездах установлены 12 нажимных пружин *20* с термоизоляционными шайбами *21*.

Опорный диск *6* устанавливается на проставку маховика *23* на двух штифтах и крепится к ней болтами *5*.

На выступах нажимного диска на осях *8* и роликах *9* установлены четыре отжимных рычага *7*. Опорами отжимных рычагов являются вилки *14*, закрепленные на опорном диске при помощи регулировочных гаек *13*, фиксируемых пластинами *10*, *11*. Пластины крепятся к опорному диску болтами *12*.

Между маховиком, промежуточным и нажимным дисками установлены два ведомых диска *2*, передающих крутящий момент от двигателя через вал сцепления *24* на трансмиссию трактора. Передней опорой вала сцепления является подшипник *25*, с постоянной смазкой, установленный в маховике.

Ведомый диск имеет ступицу со шлицами для соединения с валом сцепления, демпферное устройство *27*, состоящее из восьми резиновых элементов и фрикционные накладки в виде металлокерамических сегментов.

Включение и выключение муфты производится при помощи отводки *17* с выжимным подшипником *18*, соединенной с вилкой *16*, посаженной на валу *15*, установленном на игольчатых подшипниках в корпусе сцепления.

На конце вала *15* установлен рычаг, соединенный с гидростатическим приводом сцепления.

2.3.5.1. Привод выключения сцепления трактора «Беларус-3022ДВ»

Привод выключения сцепления предназначен для управления сцеплением, как при переднем ходе трактора, так и в режиме реверса.

Тип привода сцепления – гидростатический с подвесными педалями *10*, *20* (рис. 3.16) и гидроусилителем *35*. Описание конструкции и работа гидропривода приведены в разделе 4 «Гидравлическое оборудование».

2.3.6. Типы приводов выключения сцепления

В семействе тракторов «Беларус» с напольной педалью сцепления находит применение *механический привод выключения сцепления с пружинным сервомеханизмом* (тракторы «Беларус» серий 300, 400, 500, 800, 900, 1000 и «Беларус-1221»).

Выключение постоянно замкнутого сцепления производится при нажатии на стержень подушки *7* (рис. 3.17, *б*) педали *8*. Перемещение педали воздействует на тягу *9*, рычаг *12* и валик управления *6*. В свою очередь валик управления поворачивает вилки *5* (рис. 3.17, *а*), которые перемещают отводку *3* вместе с выжимным подшипником *2* аксиально в направлении отжимных рычагов *1*.

Перемещение совершается вдоль кронштейна отводки *4*. После выбора зазора (свободный ход педали) выжимной подшипник воздействует на лапки отжимных рычагов, поворачивает рычаги и отводит нажимной диск от ведомого диска сцепления, выключая сцепление. При освобождении педали нажимной диск под действием нажимных пружин поджимает диск сцепления к поверхностям маховика и нажимного диска, включая сцепление.

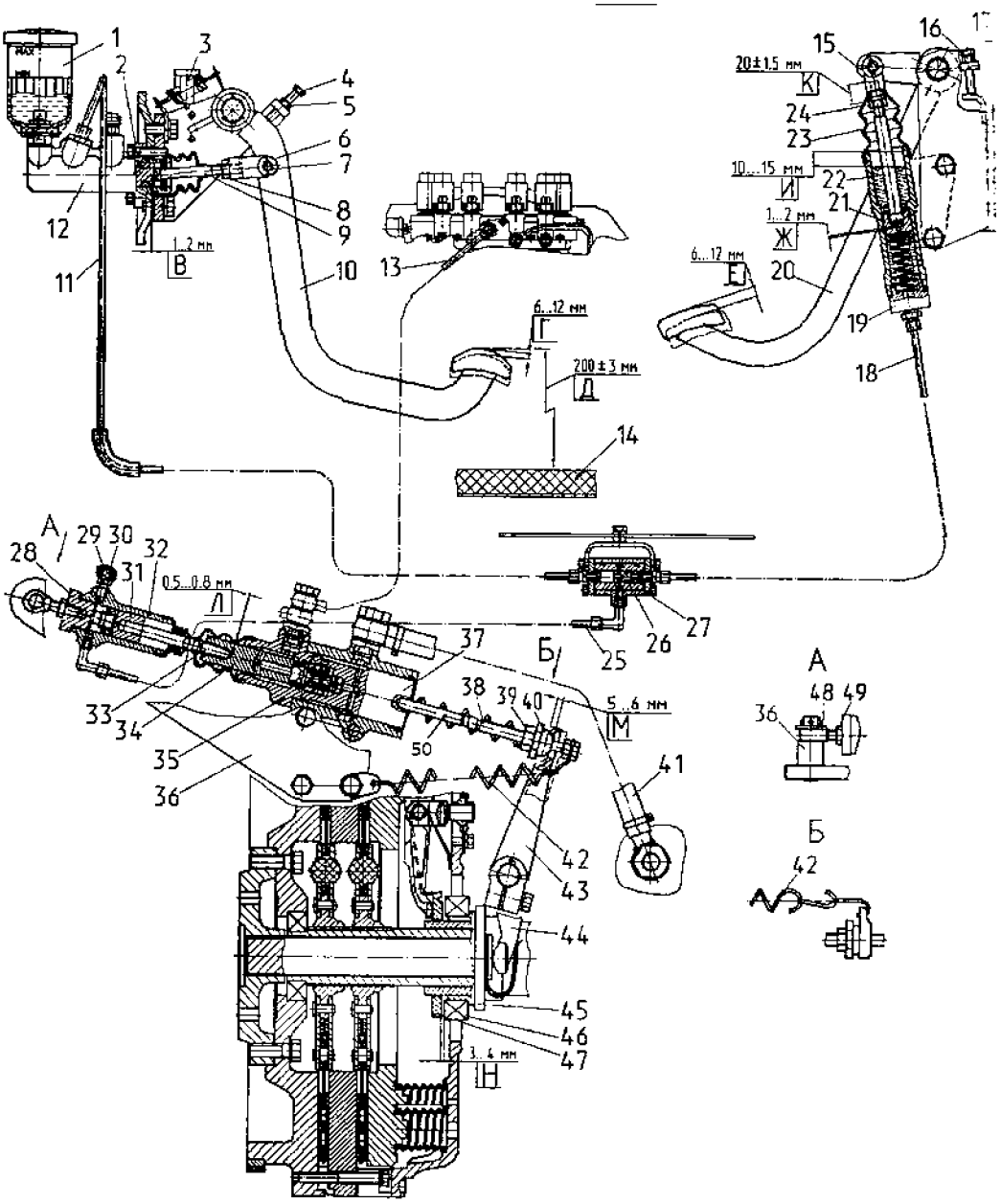


Рис. 3.16. Привод выключения сцепления: *1* – бачок; *2*, *21*, *26*, *31*, *37* – поршень; *3* – датчик выключения сцепления; *4*, *16* – болт; *5*, *8*, *17*, *24*, *39*, *49* – гайка; *6*, *15* – вилка; *7* – палец; *9*, *22*, *33*, *38* – толкатель; *10* – педаль сцепления для прямого хода; *11*, *13*, *18*, *25*, *41* – трубопровод; *12* – главный цилиндр для переднего хода; *14* – коврик кабины; *19* – главный цилиндр для реверса; *20* – педаль сцепления для реверса; *23* – чехол; *27* – кран; *28* – крышка; *29* – колпачок; *30* – перепускной клапан; *32* – рабочий цилиндр; *34* – шток; *35* – гидроусилитель; *36* – кронштейн; *40* – гайка сферическая; *42* – пружина; *43* – рычаг; *44* – вилка; *45* – отводка; *46* – выжимной подшипник; *47* – опора отжимных рычагов; *48* – опора; *50* – тяга

Пружина сервоустройства *15* (рис. 3.17, *б*) снижает усилие на педали при выключении сцепления и поджимает педаль *8* к полу кабины, обеспечивая зазор между выжимным подшипником и лапками отжимных рычагов.

Тракторы «Беларус», оборудованные комфортабельной виброшумоизолированной кабиной со сферическим остеклением, имеют подвесные педали управления сцеплением и рабочими тормозами. Для привода выключения

сцепления таких тракторов применяются гидравлические механизмы. Такой привод называют гидростатическим с гидроусилителем или без гидроусилителя.

Гидростатический привод выключения сцепления без гидроусилителя применяется в тракторах «Беларус-822.3, -823.3, -922.3, -923.3».

Он состоит из главного цилиндра *7* (рис. 3.18) с бачком *8* и клапаном *9* и рабочего цилиндра *5* с клапаном *6*, соединенного с главным цилиндром трубопроводом *15*. Главный цилиндр прикреплен к передней стенке кабины слева. Рабочий цилиндр установлен на кронштейне, закрепленном на корпусе сцепления с левой стороны трактора. Шток поршня главного цилиндра соединен с педалью сцепления *13* с помощью вилки *10* и пальца *12*. Шток поршня рабочего цилиндра *5* через вилку *3* и палец *2* соединен с рычагом валика выключения сцепления *1*.

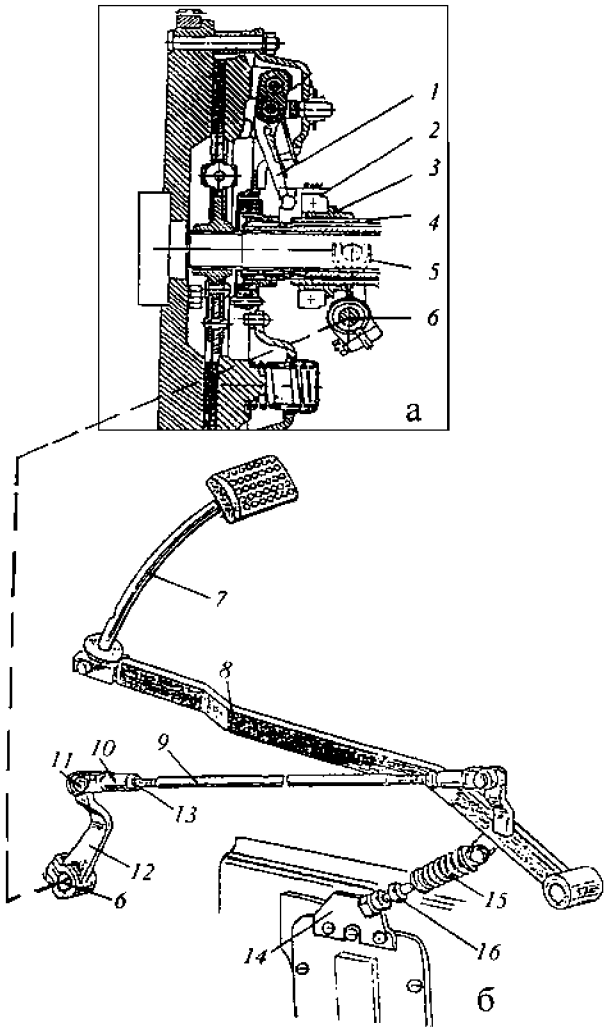


Рис. 3.17. Механический привод выключения сцепления с пружинным сервомеханизмом: *а* – однодисковое сцепление; *б* – привод сцепления; *1* – отжимной рычаг; *2* – выжимной подшипник; *3* – отводка; *4* – кронштейн отводки; *5* – вилка выключения; *6* – валик управления; *7* – стержень подушки; *8* – педаль; *9* – тяга; *10* – вилка; *11* – палец; *12* – рычаг; *13* – контргайка; *14* – кронштейн; *15* – пружина сервоустройства; *16* – регулировочный болт

Чтобы выключить сцепление нажимают на педаль *13* до упора, и поршень выдавливает тормозную жидкость по трубопроводу *15* в поршневую полость рабочего цилиндра. Поршень перемещается через вилку *3* и палец *2* поворачивает рычаг *1*, выключая сцепление. При отпускании педали поршни привода возвращаются в исходное (включенное) положение под действием оттяжных пружин *17*, *18*.

Семейство тракторов «Беларус» серий 1200 («Беларус-1222»), 1500, 2000, 2500 и 3000 имеют гидростатический привод выключения сцепления с гидроусилителем (рис. 3.16.).

2.3.7. Редуктор

В тракторах «Беларус» средней мощности серий 500, 800, 900 в задней редукторной части корпуса сцепления *2* (рис. 3.19), примыкающей к корпусу коробки передач *1*, смонтирован редуктор, управляемый рычагом *16*.

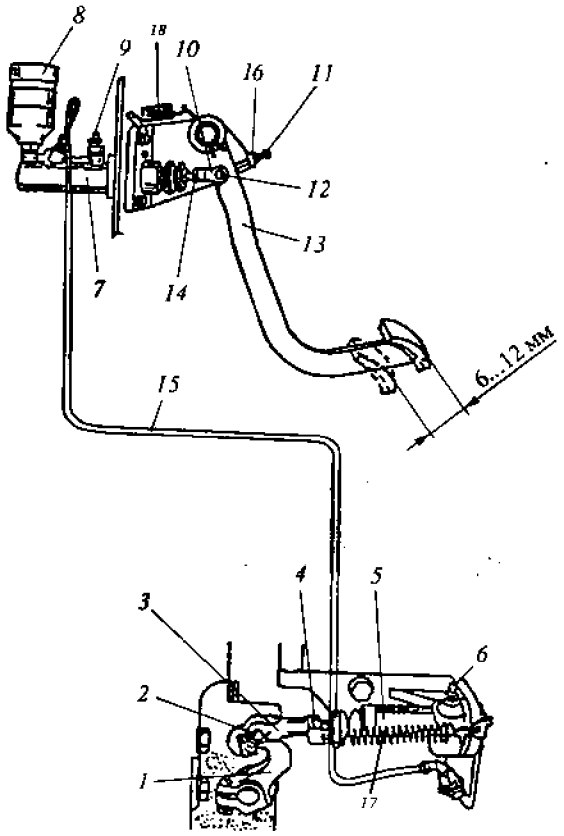


Рис. 3.18. Гидростатический привод сцепления без гидроусилителя: *1* – рычаг валика выключения; *2* – палец; *3* – вилка; *4*, *14* – контргайки; *5* – рабочий цилиндр; *6* – клапан перепускной; *7* – главный цилиндр; *8* – бачок тормозной жидкости; *9* – клапан главного цилиндра; *10* – вилка; *11* – болт; *12* – палец; *13* – педаль сцепления; *15* – трубопровод; *16* – контргайка; *17*, *18* – оттяжная пружина

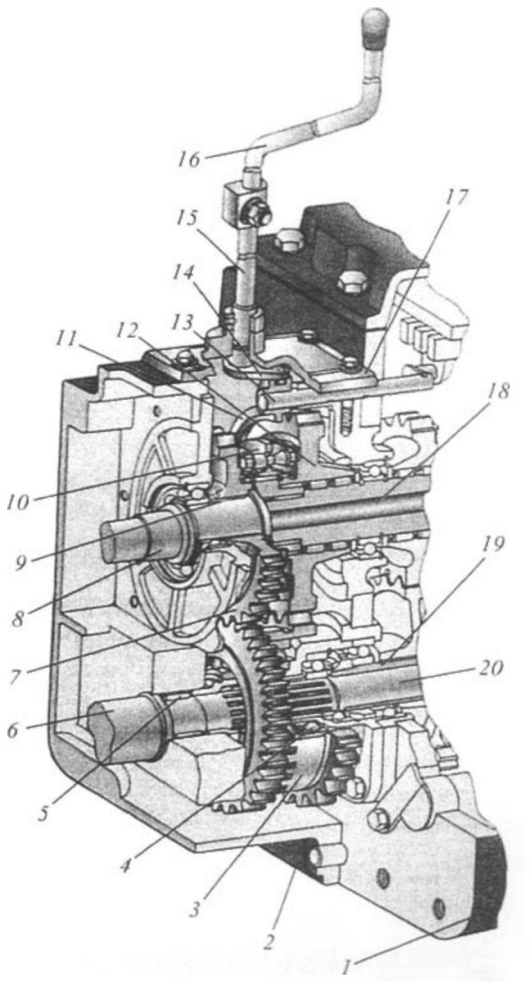


Рис. 3.19. Синхронизированный редуктор тракторов «Беларус-900, -920, -950, -952»: *1* – корпус КП; *2* – корпус сцепления; *3* – шестерня двухвенцовая; *4* – шарикоподшипник; *5*, *9* – роликоподшипники; *6* – вал ведомый привода ВОМ; *7* – шестерня ведущая; *8* – вал силовой; *10* – синхронизатор; *11* – вилка переключения; *12* – шестерня ведомая; *13* – валик вилки редуктора; *14* – ось; *15* – валик; *16* – рычаг; *17* – крышка редуктора; *18* – вал первичный КП; *19* – вал промежуточный; *20* – вал внутренний привода ВОМ

Редуктор состоит из ведущей шестерни *7*, установленной на силовом валу *8* в корпусе сцепления *2*, двухвенцовой промежуточной шестерни *3* и ведомой шестерни *12*, смонтированных на передней стенке корпуса КП *1*.

С помощью рычага *16*, вилки переключения *11* и синхронизатора *10* можно включить *понижающую ступень* редуктора (LOW) при перемещении синхронизатора *10* вперед или *повышающую ступень* (HIGH) (прямая передача) путем перемещения синхронизатора в крайнее заднее положение.

В положении LOW редуктор снижает частоту вращения первичного вала КП *18* в 1,32 раза и обеспечивает безударное переключение режимов за счет применения синхронизатора *10*. В положении HIGH первичный вал КП *18* и силовой вал *8* вращаются с частотой вращения дизеля.

Таким образом, с помощью редуктора удваивается число передач трансмиссии. Поскольку синхронизированный редуктор работает в комплек-

тации с синхронизированной коробкой передач 7F + 2R (семь передач вперед + две назад), с помощью редуктора получаем четырнадцать передач вперед и четыре передачи назад.

Тракторы «Беларус-800, -820» комплектуются несинхронизированными коробками передач и редукторами без синхронизаторов, обеспечивающими восемнадцать передач вперед и четыре передачи назад.

По заказу потребителей, тракторы комплектуются синхронизированными реверс-редукторами.

Реверс-редуктор позволяет быстро изменять направление движения с переднего хода на задний, и, наоборот, на всех передачах, не пользуясь рычагом переключения передач (работа в режиме «челнока»).

2.3.8. Возможные неисправности и техническое обслуживание сцепления

Для нормальной работы сцепления необходимо соблюдение правил эксплуатации и своевременное выполнение операций планового технического обслуживания.

1. При работе на тракторе и автомобиле не держите ногу на педали сцепления, поскольку этим нарушается требуемый свободный ход педали, что приводит к преждевременным износам деталей механизма выключения, дисков сцепления, нагреву и короблениям поверхностей трения.

2. Выключайте сцепление быстро, выжимая педаль сцепления до конца. Включайте сцепление плавно (за 1,2–1,8 с), без задержки в недовключенном положении.

3. При остановках не держите сцепление выключенным долгое время. Выключите передачу и включите сцепление.

К основным неисправностям сцепления относятся:

– *пробуксовывание*, т. е. когда передаваемая муфтой сцепления мощность меньше подведенной и ее ведущие (или ведущий) диски начинают проскальзывать;

– *муфта сцепления «ведет»*, т. е. не полностью выключается, ведомые диски продолжают вращаться, что затрудняет переключение передач.

Причины пробуксовывания: уменьшение свободного хода педали, замасливание дисков, износ фрикционных накладок ведомых дисков, ослабление (усадка) нажимных пружин, негерметичность манжеты коленчатого вала

дизеля. При установке гидростатического привода выключения сцепления причинами являются:

– разрегулировка свободного хода рычага выключения;

– нет зазоров между рабочим цилиндром и гидроусилителем;

– загрязнение полостей главных и рабочих цилиндров, гидроусилителя и заклинивание поршней.

Муфта сцепления «ведет» при увеличении свободного хода педали, короблении ведомых, средних и нажимных дисков; разрегулировке положения отжимных рычагов; недостаточном уровне тормозной жидкости в бачке главного цилиндра; нарушении герметичности гидросистемы и попадании воздуха в систему; износе уплотнений и падении давления.

К операциям планового технического обслуживания сцепления относятся:

– проверка при ТО-1 и при необходимости регулировка свободного хода педали сцепления (30–40 мм по подушке педали; 6–12 мм для гидростатического привода);

– проверка уровня и доливка тормозной жидкости в бачки главных цилиндров (ЕТО);

– смазка подшипника отводки (ТО-2) (все модели тракторов «Беларус», кроме 2822ДЦ, 3022ДВ);

– замена тормозной жидкости и промывка системы гидростатического привода выключения сцепления (ТО-3).

2.4. Коробки передач. Раздаточные коробки. Ходоуменьшители

2.4.1. Общие сведения

Коробка передач предназначена для изменения передаваемого крутящего момента, скорости движения трактора или автомобиля, направления вращения ведущих колес (звездочек), а также для отсоединения работающего двигателя от трансмиссии при остановках.

Различные значения крутящего момента и частоты вращения ведущих колес или звездочек достигаются в результате изменения передаточного числа трансмиссии. Коробка передач, редуктор, ходоуменьшитель и увеличитель крутящего момента изменяют передаточное число ступенчато, т. е. через определенные интервалы. Бесступенчатое регулирование частоты вращения

достигается за счет установки гидрообъемных, гидродинамических или электрических (гибридных) передач.

На большинстве тракторов и автомобилей устанавливают более простые в изготовлении, надежные в эксплуатации и менее сложные в обслуживании механические коробки передач.

Принцип работы простейшей механической коробки передач показан на рис. 3.20. Ведущий вал *9*, называемый *первичным*, получает вращение от вала муфты сцепления. Ведомый вал *8*, называемый *вторичным*, передает вращение механизмам заднего моста. На одном валу (в данном случае вторичном) зубчатые колеса *5*, *6*, *7* жестко связаны с валом, а на другом валу (первичном) шестерни *1*, *2* и *3* можно перемещать вдоль оси по шлицам и поочередно вводить в зацепление с соответствующими зубчатыми колесами вторичного вала.

Все шестерни и зубчатые колеса имеют разное число зубьев, поэтому разным будет и значение передаточного числа. Шестерни, перемещаемые по валу, называют каретками.

Когда ни одна из шестерен первичного вала не находится в зацеплении с зубчатыми колесами вторичного вала (рис. 3.20, *а*), такое положение называют *нейтральным*.

Положения зубчатых колес при включении 1-ой и 2-ой передач показаны соответственно на рис. 3.20, *б, в*. Задний ход обеспечивается изменением направления вращения вторичного вала за счет ввода в зацепление промежуточной шестерни *4* (рис. 3.20, *г*).

2.4.2. Классификация коробок передач (КП)

Механические ступенчатые КП классифицируют по следующим основным признакам:

– типу зубчатых передач *с неподвижными осями валов* и *планетарные;*

– расположению валов относительно оси трактора или автомобиля *с продольным* и *поперечным расположением*;

– числу валов *двух-, трех-, четырех-, пятиступенчатые* и т. д.;

– по принципу переключения передач *с подвижными шестернями* (каретками) и *с неподвижными шестернями постоянного зацепления*, которые соединяются с валами при включении передач специальными зубчатыми муфтами с синхронизаторами или гидравлическими муфтами;

– числу перемещаемых кареток *двух-*, *трех-*, *четырехходовые* и т. д.;

– назначению (*основная*, *раздаточная*, *редуктор*, *ходоуменьшитель*).

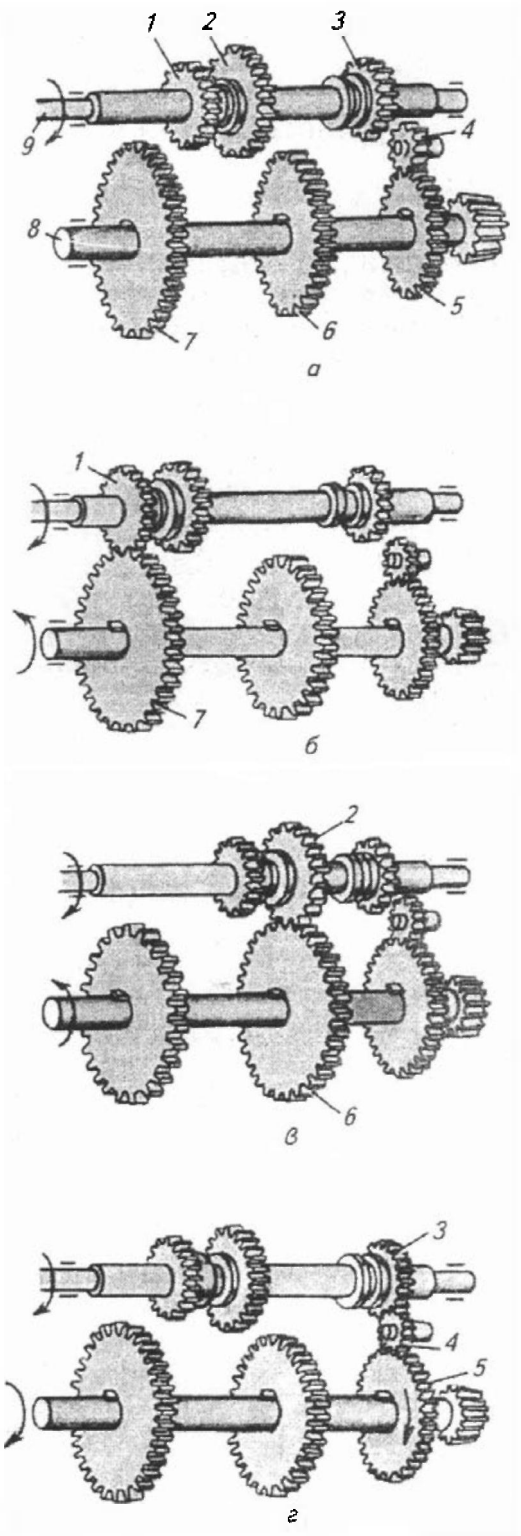


Рис. 3.20. Схема работы простейшей коробки передач: *а* – нейтральное положение зубчатых колес; *б*, *в*, *г* – положения зубчатых колес при включении передач соответственно 1-й, 2-й и заднего хода; *1*, *2*, *3* – шестерни первичного вала; *4* – промежуточная шестерня; *5*, *6*, *7* – зубчатые колеса вторичного вала; *8* – вторичный вал; *9* – первичный вал

Согласно этой классификации на рис. 3.20 изображена основная, двухвальная, двухступенчатая, двухходовая коробка передач с неподвижными осями валов и подвижными шестернями.

Число передач в тракторных коробках составляет от пяти до двадцати четырех, что обеспечивает скорость движения от 0,5 до 35 км/ч. Такое число передач обусловлено большим разнообразием условий работы и выполняемых технологических процессов, стремлением достичь максимальной производительности при экономном расходовании топлива.

Автомобильные коробки, как правило, имеют от трех до пяти передач. Меньшее число передач по сравнению с тракторными коробками объясняется узкоцелевым назначением автомобиля, различиями в использовании и регулировании мощности двигателя.

Передачи тракторов можно разделить на три группы: основные (рабочие), транспортные, замедленные.

Основные передачи обеспечивают скорости движения 5–15 км/ч. На этих скоростях выполняют технологические операции при возделывании и уборке основных сельскохозяйственных культур. Число основных передач в зависимости от типа трактора составляет 4–7.

Транспортные передачи служат при использовании тракторов в качестве транспортных средств, а также для холостых переездов. Число транспортных передач у колесных тракторов составляет 3–4, у гусеничных – 1–2.

Замедленные передачи необходимы для выполнения некоторых технологических процессов со скоростями движения 0,5–1,5 км/ч (работа с рассадопосадочными, лесопосадочными, мелиоративными и другими машинами). Таких передач может быть от двух до четырех.

Передачи автомобилей делят на две группы: высшие и низшие.

Высшие передачи используют при движении автомобиля в хороших дорожных условиях. Как правило, последняя передача бывает прямой, когда частоты вращения первичного и вторичного валов одинаковые, т. е. передаточное число меньше единицы.

Низшие передачи служат для трогания автомобиля с места, преодоления подъемов и тяжелых участков дороги.

Передачи заднего хода (у автомобилей одна, у тракторов от одной до восьми) необходимы для маневрирования трактором и автомобилем, а в тракторах дополнительно для работы задним ходом с некоторыми машинами (волокушами, землеройными машинами, комбинированными агрегатами, состоящими из машин переднего и заднего расположения). Наличие у тракторов реверсивного поста управления позволяет расширить использование тракторов в составе комбинированных широкозахватных посевных агрегатов («Беларус-3022ДВ»).

2.4.3. Коробка передач автомобилей КамАЗ

На автомобилях КамАЗ устанавливают пяти- или десятиступенчатую коробку передач. Последняя состоит из основной пятиступенчатой коробки передач и двухступенчатого редуктора-делителя, удваивающего число передач.

Коробка передач собрана в отдельном корпусе *15* (рис. 3.21), а редуктор-делитель размещен в заднем отсеке картера муфты сцепления. Коробка передач состоит из первичного вала *3*, выполненного как одно целое с ведущей шестерней, вторичного *13* и промежуточного *21* валов с зубчатыми колесами, синхронизаторами *5* и *8*, зубчатой муфты *11*, блока *16* зубчатых колес заднего хода, верхней крышки механизма переключения передач.

Редуктор-делитель состоит из ведущего вала *1*, зубчатого колеса *2*, синхронизатора *4*, промежуточного вала *25* с установленным на нем зубчатым колесом *23*.

Вторичный вал *13* установлен соосно с первичным. На валу на роликовых подшипниках установлены шестерни: *12* – 1-й передачи, *9* – 2-й, *7* – 3-й, *6* – 4-й, *10* – передачи заднего хода, а также два пальчиковых синхронизатора *5* и *8*. Первый из них включает 4-ю и 5-ю прямую передачи, второй – 2-ю и 3-ю передачи. Включение 1-й передачи и передачи заднего хода производится зубчатой муфтой *11*.

Зубчатые колеса *6*, *7*, *9*, *10*, *12* вторичного вала *13* находятся в постоянном зацеплении с зубчатыми колесами *20*, *19* и зубчатыми венцами *18*, *17*, *14* промежуточного вала *21*, а зубчатое колесо *10* – с малым венцом блока *16*. Зубчатые колеса 1-й передачи и передачи заднего хода прямозубые, а остальные – косозубые.

Передний конец промежуточного вала посредством шлиц соединен с промежуточным валом *25* делителя. Зубчатые колеса *2* и *23* делителя находятся в постоянном зацеплении, при этом колесо *2* свободно вращается на роликовом подшипнике и может быть соединено с ведущим валом *1* делителя синхронизатором *4*, а зубчатое колесо *23* жестко связано с валом *25*.

Передачи в коробке изменяют с помощью рычага и механизма переключения. Рычажок управления делителем установлен на рычаге переключения передач и соединен тросом с двухпозиционным краном управления. Этот кран направляет поток сжатого воздуха для заблаговременного переключения двухпозиционного воздухораспределителя, а последний – в одну из полостей пневмоцилиндра через клапан управления, открываемый при полном выключении муфты сцепления.

Различные передачи в коробке получают перемещением муфт синхронизаторов *5*, *8*, зубчатой муфты *11* и включением зацепления следующих зубчатых колес:

– 1-я передача (муфта *11* смещена назад) – *3–22*, *14–12*;

– 2-я передача (муфта синхронизатора *8* смещена назад) – *3–22*, *18–9*;

– 3-я передача (муфта синхронизатора *8* смещена вперед) – *3–22*, *19–7*;

– 4-я передача (муфта синхронизатора *5* смещена назад) – *3–22*, *20–6*;

– 5-я передача (муфта синхронизатора *5* смещена вперед) – вал *3* напрямую соединяется с валом *13*; задний ход (муфта *11* сдвинута вперед) – *3–22*, *17–16* (большой венец), *16* (малый венец) –*10*.

Так работают пятиступенчатая коробка передач и десятиступенчатая коробка передач с редуктором-делителем при включении прямой передачи делителя, т. е. при перемещении муфты синхронизатора *4* назад и соединении тем самым ведущего вала *1* делителя напрямую с первичным валом *3* коробки передач.

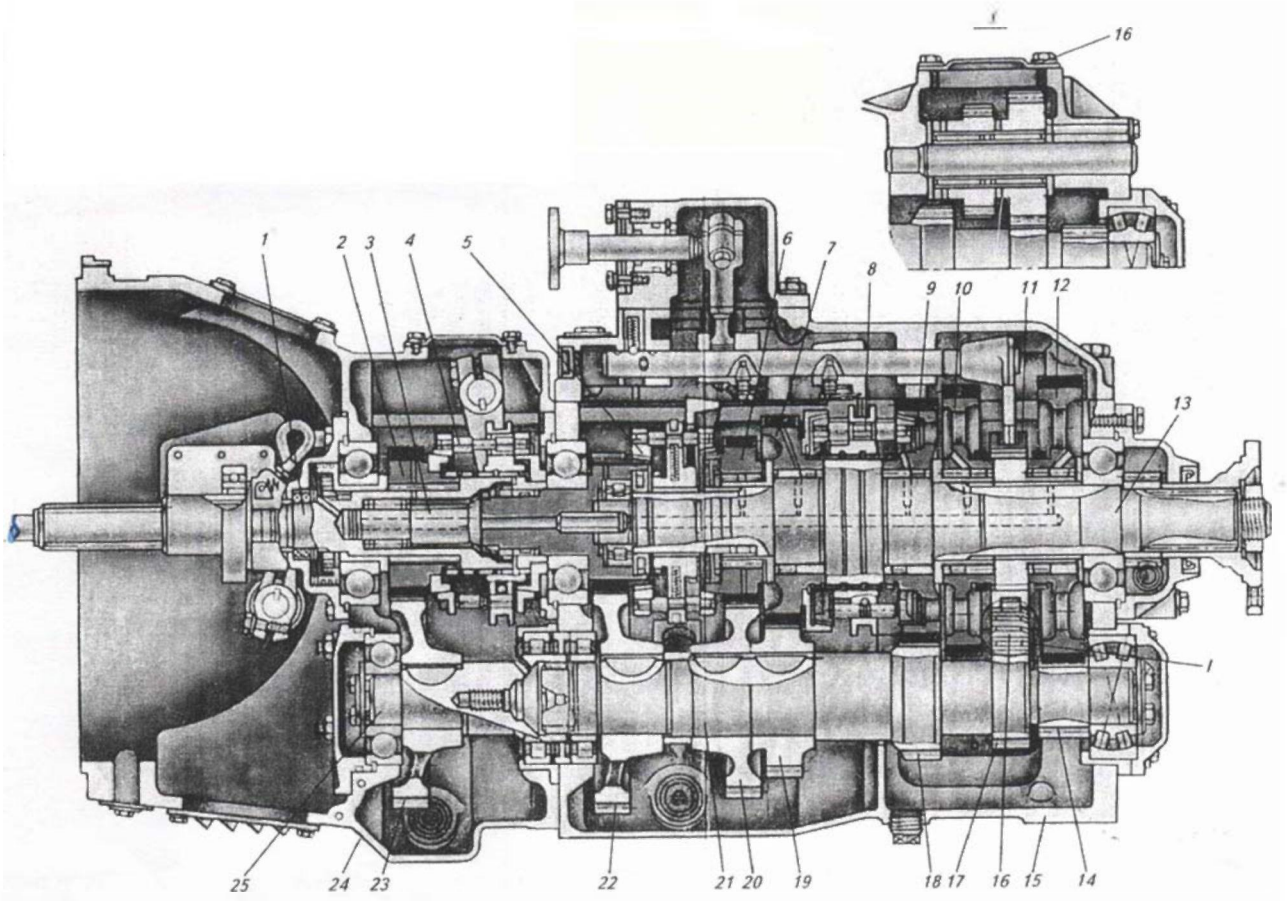


Рис. 3.21. Коробка передач автомобилей КамАЗ: *1* – ведущий вал делителя; *2* – зубчатое колесо ведущего вала делителя; *3* – первичный вал; *4* – синхронизатор делителя; *5*, *8* – синхронизаторы коробки передач; *6*, *7*, *9*, *10*, *12* – зубчатые колеса вторичного вала; *11* – зубчатая муфта; *13* – вторичный вал; *14*, *17*, *18* – зубчатые венцы промежуточного вала; *15* – корпус коробки передач; *16* – блок зубчатых колес передачи заднего хода; *19*, *20*, *22* – зубчатые колеса промежуточного вала; *21* – промежуточный вал; *23* – зубчатое колесо промежуточного вала делителя; *24* – корпус муфты сцепления; *25* – промежуточный вал делителя

При включении повышающей передачи делителя, т. е. при перемещении муфты синхронизатора *4* вперед, вращение на промежуточный вал коробки передач передается с ведущего вала делителя через пару зубчатых колес *2–23* и далее при включении 4-й передачи – через зубчатые колеса *14–12*, 7-й – *18–9*, 8-й – *19–7*, 9-й – *20–6*, 10-й – *22–3*.

2.4.4. Коробка передач тракторов «Беларус-900, -920, -950, -952» и «Беларус-590, -592»

Коробка передач 7F + 2R – механическая, семиступенчатая, двухдиапазонная (рис. 3.23). Переключение передач осуществляется с помощью двух синхронизаторов *13* (рис. 3.22). Коробка передач в сочетании с синхронизированным редуктором (см. также рис. 3.19) позволяет получить удвоенное число передач, т. е. четырнадцать передач переднего хода и четыре – заднего хода.

Коробка передач состоит из механизма передач, редуктора диапазонов и механизма управления.

Механизм передач включает в себя вал первичный *11*, вал промежуточный *10*, вал пониженных передач *84*; шестерни ведущие *18*, *19*, *21* третьей, второй и первой передач соответственно; шестерни ведомые *71*, *69*, *81* третьей, второй и первой передач соответственно; шестерни привода заднего хода.

Крутящий момент с первичного вала *11* с помощью двух синхронизаторов *13*, установленных внутри КП (на рис. 3.19 показан такой же синхронизатор редуктора) и через установленные на игольчатых подшипниках *14* шестерни *21*, *19*, *18* передается к шестерням *67*, *69*, *71*, установленным на шлицах промежуточного вала *10*. При переходе на задний ход шестерня *80* вводится в зацепление с промежуточной шестерней *70* и ведомой блочной шестерней *71*.

2.4.4.1. Схемы силовых потоков в синхронизированной коробке передач 7F + 2R на различных передачах

Диапазонный редуктор синхронизированной КП 7F + 2R состоит из вторичного вала-шестерни *1* (рис. 3.24), шестерни ведомой *4* второй ступени редуктора, шестерни ведущей *15*, шестерни *16* переключения диапазонов, скользящей по шлицам промежуточного вала *17*.

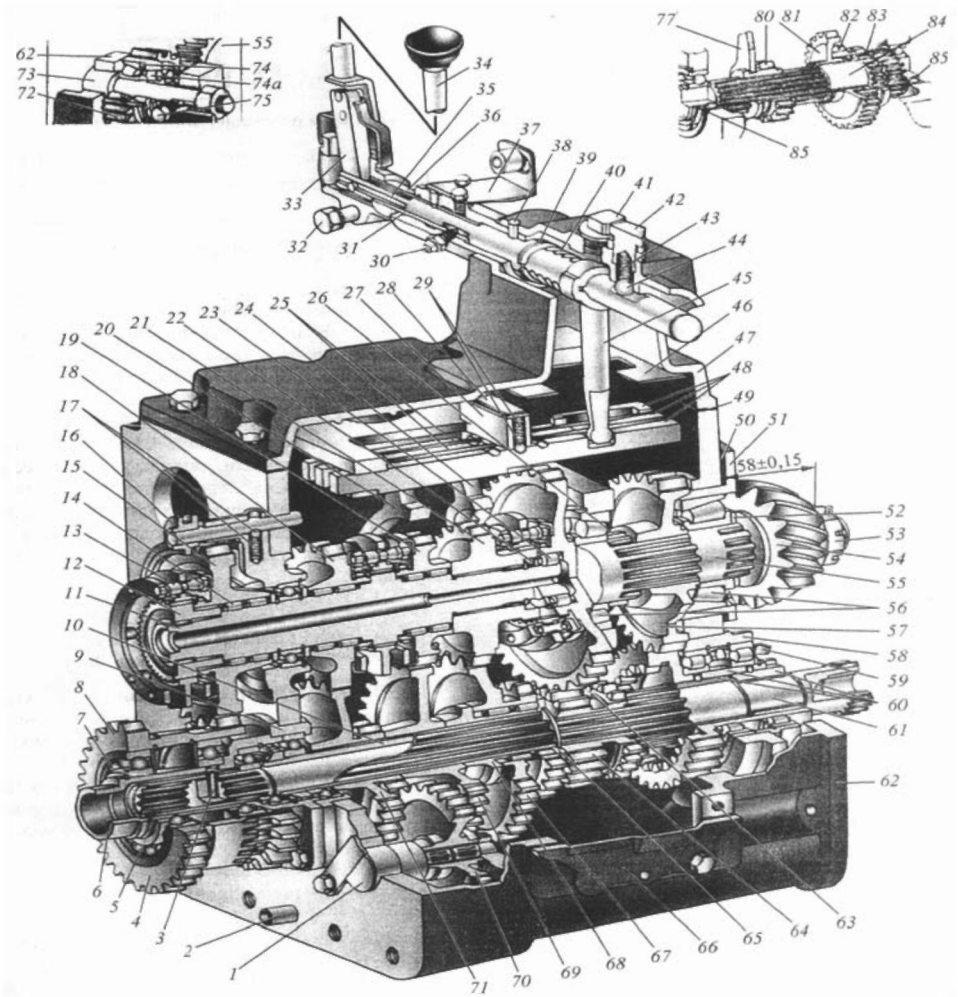


Рис. 3.22. Синхронизированная семиступенчатая КП (7F + 2R): *1* – ось шестерни заднего хода; *2* – штифт; *3* – свертный штифт; *4* – двухвенцовая шестерня редуктора; *5* – шлицевая втулка внутреннего вала привода ВОМ; *6*, *9*, *58* – стакан; *7* – стопорное кольцо; *8* – шарикоподшипник; *10* – промежуточный вал; *11* – первичный вал; *12* – шлицевая втулка; *13* – синхронизатор (3 шт.: в редукторе – 1 шт.; в КП – 2 шт.); *14* – игольчатый подшипник; *15* – ведомая шестерня редуктора; *16* – вилка синхронизатора редуктора; *17* – пружина и шарик фиксатора; *18* – ведущая шестерня 3-й передачи; *19* – ведущая шестерня 2-й передачи; *20* – вилка синхронизатора 2-й и 3-й передач; *21* – ведущая шестерня 1-й передачи и заднего хода; *22* – кольцо; *23* – роликоподшипник; *24* – вилка синхронизатора 4-й передачи; *25* – замковые пластины вилок переключения; *26* – втулка; *27* – корпус вилок; *28* – пластина фиксаторов вилок переключения; *29* – пружина и шарик; *30* – выключатель блокировки запуска дизеля; *31* – кольцо; *32* – болт; *33* – поводок; *34* – рычаг переключения передач; *35* – валик переключения передач; *36* – опора; *37* – кронштейн привода ПВМ; *38* – штифт; *39* – упорная шайба; *40* – возвратная пружина; *41* – маслозаливная пробка; *42* – стопорный болт; *43* – пружина фиксатора; *44* – шарик фиксатора; *45* – рычаг управления вилками переключения; *46* – ограничительная пластина; *47* – крышка КП; *48* – ползуны вилок переключения; *49* – прокладка; *50* – регулировочные прокладки; *51* – стакан подшипника вторичного вала; *52* – прокладка; *53* – гайка фиксации ведущей шестерни главной передачи; *54* – ведущая шестерня главной передачи; *55* – вторичный вал; *56* – конические роликоподшипники; *57* – ведомая шестерня второй ступени редуктора; *59* – крыльчатка; *60* – ведущая шестерня второй ступени редуктора; *61* – внутренний вал ВОМ; *62* – корпус КП; *63* – вилка переключения ступеней редуктора; *64* – ведущая шестерня первой ступени редуктора; *65* – шайба; *66* – крышка корпуса КП (при установке ходоуменьшителя или бокового ВОМ не используется); *67* – промежуточная шестерня; *68* – втулка; *69* – ведомая шестерня 2-й передачи; *70* – промежуточная шестерня заднего хода; *71* – ведомая блочная шестерня 3-й передачи и заднего хода; *72** – шестерня промежуточная привода ПВМ; *73** – ось шестерни; *74** – кольцо; *74а** – конический роликоподшипник; *75** – стопорный болт; *76*** – поводок переключения ступеней редуктора; *77* – вилка переключения 1-й передачи и заднего хода; *78*** – стопорный винт; *79*** – валик вилки переключения ступеней редуктора; *80* – ведущая шестерня 1-й передачи и заднего хода; *81* – ведомая шестерня 1-й передачи и заднего хода; *82* – шестерня включения ходоуменьшителя; *83* – стопорное кольцо; *84* – вал 1-й передачи и заднего хода; *85* – стопорное кольцо

* Используется только для тракторов с ПВМ («Беларус-592, -920, -952»)

** На рис. 3.22 не показаны

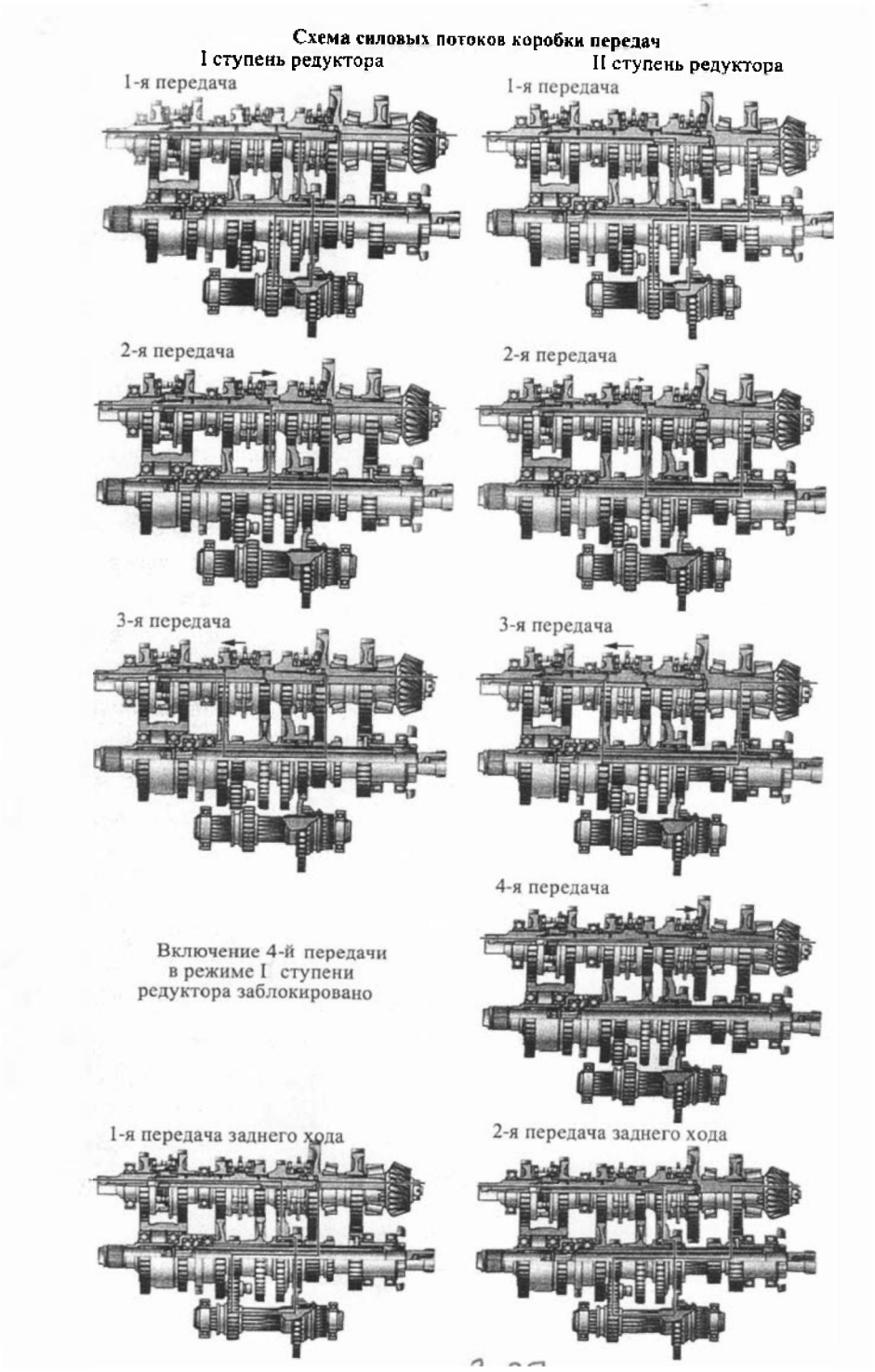


Рис. 3.23 Схема силовых потоков коробки передач

Переключение ступеней редуктора КП производится шестерней *16* с помощью поводка *76* (рис. 3.25) валика *79* и вилки переключения *63*. Крайнее заднее положение шестерни *16*, когда ее зубчатый венец введен в зацепление с внутренними зубьями шестерни *15*, соответствует включению второй ступени редуктора. Когда шестерня *16* введена в зацепление с шестерней вала *1* при перемещении ее в крайнее переднее положение, включена первая ступень редуктора.

Механизм переключения передач (рис. 3.25 и 3.26) состоит из крышки *47* и корпуса вилок *27*, включающего в себя вилку синхронизатора 2-й и 3-й передач *20*, вилку синхронизатора 4-й передачи, поводок переключения ступеней редуктора *76*. Вилки и поводок приварены к ползунам *48*, которые имеют прорези для рычага управления вилками *45* и шариков фиксаторов *29*. Ползуны *48* управляются рычагом *45* и их положения фиксируются шариковым фиксатором *29*, который входит в пазы ползунов вилок.

Для выбора требуемой передачи необходимо переместить рычаг *34* в крайнее левое положение (см. схему на рис. 3.27), преодолев сопротивление возвратной пружины *40* (рис. 3.26). Затем рычаг 34 следует переместить вперед для включения второй ступени редуктора или назад (первая ступень редуктора).

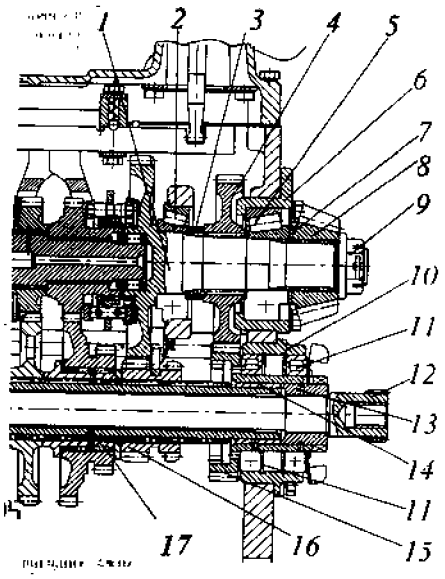


Рис. 3.24. Диапазонный редуктор КП 7F + 2R: *1* – вторичный вал; *2*, *5*, *11* – подшипник; *3*, *14* – втулка; *4*, *8*, *15*, *16* – шестерни; *6*, *10* – стакан; *7* – регулировочная шайба; *9* – гайка; *12* – вал внутренний; *13* – опора внутреннего вала; *17* – вал промежуточный

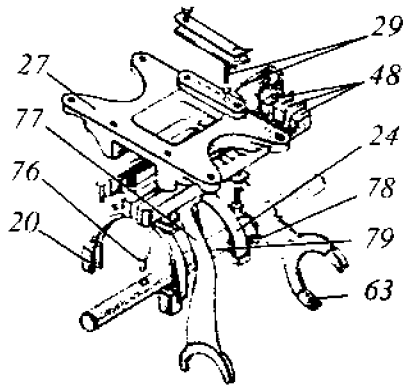


Рис. 3.25. Корпус вилок механизма переключения передач
(подрисуночные надписи см. рис. 3.22)

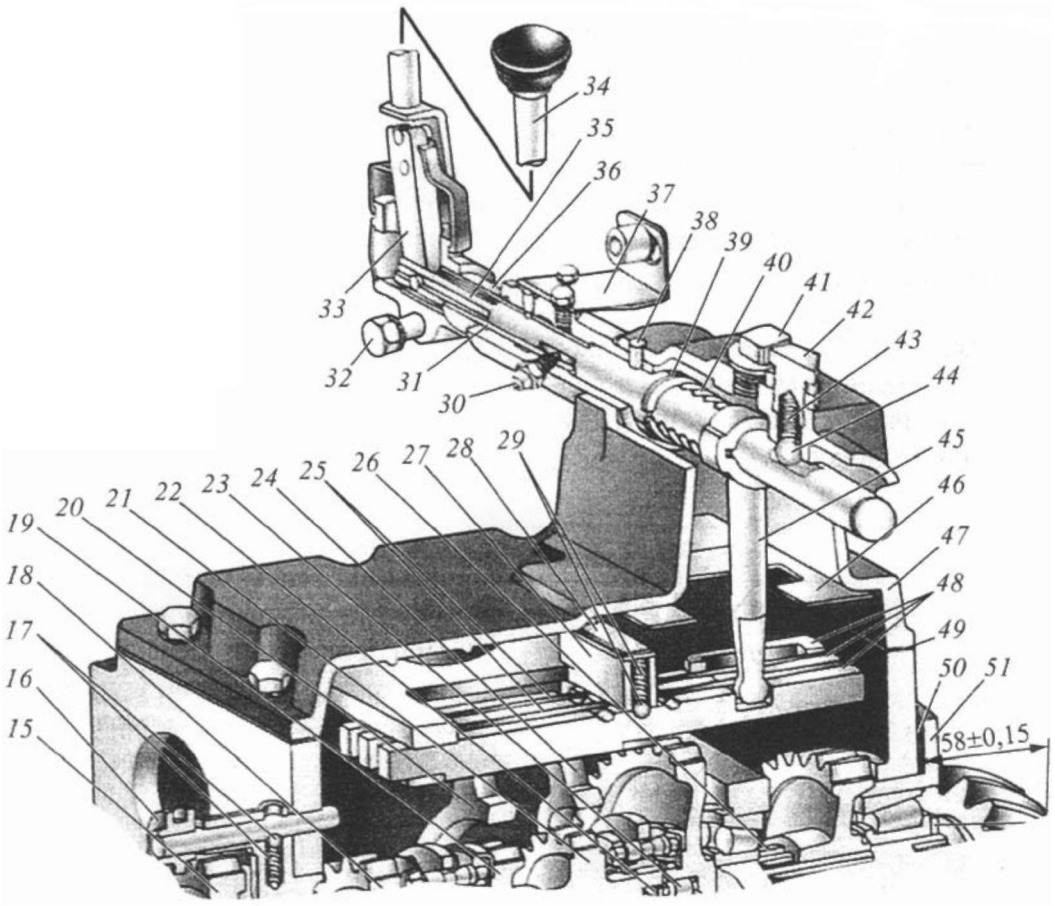


Рис. 3.26. Механизм переключения передач с однорычажным управлением (фрагмент рис. 3.22)

Рис. 3.27. Схема переключения передач синхронизированной КП:
P – ползун поводка переключения ступеней редуктора; *3* – ползун вилки 3-й передачи; *4* – ползун вилки 4-й передачи; *5* – шарик блокировки

После включения редуктора следует возвратить рычаг в нейтраль (*N*) и затем вправо для включения требуемой передачи (см. схему на рис. 3.27) и далее вперед или назад. При включенной первой ступени редуктора включаются 1-я, 2-я, 3-я и IR передачи. Ползун *4* вилки 4-й передачи (рис. 3.27) блокируется шариком *5* и ползуном *P* поводка переключения ступеней редуктора. При включенной второй ступени редуктора ползун *P* своим углублением позволяет шарику разблокировать ползун *4* вилки 4-й передачи.

В крышке механизма переключения установлен выключатель *30* (рис. 3.26) для исключения возможности запуска дизеля, если рычаг *34* не находится в нейтрали. В этом случае выключатель размыкается и прерывает электрическую цепь включения стартера.

2.4.5. Коробка передач энергонасыщенных тракторов «Беларус-1221, -1222, -1523»

2.4.5.1. Описание

Коробка передач механическая, ступенчатая, шестидиапазонная (четыре диапазона переднего хода и два – заднего хода), с переключением четырех передач внутри диапазонов с помощью синхронизаторов. Коробка передач обеспечивает шестнадцать передач вперед и восемь назад.

С установкой ходоуменьшителя количество передач I и II диапазонов переднего и заднего хода удваивается. Коробка передач обеспечивает привод ПВМ и синхронного ВОМ.

Синхронизированная КП позволяет осуществлять переключение передач без остановки трактора на транспортных работах и работах с малой нагрузкой.

Тракторы «Беларус-1222, -1523» по заказу могут быть укомплектованы КП 24F + 12R.

Коробка передач (рис. 3.28) подразделяется на следующие основные сборочные единицы: I – узел передач; II – редукторную часть; III – узел управления КП и IV – привод ПВМ. Кроме того, КП всех энергонасыщенных тракторов включают в себя сборочные единицы гидросистемы трансмиссии для управления гидроподжимными фрикционными муфтами привода ПВМ, ВОМ и смазки под давлением подшипников КП.

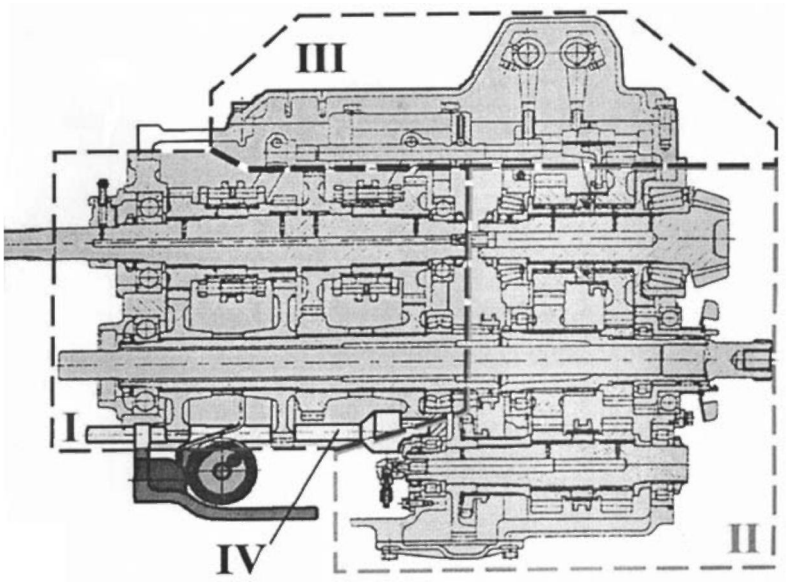


Рис. 3.28. Синхронизированная коробка передач 16F + 8R:
I – узел передач; *II* – редукторная часть; *III* – узел управления КП;
IV – привод переднего ведущего моста

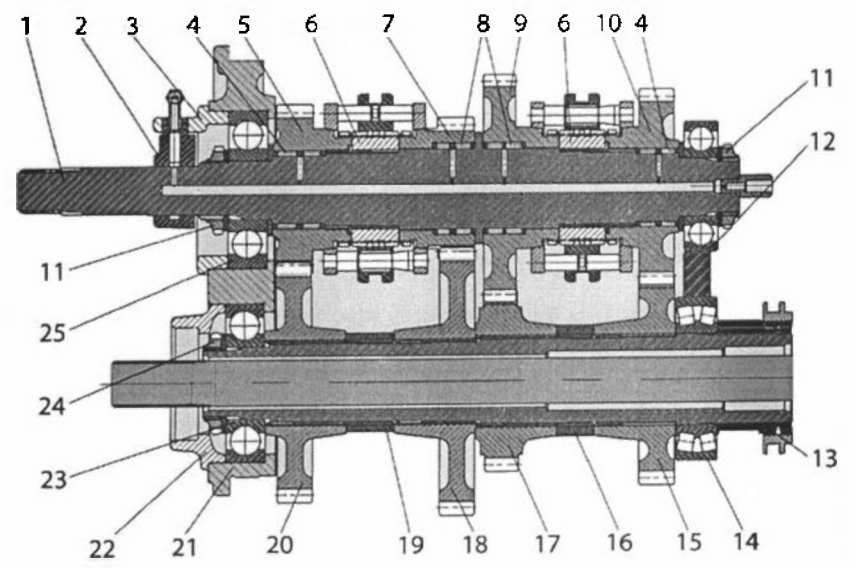


Рис. 3.29. Узел передач КП: *1* – вал первичный; *2* – втулка подвода смазки; *3* – крышка; *4* – подшипник; *5* – шестерня ведущая 2-й передачи; *6* – синхронизатор; *7* – шестерня ведущая 1-й передачи; *8* – подшипник; *9* – шестерня ведущая 4-й передачи; *10* – шестерня ведущая 3-й передачи; *11* – гайка; *12* – подшипник; *13* – вал промежуточный; *14* – подшипник; *15* – шестерня ведомая 3-й передачи; *16* – втулка; *17* – шестерня ведомая 4-й передачи; *18* – шестерня ведомая 1-й передачи; *19* – втулка; *20* – шестерня ведомая 2-й передачи; *21*, *22* – стакан; *23* – подшипник; *24* – гайка; *25* – подшипник

2.4.5.2. Узел передач КП

Узел передач, рис. 3.29, включает:

– вал первичный *1*;

– вал промежуточный *13*;

– шестерни ведущие 1-й передачи *7*, 2-й передачи *5*, 3-й передачи *10*, 4-й передачи *9*;

– шестерни ведомые 1-й передачи *18*, 2-й передачи *20*, 3-й передачи *15*, 4-й передачи *17*;

– подшипники *12*, *14*, *23*, *25;*

– стаканы *21*, *22*;

– втулки *2*, *16*, *19*;

– синхронизаторы *6*.

Шестерни на валах закреплены гайками *11*, *24*.

Первичный вал имеет сверления, по которым осуществляется смазка игольчатых подшипников шестерен. Крутящий момент с первичного вала *1* с помощью синхронизаторов *6* и через установленные на игольчатых подшипниках *4*, *8* шестерни *5*, *7*, *9*, *10* передается к шестерням *20*, *18*, *17*, *15*, посаженным на шлицы промежуточного вала *13*.

2.4.5.3. Синхронизаторы

Синхронизатор (рис. 3.30) состоит из двух конусных колец *1*, каретки *6*, трех пальцев фиксатора *2*, шариковых фиксаторов *5* с пружинами *4*, трех блокирующих пальцев *3*.

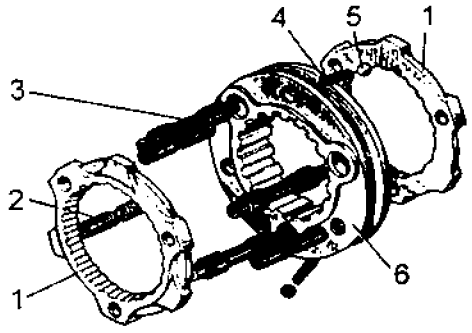


Рис. 3.30. Синхронизатор: *1* – кольцо; *2* – палец фиксатора; *3* – блокирующий палец; *4* – пружина; *5* – шарик; *6* – каретка

При включении передачи каретка *6* синхронизатора передвигается из нейтрального положения в сторону шестерни включаемой передачи. При этом пальцы фиксаторов *2* сдвигают конусные кольца *1*, которые соприкасаются с поверхностью конуса на включаемой шестерне, свободно сидящей на валу. Под действием трения между конусными поверхностями шестерни и синхронизатора кольца *1* последние проворачиваются до упора блокировочных пальцев *3* в каретку. При этом блокировочные фаски пальцев и каретки

соприкасаются, обеспечивая выравнивание угловых скоростей ведущих и ведомых деталей коробки передач. После выравнивания угловых скоростей конусное кольцо *1* синхронизатора проворачивается, происходит разблокировка, и каретка *6*, преодолевая усилие фиксаторов *5*, входит в зацепление со шлицевым венцом шестерни, включая передачу.

Перемещение кареток синхронизаторов осуществляется с помощью вилок *7*, *8* (рис. 3.31) через сухарики, установленные в вилках.

2.4.5.4. Редукторная часть КП

Редукторная часть КП (рис. 3.32) включает: вал вторичный *1*, вал блока шестерен *40*, вал пониженных передач *37*. Вал вторичный *1* выполнен заодно с ведущей шестерней главной передачи и установлен на конических подшипниках *5*, *15*. На валу на игольчатых подшипниках *10* установлены ведомые шестерни *7*, *11* и неподвижно шестерня привода ПВМ и синхронного ВОМ *12*.

Соединение вала *1* и шестерен *7*, *11* осуществляется перемещением зубчатой муфты *9*. Блок шестерен на вторичном валу закреплен гайкой *2*. На валу блока шестерен *40* неподвижно закреплены шестерни *16*, *21* и на роликовых подшипниках шестерня *20* привода ПВМ и синхронного ВОМ. Подшипники *17*, *38* установлены в расточки корпуса *36*.

Вал пониженных передач *37*, рис. 3.32, установлен на роликовых подшипниках *23*, *32*. На валу на игольчатых подшипниках *27* установлены ведущие шестерни *28* I–II диапазонов переднего хода и шестерня *25* заднего хода, а также ведомая шестерня *31* включения ходоуменьшителя.

2.4.5.5. Механизм управления КП

Механизм управления КП (рис. 3.33, 3.34) состоит из механизмов переключения передач и переключения диапазонов.

Механизм переключения передач смонтирован в корпусе вилок *21* (рис. 3.34), в крышке *5* (рис. 3.33) и корпусе *7*.

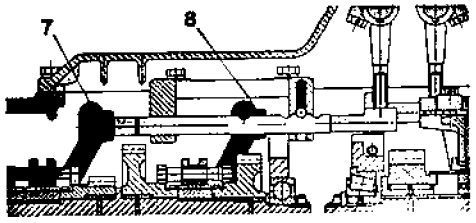


Рис. 3.31. Вилка переключения: *7*, *8* – вилка переключения

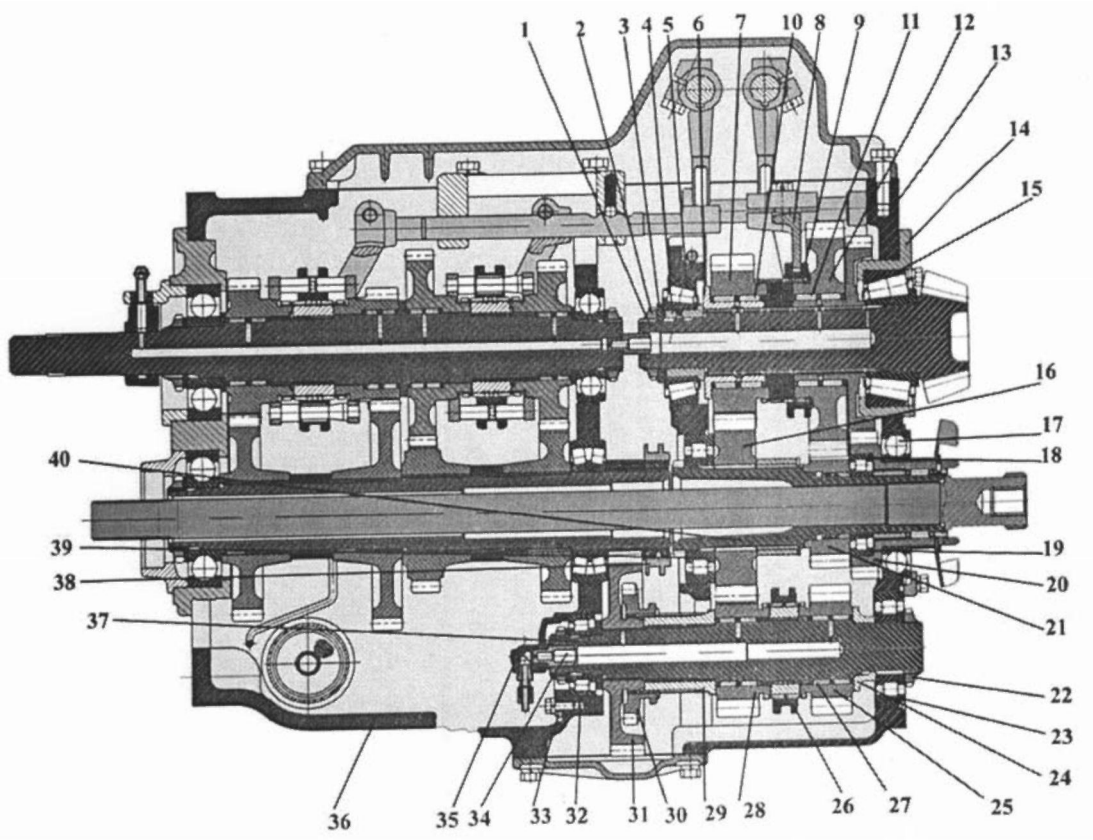


Рис. 3.32. Редукторная часть КП: *1* – вал вторичный; *2*, *33* – гайки; *3* – шайба регулировочная; *4*, *6*, *8*, *24*, *29* – втулки; *5*, *10*, *15*, *17*, *18*, *19*, *23*, *27*, *32* – подшипники; *7* – шестерня ведомая высокого диапазона; *9* – муфта зубчатая; *11* – шестерня ведомая низкого диапазона; *12* – шестерня ведущая ПВМ и синхронного ВОМ; *13* – прокладки регулировочные; *14* – стакан; *16*, *21* – шестерни; *20* – шестерня ведомая синхронного ВОМ; *22* – гайка; *25* – шестерня ведущая заднего хода; *26* – муфта зубчатая; *28* – шестерня ведущая переднего хода I–II диапазонов; *30* – шестерня ведущая ходоуменьшителя; *31* – шестерня ведомая ходоуменьшителя; *34* – трубопровод; *35* – стакан подвода смазки; *36* – корпус коробки; *37* – вал пониженных передач; *38* – подшипник; *39* – муфта зубчатая III–IV диапазонов; *40* – вал блока шестерен

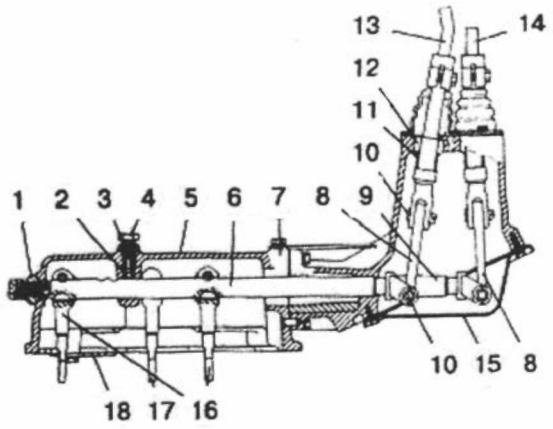


Рис. 3.33. Механизм управления КП: *1* – ограничитель; *2* – шарик; *3* – пружина; *4* – болт регулировочный; *5* – крышка; *6* – вал диапазонов; *7* – корпус; *8* – рычаг; *9* – вал передач; *10* – палец; *11* – пружина; *12* – опора сферическая; *13* – вилка диапазонов; *14* – вилка передач; *15* – крышка; *16* – рычаг диапазонов; *17* – рычаг передач; *18* – кулиса

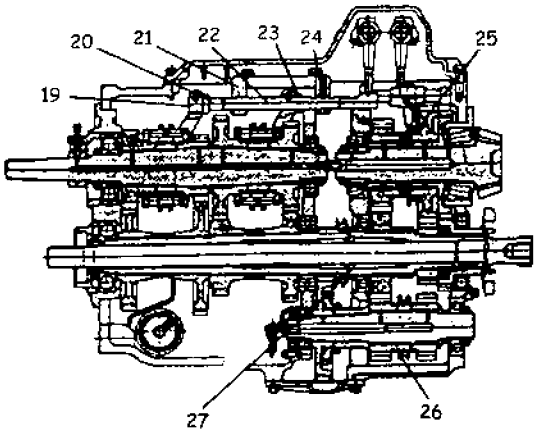


Рис. 3.34. Механизм управления (в корпусе КП): *19*, *23* – вилка; *20*, *22* – поводок; *21* – корпус вилок; *24* – фиксатор; *25*, *26*, *27* – муфта зубчатая

Включение передач осуществляется вилкой *14* рукоятки переключения передач через рычаг *8*, вал *9* и рычаг *17*. В корпусе вилок *21* установлены подводки *20* и *22*, на них закреплены вилки *19* и *23*.

Для предотвращения одновременного включения двух передач между подводками установлены блокирующие шарики.

Для фиксации вилок *19* и *23* в нейтральном и включенном положениях служат подпружиненные шариковые фиксаторы *24*.

Механизм переключения диапазонов состоит из вилки *13* (рис. 3.33) рукоятки переключения диапазонов, рычага *8*, вала *6* и рычагов *16*, установленных в крышке *5* и корпусе *7*, и деталей, установленных в корпусе коробки передач.

Переключение диапазонов осуществляется путем перемещения зубчатых муфт *25*, *26*, *27* (рис. 3.34).

Для исключения вибрации рычагов установлены пружины *11* (рис. 3.33).

Шестерня *30* (рис. 3.32) приводит во вращение вал пониженных передач и ходоуменьшитель. Соединение шестерен *25*, *28* и вала *37* осуществляется зубчатой муфтой *26* (рис. 3.34). Смазка подшипников шестерен осуществляется принудительно по каналам в валу.

2.4.5.6. Гидравлическая система трансмиссии («Беларус-1025, -1221, -1221В»)

Гидравлическая система (рис. 3.35) предназначена для обеспечения управления приводом ПВМ, задним ВОМ, блокировкой дифференциала заднего моста, смазки подшипников, охлаждения элементов трансмиссии трактора и очистки масла. В нее входят: шестеренчатый масляный насос *2*

с механизмом привода, предохранительный клапан *3*, фильтр грубой очистки *4*, фильтр-распределитель *6*.

Шестеренчатый масляный насос *2* с механизмом привода, предохранительный клапан *3* и сетчатый фильтр-заборник *1* установлены на корпусе привода насоса. Фильтр грубой очистки *4* установлен в корпусе коробки передач. Центробежный фильтр-распределитель *6* размещен справа на корпусе коробки передач.

Погружной масляный шестеренчатый насос *2* всасывает масло через фильтр-заборник *1* и под давлением 9–11 бар подает масло к исполнительным механизмам: муфте блокировки дифференциала *8*, многодисковой фрикционной муфте *16* привода переднего ведущего моста и к гидроцилиндру *14* управления задним ВОМ. Подача масла под давлением к муфтам и гидроцилиндру происходит через электрогидравлические распределители *7* и кран *15*. Фильтрация масла обеспечивается сетчатым фильтром *4* и центробежным фильтром *6*. По маслопроводам и каналам *9* масло под давлением 2,5 бар подается к валам *10*, *11* и *12* для смазки игольчатых подшипников шестерен. Через форсунки *12* осуществляется полив масла на составные части планетарных редукторов конечных передач заднего моста.

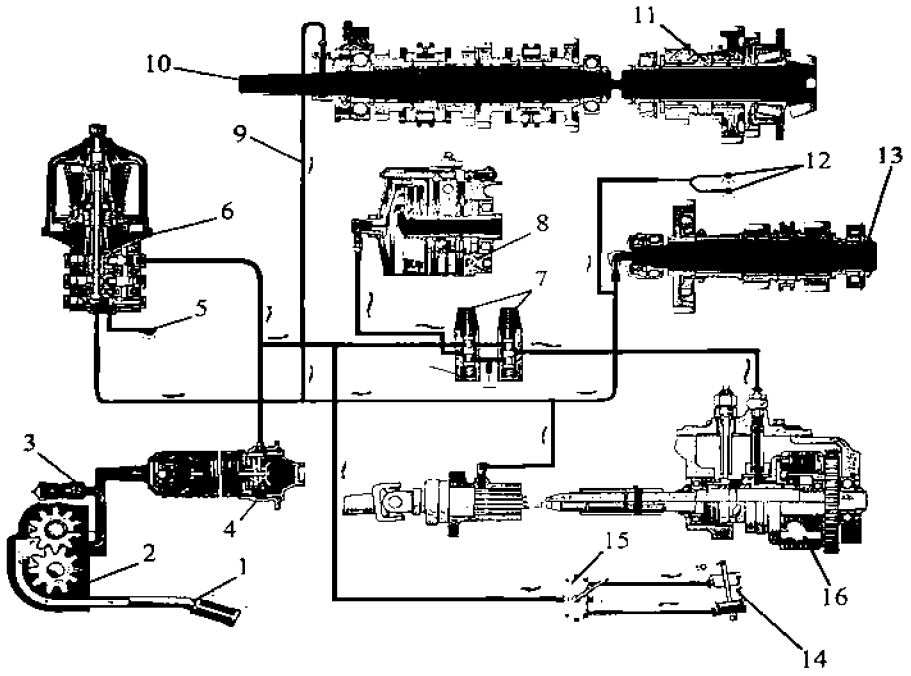


Рис. 3.35. Схема гидравлической системы трансмиссии («Беларус-1021, -1025, -1221, -1221В»): *1* – фильтр-заборник; *2* – шестеренчатый насос; *3* – предохранительный клапан; *4* – фильтр грубой очистки; *5* – смазка дифференциала заднего моста; *6* – фильтр-распределитель; *7* – электрогидрораспределитель; *8* – муфта блокировки дифференциала заднего моста; *9* – каналы подвода масла к валам КП; *10* – вал первичный КП; *11* – вал вторичный КП; *12* – смазка планетарного редуктора заднего моста; *13* – вал пониженных передач КП; *14* – гидроцилиндр привода ВОМ; *15* – кран управления ВОМ; *16* – гидроуправляемая многодисковая муфта привода ПВМ

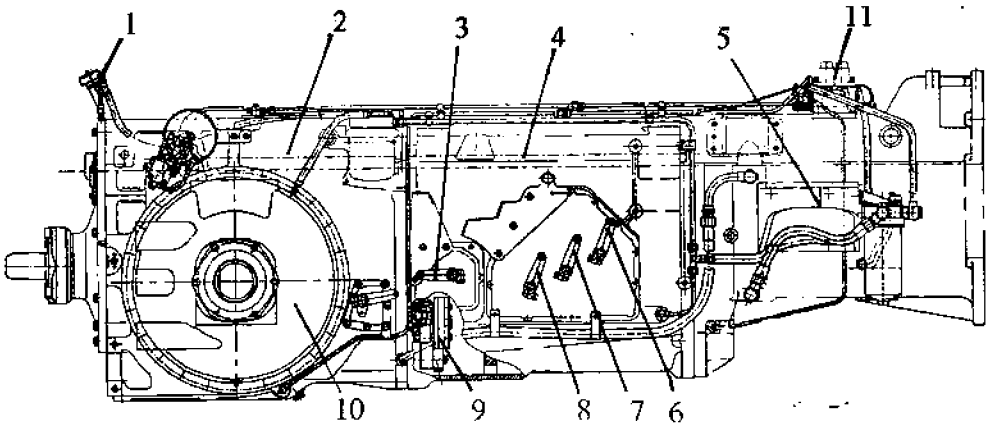


Рис. 3.36. Основные составные части трансмиссии трактора «Беларус-3022ДВ»: *1* – маслозаливная горловина; *2* – задний мост; *3* – рычаг включения ходоуменьшителя; *4* – диапазонный редуктор; *5* – корпус сцепления с фрикционными муфтами переключения передач без разрыва потока мощности; *6* – рычаг I диапазона переднего и заднего хода; *7* – рычаг III и IV диапазонов переднего хода; *8* – рычаг II диапазона переднего и заднего хода; *9* – масляный насос гидросистемы трансмиссии; *10* – планетарный редуктор конечной передачи заднего моста; *11* – блок электрогидрораспределителей переключения фрикционов КП, блокировки дифференциала заднего моста и ПВМ

2.4.6. Коробка передач трактора «Беларус-3022ДВ»

Коробка передач 24F + 12R с переключением передач под нагрузкой (типа POWER SHIFT) обеспечивает двадцать четыре передачи переднего хода и двенадцать передач заднего хода, привод независимого заднего ВОМ и переднего ведущего моста (ПВМ). Переключение диапазонов производится путем перемещения зубчатых муфт, расположенных в диапазонном редукторе *4* (рис. 3.36) с использованием муфты сцепления, а переключение передач – с помощью электрогидроуправляемых фрикционных муфт, расположенных в корпусе сцепления *5*.

Коробка передач состоит из узла переключения передач, смонтированного в корпусе сцепления *5* (рис. 3.36), и диапазонного редуктора *4*, корпус которого расположен между корпусом сцепления и задним мостом *2*.

2.4.6.1. Узел передач

Узел передач состоит из плиты *1* (рис. 3.37), входного вала *2*, вала *3* четных передач, вала *4* нечетных передач, выходного вала *5*.

В расточках плиты *1* установлены два роликовых и один шариковый подшипник. Положение подшипников фиксируется стаканом *6*, в котором установлен входной вал *2*.

На шлицах вала установлена ведущая шестерня *17*. Подшипники и шестерня на валу стянуты гайкой *18*.

Валы *3* четных и *4* нечетных передач в сборе отличаются между собой ведомыми шестернями *7* и *8*. На валах *3* и *4* на шлицах установлены сдвоенные *19* и одинарные *20* гидроподжимные фрикционные муфты.

Шестерни *13*, *14*, *15* вращаются на валах на игольчатых подшипниках, смазываемых под давлением, создаваемым масляным насосом *9* (рис. 3.36) гидросистемы трансмиссии. Подвод масла для смазки игольчатых подшипников осуществляется по продольным и радиальным каналам в валах *3*, *4*. Подача масла в бустеры гидроподжимных фрикционных муфт осуществляется по трем осевым каналам, которые с торца вала заглушены коническими пробками. На шейке вала в местах радиальных сверлений подачи масла к каналам установлены чугунные уплотнительные кольца.

Установка барабанов гидроподжимных муфт на валы осуществляется по меткам (для правильного подсоединения гидроцилиндров барабана и подводящих каналов).

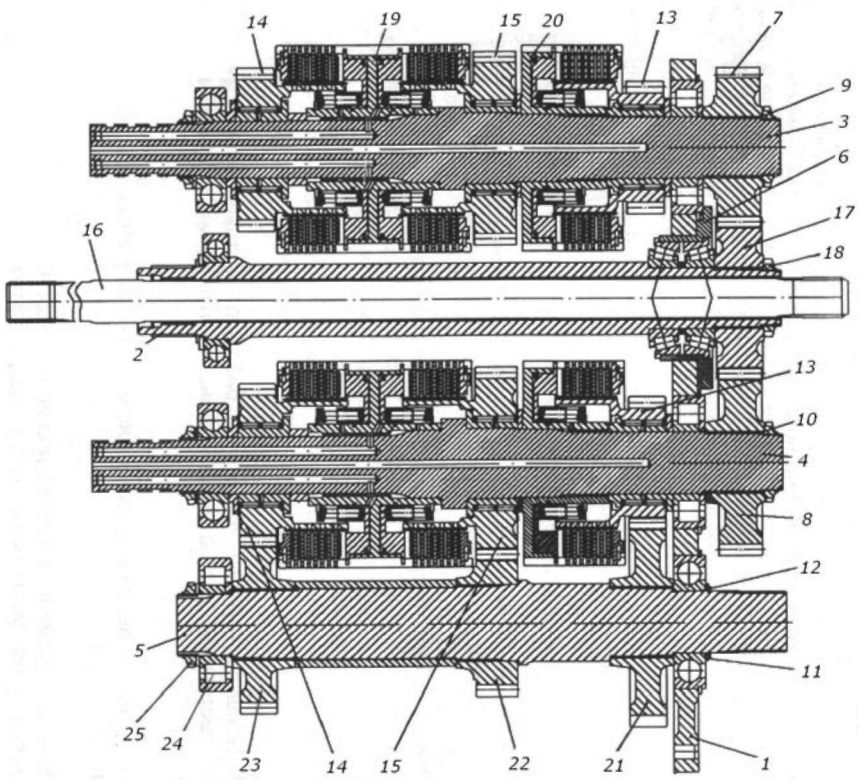


Рис. 3.37. Узел переключения передач: *1* – плита; *2* – вал входной; *3* – вал четных передач (2 → 4 → 6); *4* – вал нечетных передач (1 → 3 → 5); *5* – вал входной; *6* – стакан; *7*, *8* – шестерни ведомые; *9*, *10* – гайки; *11* – шайба; *12* – стопорное кольцо; *13*, *14*, *15* – шестерни передач; *16* – вал отбора мощности; *17* – шестерня ведущая; *18* – гайка; *19* – сдвоенная гидроподжимная муфта; *20* – фрикционная одинарная гидроподжимная муфта; *21*, *22*, *23* – шестерня; *24* – роликоподшипник; *25* – гайка

После установки в плиту *1* фрикционных валов *3*, *4* на них устанавливаются ведомые шестерни: шестерня *7* на вал четных передач и шестерня *8* на вал нечетных передач. Пакеты деталей на валах стянуты гайками *9*, *10*.

Шестерни *13*, *14*, *15* на четном фрикционном валу являются шестернями 2-й, 4-й, 6-й передач, а шестерни *13*, *14*, *15* на нечетном валу *4* являются шестернями 1-й, 3-й, 5-й передач соответственно.

На выходном валу *5* на шлицах установлены шестерни *21*, *22*, *23*, распорная втулка, подшипник *24*. Пакет деталей с одной стороны вала стянут гайкой *25*. Другим концом собранный вал установлен в подшипник плиты *1* и зафиксирован шайбой *11* и стопорным кольцом *12*.

В отверстие вала *2* установлен вал отбора мощности *16*.

Сдвоенная и одинарная гидроподжимные фрикционные муфты предназначены для переключения передач под нагрузкой без использования муфты сцепления.

Барабан *10* (рис. 3.38) сдвоенной гидроподжимной фрикционной муфты внутренними шлицами жестко связан с валами четных и нечетных передач КП. В расточках барабана образованы рабочие цилиндры, в которых установлены два поршня *8*, уплотняемые чугунными разрезными кольцами *12* и *9*.

В гнездах каждого из поршней установлено по шестнадцать отжимных пружин *3*, предварительно сжатых опорным диском *1*, зафиксированным на ступице барабана стопорным кольцом *2*. В поршнях имеется по два центробежных шариковых клапана *4* сброса давления рабочей жидкости из рабочих полостей цилиндров после отсоединения цилиндров от нагнетательной магистрали управления коробкой передач.

На наружной части барабана 10 профрезеровано восемь пазов, в которые входят выступы стальных ведущих дисков *11*.

Между ведущими находятся ведомые диски *7* с металлокерамическими накладками и внутренними шлицами, которыми они соединяются со шлицевыми венцами шестерен нечетных и четных передач *13*, *14*, *15* (рис. 3.37).

Пакет из восьми фрикционных *7* (рис. 3.38) и семи стальных *11* дисков замыкается опорными дисками *5*, фиксируемыми стопорными кольцами *6*.

В положении, показанном на рис. 3.38, муфта выключена и вращение от входного вала *2* (рис. 3.37) не передается через валы передач *3*, *4* на выходной вал *5*.

Для управления гидроподжимными муфтами предусмотрена электрогидравлическая система, устройство и принцип действия которой описаны в разделе 4 «Гидравлическое оборудование».

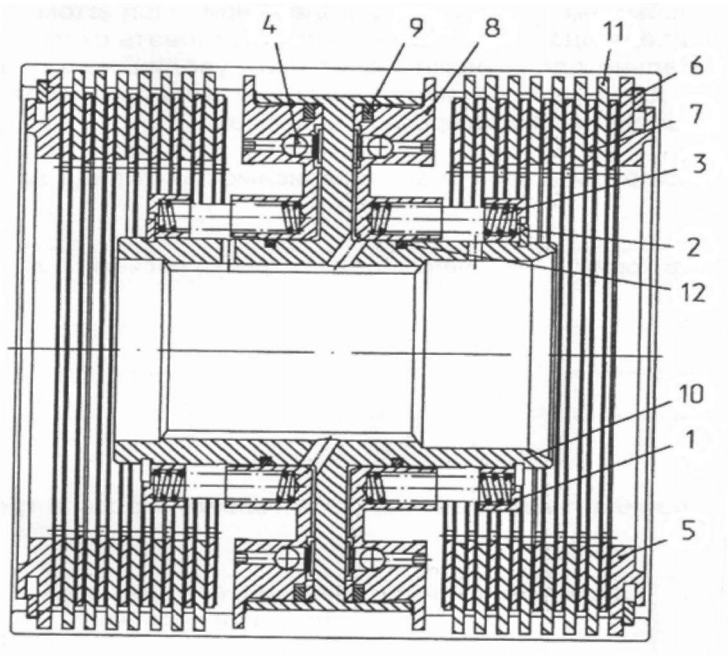


Рис. 3.38. Сдвоенная гидроподжимная муфта коробки передач трактора «Беларус-3022ДВ»: *1* – опорный диск; *2* – стопорное кольцо; *3* – пружина отжимная; *4* – центробежный шариковый клапан сброса давления; *5* – опорный диск; *6* – стопорное кольцо; *7* – ведомые диски (металлокерамические); *8* – поршень; *9* – кольцо уплотнительное; *10* – барабан; *11* – ведущие диски (стальные); *12* – кольцо уплотнительное

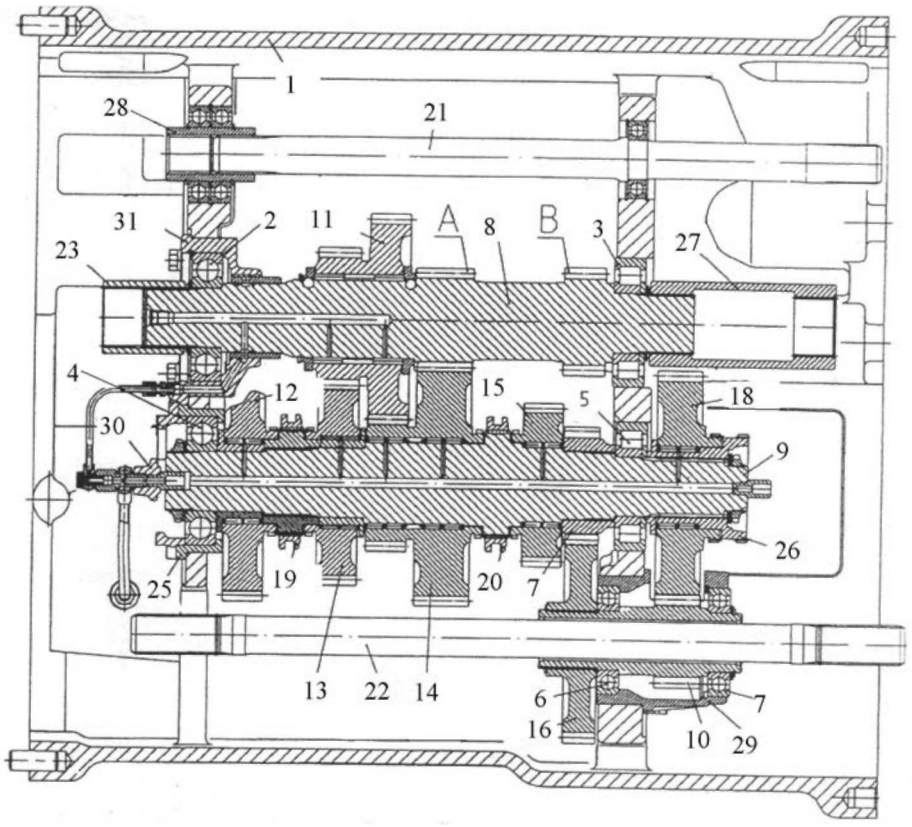


Рис. 3.39. Диапазонный редуктор: *1* – корпус; *2*, *3*, *4*, *5*, *6*, *7* – подшипник; *8*, *9*, *10* – вал; *11*, *12*, *13*, *14*, *15*, *17* – шестерня; *16*, *18* – шестерня ходоуменьшителя; *19*, *20* – зубчатая муфта; *21* – вал привода ВОМ; *22* – вал привода ПВМ; *23*, *26*, *27* и *28* – втулка; *25*, *29*, *31* – стакан; *30* – крышка

2.4.6.2. Диапазонный редуктор

Диапазонный редуктор механический, переключаемый при остановленном тракторе и выключенном сцеплении. Редуктор позволяет включать четыре диапазона переднего хода и два – заднего хода.

В корпусе редуктора *1* (рис. 3.39) смонтированы:

– входной вал *8* (вал III и IV диапазонов);

– выходной вал *9* (вал I и II диапазонов);

– вал заднего хода (не показан);

– вал *10* ходоуменьшителя;

– вал *22* привода ПВМ.

Входной вал *8* КП установлен в корпусе *1* на подшипниках *2* и *3*. Он выполнен с двумя зубчатыми венцами *A* и *B*. Зубчатый венец *B* обеспечивает задний ход трактора. На валу на игольчатых подшипниках установлен блок шестерен *11*.

Выходной вал *9* установлен в корпусе на подшипниках *4* и *5*. На валу установлены зубчатые муфты *19* и *20*, шестерни *12*, *13*, *14*, *15*, *17* и *18*. Шестерни *12*, *13*, *14*, *15*, *18* установлены на игольчатых подшипниках. Шестерня *17* установлена на шлицах. Зацепление зубчатой муфты *19* с шестерней *12* обеспечивает I диапазон заднего хода.

Зубчатая муфта *20* работает во II диапазоне. Зацепление ее с зубчатым венцом шестерни *14* обеспечивает передний ход, а зацепление с шестерней *15* – задний ход трактора.

Включение III и IV диапазона обеспечивает зубчатая муфта, которая установлена на валу в корпусе заднего моста, который получает привод от входного вала *8* через шлицевую втулку *27*. Включение того или иного диапазона происходит при перемещении зубчатой муфты либо вперед по ходу трактора либо назад, обеспечивая шлицевое соединение зубчатой муфты с соответствующими шестернями.

Перемещение зубчатых муфт *19*, *20* I и II диапазонов осуществляется с помощью вилок, поводков и рычагов переключения *6*, *8* (рис. 3.36), которые с помощью тросов связаны с рычагами управления в кабине. Перемещение зубчатой муфты III и IV диапазонов, расположенной в корпусе заднего моста, осуществляется с помощью кулисного поводкового механизма. Положения зубчатых муфт фиксируются шариковыми фиксаторами. Для блокировки запуска дизеля при включенном диапазоне предусмотрен датчик блокировки (выключатель).

Привод ходоуменьшителя осуществляется через шестерни *17*, *16*, вал-шестерню *10* и шестерню *18*, установленную на игольчатом подшипнике втулки *26*, имеющий наружный зубчатый венец. Втулка *26* посажена на шлицах на вал *9* и передает вращение на ведущий вал главной передачи заднего моста с помощью зубчатой муфты, внутренние шлицы которой должны быть при этом в зацеплении с зубчатым венцом втулки *26*. Ходоуменьшитель включен, когда зубчатая муфта сдвинута к шестерне *18* и сцепляется с зубчатым венцом шестерни.

Для исключения возможности включения ходоуменьшителя на III–IV диапазонах КП предусмотрен механизм блокировки поводка включения III–IV диапазона и валика вилки зубчатой муфты включения ходоуменьшителя. Таким образом, включение ходоуменьшителя становится возможным только в I–II диапазонах переднего и заднего хода, т. е. можно получить дополнительно 24 скорости в режиме работы ходоуменьшителя. Минимальная скорость с ходоуменьшителем составляет 0,36 км/ч.

Характерной стандартной особенностью тракторов «Беларус» мощностью свыше 200 л. с. является получение малых скоростей движения с помощью зубчатой передачи, встроенной в коробку передач.

В тракторах «Беларус» серий 800, 900, 1000, 1200, 1500 и 2000 для получения малых скоростей движения предусмотрена установка отдельного планетарного редуктора ходоуменьшителя, который крепится к корпусу коробки передач вместо боковой крышки.

2.4.7. Коробка передач ЯМЗ-238ВМ

Коробка передач ЯМЗ-238ВМ (рис. 3.40) – механическая, восьмиступенчатая, с синхронизаторами на всех передачах, кроме заднего хода, состоит из основной четырехступенчатой коробки передач и двухдиапазонного планетарного демультипликатора.

Механизм переключения диапазонов демультипликатора оснащен автоматической системой блокировки включения низшего диапазона (АСБП).

Реле АСПБ устроено таким образом, что разрешает включение низшего диапазона при частоте вращения выходного вала коробки передач не более 920 мин$^{-1}$, что в зависимости от передаточных чисел ведущего моста, раздаточной коробки, радиуса качения колес соответствует скорости движения автомобиля 25–30 км/ч. Для каждого конкретного автомобиля эта величина

может быть с достаточной точностью определена как частное от деления величины максимальной (кинематической) скорости на 3,5.

Таблица 3.1.

Передаточные числа коробки передач

Передача	Передача в основной коробке	Диапазон в демультипликаторе	Передаточное число
1	1	Низший	7,30
2	2	Низший	4,86
3	3	Низший	3,50
4	4	Низший	2,48
5	5	Высший	2,09
6	6	Высший	1,39
7	7	Высший	1,00
8	8	Высший	0,71
Задний ход	Задний ход	Низший	10,46

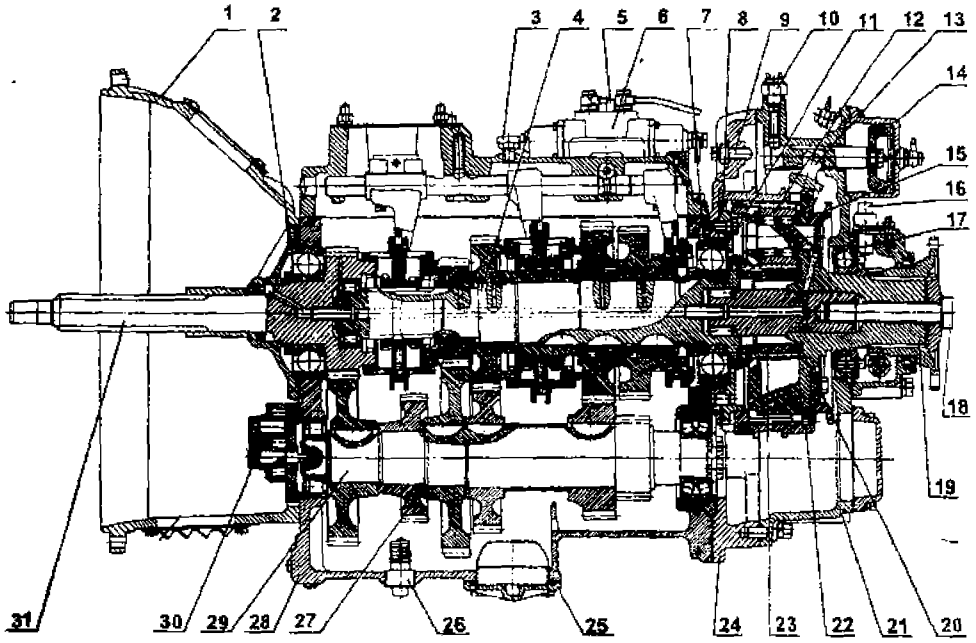


Рис. 3.40. Коробка передач ЯМЗ-238ВМ: *1* – картер сцепления; *2* – прокладки регулировочные первичного вала; *3* – сапун картера; *4* – вал вторичный; *5* – сапун воздухораспределителя; *6* – воздухораспределитель; *7* – кольцо центрирующее; *8* – муфта включения низшего диапазона; *9* – болт регулировки упора штока переключения демультипликатора с контргайкой; *10* – включатель сигнализатора переключения демультипликатора; *11* – прокладки регулировочные вторичного вала; *12* – сателлиты; *13* – вилка переключения демультипликатора; *14* – цилиндр переключения демультипликатора; *15* – муфта включения высшего диапазона; *16* – датчик скорости системы блокировки низшего диапазона; *17* – регулировочные прокладки выходного вала; *18* – болт крепления фланца выходного вала, *19* – вал выходной; *20* – кольцо упорное солнечной шестерни; *21* – картер демультипликатора; *22* – коронная шестерня; *23* – солнечная шестерня; *24* – проставка; *25* – крышка заборника насоса с сеткой; *26* – пробка сливная с магнитом; *27* – шестерня отбора мощности; *28* – картер основной коробки; *29* – вал промежуточный; *30* – насос масляный; *31* – вал первичный

Переключение передач с первой по четвертую и с пятой по восьмую следует производить перемещением рычага переключения в соответствующее положение согласно схеме, приведенной на рис. 3.41.

Для переключения с четвертой на пятую передачу переместите кнопку переключения демультипликатора в положения включения высшего диапазона при включенной четвертой передаче в основной коробке передач (расположение органов управления демультипликатором указано в руководстве по эксплуатации автомобиля). Затем следует перевести рычаг переключения передач в нейтральное положение. Задержать пока не погаснет лампа сигнализатора, и включить пятую передачу.

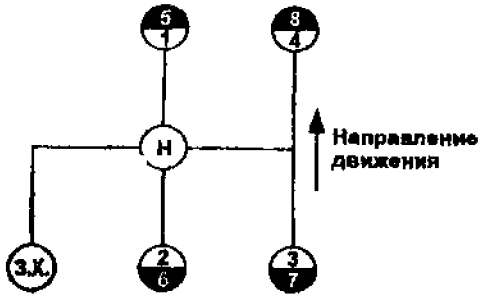


Рис. 3.41. Схема переключения передач КП ЯМЗ-238ВМ

Для перехода с пятой на четвертую передачу переместите кнопку переключения демультипликатора на включение низшего диапазона при включенной пятой передаче, скорость автомобиля при этом не должна превышать 35 км/ч. Затем рычаг переключения передач следует перевести в нейтральное положение, задержать, пока не погаснет лампа сигнализатора, и включить четвертую передачу в основной коробке.

В момент перехода рычага переключения передач через нейтральное положение происходит автоматическое переключение диапазонов в демультипликаторе. Затухание сигнальной лампы свидетельствует о завершении процесса переключения диапазонов.

Во избежание повреждения синхронизатора демультипликатора и синхронизаторов основной коробки передач **включение передач в основной коробке при включенной лампе сигнализатора переключения демультипликатора не допускается**.

Во избежание чрезмерного возрастания частоты вращения коленчатого вала двигателя и повышенного износа синхронизаторов коробки передач не допускается включение низшего диапазона в демультипликаторе при скорости движения автомобиля выше 35 км/ч.

2.4.8. Раздаточная коробка

Раздаточные коробки устанавливают на тракторах и автомобилях с двумя ведущими мостами для распределения крутящего момента от двигателя между передним и задним ведущими мостами. В качестве примера рассмотрим устройство и работу раздаточной коробки тракторов «Беларус-552, -572, -592» и «Беларус-820, -920, -922, -952», оснащенных передним ведущим мостом.

Раздаточная коробка в комбинации с карданными валами позволяет осуществлять привод ПВМ от промежуточной шестерни *2* (рис. 3.42) коробки передач. Когда буксование задних колес превышает нормальное значение, раздаточная коробка включается автоматически с помощью муфты свободного хода.

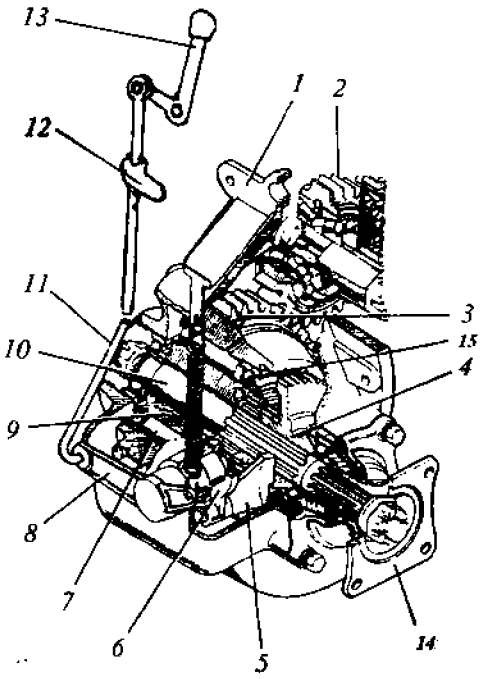


Рис. 3.42. Раздаточная коробка: *1* – корпус раздаточной коробки; *2* – промежуточная шестерня КП; *3* – шестерня обгонной муфты; *4* – зубчатая муфта; *5* – вилка; *6*, *8* – рычаги; *7* – ролик; *9* – внутренняя обойма обгонной муфты; *10* – вал; *11* – тяга; *12* – направляющая тяги; *13* – рычаг управления; *14* – фланец; *15* – шарикоподшипник

Возможно также принудительное включение ПВМ, если необходимо преодолеть повышенное сопротивление или препятствие на переднем или заднем ходу.

Корпус *1* раздаточной коробки крепится к корпусу КП с правой стороны. В корпусе *1* на шарикоподшипниках установлен вал *10*, на котором на подшипнике скольжения свободно вращается внутренняя ведомая обойма *9*

муфты свободного хода с внутренними зубьями. На шлицевую часть вала надета подвижная зубчатая муфта *4* с большим и малым зубчатыми венцами. На шлицевом хвостовике вала закреплен фланец *14* для присоединения вилки карданного вала. Наружной обоймой муфты свободного хода служит шестерня *3*, которая имеет возможность вращаться относительно обоймы *9* на шарикоподшипниках *15*. С внутренней стороны наружной обоймы выполнен зубчатый венец с внутренними зубьями для сцепления с зубьями большого венца муфты *4*. Восемь роликов *7* расположены в канавках наружной обоймы *3* и поджимаются пружинами к внутренней обойме *9*. Зубчатая муфта перемещается по шлицам вала *10* через рычаги, вилку *5*, тягу *11* и рычаг управления *13*.

Работа раздаточной коробки (привода ПВМ)

1. Привод ПВМ выключен

Муфта свободного хода выключена путем вывода зубчатой муфты *1* (рис. 3.43, *а*) из зацепления с внутренним зубчатым венцом обоймы *2*. Рычаг управления *5* повернут вперед до упора. Тяга *3* фиксируется в крайнем нижнем положении с помощью фиксатора *4*.

2. Привод ПВМ включен

Рычаг управления *5* (рис. 3.43, *б*) повернут назад (на себя) в среднее положение. Муфта свободного хода включена путем ввода зубчатой муфты *1* в зацепление с внутренним зубчатым венцом обоймы *2*. Тяга *3* фиксируется шариком *4*, который входит в среднюю выемку тяги *3*.

Обойма жестко соединена с валом карданной передачи и ПВМ включается (выключается) автоматически.

3. ПВМ включен принудительно

Рычаг управления *5* (рис. 3.43, *в*) повернут назад до упора, тяга *3* перемещена в крайнее верхнее положение и зафиксирована с помощью фиксатора *4*. Зубчатая муфта *1* входит в зацепление с внутренним большим венцом шестерни *6*, оставаясь в зацеплении с внутренним венцом обоймы *2*.

Таким образом, муфта свободного хода заблокирована. Это положение рекомендуется для уменьшения буксования колес на влажных и рыхлых почвах, кратковременного преодоления препятствий, а также для уменьшения нагрузки на муфту свободного хода.

Работа муфты свободного хода раздаточной коробки

Когда задние колеса не буксуют, внутренняя обойма *3* (рис. 3.44), связанная с карданными валами, вращается быстрее наружной обоймы *1*, приводимой от вторичного вала КП. Ролики *2* расклинены и привод ПВМ выключен.

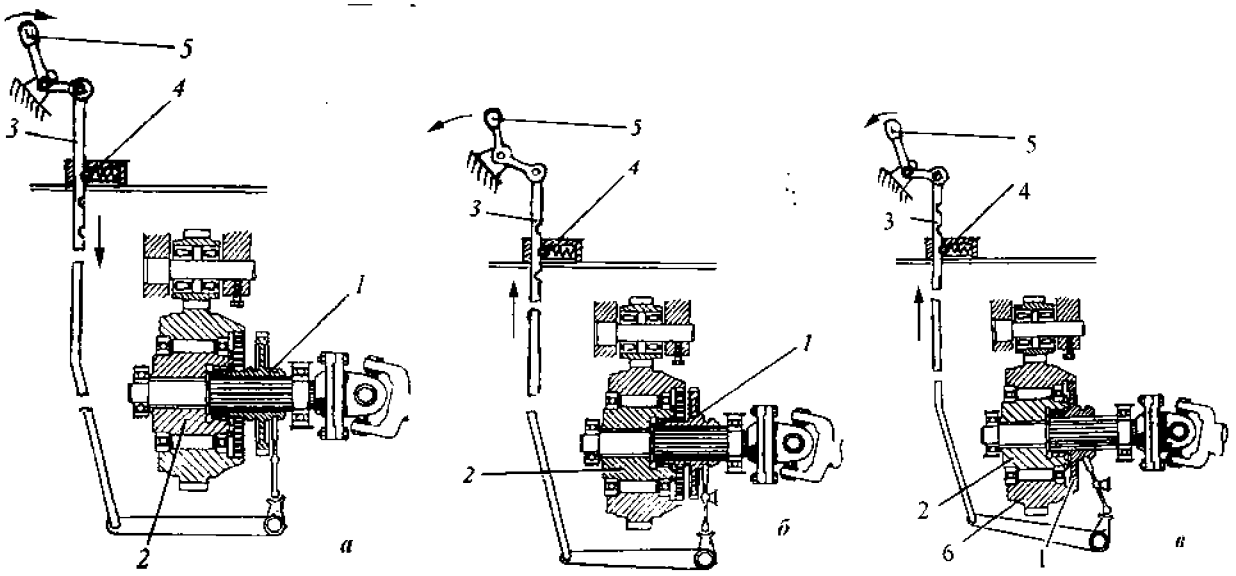


Рис. 3.43. Работа раздаточной коробки: *а* – привод ПВМ выключен; *б* – привод ПВМ включен; *в* – ПВМ включен принудительно; *1* – зубчатая муфта; *2* – внутренняя обойма; *3* – тяга управления; *4* – фиксатор; *5* – рычаг управления; *6* – шестерня (наружная обойма)

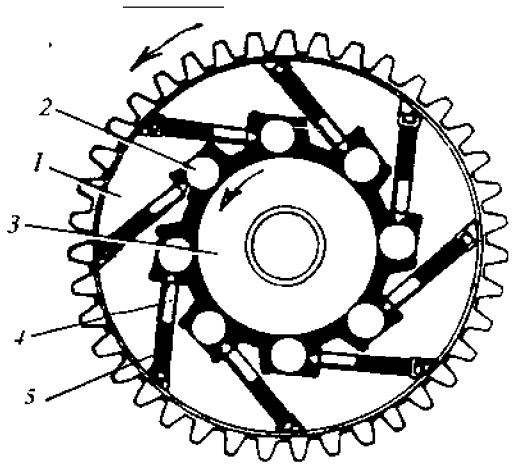


Рис. 3.44. Муфта свободного хода: *1* – наружная обойма (шестерня); *2* – ролик; *3* – внутренняя обойма; *4* – толкатель; *5* – пружина

При буксовании задних колес (5 % и более), в результате возрастания нагрузки или снижения коэффициента сцепления шин с почвой, наружная обойма *1* станет вращаться быстрее внутренней из-за снижения скорости движения трактора. Ролики *2* под действием толкателей и пружин *5* заклиниваются в наклонных канавках наружной обоймы, и муфта блокируется, т. е. обе обоймы вращаются как одно целое, передавая крутящий момент от дизеля к ПВМ через наружную обойму, ролики и внутреннюю обойму (карданные валы). ПВМ включается автоматически. При снижении буксования задних колес муфта автоматически разблокируется и ПВМ выключается из силовой передачи.

2.4.9. Техническое обслуживание

Длительная работа редукторов и коробок передач возможна при условии соблюдения правил эксплуатации и своевременного технического обслуживания.

Переключать диапазоны следует плавно и только при остановленном тракторе и полностью выжатой педали сцепления. При наличии скрежета шестерен проверьте и отрегулируйте сцепление.

Техническое обслуживание коробки передач заключается в следующем:

– ежедневной проверке уровеня масла по контрольным пробкам, масломерному стержню или стеклу;

– поддержанию в работоспособном состоянии и, если необходимо, регулировке датчика блокировки запуска с помощью регулировочных шайб;

– своевременной замене масел в КП и всей силовой передаче;

– в тракторах с гидросистемой трансмиссии постоянном контроле над давлением масла по указателю в щитке приборов, нельзя допускать снижения давления ниже 7 бар;

– своевременной очистке масляных фильтров трансмиссии.

2.4.10. Промежуточные соединения и карданные передачи

2.4.10.1. Промежуточные соединения

Промежуточные соединения предназначены для передачи вращательного движения от одного вала к другому, оси которых совпадают. Однако несоосность валов может возникнуть при неточностях изготовления, погрешностях сборки, деформации рам, а также при изменении взаимного расположения сборочных единиц в процессе эксплуатации.

Соединяя валы не жестко, а специальными шарнирами, уменьшают вредные нагрузки на подшипники и этим повышают их долговечность.

В гусеничных тракторах коробка передач и задний мост обычно расположены в одном корпусе или их корпуса жестко соединены между собой, а двигатель с муфтой сцепления установлен на раме отдельно. Поэтому необходимо промежуточное соединение между валами муфты сцепления и коробки передач, так как их несоосность может возникнуть от перекоса при установке двигателя с муфтой сцепления на раму.

В полурамных колесных тракторах корпуса муфты сцепления, коробки передач и заднего моста жестко соединены между собой и образуют остов. Возможная несоосность валов муфты сцепления и коробки передач здесь значительно меньше.

Поэтому требования к промежуточным соединениям, а соответственно и конструкция последних различные. Длина этих соединений постоянная.

По числу шарниров различают одинарные и двойные промежуточные соединения, т. е. с одним или двумя шарнирами; по конструкции шарниров – жесткие, мягкие (упругие) и комбинированные. Жесткие шарниры состоят только из металлических деталей, а мягкие имеют упругие неметаллические элементы.

Одинарное эластичное промежуточное соединение с резиновыми элементами, работающими на сжатие, состоит из передней вилки, выполненной как одно целое с валом *1* (рис. 3.45) муфты сцепления, и задней вилки первичного вала *2* коробки передач. Вилки расположены крестообразно. В четыре свободных промежутка между ними (по окружности) вложены резиновые элементы *3*, удерживаемые от выпадения прижимами *4* с болтами *5*.

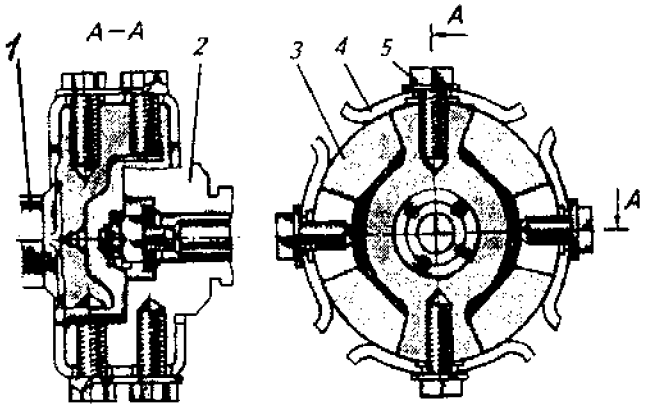


Рис. 3.45. Одинарное эластичное промежуточное соединение валов сцепления и КП:
1 – вал муфты сцепления; *2* – первичный вал коробки передач;
3 – резиновый элемент; *4* – прижим; *5* – болт

Двойное промежуточное соединение применено на тракторах ДТ-75МВ и ДТ-175С. Основная часть этого соединения – две головки. Каждая из них состоит из двух соединенных заклепками и сваркой штампованных дисков *5* (рис. 3.46), в цилиндрические гнезда которых предварительно вставлены упругие элементы *1* с металлическими втулками *2*. Упругие элементы изготовлены из резины с завулканизированным внутрь металлическим каркасом из сетки, а снаружи покрыты несколькими слоями прорезиненной ткани.

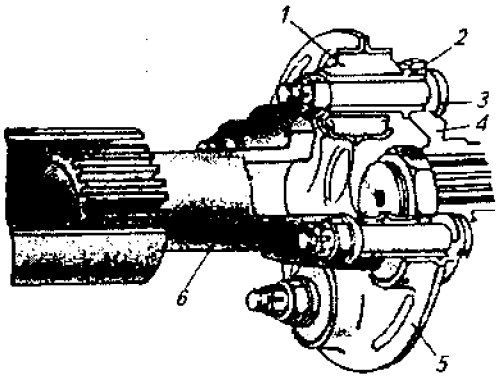


Рис. 3.46. Один из элементов двойного эластичного промежуточного соединения:
1 – упругий элемент; *2* – втулка; *3* – болт;
4 – наружная вилка; *5* – диск; *6* – внутренняя вилка

Вилки *4* и *6* соединяют с головкой крестообразно и крепят болтами *3* с корончатыми гайками и шплинтами. Головки промежуточного соединения связаны двумя внутренними вилками посредством шлицевого соединения: одна вилка *6* имеет наружные шлицы, а другая – внутренние. Переднюю наружную вилку соединяют с валом муфты сцепления, а заднюю наружную вилку устанавливают на шлицевой конец ведущего вала ходоуменьшителя, реверс-редуктора, первичного вала коробки передач (ДТ-75МБ, ДТ-75МВ) или вала насосного колеса гидротрансформатора (ДТ-175С).

Жесткое промежуточное соединение представляет собой соединение двух шлицевых валов *1*, *3* (рис. 3.47) с помощью шлицевой втулки *2* или такое соединение двух валов, при котором один вал имеет внутренние шлицы, а другой – наружные. Такие соединения применены на тракторах «Беларус» серий 500 в исполнении без редуктора, Т-150, Т-150К.

2.4.10.2. Карданные передачи

Карданные приводы предназначены для передачи крутящего момента между агрегатами, оси валов которых не совпадают или могут смещаться при движении, а также при значительном расстоянии между валами. Простая карданная передача состоит из карданных шарниров и вала.

Карданные шарниры обеспечивают угловое перемещение карданного вала до 24°, а шлицевые соединения вилок карданного шарнира с валом – изменение расстояния между шарнирами.

По числу карданных шарниров на валу различают одинарные и двойные карданные передачи. В свою очередь карданные шарниры делят на шарниры неравных и равных угловых скоростей.

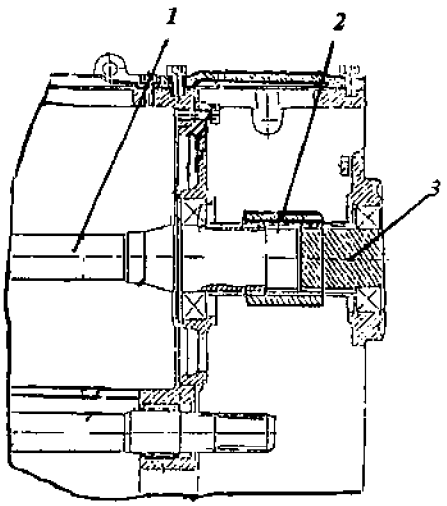


Рис. 3.47. Жесткое промежуточное соединение: *1* – вал силовой передачи муфты сцепления; *2* – шлицевая втулка; *3* – вал первичный КП

Карданный шарнир неравных угловых скоростей состоит из вилок *5* и *9* (рис. 3.48, *а*), крестовины *7*, игольчатых подшипников *3* и сальников *4*. Подшипники собирают в стаканах *23* и вместе с сальниками надевают на пальцы крестовины. Стаканы удерживаются в вилках крышками *1*, которые крепят к вилке болтами *10* со стопорной пластиной. Подшипники смазывают через масленку *8*. Для снижения излишнего давления масла в крестовине *7* установлен предохранительный клапан *6*.

При равномерном вращении ведущей вилки *9* ведомая вилка *5* вращается неравномерно: за каждый оборот карданного вала она дважды обгоняет и дважды отстает от ведущей вилки. Для устранения неравномерности вращения ведомого вала применяют два карданных шарнира, а вилки карданного вала располагают в одной плоскости. В этом случае неравномерность вращения, вызываемая одним шарниром, компенсируется неравномерностью, вызываемой другим шарниром.

Карданный шариковый шарнир равных угловых скоростей используют в приводе передних ведущих мостов автомобилей семейства ЗИЛ, ГАЗ, УАЗ, ВАЗ и др. Такой шарнир состоит из вилок *2*, *4* (рис. 3.48, *б*) и шариков: четырех боковых *6* и одного центрального *7*. Ведущие боковые шарики расположены в канавках вилок, соединяя их между собой. Для центрирования на торцах вилок предусмотрены сферические углубления, в которые помещают центральный шарик *7*, не позволяющий ведущим шарикам выкатываться из канавок. Шпилька *3*, вставляемая одним концом в осевой канал вилок, а другим – в отверстие центрального шарика, запирает собранный карданный шарнир. Крутящий момент при таком сочленении может передаваться с равной угловой скоростью под углом до 35°.

Карданный кулачковый шарнир равных угловых скоростей применен в приводе передних ведущих колес автомобиля «Урал-5557». Шарнир состоит из кулачков *3* и *5* (рис. 3.48, *в*) с наружными цилиндрическими поверхностями. Внутри кулачков выполнены пазы, в которые вставлен диск *4*. Цилиндрические шейки кулачков охватываются вилками *2* и *6*, имеющими такие же поверхности. Рассмотренную карданную передачу применяют на большинстве автомобилей, тракторах ДТ-75Д, ВТ-100Д, ВТ-100Н.

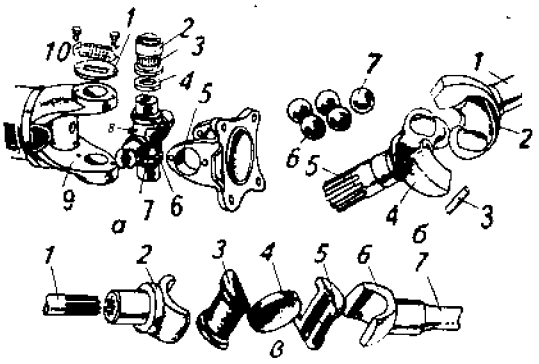


Рис. 3.48. Карданные шарниры: *а* – неравных угловых скоростей: *1* – крышка; *2* – стакан; *3* – игольчатый подшипник; *4* – сальник; *5*, *9* – вилки; *6* – предохранительный клапан; *7* – крестовина; *8* – масленка; *10* – болт; *б* – шариковый равных угловых скоростей: *1* – внутренняя полуось; *2*, *4* – ведущая и ведомая вилки; *3* – шпилька; *5* – наружная полуось; *6* – ведущие боковые шарики; *7* – центральный шарик; *в* – кулачковый равных угловых скоростей: *1* – наружная полуось; *2*, *6* – вилки; *3*, *5* – кулачки; *4* – диск; *7* – внутренняя полуось

Карданный вал обычно имеет трубчатую конструкцию, обеспечивающую небольшую массу и достаточную прочность. В качестве примера рассмотрим карданный вал трансмиссии автомобиля-самосвала с трехсторонней разгрузкой МАЗ-555142. Карданный вал состоит из вилки скользящей *6* (рис. 3.49), шлицевая часть которой сопрягается с внутренними шлицами вала *4*. Скользящее шлицевое соединение смазывается через пресс-масленку и герметизируется уплотнительным кольцом *5*. Подшипники игольчатые *7* имеют проточную систему смазки и смазываются через угловую масленку *2*. Подшипники крестовин имеют торцевое уплотнение *9*. Карданные валы подвергают динамической балансировке на стенде путем приварки балансировочных пластин *3*.

При сборке карданного вала или замене новым его шлицевое соединение следует собрать таким образом, чтобы отверстия вилок *1* карданного вала были обязательно в одной плоскости. Для этого предусмотрены стрелки, выбитые на валу (трубе) *4* и вилке *6*, которые следует совместить. Карданные валы не должны иметь биений при вращении. Для длинных карданных передач применяют промежуточную опору в виде шарикоподшипника, заключенного в резиновой обойме и жестко прикрепленного к раме.

2.4.10.3. Промежуточная опора карданной передачи тракторов «Беларус» серий 500, 800, 900 с ПВМ

В карданной передаче тракторов «Беларус» мощностью до 100 л. с. установлена промежуточная опора с предохранительной муфтой и опорными шарикоподшипниками *9* (рис. 3.50). Крутящий момент от раздаточной коробки передается к скользящему фланцу *5* и далее к ПВМ через фланец *11*, вал *10*, пакет дисков *17*, *2*, *3* предохранительной муфты и втулку *15*, по внутренним шлицам которой может скользить и передавать момент фланец *5*, имеющий внешние шлицы, сопрягаемые с внутренними шлицами втулки *15*. Пакет дисков *17*, *2*, *3* постоянно сжимается пластинчатыми пружинами *1*, которые, в свою очередь, поджимаются гайкой *12* через торец фланца *11*.

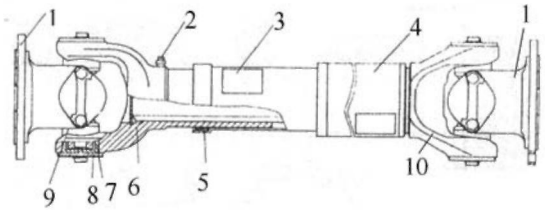


Рис. 3.49. Карданный вал: *1* – фланец-вилка; *2* – масленка; *3* – пластины балансировочные; *4* – вал; *5* – кольцо уплотнительное; *6* – вилка скользящая; *7* – подшипник игольчатый; *8* – крышка; *9* – уплотнение торцевое; *10* – вилка вала

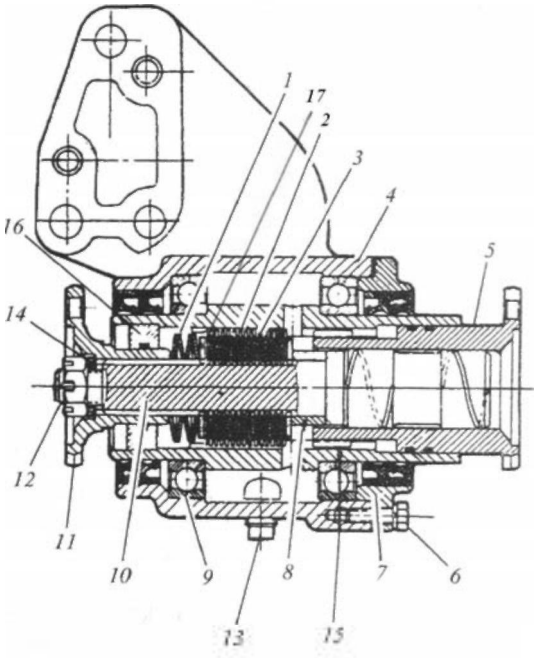


Рис. 3.50. Промежуточная опора карданной передачи: *1* – пружина; *2* – диск стальной; *3* – диск фрикционный; *4* – корпус; *5* – фланец скользящий; *6* – болт; *7* – крышка; *8* – втулка; *9* – шарикоподшипник; *10* – вал; *11* – фланец; *12* – гайка корончатая; *13* – пробка сливная; *14* – шайба; *15* – втулка; *16* – шайба с уплотнительным кольцом; *17* – нажимной диск

Фрикционная муфта работает в масляной ванне, имеющейся в полости корпуса *4*. Предохранительная муфта регулируется путем затяжки гайки *12* на передачу крутящего момента 400–500 Нм.

Промежуточная опора крепится болтами к нижней плоскости корпуса сцепления.

2.5. Ведущие мосты колесных тракторов и автомобилей

2.5.1. Общие сведения

Ведущие мосты предназначены для трансформации, распределения и передачи вращательного движения от вторичного вала коробки передач или раздаточной коробки к ведущим колесам, а также для сообщения поступательного движения к несущей системе (остову).

Ведущие мосты колесных тракторов и автомобилей состоят из главной или центральной передачи, дифференциала, валов ведущих колес (полуосей) и конечных передач. В легковых и грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности конечных передач нет.

Число ведущих мостов определяется колесной формулой трактора (3К2, 4К2, 4К4) или автомобиля (4×2, 4×4, 6×4, 6×6), где первая цифра означает общее число колес, а вторая – число ведущих колес (сдвоенные колеса считают за одно колесо).

На полноприводные тракторы с колесной формулой 4К4 («Беларус» серий 500, 800, 900 с ПВМ, «Беларус-1025, -1221, -1222, -1523, -2022, -2822ДЦ, -3022ДВ»; К-701, Т-150К, ВТЗ-2032А) устанавливают два ведущих моста (передний и задний), на полноприводные автомобили типа 4×4 (МАЗ-55513, ВАЗ-2121, УАЗ-3151) – два моста; на автомобили типа 6×6 (МАЗ-55165, МАЗ-642505; КамАЗ-4310; ЗИЛ-131) – три ведущих моста.

Корпуса ведущих мостов производят из серых чугунов и стали. У отдельных моделей тракторов корпус ведущего моста изготавливают в общей отливке с корпусом коробки передач (Т-40М, Т-16М).

2.5.2. Главная передача

Главная передача служит для изменения на угол 90° направления передаваемого вращательного движения, увеличения передаточного числа трансмиссии и передачи вращения к дифференциалу.

По числу пар зубчатых колес различают главные передачи: *одинарные* и *двойные*, по типу зубчатого соединения – *конические со спиральными зубьями*, *гипоидные и цилиндрические.*

Одинарные главные передачи представляют собой, как правило, пару конических зубчатых колес со спиральными зубьями или гипоидную передачу. Применение последних позволяет по сравнению с конической передачей при одних и тех же размерах зубчатых колес увеличить передаваемое усилие, повысить долговечность, снизить уровень шума. Оси зубчатых колес гипоидных передач не пересекаются.

Наличие смещенного ведущего зубчатого колеса позволяет изменить дорожный просвет, что особенно важно для легковых автомобилей.

Одинарные главные передачи с коническими зубчатыми колесами находят широкое применение в семействе тракторов «Беларус», тракторах К-701, Т-150К; автомобилях МАЗ, УАЗ и ЗАЗ; одинарные гипоидные передачи – на автомобилях ГАЗ-53-12, ГАЗ-66, «Волга», «Жигули» и «Москвич».

Одинарные главные передачи, состоящие из пары цилиндрических зубчатых колес, применяют в тех случаях, когда оси валов коробок передач расположены перпендикулярно к продольной оси трактора. Их устанавливают на переднеприводных автомобилях семейства ВАЗ, тракторах Т-25А, Т-30А, самоходных шасси Т-16М, ВТЗ-30СШ.

В качестве примера рассмотрим устройство и работу одинарной главной передачи тракторов «Беларус» серий 500, 800 и 900 мощностью от 50 до 100 л. с. Эта передача состоит из пары конических зубчатых колес с круговыми зубьями. Ведущее коническое зубчатое колесо *1* (рис. 3.51) посажено на шлицевой хвостовик вторичного вала КП и зафиксировано корончатой гайкой *10*. Оно вращается вместе с вторичным (выходным) валом КП на конических роликоподшипниках в корпусе КП. Ведомое коническое зубчатое колесо *2* прикреплено к корпусу дифференциала *4* двенадцатью призонными болтами *5*. Оно вращается вместе с корпусом дифференциала на двух конических роликоподшипниках *11*, установленных в гнездах корпуса *4* и крышки *9* дифференциала.

Двойные главные передачи состоят из зубчатых передач конической и цилиндрической. Цилиндрическая выполняет функцию конечной передачи – снижает частоту вращения ведущих колес, увеличивает крутящий момент. Двойная главная передача может быть *центральной*, когда обе пары зубчатых колес размещены в одном корпусе, и *разнесенной*, когда цилиндрическая пара зубчатых колес находится в приводе каждого ведущего колеса.

Двойные центральные главные передачи устанавливают на автомобилях ЗИЛ-130, ЗИЛ-131, «Урал-5557», КамАЗ-4310, КамАЗ-5320, разнесенную передачу – на семействе автомобилей МАЗ (МАЗ-5551А2, МАЗ-5337А2, МАЗ-5433А2, МАЗ-543403).

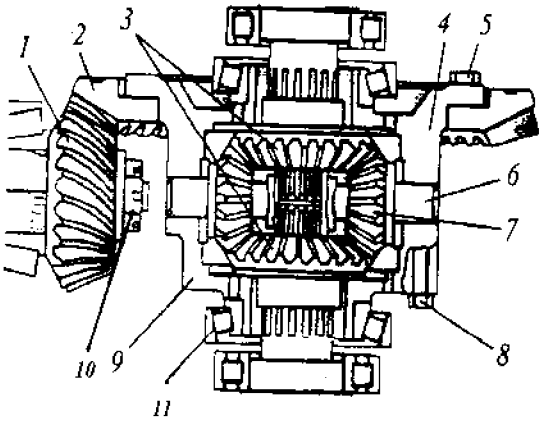


Рис. 3.51. Главная передача и дифференциал тракторов «Беларус» серий 500, 800, 900: *1* – ведущее коническое зубчатое колесо; *2* – ведомое коническое зубчатое колесо; *3* – полуосевая шестерня; *4* – корпус дифференциала; *5* – болт призонный крепления шестерни; *6* – крестовина дифференциала; *7* – сателлит; *8* – болт; *9* – крышка дифференциала; *10* – гайка; *11* – конический роликоподшипник

Устройство и принцип действия двойной главной передачи рассмотрим на примере двойной центральной главной передачи автомобиля КамАЗ-5320. Ведущее коническое зубчатое колесо *21* (рис. 3.52) главной передачи установлено на шлицах ведущего вала *22*, который вращается в двух конических *18* и *20* и одном цилиндрическом роликовых подшипниках, расположенных в расточках картера *1* главной передачи. Ведущий вал *22* приводится во вращение от межосевого дифференциала карданной передачей, соединенной с валом фланцем *25*.

Ведомое коническое зубчатое колесо *2* напрессовано на вал ведущего цилиндрического зубчатого колеса *3* и удерживается от проворачивания призматической шпонкой. Колесо *3*, выполненное как одно целое с валом вращается в двух конических *4*, *6* и одном цилиндрическом *15* роликовых подшипниках. Конические подшипники регулируют, подбирая регулировочные шайбы *7* и *19* необходимой толщины. Зацепление конических зубчатых колес регулируют только при их замене, подбирая регулировочные прокладки *8* и *17* требуемой толщины.

Ведущее цилиндрическое колесо *3* находится в зацеплении с ведомым зубчатым венцом *14*. Ступицей последнего служит разъемный корпус *11* дифференциала, который установлен в двух конических роликовых подшипниках *10*, регулируемых гайками *9*.

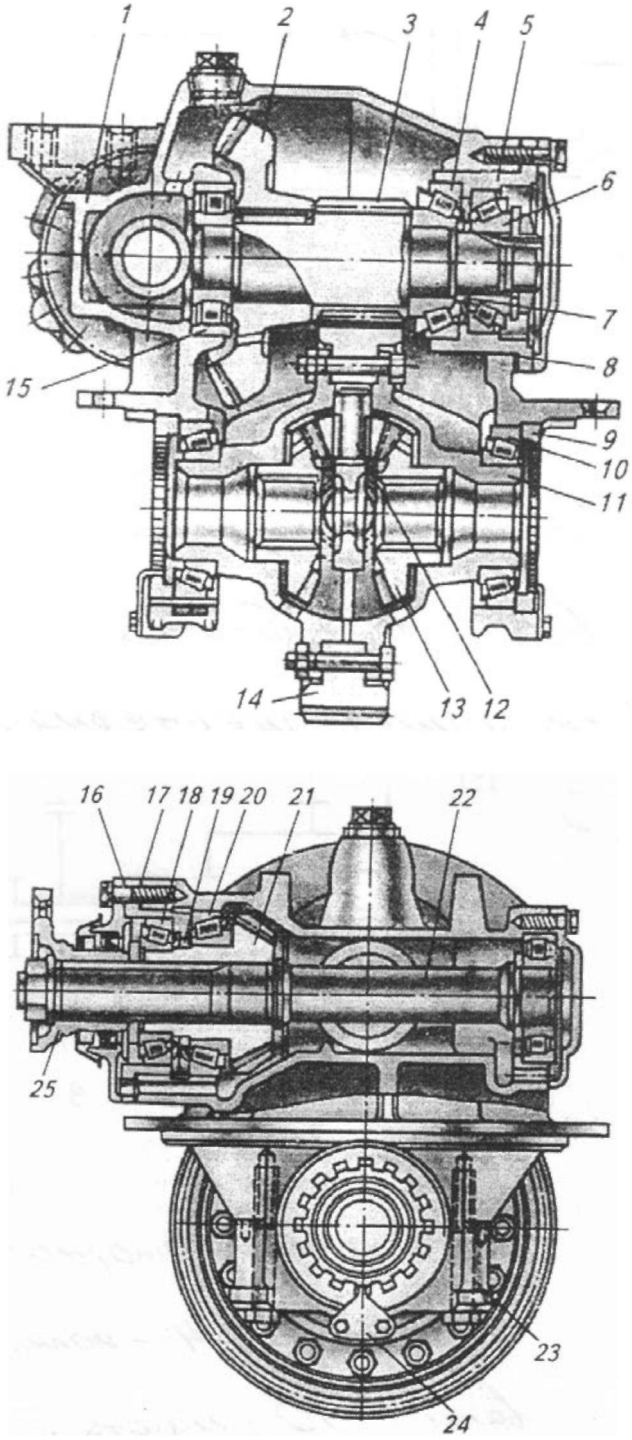


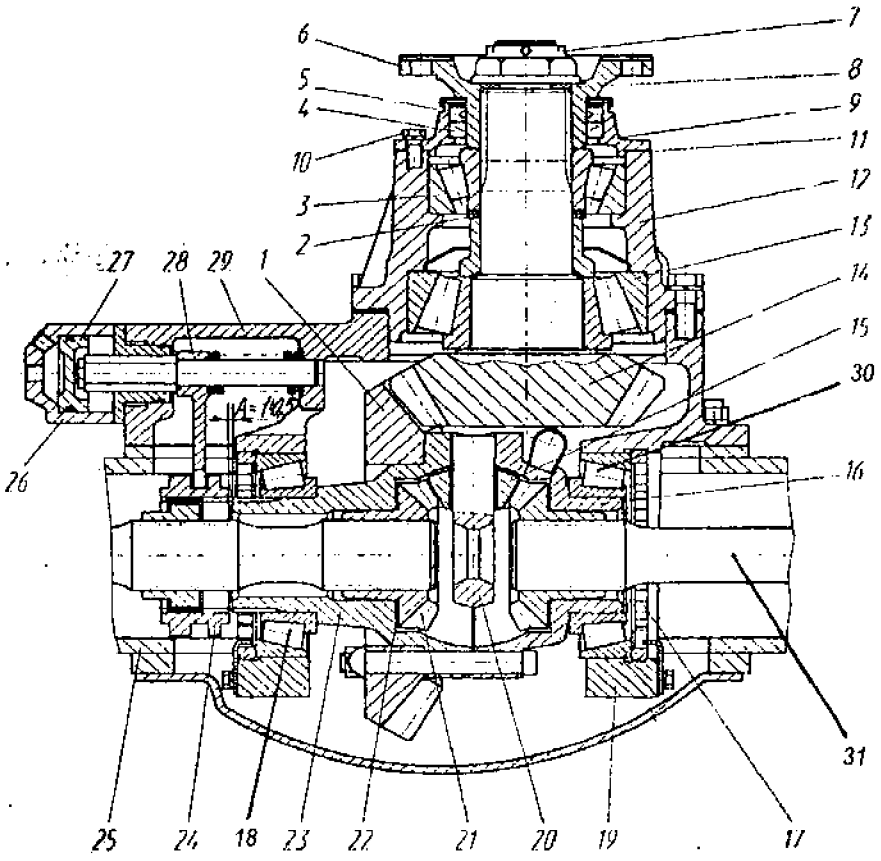
Рис. 3.52. Двойная главная передача и дифференциал заднего моста автомобиля КамАЗ-5320: *1* – картер главной передачи; *2* – ведомое коническое зубчатое колесо; *3* – ведущее цилиндрическое зубчатое колесо; *4*, *6*, *10*, *18*, *20* – конические роликовые подшипники; *5* – стакан подшипников; *7*, *19* – регулировочные шайбы; *8*, *17* – регулировочные прокладки; *9* – регулировочная гайка; *11* – корпус дифференциала; *12* – крестовина; *13* – коническое зубчатое колесо; *22* – ведущий вал главной передачи; *23* – крышка подшипника; *24* – стопор; *25* – фланец

Главная передача среднего ведущего моста отличается от главной передачи заднего ведущего моста тем, что через полый ведущий вал конической пары и картер проходит вал привода заднего моста.

Разнесенную двойную главную передачу рассмотрим на примере автомобиля МАЗ-5551А2.

Разнесенная двойная главная передача состоит из центрального конического редуктора (рис. 3.53) и планетарных колесных передач, размещенных в ступицах колес (рис. 3.54).

Центральный конический редуктор разнесенной главной передачи состоит из пары конических зубчатых колес с круговым зубом. Ведущее зубчатое колесо *14* (рис. 3.53) выполнено за одно целое с ведущим валом и вращается в двух конических роликоподшипниках *3*, *13*, расположенных в стакане *12*. Стакан отцентрирован относительно картера *25* и прикреплен к нему болтами. На шлицевом конце ведущего вала-шестерни закреплен фланец *6* для соединения с карданной передачей. Гайка *7* фиксирует фланец *6* и одновременно затягивает обоймы роликоподшипников. Требуемый зазор или натяг в подшипниках регулируется прокладками *2*.



3.53. Центральный конический редуктор автомобиля МАЗ-5551А2: *1* – шестерня ведомая; *2* – прокладки регулировочные; *3*, *13*, *18* – подшипники; *4*, *5* – манжеты; *6* – фланец; *7* – гайка; *8* – кольцо уплотнительное; *9* – крышка; *10* – болт; *11* – прокладка; *12* – стакан подшипников; *14* – шестерня ведущая; *15* – сателлит; *16*, *23* – чашки дифференциала; *17* – гайка; *19* – крышка подшипника; *20* – крестовина; *21* – шестерня полуоси; *22* – шайба опорная; *24* – муфта блокировки дифференциала; *25* – картер моста; *26* – цилиндр механизма блокировки; *27* – поршень; *28* – вилка включения механизма блокировки; *29* – картер редуктора; *30* – конический роликоподшипник; *31* – полуось

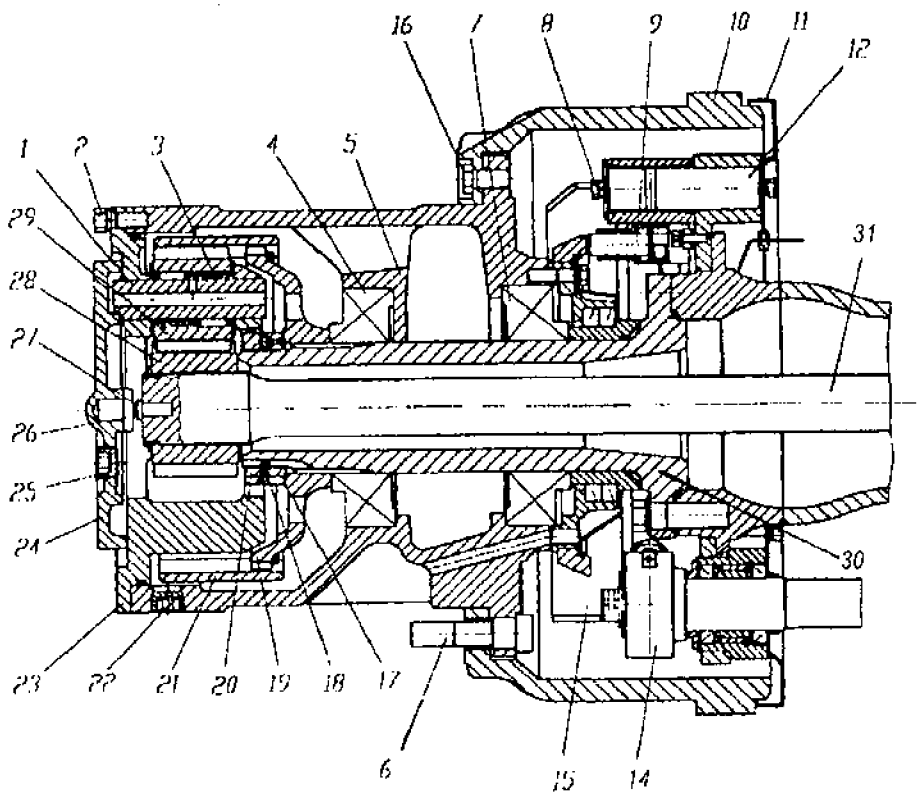


Рис. 3.54. Планетарная колесная передача автомобиля МАЗ-5551А2: *1* – ось сателлита; *2*, *6*, *8*, *16* – болты; *3* – подшипник игольчатый; *4*, *7* – подшипник; *5* – ступица; *9* – датчик АБС; *10* – барабан тормозной; *11* – щит; *12* – ось; *13* – полуось; *14* – кулак разжимной; *15* – колодка тормозная; *17*, *20* – гайка; *18* – шайба; *19* – ступица ведомой шестерни; *21* – шестерня ведомая; *22* – пробка сливная; *23* – водило; *24* – крышка; *25* – пробка заливная; *26* – сухарь; *27* – упор полуоси; *28* – шестерня ведущая; *29* – сателлит; *30* – кожух; *31* – полуось

Ведомое зубчатое колесо *1* прикреплено к чашкам дифференциала *16*, *23* специальными болтами с гайками и стопорными пластинами. Ведомое зубчатое колесо вместе с дифференциалом вращается на конических роликоподшипниках *18*, *30*, регулируемых гайками.

Крутящий момент от центрального конического редуктора через полуоси *31* (рис. 3.53) передается к ведущим (солнечным) шестерням *28* (рис. 3.54) *планетарных колесных передач*. Ведущая шестерня *28* планетарной передачи жестко связана с полуосью *31* и находится в зацеплении с сателлитами *29*. Сателлиты вращаются на игольчатых подшипниках *3* на осях *1*, закрепленных в водиле *23*, которое прикреплено болтами *2* к ступице *5* колеса.

На рис. 3.54 изображена ступица под установку бездисковых задних ведущих колес. В случае применения колес с дисками в ступице колеса предусматриваются болты крепления колес. Сателлиты *29* одновременно находятся в зацеплении с внутренними зубьями ведомой (коронной) шестерни *21*, которая через ступицу *19* жестко связана с неподвижным опорным кожухом *30*. При вращении полуоси *31* к ведущей шестерне *28* приводятся во вращение

сателлиты *29*, которые обкатываясь по зубьям неподвижной ведомой шестерни *21*, приводят во вращение водило *23* и ступицу *5* колеса. Ступица вращается на конических роликоподшипниках *4*, *7*. Следовательно, в планетарной колесной передаче осуществляется дальнейшая трансформация крутящего момента, передаваемого к ведущим колесам, определяемая передаточным числом планетарного ряда.

2.5.3. Дифференциал

Дифференциал представляет собой планетарный механизм, предназначенный для распределения крутящего момента между ведущими полуосями трактора или автомобиля и обеспечения вращения ведущих колес с различной частотой при движении по кривой или по неровностям пути. При повороте колесного трактора или автомобиля его колеса катятся по концентрическим траекториям и проходят разные пути: внутренне колесо проходит меньший путь, а наружное – больший. Чем круче поворот и больше ширина колеи, тем больше разность частот вращения колес.

При прямолинейном движении по неровной дороге, неодинаковом давлении воздуха в шинах или разном износе протектора ведущие колеса также должны вращаться с различной, но строго дифференцированной частотой. Поэтому в ведущих мостах колесных тракторов и автомобилей устанавливают дифференциал, который предназначен для увеличения частоты вращения одного колеса за счет равного уменьшения частоты вращения другого колеса.

Чтобы ведущие колеса трактора или автомобиля при повороте могли иметь разную частоту вращения, их устанавливают на двух самостоятельных ведущих валах, иногда называемых *полуосями*.

Рассмотрим работу простого конического симметричного дифференциала с коническими зубчатыми колесами. На корпусе *9* (рис. 3.55) дифференциала жестко установлено ведомое коническое зубчатое колесо *2* главной передачи. Внутри корпус установлены два конических зубчатых колеса (полуосевые шестерни) *3*, *4*, которые шлицевым соединением связаны с ведущими валами (полуосями) *8*, *5* ведущих колес, а также два или четыре сателлита *10* и *7*, которые входят в зацепление с зубчатыми колесами *4* и *3* и могут свободно вращаться на цапфах крестовины *6*. Последняя неподвижно закреплена в корпусе дифференциала *9*.

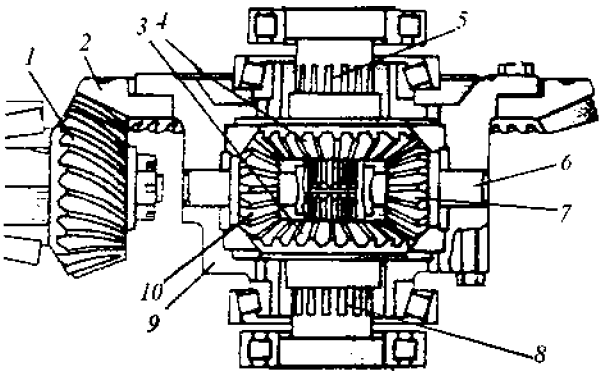


Рис. 3.55. Простой конический симметричный дифференциал тракторов «Беларус» серий 500, 800, 900: *1*, *2* – шестерни главной передачи; *3*, *4* – полуосевая шестерня; *5*, *8* – полуось (ведущий вал); *6* – крестовина; *7*, *10* – сателлит; *9* – корпус дифференциала

Простой дифференциал, как планетарный механизм с передаточным числом, равным единице, обладает следующими основными свойствами:

1) сумма угловых скоростей левой и правой полуосевых шестерен равна удвоенной угловой скорости корпуса дифференциала:

$$\omega_л + \omega_п = 2\omega_к. \qquad (15)$$

2) при любых соотношениях угловых скоростей полуосевых шестерен дифференциал делит подведенный к его корпусу крутящий момент поровну:

$$M_л = M_п. \qquad (16)$$

Из этого свойства видно, что крутящий момент, подводимый к корпусу ($M_к$), не может быть больше по величине, чем момент, реализуемый колесом, находящимся в худших сцепных условиях.

При прямолинейном движении трактора или автомобиля по ровной опорной поверхности сопротивление вращению ведущих колес одинаково и частоты вращения левого и правого ведущих колес равны частоте вращения корпуса дифференциала. В этом случае сателлиты не вращаются вокруг своих осей.

Если сопротивление вращению одного из колес трактора или автомобиля возрастает (например, при повороте возрастает сопротивление вращению внутреннего колеса), то его вращение вместе с ведущим валом и коническим зубчатым колесом замедляется. Предположим, что замедлилось вращение вала *8* и зубчатого колеса *3*. Корпус дифференциала *9*, вращаясь с постоянной частотой, начинает обгонять отстающее коническое колесо *3* и, воздействуя на сателлиты, обкатывает их по зубьям этого колеса. Сателлиты начинают вращаться вокруг своей оси и дополнительно поворачивать коническое зуб-

чатое колесо *4*, вал *5* и связанное с ним колесо трактора или автомобиля, увеличивая его частоту вращения. Вращающиеся сателлиты ускоряют вращение одного колеса настолько, насколько замедлилось вращение другого колеса.

Дифференциал оказывает и отрицательное влияние. При большом сопротивлении движению и разных силах трения колес о почву дифференциалу легче вращать колесо с худшими условиями сцепления, чем катить второе колесо. Поэтому колесо, которое трудно вращать, останавливается, а другое – буксует (вращается вдвое быстрее). Для устранения этого недостатка применяют различные **механизмы блокировки, т. е. механизмы выключения дифференциала**.

Классифицируют дифференциалы по следующим признакам:

– по конструкции (*с коническими зубчатыми колесами, кулачковые, червячные*);

– месту установки (*межколесный* – в одном мосту, *межосевой* – между ведущими задними мостами, *межбортовой* – между ведущими колесами с одной стороны);

– наличию механизма блокировки (*без блокировки, с блокировкой, самоблокирующиеся*);

– приводу к механизму блокировки (*с механическим, гидравлическим, пневматическим приводами*).

Межосевые дифференциалы могут быть *симметричными* и *несимметричными*. Самоблокирующиеся дифференциалы делят на дифференциалы повышенного трения и с механизмом свободного хода.

2.5.3.1. Межколесный дифференциал тракторов «Беларус» серий 500, 800, 900

Межколесный дифференциал с коническими зубчатыми колесами, с гидроуправляемой фрикционной муфтой блокировки. В корпусе дифференциала, состоящем из корпуса *4* (рис. 3.51) и крышки *9*, расположены две конические полуосевые шестерни *3* и четыре сателлита *7*, вращающиеся на цапфах крестовины *6*. Сателлиты входят в зацепление с полуосевыми шестернями *3*. Крестовина дифференциала *7* (рис. 3.56) имеет центральное шлицевое отверстие, в которое входит шлицевой хвостовик вала блокировки *2*. Другой конец вала блокировки соединен с корпусом муфты *10*, в котором расположены фрикционные диски *3* с накладками сухого трения и стальные диски *4*. Фрикционные диски своими шлицевыми отверстиями сопрягаются

со шлицами хвостовика вала ведущей шестерни *1* по скользкой посадке. Стальные диски *4* своими выступами входят в пазы корпуса муфты. При подводе к муфте масла под давлением через диафрагму и поршень сжимается пакет дисков и крестовина дифференциала *7* через вал блокировки *2* сжатые диски *3*, *4* за счет силы трения жестко соединяется с валом, ведущей шестерни *1* и полуосевой шестерней *11*, выключая (блокируя) дифференциал.

2.5.3.2. Дифференциал заднего моста автомобиля МАЗ-5551А2

Дифференциал заднего моста автомобиля МАЗ-5551А2 собран в корпусе, состоящем из двух чашек *16*, *23* (рис. 3.53), соединенных болтами вместе с ведомой конической шестерней *1*. Корпус дифференциала вращается в двух конических роликоподшипниках *18*. Между двумя чашками зажата крестовина *20*, на цапфах которой посажены сателлиты *15* с бронзовыми втулками. Сателлиты находятся в постоянном зацеплении с полуосевыми шестернями *21*. Сателлиты *15* и полуосевые шестерни *21* опираются по торцам на антифрикционные сферические и плоские пластины для снижения потерь на трение. Ступицы шестерен *21* внутренними шлицами соединены со шлицевыми хвостовиками полуосей *31*, на другом конце которых зафиксированы ведущие шестерни планетарных колесных передач.

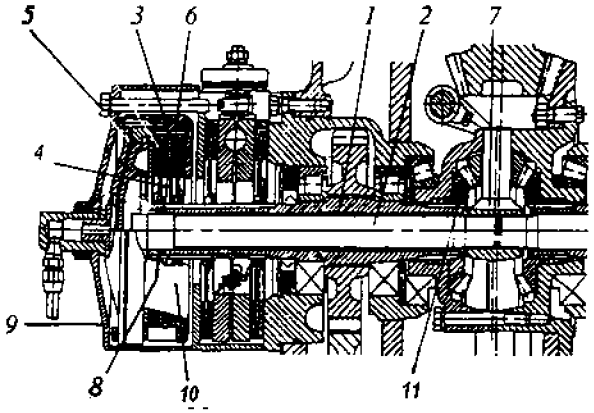


Рис. 3.56. Гидроуправляемая фрикционная муфта блокировки дифференциала: *1* – вал ведущей шестерни; *2* – вал блокировки; *3* – фрикционные диски муфты; *4* – стальные диски; *5* – болт; *6* – кожух; *7* – крестовина дифференциала; *8* – кольцо уплотнительное; *9* – кожух муфты; *10* – корпус муфты; *11* – полуосевая шестерня

Дифференциал может блокироваться зубчатой муфтой *4*. При перемещении муфты вправо внутренние шлицы муфты зацепляются с наружными шлицами чашки дифференциала *23*, блокируя полуосевую шестерню *21* на корпус дифференциала. Муфта блокировки дифференциала имеет кнопочное электропневматическое управление из кабины.

2.5.3.3. Межосевой дифференциал автомобиля КамАЗ-5320

Межосевой дифференциал автомобиля КамАЗ-5320 распределяет вращательное движение от вторичного вала коробки передач через карданную передачу между средним и задним ведущими мостами и обеспечивает различную частоту вращения колес этих мостов. Дифференциал собран в картере *6* (рис. 3.57). Корпус дифференциала состоит из передней *8* и задней *23* чашек, соединенных болтами *26*. На наружные шлицы хвостовика чашки *8* установлен фланец *3*, к которому прикреплена карданная передача.

На хвостовике задней чашки *23* выполнен зубчатый венец для соединения с зубчатой муфтой *20* блокировки дифференциала.

Внутри корпуса дифференциала вращаются два конических зубчатых колеса *22* и *25* привода соответственно среднего и заднего ведущих мостов. Зубчатое колесо внутренними шлицами *22* соединено со шлицевым хвостовиком ведущего конического зубчатого колеса главной передачи среднего ведущего моста, которое выполнено пустотелым. Внутри этого колеса проходит вал привода заднего ведущего моста. Одним шлицевым концом вал соединяется с внутренними шлицами зубчатого колеса *25*, а другим концом – с внутренними шлицами фланца карданной передачи, передающей вращение главной передаче заднего моста.

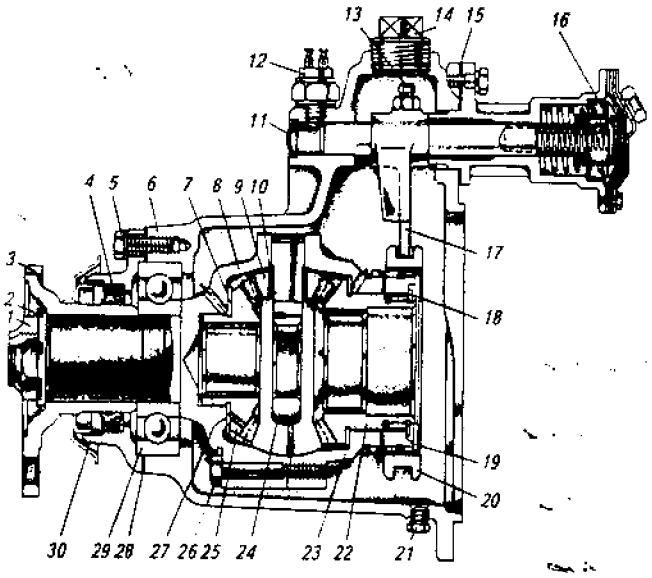


Рис. 3.57. Межосевой дифференциал автомобиля КамАЗ-5320: *1* – гайка крепления фланца; *2* – шайба; *3* – фланец; *4* – сальник; *5* – болт; *6* – картер; *7*, *10* – опорные шайбы; *8* – передняя чашка; *9* – сателлит с бронзовой втулкой; *11* – заглушка; *12* – выключатель; *13* – установочный винт; *14* – пробка заливного отверстия; *15*, *28* – прокладки; *16* – диафрагма; *17* – вилка; *18* – стопорное кольцо; *19* – внутренняя зубчатая муфта; *20* – муфта блокировки; *21* – пробка сливного отверстия; *22* – коническое зубчатое колесо привода среднего моста; *23* – задняя чашка; *24* – крестовина; *25* – коническое зубчатое колесо привода заднего моста; *26* – самостопорящийся болт; *27* – отверстие; *29* – шариковый подшипник; *30* – крышка подшипника

Конические зубчатые колеса *22* и *25* находятся в постоянном зацеплении с четырьмя сателлитами *9*, сидящими свободно на цапфах крестовины *24*. Под торцы всех зубчатых колес установлены опорные шайбы *7* и *10*.

Дифференциал имеет блокировку с пневматическим приводом. Механизм блокировки состоит из зубчатых муфт *19* и *20*, штока с вилкой *17*, диафрагменной камеры и крана управления. На наружные зубья хвостовика конического зубчатого колеса *22* надета и закреплена стопорным кольцом *18* внутренняя муфта *19*, на наружные зубья которой надета муфта *20* блокировки дифференциала.

При повороте ручки крана управления блокировкой воздух из пневматической системы по трубопроводам поступает в диафрагменную камеру. Под давлением воздуха диафрагма *16* прогибается и сжимает пружины. Под действием усилия сжатой пружины меньшего диаметра шток с вилкой *17* перемещает зубчатую муфту *20* блокировки дифференциала вперед (на рис. 3.57 влево). Муфта *20*, соединяясь шлицами с зубчатым венцом задней чашки *23*, блокирует межосевой дифференциал, т. е. препятствует вращению сателлитов вокруг своих осей, заставляя их вращать зубчатые колеса *22* и *25* с одинаковыми частотами вращения. При перемещении шток замыкает контакты выключателя *12*, включая тем самым контрольную лампу на щитке приборов.

При выключении блокировки диафрагменная камера сообщается с атмосферой, шток с вилкой *17* и муфта *20* возвращаются в начальное положение под действием возвратной пружины большего диаметра.

2.5.3.4. Конечные передачи

Конечные передачи предназначены для уменьшения частоты вращения и увеличения крутящего момента ведущих колес, а в некоторых случаях и для изменения дорожного просвета (в пропашных тракторах). Их устанавливают на всех тракторах и некоторых грузовых автомобилях большой грузоподъемности.

Конечная передача – это одно- или двухступенчатый редуктор, состоящий из цилиндрических зубчатых колес с постоянным зацеплением, или планетарный редуктор.

Например, конечная передача тракторов «Беларус» серий 1000, 1200 и 1500 представляет собой планетарный редуктор с прямозубыми цилиндрическими зубчатыми колесами. Солнечное зубчатое колесо *13* (рис. 3.58) закреплено на шлицах вала-торсиона *17* стопорным кольцом *20* и находится

в постоянном зацеплении с сателлитами *18*, которые вращаются на игольчатых подшипниках на осях *14*. Оси сателлитов жестко соединены с водилом *3*, которое закреплено на шлицах полуоси *7* заднего колеса болтом *9* и шайбой *11*. Водило и полуось вращаются на конических роликоподшипниках *4* и *5*, зазор (натяг) в которых регулируется набором прокладок *10*.

Сателлиты *18* одновременно зацепляются с внутренними зубьями неподвижного коронного колеса *1*, посаженного на шлицы ступицы *2*, прикрепленной винтами к рукаву *8*. Крутящий момент к солнечной шестерне *13* передается от главной передачи заднего моста через ведущую (не показана) и ведомую *16* шестерни бортовой передачи, шлицевую втулку *15* и вал-торсион *17*, которые соединены шлицами.

При вращении вала-торсиона *17* солнечное колесо *13* вращает сателлиты *18*, вынуждая их обкатываться по внутренним зубьям коронного колеса *1*, и вращать водило *3*, полуось *7* и ведущее колесо трактора.

Передаточное число планетарного редуктора:

$$И = Z_к / Z_с + 1 = 51 / 21 + 1 = 3{,}429$$

где $Z_к$ – число зубьев коронного колеса ($Z_к = 51$);

$Z_с$ – число зубьев солнечного колеса ($Z_с = 21$).

Очевидно, что планетарная коническая передача, имея компактную конструкцию, увеличивает крутящий момент на полуосях почти в 3,5 раза.

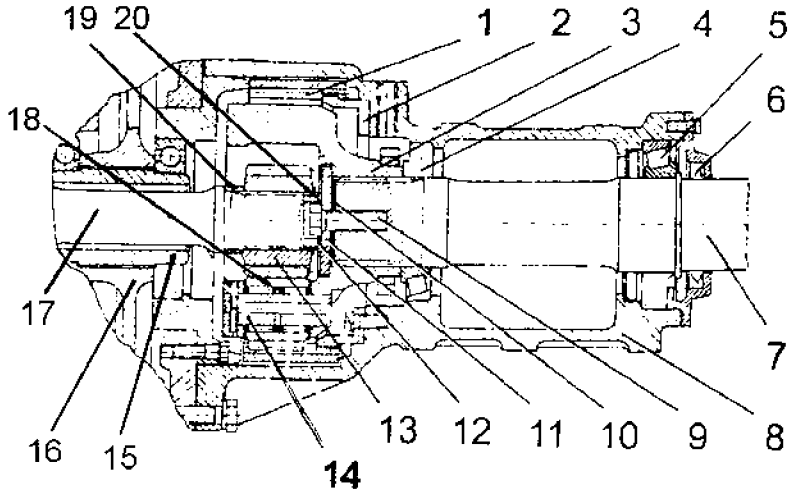


Рис. 3.58. Конечная передача тракторов «Беларус» серий 1000, 1200 и 1500: *1* – шестерня коронная; *2* – ступица коронной шестерни; *3* – водило; *4*, *5* – конические роликоподшипники; *6* – крышка; *7* – полуось; *8* – рукав; *9* – болт; *10* – прокладки регулировочные; *11* – шайба; *12* – пластина стопорная; *13* – шестерня солнечная; *14* – ось сателлита; *15* – втулка шлицевая; *16* – ведомая шестерня бортовой передачи; *17* – вал-торсион; *18* – сателлит; *19* – втулка; *20* – кольцо стопорное

2.5.4. Задний мост тракторов «Беларус-1222, -1222В, -1523, -1523В»

В корпусе заднего моста *2* (рис. 3.59) смонтирован дифференциал *21* с ведомой шестерней *5* главной передачи, с которой постоянно зацепляется ведущая коническая шестерня *3* выходного вала коробки передач *4*. Вращение от шестерни *3* через главную передачу и дифференциал передается ведущим шестерням *6*, *23* бортовой передачи и ведомым шестерням *16*, *17* соответственно. От ведомых шестерен *16*, *17* бортовых передач приводятся во вращение валы-торсионы *15*, шестерни планетарных редукторов *11*, *18* и полуоси *13*, *20* ведущих колес. Вращение от шестерен *16*, *17* к валам-торсионам осуществляется через шлицевые втулки *15*, имеющие наружные и внутренние шлицы.

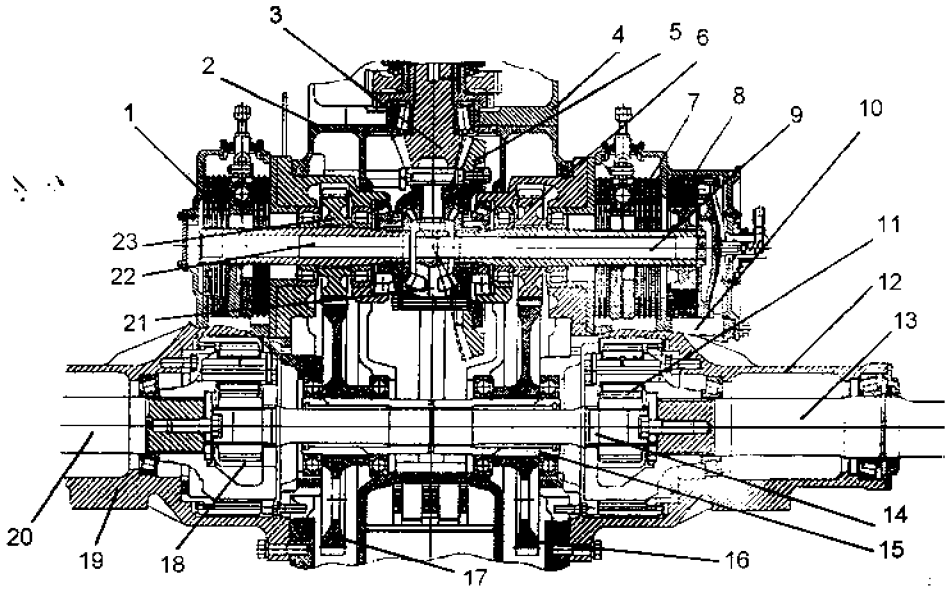


Рис. 3.59. Задний мост тракторов «Беларус-1222, -1222В, -1523, -1523В»: *1* – многодисковый «мокрый» рабочий тормоз; *2* – корпус заднего моста; *3* – ведущая коническая шестерня главной передачи; *4* – корпус коробки передач; *5* – ведомая коническая шестерня главной передачи; *6* – ведущая шестерня бортовой передачи; *7* – многодисковый «мокрый» рабочий тормоз; *8* – многодисковая «мокрая» муфта блокировки межколесного дифференциала; *9* – вал блокировки дифференциала; *10* – корпус тормоза; *11* – планетарный редуктор конечной передачи (см. рис. 3.58); *12* – рукав правый; *13* – полуось правая ведущего колеса; *14* – вал-торсион; *15* – втулка шлицевая; *16, 17* – ведомая шестерня бортовой передачи; *18* – планетарный редуктор; *19* – рукав левый; *20* – полуось левая ведущего колеса; *21* – дифференциал; *22* – вал ведущей шестерни бортового редуктора; *23* – шестерня ведущая

2.5.5. Передние ведущие мосты (ПВМ)

2.5.5.1. Общие сведения

Отличительной особенностью конструкции передних ведущих мостов универсально-пропашных тракторов является наличие «портала», т. е. возвы-

шения полуосей балки ПВМ над осями ведущих колес. Такие ПВМ называют *портальными* (рис. 3.60, *а*).

Тракторы общего назначения, как правило, не имеют портала, т. е. полуоси балки ПВМ и оси колес располагаются в линию и такие ПВМ носят название *аксиальных* (рис. 3.60, *б*).

Передние ведущие мосты автомобилей являются, как правило, аксиальными и имеют унифицированные с задними мостами главную передачу и дифференциал, но отличаются от задних наличием поворотных кулаков и шарниров равных угловых скоростей. Это относится и к тракторам Т-150К и К-701.

В семействе тракторов «Беларус» находят применение ПВМ портального типа с разной высотой «портала» (тракторы серий 500, 800, 900, 1000, 1200, 1500) и ПВМ аксиального типа («Беларус-2822ДЦ», «Беларус-3022ДВ», «Беларус-3022.1»).

По конструкции редукторов конечных передач ПВМ разделяются на два типа:

– ПВМ с коническими зубчатыми передачами редукторов конечных передач;

– ПВМ с планетарно-цилиндрическими редукторами конечных передач.

В ПВМ с планетарно-цилиндрическими редукторами в качестве шарниров равных угловых скоростей применяется сдвоенный карданный (универсальный) шарнир.

В ПВМ с коническими редукторами конечных передач роль поворотных шарниров выполняют конические зубчатые передачи редукторов.

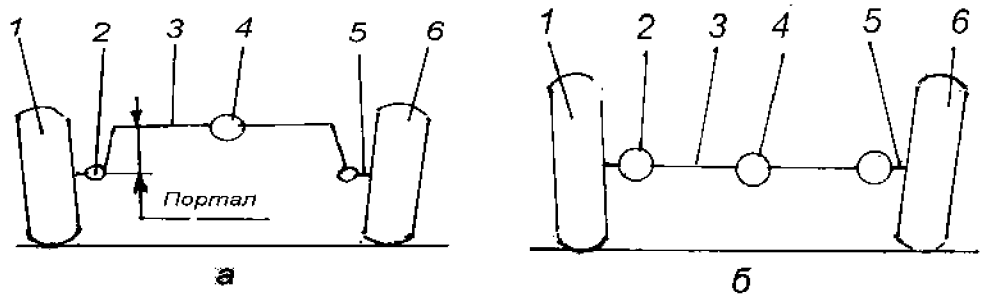


Рис. 3.60. Схемы ПВМ: *а* – портальный; *б* – аксиальный; *1*, *6* – переднее ведущее и управляемое колесо; *2* – шаринир равных угловых скоростей; *3* – балка ПВМ (полуоси); *4* – ось качания балки ПВМ; *5* – ось колеса

2.5.5.2. ПВМ С КОНИЧЕСКИМИ ЗУБЧАТЫМИ ПЕРЕДАЧАМИ РЕДУКТОРОВ

ПВМ трактора «Беларус-820» состоит из главной передачи, дифференциала, полуосей, вертикальных валов и ведомых конических шестерен конечной

передачи, образующих верхние и нижние конические пары колесных конических редукторов.

Корпус *7* (рис. 3.61) ПВМ соединен с передним брусом (поперечиной) трактора двумя соосными полыми осями, на которых мост вместе с колесами может качаться в поперечной плоскости трактора.

Главная передача – пара конических зубчатых колес *6* и *12* со спиральными зубьями. Ведущее колесо *12* установлено в стакане на двух конических роликовых подшипниках. Ведомое коническое зубчатое колесо *6* установлено на шлицах и центрирующем пояске корпуса дифференциала и зафиксировано гайкой от осевого смещения.

Дифференциал самоблокирующийся, повышенного трения. Корпус *11* дифференциала вращается в двух конических роликовых подшипниках *5*, установленных в рукавах *4* переднего моста. В корпусе дифференциала расположены две пары сателлитов *9* на двух плавающих осях *8*, две конические полуосевые шестерни привода полуосей *2*, нажимные чашки, фрикционные ведущие и ведомые диски.

Дифференциал работает следующим образом. Когда трактор движется прямолинейно по ровной поверхности и ведущие колеса испытывают одинаковое сопротивление, он работает как обычный дифференциал (рис. 3.62, *I*).

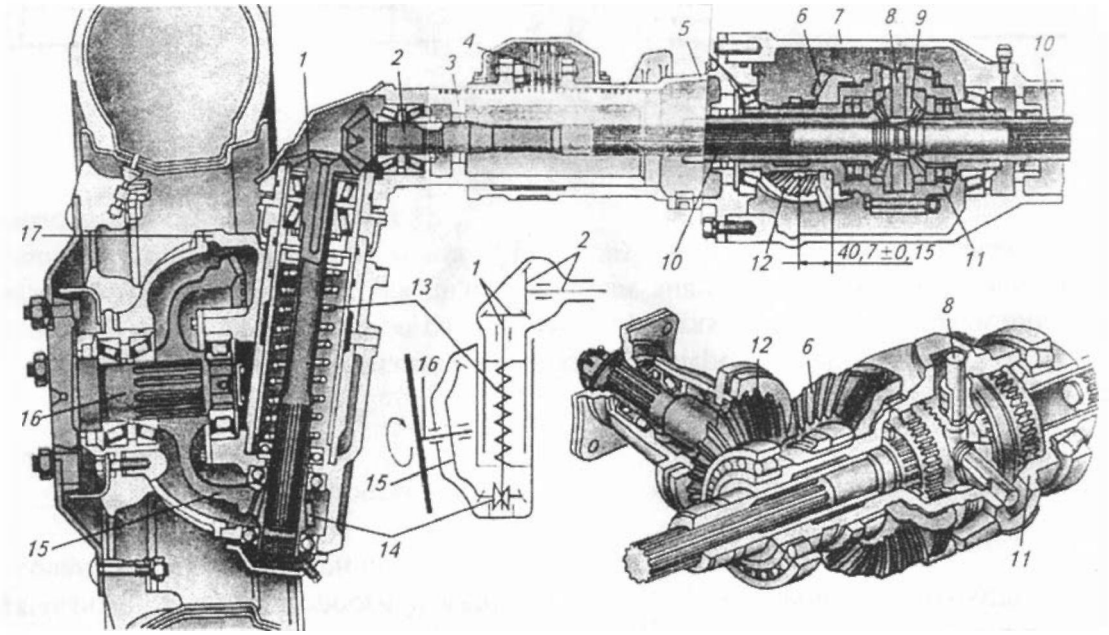


Рис. 3.61. ПВМ с коническими редукторами конечных передач трактора «Беларус-820»: *1* – вертикальный вал; *2* – вал ведущего колеса; *3* – выдвижной корпус; *4* – червяк; *5* – крышка корпуса; *6* – ведомое зубчатое колесо главной передачи; *7* – корпус переднего моста; *8* – ось; *9* – сателлит; *10* – шлицевая ступица конического зубчатого дифференциала; *11* – корпус дифференциала; *12* – ведущее коническое зубчатое колесо главной передачи; *13* – пружина; *14* – ведущее коническое зубчатое колесо конечной передачи; *15* – ведомое коническое зубчатое колесо конечной передачи; *16* – фланец диска колеса; *17* – корпус редуктора

При включении дифференциала в работу (разное сопротивление вращению ведущих колес при прямолинейном движении трактора) плавающие оси *3* сателлитов под нагрузкой перемещаются по пазам-скосам (рис. 3.62, *II*) в корпусе дифференциала на величину зазора между фрикционными дисками *7* и *8*. От осей *3* усилие передается на сателлиты *4*, которые нажимают на чашки *6*, а те, в свою очередь, сжимают диски *7* и *8* до упора в корпус. При этом крутящий момент будет передаваться не только через зубья сателлитов, но и через сжатые диски за счет сил трения.

При повороте трактора с включенным передним мостом, когда внешние силы превысят силы трения между фрикционными дисками, они начинают пробуксовывать, не мешая повороту. Полуось *2* (рис. 3.61) шлицевым хвостовиком соединена со шлицевой ступицей *10* полуосевой шестерни дифференциала. Коническое зубчатое колесо, изготовленное как одно целое с полуосью *2*, зацепляется с таким же зубчатым колесом вертикального вала *1* колесного редуктора. Полуось вращается в двух конических роликоподшипниках, установленных в выдвижных корпусах 3.

Вертикальный вал *1* шлицевым хвостовиком соединен с ведущим коническим зубчатым колесом *14* конечной передачи. Он вращается в двух конических роликовых подшипниках, опираясь на них. Вал размещен в расточке трубы шкворня.

Фланец трубы посадочной частью вставляют в расточку рукава *4* и крепят к нему болтами вместе с корпусом уплотнения. Труба опирается на пружину *13* подвески и входит в гильзу шкворня, запрессованную в корпус *17* редуктора. Нижний конец пружины упирается в стакан шарикового подшипника, установленного в корпусе *17* редуктора, что обеспечивает подрессоривание переднего моста.

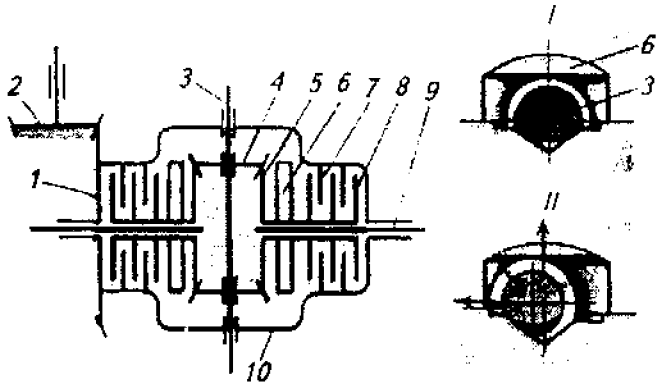


Рис. 3.62. Схема самоблокирующегося дифференциала ПВМ: *1*, *2*, *5* – конические зубчатые колеса; *3* – ось; *4* – сателлит; *6* – чашка; *7* – ведущий диск; *8* – ведомый диск; *9* – вал ведущего колеса; *10* – корпус; *I* – дифференциал не заблокирован; *II* – дифференциал заблокирован

Нижняя коническая пара зубчатых колес (конечная передача) состоит из ведущего зубчатого колеса *14*, установленного на двух шариковых подшипниках в корпусе *17*, и ведомого конического зубчатого колеса *15*, установленного на шлицах фланца *16*, к которому болтами и гайками крепят диск колеса. Фланец диска установлен на двух конических и одном цилиндрическом роликовых подшипниках.

Передний ведущий мост приводится в действие от вторичного вала коробки передач через промежуточную шестерню привода ПВМ, шестерню муфты свободного хода раздаточной коробки (рис. 3.42) и карданный привод.

Как рассмотрено ранее (п. 2.4.8.), с помощью механически управляемой зубчатой муфты ПВМ может быть выключен, включен принудительно или включен (выключен) в автоматическом режиме в зависимости от буксования задних колес.

2.5.5.3. Портальный ПВМ с планетарно-цилиндрическими редукторами

ПВМ с планетарно-цилиндрическими редукторами является стандартной составной частью всех энергонасыщенных тракторов «Беларус» и по заказу может быть установлен на тракторы «Беларус» средней мощности серий 500, 800, 900.

В качестве примера рассмотрим портальный ПВМ энергонасыщенных тракторов «Беларус-1221, -1221В».

ПВМ состоит из балки *18*, *28*, *29* (рис. 3.63) с установленной в ней главной передачей *1*, *19* и редукторов конечных передач планетарно-цилиндрического типа, вращение к которым передается от полуосевых валов *17* через сдвоенный карданный шарнир *16*.

Балка состоит из корпуса *28* с прикрепленными к нему рукавами *18*, *29*. В расточках рукавов установлены конические роликоподшипники *7* шкворней, соединенные с проушинами корпусов *8* специальными осями шкворней *5*, *14*. Торсионные (полуосевые) валы *17*, *30* посредством шлицевых соединений связаны с полуосевыми шестернями *18а*, *31* и со скользящей вилкой сдвоенного универсального шарнира *16*, размещенного в обойме с биметаллической втулкой. Уплотнение рукава в зоне скользящей втулки осуществляется манжетами и уплотнительным кольцом. Сдвоенный шарнир *16* передает крутящий момент при различных угловых положениях корпусов редукторов *8* и обеспечивает равные угловые скорости полуосевых валов и ведущих шестерен редуктора.

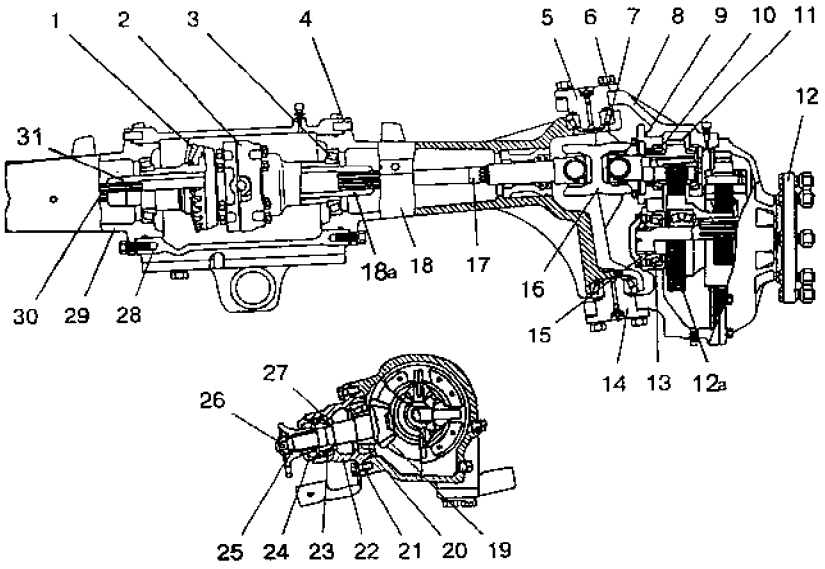


Рис. 3.63. ПВМ портального типа с планетарно-цилиндрическими редукторами тракторов «Беларус-1221, -1221В»: *1* – коническая ведомая шестерня; *2* – дифференциал; *3*, *7*, *10*, *13*, *20*, *23* – конический роликоподшипник; *4*, *6*, *9*, *21* – регулировочные прокладки; *5*, *14* – ось поворотного шкворня; *8* – корпус редуктора, *11* – ведущая шестерня; *12* – фланец, *12а* – шестерня; *15* – гайка; *16* – сдвоенный универсальный шарнир; *17*, *30* – вал полуосевой; *18*, *29* – рукав; *19* – коническая ведущая шестерня; *22* – стакан ведущей шестерни; *24* – манжета; *25* – фланец; *26* – гайка; *27* – регулировочные шайбы; *28* – корпус ПВМ; *18а*, *31* – шестерня полуосевая

Конструкция *главной передачи и самоблокирующегося дифференциала повышенного трения* идентична конструкции, описанной в п. 2.5.5.2. «ПВМ с коническими редукторами конечных передач».

Планетарно-цилиндрический редуктор передает и увеличивает крутящий момент от дифференциала ПВМ при различных углах поворота передних колес.

Редуктор (рис. 3.64.) состоит из сдвоенного карданного шарнира, цилиндрической *5*, *23* и планетарной *23*, *25*, *3* передач, шкворневого соединения и рычагов управления поворотом передних колес. Сдвоенный шарнир *17* посредством вала *14* соединен с одной стороны с дифференциалом ПВМ, а с другой – с ведущей шестерней *5* цилиндрической передачи, установленной на конических роликоподшипниках *7*. Ведущая шестерня зацепляется с блоком шестерен *23*, один из венцов которого через сателлиты *25*, оси *26* и водило планетарной передачи *27* приводит во вращение фланец *19*, опирающийся на конические роликоподшипники *2*, *29*, регулируемые гайкой *18*. С помощью шпилек и гаек к фланцу *19* крепится диск колеса.

Шкворневое соединение образовано верхней и нижней осями *9*, *20* и коническими роликоподшипниками *11*, соединяющими расточки корпуса *6* и рукава *13*. Сдвоенный карданный шарнир позволяет поворачивать корпус редуктора и передние колеса на угол 39° ± 1°.

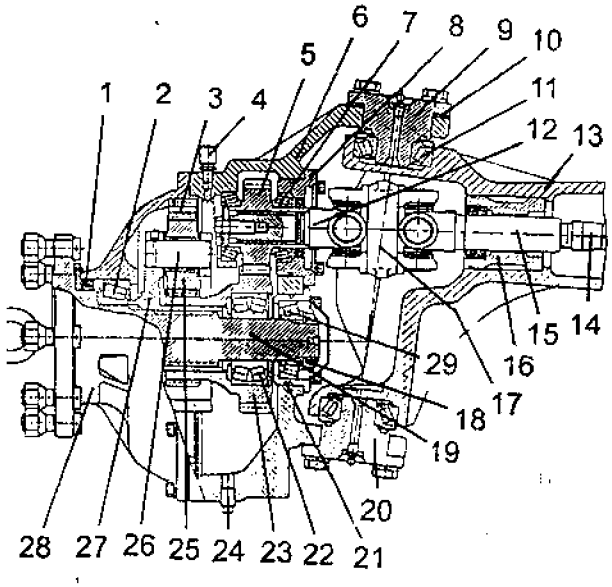


Рис. 3.64. Планетарно-цилиндрический редуктор ПВМ трактора «Беларус-1221, -1221В»: *1* – манжета; *2*, *29* – конический роликоподшипник; *3* – коронная шестерня; *4* – сапун; *5* – шестерня ведущая; *6* – корпус; *7* – конический роликоподшипник; *8* – стакан; *9* – ось шкворня; *10* – прокладки регулировочные; *11* – конический роликоподшипник; *12* – вилка; *13* – рукав; *14* – вал торсионный (полуосевой); *15* – вилка шлицевая; *16* – обойма с манжетами, кольцом и втулкой; *17* – сдвоенный шарнир; *18* – гайка; *19* – фланец; *20* – ось шкворня; *21* – стакан; *22* – сферический роликоподшипник; *23* – шестерня двухвенцовая; *24* – сливная пробка; *25* – сателлит; *26* – ось сателлита; *27* – водило; *28* – крышка корпуса

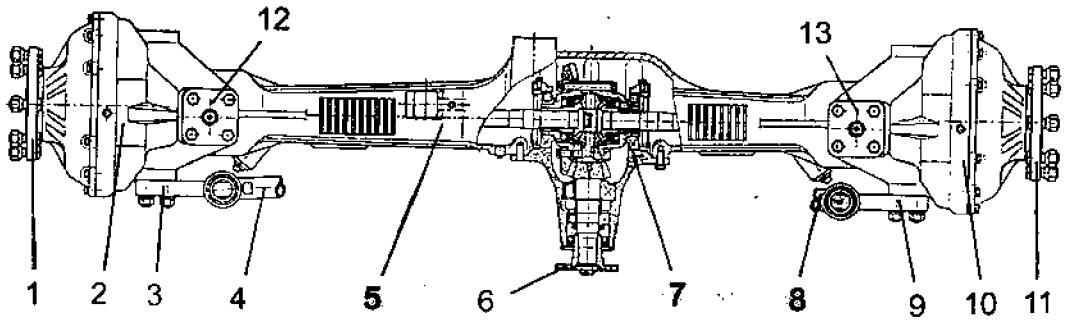


Рис. 3.65. ПВМ с цельнолитой балкой тракторов «Беларус-1523, -1523В, -2022, -2022В»: *1*, *11* – фланец диска переднего колеса; *2*, *10* – планетарно-цилиндрический редуктор; *3*, *9* – рычаг; *4*, *8* – гидроцилиндр рулевого управления; *5* – балка цельнолитая; *6* – фланец ведущей шестерни главной передачи; *7* – центральный редуктор; *12*, *13* – ось шкворня

2.5.5.4. Портальный ПВМ с цельнолитой балкой и центральным редуктором

Тракторы «Беларус» серий 1500 и 2000 комплектуются ПВМ повышенной жесткости и прочности, состоящим из цельнолитой балки *5* (рис. 3.65), в которой центральный корпус и рукава представляют собой единую монолитную конструкцию. В центральной части балки смонтирован центральный

редуктор *7*, в котором установлены шестерни главной передачи, дифференциал и подшипники дифференциала.

Центральный редуктор, отдельно собранный и отрегулированный, собирается с балкой ПВМ и крепится к ней болтами.

Планетарно-цилиндрические редукторы конечных передач *2*, *10* соединяются с балкой ПВМ *7* с помощью осей шкворней *12*, *13* и конических роликоподшипников. К балке ПВМ крепятся кронштейны двух рулевых гидроцилиндров, обеспечивая поворот передних колес через рычаги *3*, *9*, шарнирно соединенные со штоками гидроцилиндров *4*, *8*.

В корпусе *6* (рис. 3.66) центрального редуктора смонтированы конические шестерни *12*, *55* главной передачи и самоблокирующийся дифференциал повышенного трения, включающий в себя полуосевые шестерни *23*, чашки дифференциала *15*, диски *16*, *17*, сателлиты *22*, оси сателлитов *20*, установленные в коробках *13*, *14*, стянутые болтами *5*.

Самоблокирующийся дифференциал автоматически соединяет оба полуосевых вала *9*, *21* в одно целое при раздельном буксовании передних колес. Под действием осевых сил чашки *15* сжимают диски *16*, *17*, замыкая полуосевые шестерни на коробки дифференциала. Происходит блокировка дифференциала при прямолинейном движении. При повороте трактора внешние силы превышают трение в дисках, которые пробуксовывают, и дифференциал разблокируется.

Натяг подшипников *2*, *4* ведущей шестерни главной передачи регулируют путем подшлифовки дистанционной втулки *3* и затяжкой гайки *1* требуемым моментом. Натяг в подшипниках *11*, *24* и зацепление шестерен *12*, *25* главной передачи регулируют гайками *7*, *19* со стопорными пластинами *18* и болтами *10*.

Планетарно-цилиндрические редукторы ПВМ с цельнолитой балкой имеют незначительные отличия в передаточных числах цилиндрических шестерен и конструкции зубчатой передачи к планетарному ряду.

ПВМ энергонасыщенных тракторов «Беларус» приводятся от шестерни вторичного вала КП через многодисковую фрикционную электрогидроуправляемую муфту *16* (рис. 3.35) и карданную передачу. С помощью трехпозиционной клавиши, электрически соединенной с электрогидрораспределителем управления фрикционной муфтой ПВМ, можно активировать три режима работы ПВМ:

– ПВМ выключен;

– ПВМ включается и выключается автоматически;

– ПВМ включен принудительно.

2.5.5.5. Аксиальный ПВМ с цельнолитой балкой тракторов «Беларус-2822ДЦ», «Беларус-3022ДВ»

Аксиальный ПВМ состоит из цельнолитой балки *14* (рис. 3.67), центрального редуктора *15* (рис. 3.66), сдвоенных карданных шарниров *36*, *37*, *42*, *43*, полуосевых валов *12* и планетарных колесных редукторов *1*, *48–61*.

Центральный редуктор *15* установлен в корпус ПВМ *14* на двух штифтах *26* и крепится к нему болтами *21*. Для уплотнения стыка корпуса и центрального редуктора применяется жидкая прокладка (LOCTITE 5900). Крутящий момент от центрального редуктора *15* к солнечным шестерням *55* колесных редукторов передается полуосевыми валами *12* и сдвоенными карданными шарнирами *36*, *37*, *42*, *43*.

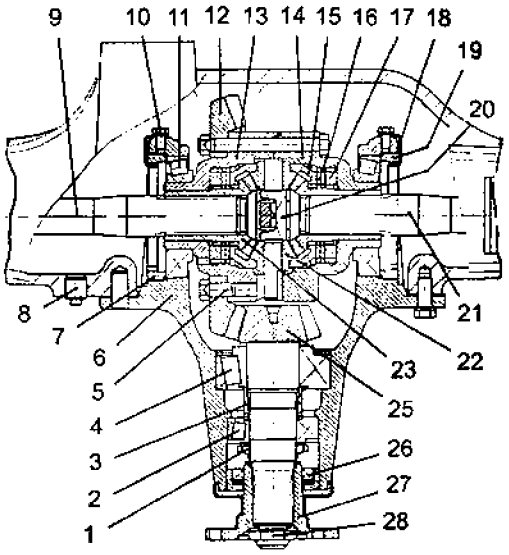


Рис. 3.66. Центральный редуктор ПВМ с цельнолитой балкой: *1* – гайка; *2*, *4* – конический роликоподшипник; *3* – дистанционная втулка; *5* – болт; *6* – корпус; *7*, *19* – гайка регулировочная; *8* – контрольно-заливная пробка; *9*, *21* – полуосевой вал; *10* – болт стопорный; *11*, *24* – конический роликоподшипник; *12* – шестерня ведомая; *13*, *14* – коробка дифференциала; *15* – чашка; *16*, *17* – диски; *18* – стопорная пластина; *20* – ось; *22* – сателлит; *23* – шестерня полуосевая; *25* – шестерня ведущая; *26* – манжета; *27* – фланец; *28* – гайка

Сдвоенный карданный шарнир состоит из вилок *36* и *43*, соединенных со сдвоенной вилкой *37* двумя крестовинами *42* с игольчатыми подшипниками. Шарнир установлен в корпусе переднего моста на двух шариковых подшипниках *9* и *11*, между которыми установлена дистанционная втулка *10*.

Для предотвращения вытекания масла из корпуса ПВМ по вилке карданного шарнира *36* служит обойма *8* с установленными в ней уплотнением *35* и резиновыми кольцами *7*. В корпусе моста *14* сдвоенный карданный шарнир фиксируется стопорным кольцом *31* и стопорными винтами *45*.

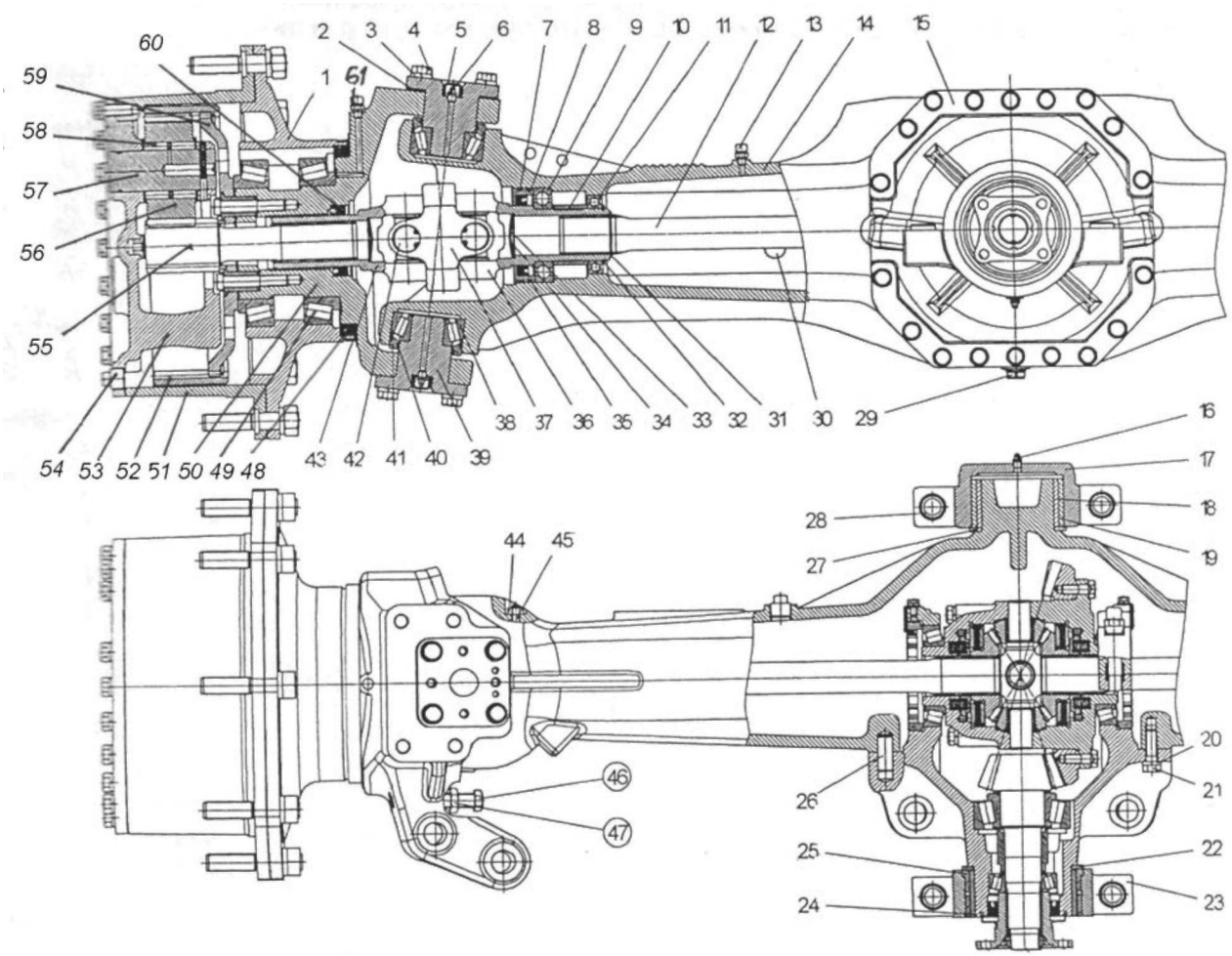


Рис. 3.67. Аксиальный ПВМ тракторов «Беларус-2822ДЦ», «Беларус-3022ДВ»: *1* – ступица колесного редуктора; *2* – регулировочная прокладка; *3* – пружинная шайба; *4* – болт; *5* – колпачок; *6* – масленка; *7* – кольцо; *8* – обойма; *9* – подшипник; *10* – втулка; *11* – подшипник; *12* – полуосевой вал; *13* – сапун; *14* – балка; *15* – центральный редуктор; *16* – масленка; *17* – бугель; *18*, *19* – втулка; *20* – пружинная шайба; *21* – болт; *22* – шайба; *23* – бугель; *24*, *25* – втулка; *26* – штифт; *27* – шайба; *28* – втулка; *29*, *30* – пробка; *31*, *32* – стопорное кольцо; *33* – заглушка; *34* – прокладка; *35* – уплотнение; *36*, *43* – вилка шарнира; *37* – вилка сдвоенная; *38* – подшипник; *39* – ось; *40* – кольцо; *41* – обойма; *42* – крестовина с подшипниками; *44* – контргайка; *45* – винт; *46* – болт регулировочный; *47* – контргайка; *48* – кассетная манжета; *49* – конический роликоподшипник; *50* – кулак поворотный; *51* – корпус; *52* – коронная шестерня; *53* – водило; *54* – пробка; *55* – солнечная шестерня; *56* – сателлит; *57* – ось; *58* – ролик; *59* – диск; *60* – манжета; *61* – сапун

Полуосевой вал *12* с двухсторонними шлицами установлен между сдвоенным шарниром и дифференциалом, расположенным в центральном редукторе. Для предотвращения вытекания масла по шлицам полуосевого вала из балки ПВМ в вилке *36* сдвоенного шарнира установлена заглушка *33* и прокладка *34*.

Планетарные колесные редукторы *1*, *48–61* соединены с корпусом ПВМ с помощью осей *39* и могут поворачиваться относительно балки ПВМ на двух подшипниках *38*. Соединение осей с поворотным кулаком колесного редук-

тора осуществляется с помощью болтов *4*. Для регулировки угла поворота колесных редукторов служат болты *46* и контргайки *47*.

Смазка верхних и нижних шкворневых осей *39* осуществляется через масленки *6* (установлены на осях). От попадания грязи масленки защищены резиновыми колпачками *5*. Для предотвращения попадания грязи к подшипникам шкворня в корпусе ПВМ установлены обоймы *41* с кольцами *40*. Регулировка натяга подшипников *38* шкворня осуществляется регулировочными прокладками *2*, установленными под фланцами верхних осей *39*.

Корпус переднего моста и колесные редукторы снабжены сапунами *13*, *61* соответственно, поддерживающими нормальное давление в полостях балки и редукторов ПВМ. Для предотвращения течей масла по уплотнениям ПВМ, требуется регулярно производить очистку сапунов от грязи.

Главная передача и дифференциал смонтированы в одном блоке – центральном редукторе *15* и состоит из пары конических шестерен с круговым зубом и конического самоблокирующегося дифференциала повышенного трения со смещенной характеристикой блокирующих свойств, которые проявляются только при работе трактора с высокими тяговыми нагрузками (пахота и др.). При движении трактора по дорогам общего пользования блокировка не срабатывает.

Планетарный колесный редуктор *1*, *48–61* смонтирован на поворотном кулаке *50*. Ведущей шестерней планетарного ряда колесного редуктора является солнечная шестерня *55*, ведомой частью, связанной с колесом трактора – водило *53* с тремя сателлитами *56*, а заторможенной шестерней, воспринимающей реактивный момент, служит эпициклическая шестерня *52*. Солнечная шестерня является плавающей между зубьями трех сателлитов, а ее шлицевой хвостовик соединен с вилкой *43* сдвоенного карданного шарнира, имеющей возможность перемещаться. При вращении ведущей солнечной шестерни *55* вращается ведомый узел редуктора, состоящий из сателлитов *56*, осей *57*, водила *53*, корпуса *51* и ступицы *1*. Вся ведомая часть вместе с колесом вращается на конических роликоподшипниках *49*.

Передаточное число колесного редуктора равно 6,54. Общее передаточное число ПВМ составляет: $i_{ПВМ} = 6{,}54 \cdot 3{,}40 = 22{,}236$.

2.5.6. Возможные неисправности и техническое обслуживание

В процессе эксплуатации тракторов и автомобилей возможно появление шумов, стуков, повышенного нагрева. Причины таких неисправностей: неправильное зацепление шестерен главной передачи, верхних и нижних

конических пар ПВМ; разрегулировка конических роликоподшипников; повышенный боковой зазор в зацеплении шестерен; низкий уровень масла в корпусах; повреждения зубьев; применение нерекомендованных изготовителем масел.

Необходимо строго выполнять регламент технического обслуживания по замене масел, контролю уровня масла и своевременной корректировке уровня. При появлении шумов необходимо проверить и отрегулировать люфты (натяги) в подшипниках; боковой зазор в зацеплении и положение пятна контакта зубьев конических шестерен главной передачи и конических пар ПВМ.

2.6. Ведущие мосты гусеничных тракторов. Механизмы поворота

2.6.1. Общие сведения

Ведущие мосты гусеничных тракторов состоят из главной передачи, механизмов поворота, тормозов, валов ведущих колес (звездочек) и конечных передач.

Главная передача гусеничных тракторов одинарная и состоит из пары конических зубчатых колес, причем, как правило, ведущее зубчатое колесо и вторичный вал коробки передач представляют собой единое целое.

Механизмы заднего моста размещены в корпусе, разделенном перегородками на три отсека. В среднем отсеке размещено ведомое коническое зубчатое колесо главной передачи, которое устанавливают на планетарный механизм поворота (тракторы ДТ-75Д, ДТ-75МВ, ДТ-175С, ВТ-100Н, ВТ-100Д, Т-4А) или на вал главной передачи (тракторы Т-70С, Т-130М). Так, в тракторе Т-70С ступица ведомого зубчатого колеса *8* (рис. 3.68) главной передачи установлена на шлицах вала *15* заднего моста и вращается в двух конических роликовых подшипниках, установленных в стаканах *6* и *9*, которые закреплены в расточках перегородок корпуса заднего моста. Осевой зазор в подшипниках регулируют, изменяя число прокладок *4* одинаковой толщины под фланцами стаканов *6* и *9*.

Механизмы поворота предназначены для осуществления плавного или крутого поворота, а также торможения гусеничного трактора. Плавный поворот происходит при прекращении передачи вращательного движения той ведущей звездочке, в сторону которой поворачивается трактор. Крутой по-

ворот происходит при торможении остановочным тормозом отключенной гусеничной цепи.

В качестве механизма поворота используют планетарные механизмы или фрикционные сухие многодисковые муфты с ленточными тормозами.

Конечные передачи дополнительно уменьшают частоту вращения ведущих звездочек и представляют собой одноступенчатый, двухступенчатый или планетарный редуктор.

2.6.2. Механизм поворота трактора Т-70С

Механизм поворота трактора Т-70С представляет собой две сухие фрикционные многодисковые постоянно замкнутые муфты, которые передают значительные крутящие моменты на конечные передачи и звездочки трактора.

Муфты поворота расположены в крайних сухих отсеках заднего моста. Ведущая часть муфты – барабан *12* (рис. 3.68), установленный на шлицах ведущего вала *15*. Ступица барабана упирается в распорную втулку *2* и фиксируется в этом положении болтом со стопорной шайбой *14*. На наружной цилиндрической поверхности барабана *12* сделаны продольные канавки, в которые установлены внутренними зубцами тонкие стальные ведущие диски *16*. К торцу ведущего барабана с одной стороны прикреплен болтами фланец барабана.

Между ведущими дисками размещены ведомые диски *18*, фрикционные накладки с обеих сторон которых выполнены из порошковых (металлокерамических) материалов. Наружные зубья ведомых дисков входят в канавки наружного ведомого барабана *17*, который прикреплен к фланцу ведущего вала бортового редуктора (конечной передачи).

Ведущие и ведомые диски зажаты между фланцем ведущего барабана и нажимным диском *13* шестью двойными пружинами, одетыми на дистанционные втулки. Внутри дистанционных втулок проходят болты, которыми соединены нажимной *13* и отжимной *11* диски муфты. Нажимные пружины одним концом через регулировочные прокладки упираются в отжимной диск *11*, а другим концом – в ведущий барабан *12* через термоизоляционные шайбы. Ведущие и ведомые диски сжаты пружинами, и вращение с ведущего вала *15* передается ведомому барабану *17* и ведущему валу конечной передачи. В этом положении трактор движется прямолинейно.

При повороте трактора выключают соответствующую муфту поворота. Для этого поворачивают рычаг *3*, который через двуплечий рычаг и хомут пе-

ремещает отводку с отжимным подшипником, который перемещает отжимной диск *11*, сжимает пружины и освобождает пакет фрикционных дисков; муфта поворота выключается, и вращение на ведущую звездочку не передается.

При крутом повороте необходимо затормозить ведомый барабан муфты, а, следовательно, и конечную передачу с ведущей звездочкой. Для этого наружные поверхности барабанов *17* охватываются тормозными лентами *1* с фрикционными накладками. При нажатии на педаль тормоза тормозная лента затягивается и ведомый барабан затормаживается.

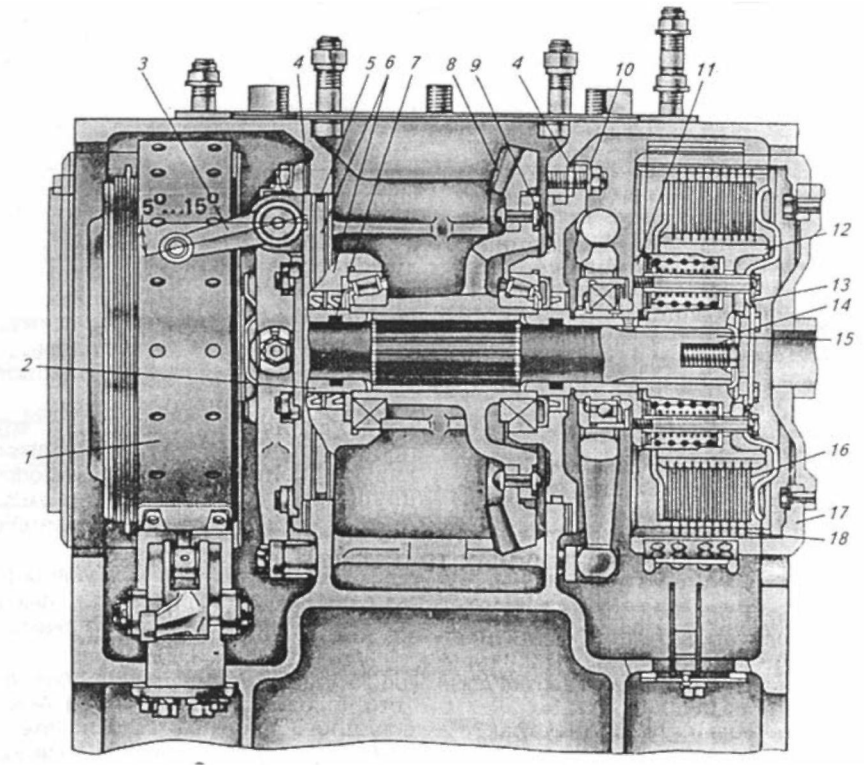


Рис. 3.68. Задний мост трактора Т-70С: *1* – тормозная лента; *2* – распорная втулка; *3* – рычаг муфты поворота; *4* – регулировочные прокладки; *5*, *7* – уплотнительные кольца; *6* – левый стакан подшипника; *8* – ведомое зубчатое колесо главной передачи; *9* – правый стакан подшипника; *10* – стопорная шайба; *11* – отжимной диск; *12* – ведущий барабан муфты поворота; *13* – нажимной диск; *14* – стопорная шайба; *15* – вал заднего моста; *16* – ведущий диск; *17* – ведомый барабан муфты поворота; *18* – ведомый диск

2.6.3. Механизм поворота тракторов ДТ-75МВ, ДТ-75Д, ДТ-175С, ВТ-100

Механизм поворота представляет собой планетарный редуктор. Ведомое коническое зубчатое колесо *20* (рис. 3.69) главной передачи выполнено в виде венца и прикреплено болтами к фланцу коронного зубчатого колеса *3* планетарного механизма. Между ними вставлены стальные регулировочные

прокладки *21*. Коронное колесо *3* опирается на два шариковых подшипника *4*, наружные обоймы которых запрессованы в его расточки, а внутренние обоймы установлены на стаканах *1*. Последние прикреплены болтами к перегородкам корпуса заднего моста.

На внутренней поверхности коронного зубчатого колеса имеются два зубчатых венца. В постоянном зацеплении с каждым зубчатым венцом коронного *3* и солнечного *16* колес находятся три сателлита *18*. Сателлиты вращаются в игольчатых подшипниках осей *17*, запрессованных в двух корпусах, называемых водилами *2*. С обеих сторон каждого сателлита установлены стальные шайбы, ограничивающие его перемещение и износ торцов водила. Оси сателлитов от смещений удерживаются штифтами.

Со ступицами солнечных зубчатых колес *16* жестко соединены болтами ступицы шкивов *7* тормозов, которые заторможены лентами *15* под действием пружин *6*.

В шлицевые ступицы водил вставлены шлицевые хвостовики валов *10* правой и левой конечных передач. Наружные шлицевые хвостовики этих валов соединены с ведущими зубчатыми колесами *11* конечных передач.

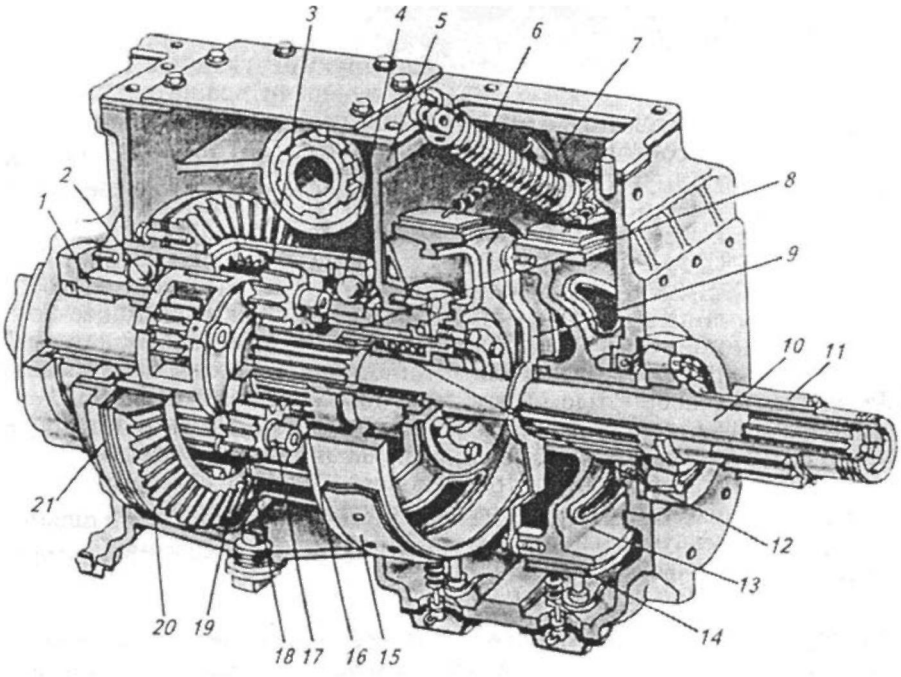


Рис. 3.69. Задний мост трактора ДТ-175С: *1* – стакан подшипника; *2* – водило; *3* – коронное зубчатое колесо; *4* – шариковый подшипник; *5* – корпус заднего моста; *6* – пружина тормоза солнечного зубчатого колеса; *7* – шкив тормоза солнечного зубчатого колеса; *8* – бронзовая втулка; *9* – замковая пластина; *10* – ведущий вал; *11* – ведущее зубчатое колесо конечной передачи; *12* – уплотнительное устройство; *13* – шкив остановочного тормоза; *14*, *15* – тормозные ленты; *16* – солнечное зубчатое колесо; *17* – ось; *18* – сателлит; *19* – маслоуспокоитель; *20* – ведомое коническое зубчатое колесо главной передачи; *21* – регулировочные прокладки

На внутренний шлицевой конец ведущего зубчатого колеса *11* конечной передачи установлен шкив *13* остановочного тормоза. Осевое смещение шкива ограничено замковыми пластинами *9*.

Все шкивы охватываются тормозными лентами *14* и *15*, состоящими из двух половин, соединенных шарнирами, что позволяет заменить тормозные ленты без снятия шкивов. На каждой ленте установлено *13* тормозных колодок. В свободном состоянии между шкивами и лентами должен быть зазор 1,5–1,8 мм. Равномерность зазора обеспечивают оттяжные пружины и регулировочные винты, ввернутые снизу в корпус заднего моста.

Планетарный механизм поворота работает следующим образом. При прямолинейном движении трактора шкивы *7* солнечных зубчатых колес полностью заторможены лентами *15* под действием пружин *6*, а шкивы *13* остановочных тормозов находятся в свободном состоянии. От главной передачи через коронное зубчатое колесо *3* приводятся во вращение сателлиты *18*, которые обкатываются вокруг заторможенных солнечных зубчатых колес *16* и увлекают за собой водила. Вместе с водилами вращаются ведущие валы *10*, которые через конечные передачи передают вращение ведущим звездочкам трактора.

Для плавного поворота отпускают тормоз того солнечного зубчатого колеса, в какую сторону необходимо повернуть трактор. Солнечное колесо частично или полностью растормаживается, сателлиты вращают его вместе со шкивом и замедляют вращение водила, ведущего вала, конечной передачи и гусеницы.

Для крутого поворота трактора после полного выключения тормоза солнечного зубчатого колеса нажимают на педаль остановочного тормоза с этой же стороны и затормаживают шкив *13*, конечную передачу и гусеничную цепь. Трактор круто поворачивается вокруг заторможенной гусеничной цепи.

2.6.4. Задний мост трактора Т-150

Задний мост трактора Т-150 состоит из сварного корпуса *4* (рис. 3.70), в средней части которого закреплены два картера *5* с главными передачами. Корпус заднего моста выполняет функцию задней поперечины рамы и прикреплен к ней бугельными зажимами.

Две независимые, одинаковые по конструкции главные передачи служат для передачи вращательного движения правому и левому ведущим валам

заднего моста, а от них к планетарным редукторам (конечным передачам) и звездочкам гусеничных цепей.

Главная передача представляет собой пару конических зубчатых колес со спиральными зубьями. Изготовленное совместно с валом ведущее коническое зубчатое колесо *20* вращается в двух конических роликовых подшипниках *17*, расположенных в стакане *19*. Затяжку подшипников регулируют прокладками *18*. На шлицевый хвостовик зубчатого колеса *20* надет фланец *11*, к которому присоединяют фланец карданной передачи.

Ведомое коническое зубчатое колесо состоит из зубчатого венца *6*, который призонными болтами крепится к ступице *24*, вращающейся в двух конических роликовых подшипниках *17*. Внутренними шлицами эти ступицы соединены с ведущими валами *1* заднего моста. На наружных шлицевых хвостовиках этих валов установлены солнечные зубчатые колеса планетарных редукторов (конечных передач).

Специального механизма поворота в заднем мосту трактора нет, так как разделение потока мощности к звездочкам гусеничных цепей происходит не в заднем мосту, а в коробке передач. Для этого в коробке передач установлен не один, как обычно, а два одинаковых вторичных вала.

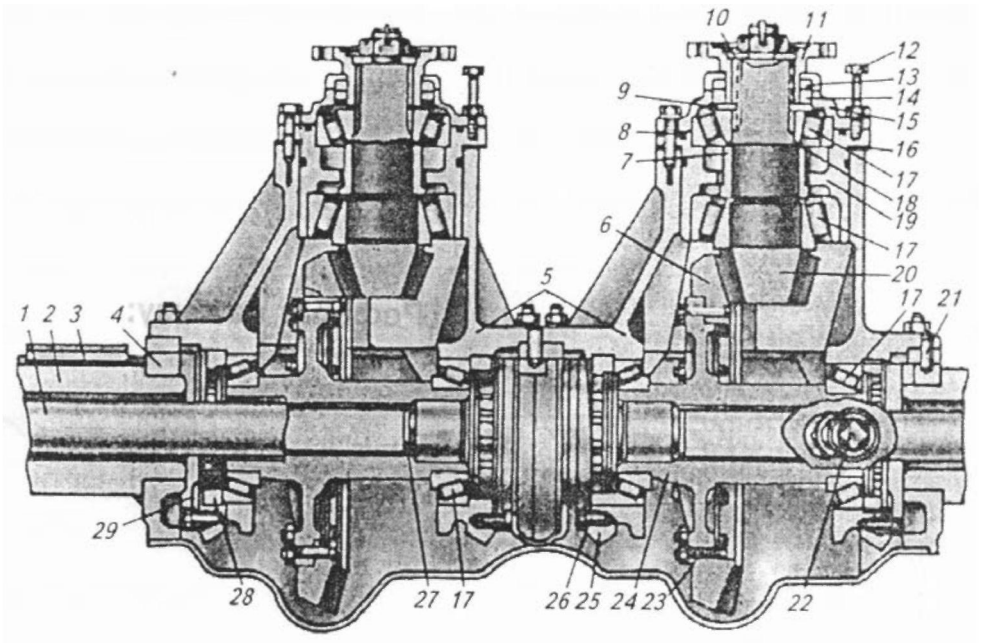


Рис. 3.70. Задний мост трактора Т-150: *1* – ведущий вал заднего моста; *2* – вал-ступица; *3* – призматическая шпонка; *4* – корпус; *5* – картер; *6* – зубчатый венец ведомого колеса; *7* – распорная втулка; *8* – уплотнительное кольцо; *9* – маслосгонное кольцо; *10* – шайба; *11* – фланец; *12* – болт-съемник; *13* – двойной сальник; *14* – каркасный сальник; *15* – крышка корпуса; *16*, *18* – регулировочные прокладки; *17* – конические роликовые подшипники; *19* – стакан подшипников; *20* – ведущее коническое зубчатое колесо; *21* – штифт; *22* – сапун; *23* – стяжной болт; *24* – ступица; *25* – крышка подшипника; *26* – болт стопорной пластины; *27* – стопорное кольцо; *28* – регулировочная гайка; *29* – стопорная пластина

Поворот трактора может быть осуществлен двумя способами: с фиксируемым и нефиксируемым радиусом поворота. При первом способе включают разноименные передачи на вторичных валах. Тогда трактор поворачивается в ту сторону, на которой включена более низкая передача. Фиксируемый радиус поворота зависит от сочетания передач, включенных на вторичных валах (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Радиус поворота трактора

Сочетание передач на вторичных валах коробки передач	I – IV	I – III, II – IV	I – II, II – III, III– IV
Радиус поворота, м	5	7	13

Второй способ поворота состоит в том, что на одном вторичном валу включается какая-либо передача, а на другом валу – выключаются передачи. Происходит поворот с нефиксируемым радиусом. Если при этом дополнительно затормозить выключенный вторичный вал установленным на нем ленточным тормозом, то произойдет крутой поворот трактора. Плавное выключение гидроподжимной муфты коробки передач происходит при повороте рулевого колеса до щелчка шарикового фиксатора на рулевой колонке, а включение ленточного тормоза вторичного вала – при повороте рулевого колеса на больший угол.

2.6.5. Конечные передачи гусеничных тракторов

2.6.5.1. Общие сведения

Конечные передачи гусеничных тракторов расположены в отдельных корпусах. На тракторах Т-70С и Т-130М – это двухступенчатый редуктор с цилиндрическими зубчатыми колесами. Благодаря такой конструкции на пропашном тракторе Т-70С конечная передача увеличивает не только крутящий момент, но и дорожный просвет.

На тракторе Т-150 конечная передача представляет собой планетарный редуктор, а на тракторах ДТ-75Д, ДТ-75МВ, ВТ-100, ВТ-100Н, ДТ-175С, Т-4А – одноступенчатый понижающий редуктор, состоящий из двух цилиндрических зубчатых колес постоянного зацепления.

2.6.5.2. Конечная передача трактора Т-150

Конечная передача трактора Т-150 представляет собой одноступенчатый планетарный редуктор. Солнечное зубчатое колесо *16* (рис. 3.71) установлено на шлицах ведущего вала *7* и закреплено гайкой. В постоянном зацеплении с солнечным зубчатым колесом находятся три сателлита *13*, которые надеты на оси *15* и вращаются на двух рядах цилиндрических роликов. Оси *15* запрессованы в водило *14*. Сателлиты также входят в зацепление с зубьями коронного зубчатого колеса *2*. Коронное зубчатое колесо не вращается, потому что соединено с зубчатой промежуточной ступицей *4*, надетой на шлицы неподвижного вала-ступицы *6* заднего моста. Коронное зубчатое колесо удерживается от смещения двумя проволочными стопорными кольцами *3*.

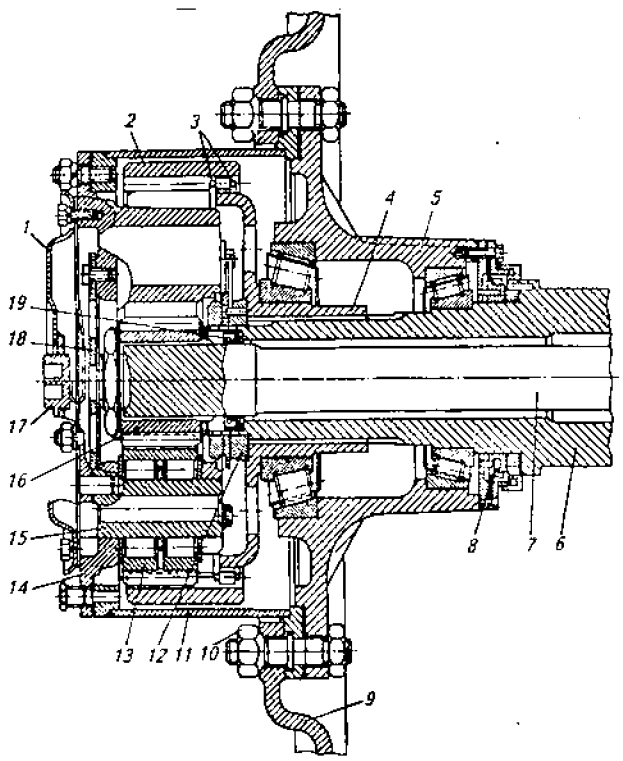


Рис. 3.71. Конечная передача трактора Т-150: *1* – крышка; *2* – коронное зубчатое колесо; *3* – стопорные кольца; *4* – ступица; *5* – картер планетарного редуктора; *6* – вал-ступица заднего моста; *7* – ведущий вал; *8* – уплотнение; *9* – ведущая звездочка; *10* – гайка; *11* – корпус редуктора; *12* – гайка со штифтом; *13* – сателлит; *14* – водило; *15* – ось сателлита; *16* – солнечное зубчатое колесо; *17* – пробка-щуп; *18* – упорная пластина; *19* – сальник

Водило *14* закреплено на корпусе *11* редуктора. Последний специальными шпильками и гайками *10* прикреплен вместе со звездочкой *9* к картеру *5* планетарного редуктора, который вращается на двух роликовых подшипниках и через них опирается на вал-ступицу *6* заднего моста. От главной передачи через вал *7* вращение передается на солнечное зубчатое колесо *16*. Так

как сателлиты не могут вращаться вокруг своих осей из-за неподвижного коронного зубчатого колеса, они обкатываются по зубьям этого колеса и увлекают за собой водило, а с ним корпус *11* редуктора и звездочку *9*.

2.6.5.3. Конечная передача трактора ДТ-75МВ

Конечная передача трактора ДТ-75МВ собрана в корпусе *9* (рис. 3.72), который прикреплен болтами к корпусу заднего моста. Ведущее зубчатое колесо *8*, изготовленное совместно с валом вращается в двух роликовых подшипниках. Ведомое зубчатое колесо состоит из зубчатого венца *12* и ступицы *14*, которые соединены призонными болтами. Ступица *14* установлена на шлицах вала *2* звездочки *1*. Вал *2* вращается в шариковом и роликовом подшипниках, запрессованных в стакан *15* и в расточку корпуса *9*. Стакан подшипника вместе с опорой *16* закреплен болтами на корпусе конечной передачи. Опора *16* прикреплена бугелем *17* к корпусу заднего моста.

К наружному фланцу вала *2* шестью болтами прикреплена звездочка *1*. Для предотвращения вытекания масла из конечной передачи установлено уплотнительное устройство *4*, которое состоит из корпуса *6*, двух стальных уплотнительных колец, пружины и резинового чехла. Защитный козырек предохраняет уплотнение от попадания грязи.

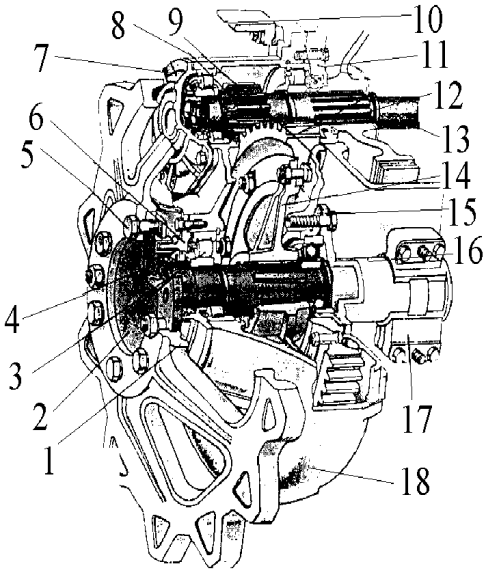


Рис. 3.72. Конечная передача трактора ДТ-75МВ: *1* – ведущая звездочка; *2* – вал ведущей звездочки; *3* – роликовый подшипник; *4* – уплотнительное устройство; *5* – болт; *6* – корпус уплотнения; *7* – крышка; *8* – ведущее зубчатое колесо; *9* – корпус конечной передачи; *10* – предохранительная накладка; *11* – корпус уплотнения; *12* – венец ведомого зубчатого колеса; *13* – вал заднего моста; *14* – ступица; *15* – стакан подшипника; *16* – опора; *17* – бугель; *18* – крышка корпуса

В верхней части конечной передачи находится стальная накладка *10*, предохраняющая корпус от протирания гусеничной цепью.

В конечной передаче тракторов ВТ-100Д и ВТ-100Н в отличие от трактора ДТ-75МВ ведомое зубчатое колесо «плавающее». Его зубчатый венец подвижен относительно ступицы, что обеспечивает передачу крутящего момента и самоустанавливание зубьев ведомого колеса по зубьям ведущего колеса в процессе работы.

2.6.6. Возможные неисправности и техническое обслуживание задних мостов

В процессе эксплуатации в задних мостах гусеничных тракторов возможно появление таких неисправностей, как повышенный шум, перегрев, нарушение нормальной работы тормозов.

Поэтому их систематически осматривают и прослушивают, устраняют обнаруженные подтеки масла, проверяют его уровень, при необходимости доливают или заменяют масло. Не допускается заливать масло выше контрольного отверстия или метки на масломерной линейке, так как это приводит к вытеканию масла через сальники и попаданию его в сухие отсеки. При недостаточном уровне масла увеличивается интенсивность изнашивания зубчатых колес и подшипников. Периодически проверяют затяжку и, если необходимо, подтягивают болтовые соединения.

При появлении шума в зубчатых передачах проверяют и при необходимости регулируют конические роликовые подшипники для получения рекомендованных изготовителем люфтов или натяга.

Глава 3. ХОДОВАЯ ЧАСТЬ

3.1. Общие сведения

Ходовая часть объединяет все сборочные единицы в одно целое и обеспечивает перемещение трактора или автомобиля по опорной поверхности. Она включает в себя остов, подвеску и движитель.

Остов – это несущая система, соединяющая все части трактора или автомобиля в единое целое. Остовы делят на рамные, полурамные и безрамные.

Рамным остовом служит рама, состоящая из продольных балок (лонжеронов), соединенных между собой поперечинами, на которые опираются отдельные сборочные единицы и механизмы. Рама может быть цельной или состоять из двух частей, шарнирно сочлененных друг с другом. Рамная конструкция остова характеризуется жесткостью, прочностью, хорошим доступом к сборочным единицам. Рамные остовы применяют на всех грузовых автомобилях, гусеничных тракторах, а также на некоторых легковых автомобилях и колесных тракторах.

Полурамный остов состоит из соединенных между собой корпусов трансмиссий и двух коротких продольных балок с передними брусом. Остов такого типа широко распространен на универсально-пропашных тракторах и некоторых тракторах общего назначения («Беларус» серий 500, 800, 900, 1000, 1200, 1500, 2000).

Безрамный остов образуют соединенные между собой в общую жесткую систему картеры двигателя, муфты сцепления, коробки передач и заднего моста (тракторы *Fendt*, *John Deere*). В легковых автомобилях остовом служит кузов.

Подвеска соединяет балки мостов с рамой или кузовом и служит для смягчения толчков и ударов при движении и повышения плавности хода. Подвеска колесных тракторов и автомобилей может быть зависимой и независимой, гусеничных тракторов – полужесткой или упругой. У автомобилей подвеской оборудованы передние и задние мосты, у тракторов – только передние.

Движитель взаимодействует с опорной поверхностью и преобразует подведенное трансмиссией вращательное движение в поступательное движение трактора или автомобиля по требуемой траектории. Различают *колесные, гусеничные* и *полугусеничные* движители.

3.2. Ходовая часть автомобиля

В автомобилях движители представляют собой колеса с пневматическими шинами. В зависимости от функционального назначения колеса подразделяют на *ведущие, ведомые управляемые* и *комбинированные* (одновременно ведущие и управляемые). Полноприводные автомобили имеют передние комбинированные колеса, а неполноприводные – два ведомых управляемых и остальные ведущие колеса. Передние и задние колеса одинакового размера. Как правило, в грузовых автомобилях передние колеса одинарные, задние

сдвоенные из-за большой нагрузки. У переднеприводных легковых автомобилей (типа ВАЗ-2108, ВАЗ-2109, ВАЗ-2110) передние колеса комбинированные, а задние – ведомые.

Автомобильные колеса могут быть *дисковые* и *бездисковые*. Дисковое колесо состоит из диска и обода, на который надета пневматическая шина. Колеса легковых автомобилей имеют глубокий неразборный обод *1* (рис. 3.73, *а*), который приварен к штампованному диску *2*. Диск колеса крепят к фланцу ступицы *5* гайками *3*, навинчивая их на шпильки *4*.

Дисковое колесо грузового автомобиля имеет разборный плоский обод, состоящий из непосредственно обода *3* (рис. 3.73, *б*), неразрезного бортового кольца *1* и разрезного замочного кольца *2*. Пневматическую шину свободно надевают на плоский обод и устанавливают бортовое кольцо, которое закрепляют замочным кольцом.

В конструкции некоторых колес замочное кольцо отсутствует, а его функцию выполняет разрезное бортовое кольцо. Обод *1* (рис. 3.73, *в*) такого колеса выполнен разъемным, состоящим из двух частей. Внутренняя часть обода приварена к диску *5*, а наружная съемная часть болтами *4* с гайками *3* прикреплена к диску. В середине обода установлено распорное кольцо *2*, прижимающее борта покрышки к закраинам обода.

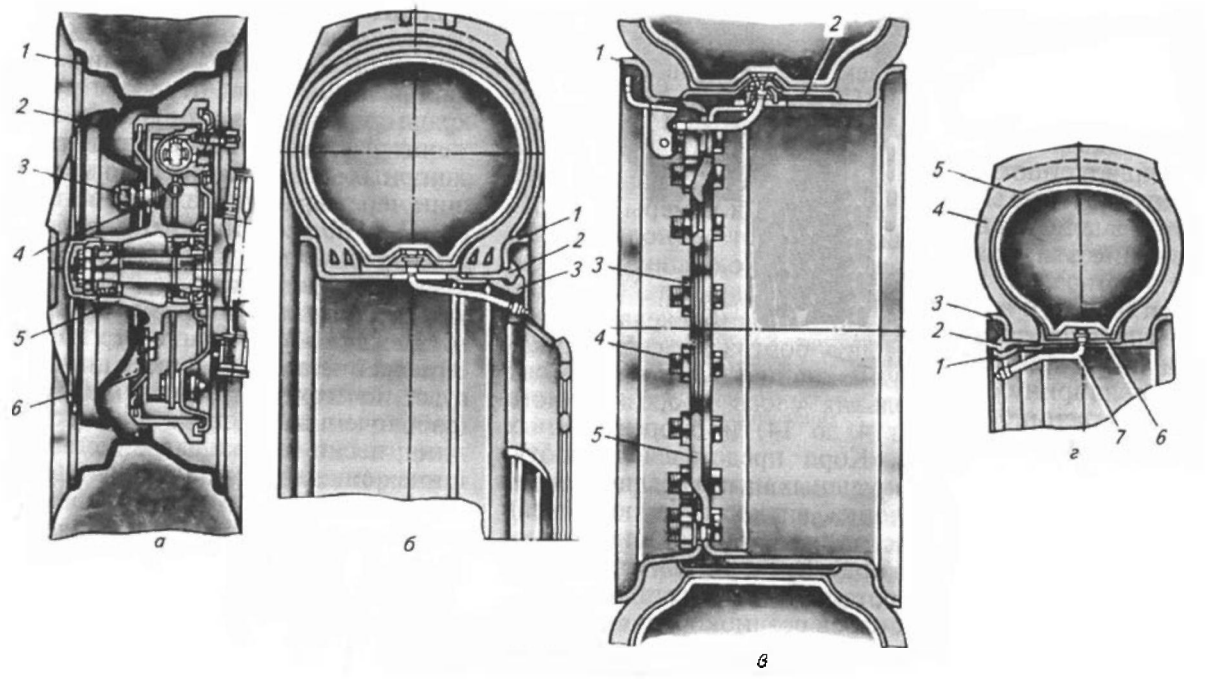


Рис. 3.73. Колеса автомобилей: *а* – легкового: *1* – обод; *2* – диск; *3* – гайка; *4* – шпилька; *5* – ступица; *6* – колпак; *б* – грузового с разрезным замочным кольцом: *1* – неразрезное бортовое кольцо; *2* – разрезное замочное кольцо; *3* – обод; *в* – грузового с разъемным ободом: *1* – наружный обод; *2* – распорное кольцо;*3* – гайка; *4* – болт; *5* – диск; *г* – грузового бездискового: *1* – обод; *2* – замочное кольцо; *3* – бортовое кольцо; *4* – покрышка; *5* – камера; *6* – ободная лента; *7* – вентиль

Бездисковые колеса состоят из обода и пневматической шины. Обод *1* (рис. 3.73, *г*) имеет конические поверхности, обеспечивающие плотную посадку шины, и снабжен неразрезным бортовым *3* и разрезным замочным *2* кольцами. Колеса такой конструкции установлены на автомобилях МАЗ различных моделей.

Пневматические шины служат для обеспечения достаточного сцепления с дорогой, смягчения ударов, воспринимаемых колесом, и снижения шума при движении автомобиля.

Автомобильные шины классифицируют по следующим признакам:

– назначению (для *легковых* и *грузовых* автомобилей);

– способу герметизации (*камерные* и *бескамерные)*;

– форме профиля (*обычного профиля* – отношение высоты профиля шины к его ширине свыше 0,89, а отношение ширины профиля обода колеса к ширине профиля шины 0,65–0,76, *широкопрофильные* – отношения соответственно 0,6–0,9 и 0,76–0,86, *низкопрофильные* – соответственно 0,7–0,88 и 0,69–0,76, *сверхнизкопрофильные* – соответственно 0,7 и 0,69–0,76, *арочные* – соответственно 0,39–0,5 и 0,9–1 и *пневмокатки* – соответственно 0,25–0,39 и 0,9–1);

– габаритным размерам (*крупногабаритные* – ширина профиля 350 мм и более, *среднегабаритные* – ширина профиля 200–350 мм, посадочный диаметр не менее 457 мм и *малогабаритные* – ширина профиля не более 260 мм, посадочный диаметр не более 457 мм);

– внутреннему давлению (*высокое* – более 0,6 МПа, *низкое* – 0,15–0,6 МПа и *сверхнизкое* – 0,07–0,14 МПа).

Камерная шина состоит из покрышки *4* (рис. 3.73, *г*) и камеры *5*, а грузовые шины имеют дополнительно ободную ленту *6*. Покрышка, в свою очередь, состоит из каркаса *3* (рис. 3.74, *а*), подушечного слоя (брекера *2*), протектора *1*, двух бортов *5* с сердечниками *6* и двух боковин *4*. Каркас *3* состоит из нескольких слоев прорезиненного корда (от 4 до 14) и прорезиненных прослоек. Корд представляет особую ткань из крученых нитей различных волокон (хлопка, вискозы, капрона, нейлона, лавсана) или стальной проволоки (металлокорд). Брекер *2* связывает каркас *3* с протектором *1* и состоит из нескольких слоев резинокорда.

По конструкции каркаса и брекера шины подразделяют на *диагональные* и *радиальные*. У диагональных шин угол наклона нитей посередине беговой дорожки в каркасе и брекере составляет 45–60°, у радиальной шины угол наклона нитей корда каркаса равен нулю, а угол наклона нитей корда брекера – не менее 65°. Поэтому у радиальных шин меньшее число слоев корда

каркаса, и из-за лучшей работы его нитей, они более эластичны, имеют утолщенный протектор с увеличенной глубиной рисунка. Для таких шин характерны меньшие сопротивления качению и низкое теплообразование и, как следствие этого, больший срок службы и повышенные скорости движения.

В зависимости от условий работы и времени года шины выпускают с протекторами различных видов. Некоторые протекторы показаны на рис. 3.74, *б*.

Шины с регулируемым давлением применяют на автомобилях повышенной проходимости. Централизованная подкачка шин производится компрессором. Воздух поступает в воздушный баллон с предохранительным клапаном, из него через кран управления по трубопроводам и шлангам – к запорным воздушным кранам колес, а от них – к шинам. При открытых запорных кранах колес и установке крана управления в положение «Увеличение давления» воздух под давлением поступает в шины. При переводе рукоятки крана управления в положение «Снижение давления» воздух при открытых запорных клапанах колес выходит из шин через кран управления в атмосферу.

При положении крана управления «Нейтральное» и открытых запорных клапанах колес шины отсоединены от компрессора и атмосферы, но соединены между собой и манометр показывает давление воздуха во всех шинах. При езде по труднопроходимым дорогам (заболоченная местность, снежная целина, пески и т. п.) давление воздуха в шинах снижают до 0,05–0,07 МПа.

Арочные шины имеют большую ширину профиля, низкое давление и специальный рисунок протектора, что значительно улучшает проходимость автомобиля. Однако из-за большой ширины ободьев и значительной массы колес применение этих шин ограничено.

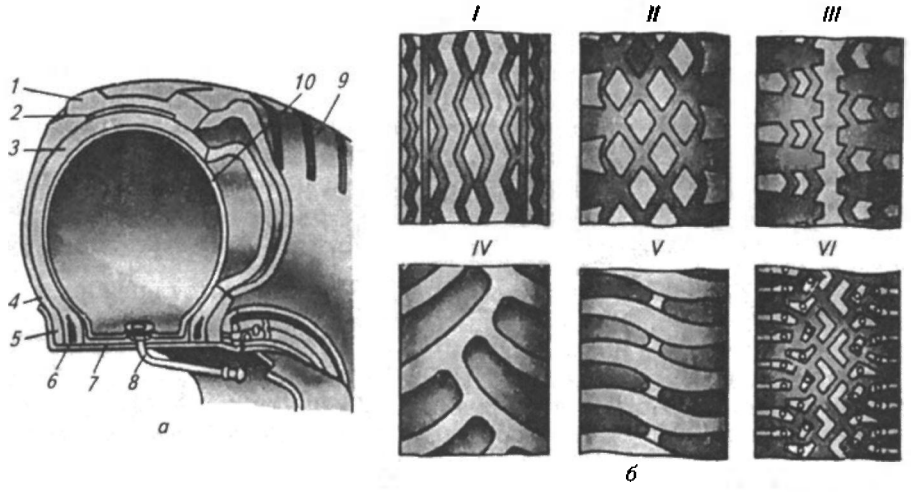


Рис. 3.74. Автомобильные шины: *а* – устройство покрышки: *1* – протектор; *2* – брекер; *3* – каркас; *4* – боковина; *5* – борт; *6* – сердечник; *7* – ободная лента; *8* – вентиль; *9* – покрышка; *10* – камера; *б* – типы рисунков протектора: *I* – дорожный; *II* – универсальный; *III*, *IV* –повышенной проходимости; *V* – реверсный; *VI* – зимний с отверстиями для шипов противоскольжения

Обозначение шины представляет собой совокупность цифр и букв на боковой поверхности. Первое число обозначает ширину профиля шины, второе – внутренний диаметр по ободу. Шины грузовых автомобилей имеют двойное обозначение: в миллиметрах и дюймах (в скобках). Например, диагональная шина 240–508 (8,25–20), радиальная 240–508 R (8,25 R20). Шины легковых автомобилей имеют обозначение в дюймах или смешанное (в миллиметрах и дюймах). Например, радиальная шина 165/70 R13, где 165 – ширина профиля (в мм), 70 – индекс серии, R – радиальная, 13 – условное обозначение посадочного диаметра (13 дюймов).

На каждой шине указывают буквенный индекс завода-изготовителя, месяц и год выпуска, серийный номер.

В качестве примера рассмотрим полное обозначение шины постоянного давления грузового автомобиля: 11/70 R22,5 И-305 156/153F 115 PSI ГОСТ 5513 49780376 Made in Russia, где 11/70R22,5 – условное обозначение шины: 11 – обозначение номинальной ширины шины в дюймах; 70 – серия шины (отношение высоты профиля шины к ее ширине в процентах); R – буквенный индекс радиальной шины; 22,5 – обозначение номинального диаметра обода в дюймах; ранее выпускаемые шины имели двойное обозначение 11/70R22,5 (280/70R572), где параметры 280 и 572 даны в мм; И-305 – торговая марка (модель шины): И – условное обозначение разработчика шины; 305 – порядковый номер разработки; 156/153 – индексы несущей способности нагрузок для одинарных и сдвоенных колес (определяются по специальным таблицам). Эти шины могут эксплуатироваться в одинарном колесе при максимально допустимой нагрузке 40000 Н, в сдвоенном колесе – 36500 Н; F – индекс категории скорости. По данным специальной таблицы максимальная скорость составляет 80 км/ч; 115 PSI – индекс давления (указывает испытательное давление для шин грузовых автомобилей); ГОСТ 5513 – обозначение стандарта по которому выпускается шина; 497 – дата изготовления (49 – порядковый номер недели с начала года, 7 – последняя цифра года изготовления (2007г.)); 80376 – порядковый номер шины; Made in Russia – страна изготовления шины (Россия).

3.2.1. Остов автомобиля

Остов грузового автомобиля – рама, на которой закреплены все сборочные единицы. Рама состоит из двух продольных балок (лонжеронов), соединенных поперечинами. Балки и поперечины изготовлены из специальных стальных профилей. В зонах повышенных нагрузок балки имеют более высокий

профиль, иногда их усиливают местными вставками, косынками, раскосами. На продольных балках имеются кронштейны для крепления двигателя, подвески амортизаторов, подножек, запасного колеса. Спереди крепят передний буфер, а к задней поперечине – тягово-сцепное устройство.

Остов легкового автомобиля – цельнометаллический кузов несущей конструкции, к которому крепят все сборочные единицы, или рама (УАЗ-3151).

3.2.2. Подвеска автомобиля

Совокупность устройств, обеспечивающих упругую связь между подрессоренной и неподрессоренной массами, называется *подвеской*.

Подвеска служит для обеспечения плавности хода автомобиля, а также для передачи на остов толкающей силы от ведущих колес и восприятия реактивного момента при торможении.

Подвеска может быть зависимой или независимой. При зависимой подвеске (рис. 3.75) колеса установлены на одной общей жесткой балке или корпусе заднего моста и перемещения колес взаимозависимы.

При независимой подвеске колебания одного из колес моста не вызывают колебаний другого, так как каждое колесо отдельно от другого соединяется с остовом автомобиля. При независимой рычажной подвеске каждое колесо подвешено к раме *4* (рис. 3.76) независимо друг от друга при помощи рычагов *2*, *3* и стойки *1*, а колебания гасятся пружинами *5* (легковые автомобили).

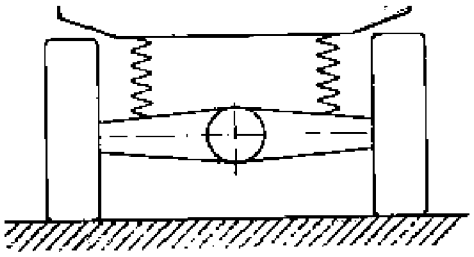


Рис. 3.75. Схема зависимой подвески колес

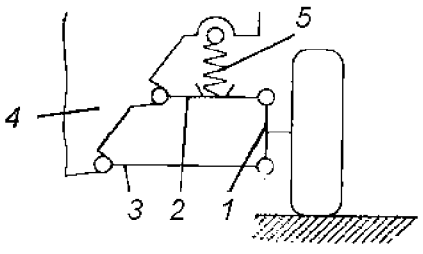


Рис. 3.76. Схема независимой рычажной подвески колес:
1 – стойка; *2*, *3* – рычаг; *4* – рама; *5* – пружина

Дальнейшим развитием рычажной независимой подвески является подвеска Макферсона, основным элементом которой является амортизаторная стойка *3* (рис. 3.77), которая снизу крепится к поворотному кулаку *4*, а сверху к раме (кузову) *2* автомобиля. В этой подвеске имеется меньше рычагов (один или два нижних рычага). Основным преимуществом такой подвески является небольшой ее объем и удобство компоновки поперечного силового агрегата, что обусловило широкое применение подвески (переднеприводные автомобили).

В качестве упругих элементов подвески используют *рессоры*, *цилиндрические* и *бочкообразные пружины*, *торсионы* (металлические цилиндрические стержни, работающие на скручивание). Металлические листовые рессоры без подрессорников (рис. 3.78, *а*) применяются на легковых и грузовых автомобилях и микроавтобусах. На грузовых автомобилях применяются рессоры с подрессорником (рис. 3.78, *б*).

Подрессорник – это дополнительная малая рессора *2*, работающая совместно с основной *1*, когда под нагрузкой прогиб основной рессоры достигает определенной величины.

Подвески могут быть также пневматические, гидравлические и гидропневматические, использующие упругие свойства воздуха и сопротивление протеканию жидкости через небольшие отверстия.

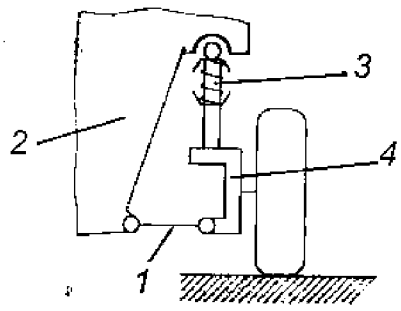


Рис. 3.77. Схема независимой подвески Макферсона:
1 – рычаг; *2* – рама; *3* – амортизаторная стойка; *4* – поворотный кулак

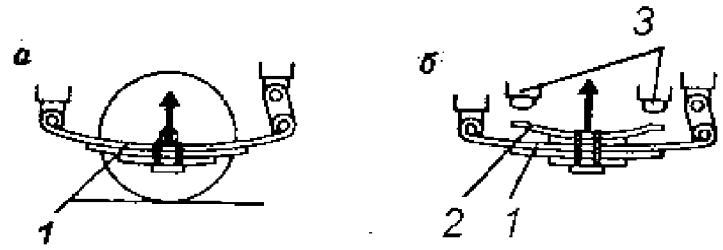


Рис. 3.78. Рессоры: *а* – без подрессорника; *б* – с подрессорником;
1 – основная рессора; *2* – подрессорник; *3* – упор

В *гидравлической подвеске* применяется гидравлический насос, блок управления и накопители жидкости под давлением. Как только салон легкового автомобиля загружается выше определенной нормы, жидкость под давлением подается в резервуары амортизаторов. Амортизаторы удлиняются, приподнимая заднюю часть автомобиля. После подъема жидкость возвращается из амортизаторов в накопитель. Таким способом высота задней части автомобиля поддерживается на одном уровне.

Принципиальная схема *гидропневматической подвески* изображена на рис. 3.79. Она может применяться совместно с системой саморегулирования положения кузова. Упругий элемент подвески состоит из цилиндра, в котором перемещается поршень *2* (рис. 3.79), имеющий длинную направляющую цилиндрическую поверхность. В верхней части цилиндра установлен сферический баллон *4*, разделенный эластичной диафрагмой *8* на две полости: верхняя заполнена сжатым азотом, нижняя – жидкостью. Между цилиндром и баллоном расположен амортизационный клапан (на схеме не показан), через который проходит жидкость при ходе отбоя и сжатия. Азот *6* выполняет функцию упругой пружины вместе с эластичной мембраной. Увеличивая или уменьшая объем жидкости (масла) *5*, можно изменять положение поршня *2* и связанного с ним рычага *1* подвески, и тем самым изменять просвет между кузовом и дорогой. Изменяя давление и объем газа *6* в определенной пропорции, можно варьировать упругой характеристикой подвески, делая ее либо «мягкой» (комфортный режим), либо «жесткой» (спортивный режим). Такая подвеска называется *Hydractive*.

Пневматическая зависимая подвеска, в которой упругим элементом является сжатый воздух, заключенный в одном или нескольких резиновых баллонах, применяется в автомобильных полуприцепах МАЗ, используемых в составе автопоездов, соответствующих требованиям TIR для перевозки различных грузов. Передняя зависимая двухбаллонная подвеска и задняя зависимая четырехбаллонная подвеска применяется в городских автобусах МАЗ-203, МАЗ-206.

На грузовых автомобилях применяют зависимую подвеску, используя в качестве упругого элемента одинарные рессоры (передний мост) (рис. 3.78, *а*) или рессоры с подрессорниками (задний мост) (рис. 3.78, *б*). В трехосных автомобилях устанавливают балансирные подвески для промежуточного и заднего ведущих мостов, которые качаются на шарнирно соединенных с ними и рессорами балансирных рычагах.

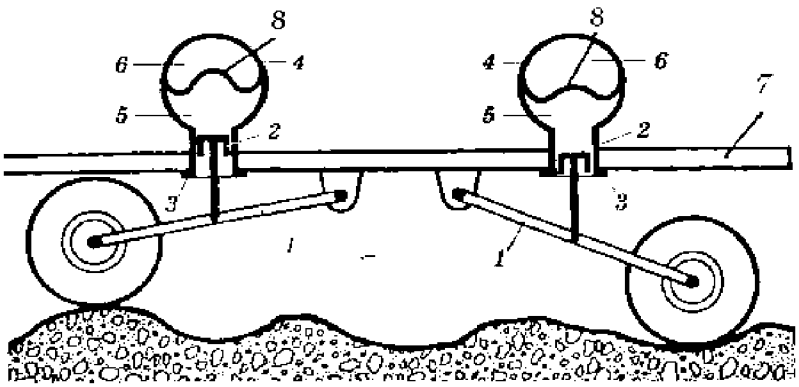


Рис. 3.79. Принципиальная схема гидропневматической подвески:
1 – рычаг подвески; *2* – поршень гидроцилиндра; *3* – корпус гидроцилиндра;
4 – сферический баллон; *5* – масло; *6* – сжатый азот; *7* – рама; *8* – диафрагма

На легковых автомобилях зависимую подвеску имеют задние (ведущие) мосты с упругими элементами – рессорами или пружинами.

Независимую пружинную подвеску используют обычно для передних (ведомых) колес легкового автомобиля.

Широкое распространение в легковых автомобилях получила конструкция подвески со связанными продольными рычагами *15* (рис. 3.80). Простейшим вариантом такой подвески может служить подвеска задних колес переднеприводных автомобилей ВАЗ, *Renault*, *Volkswagen* (*Polo*, *Passat*, *Golf*), *Opel Ascona* и др.

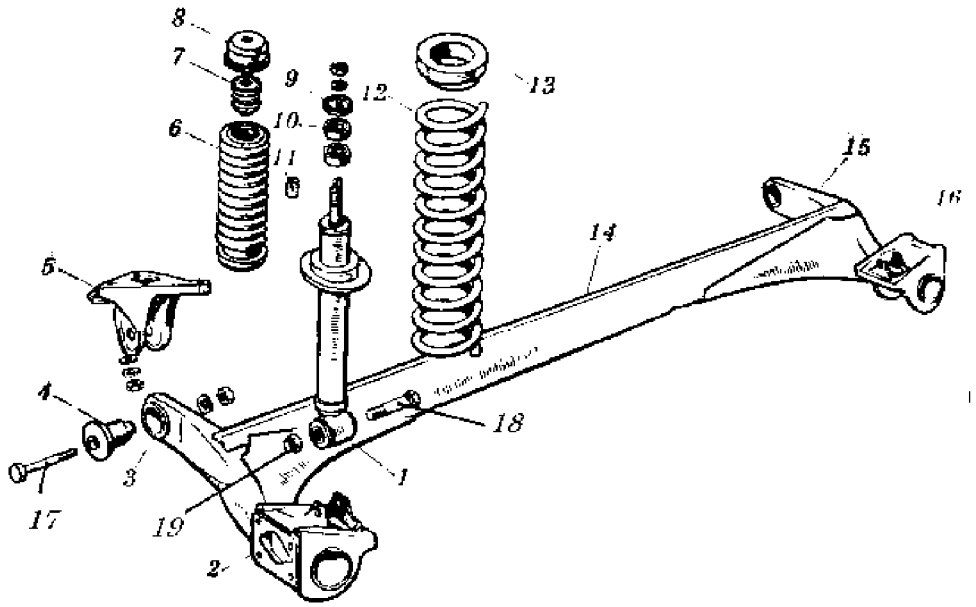


Рис. 3.80. Задняя подвеска переднеприводных автомобилей ВАЗ: *1* – амортизатор; *2* – фланец; *3* – втулка; *4* – резинометаллическая втулка; *5* – кронштейн; *6* – кожух; *7* – буфер; *8* – крышка; *9* – опорная шайба; *10* – подушка; *11* – распорная втулка; *12* – пружина; *13* – изолирующая прокладка; *14* – соединитель; *15* – продольный рычаг; *16* – кронштейн; *17* – болт; *18* – болт; *19* – гайка

Балка задней подвески состоит из двух продольных рычагов *15* и соединителя *14*, связанных с помощью сварки и усилителей. В задней части к рычагам подвески приварены кронштейны *16* с проушинами для крепления амортизаторов *1*, а также фланцы *2*, к которым болтами крепятся оси задних колес. Спереди рычаги имеют приварные втулки *3*, в которые запрессованы резинометаллические шарниры *4*. Через шарнир проходит болт *17*, соединяющий рычаг подвески со штамповано-сварным кронштейном *5*, который крепится к лонжерону кузова приварными болтами. Пружина подвески *12* опирается одним концом на чашку амортизатора *1*, а другим – через изолирующую прокладку *13* в опору, приваренную к внутренней арке (брызговику) кузова. На шток амортизатора устанавливается буфер *7* хода сжатия, закрываемый крышкой *8* с кожухом *6* и детали крепления амортизатора: распорная втулка *11*, подушки *10* и опорная шайба *9*.

Корпус амортизатора *1* соединяется с проушиной фланца *2* крепления оси заднего колеса болтом *18* и самоконтрящейся гайкой *19*.

Такая подвеска в переднеприводных автомобилях отличается легкостью компоновки всех ее элементов, небольшим количеством деталей, отсутствием направляющих рычагов и штанг, оптимальным передаточным отношением от кузова к упругому элементу, исключением стабилизатора.

Подвеска автомобиля-самосвала МАЗ-555142. Передняя зависимая подвеска автомобиля состоит из двух продольных полуэллиптических рессор *2* (рис. 3.81), расположенных под продольными лонжеронами рамы автомобиля. Рессора собрана из стальных листов разной длины, которые стянуты хомутами и прикреплены к передней оси стремянками *5*. На переднем конце коренного листа рессоры установлено накладное ушко *1* с втулкой и закреплено с помощью стремянки *18*, накладки и гайки *16*. Накладное ушко посредством пальца соединяется с кронштейном на раме и фиксируется клином *17* от проворачивания и осевого смещения. Задний конец рессоры скользит по подушке *9*. Для гашения колебаний, возникающих при движении автомобиля, предусмотрены два гидравлических амортизатора *7* двустороннего действия телескопического типа. Стабилизатор *13* поперечной устойчивости и серьга *15* повышают устойчивость автомобиля на поворотах и при движении по дорогам с боковым уклоном.

Задняя зависимая подвеска автомобиля состоит из двух дополнительных рессор *3* (рис. 3.82) и двух основных рессор *2*, расположенных вдоль лонжеронов рамы *13* в задней части автомобиля.

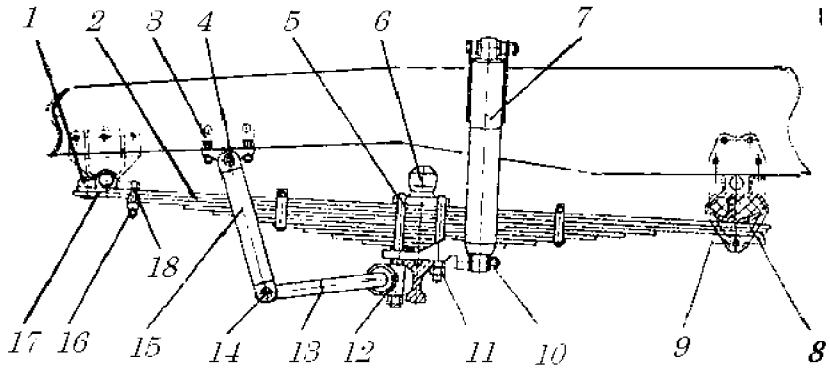


Рис. 3.81. Передняя подвеска автомобиля МАЗ-555142: *1* – ушко накладное; *2* – рессора; *3*, *12* – кронштейн; *4*, *14* – палец; *5* – стремянка; *6* – буфер рессоры; *7* – амортизатор; *8* – прокладка; *9* – подушка; *10*, *11*, *16* – гайка; *13* – стабилизатор поперечной устойчивости; *15* – серьга; *17* – клин; *18* – стремянка крепления накладного ушка

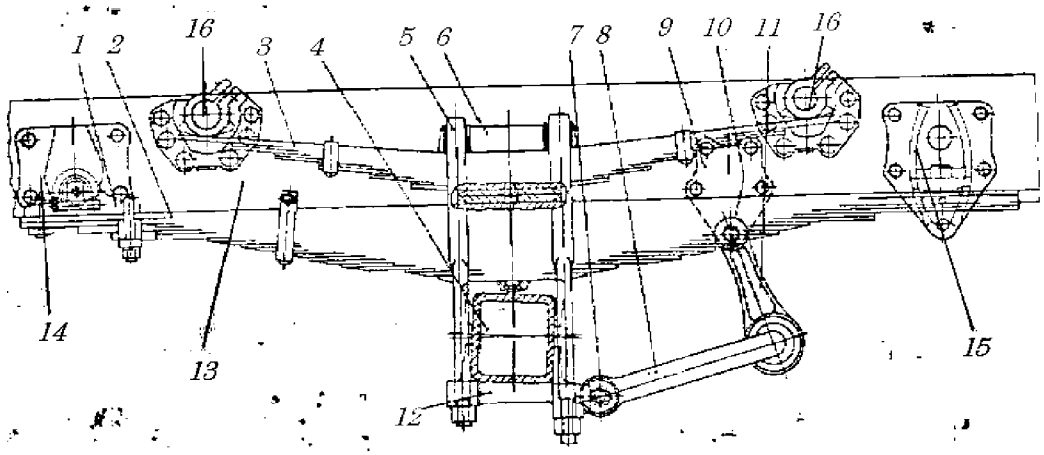


Рис. 3.82. Задняя подвеска автомобиля МАЗ-555142: *1* – накладное ушко рессоры; *2* – основная рессора; *3* – дополнительная рессора; *4* – балка заднего моста; *5* – стремянка; *6* – накладка рессоры; *7* – гайка; *8* – вал стабилизатора поперечной устойчивости; *9* – кронштейн; *10* – палец; *11* – рычаг; *12* – кронштейн; *13* – лонжерон рамы; *14* – кронштейн; *15* – задний кронштейн; *16* – упор

Как и в передней подвеске, передний конец основной рессоры соединяется с кронштейном *14* рамы через накладное ушко *1*, которое закреплено на коренном листе рессоры и своим ушком с запрессованной втулкой с помощью пальца и клина крепится к раме. Задний конец основной рессоры является скользящим. При прогибе рессоры задний конец скользит по подушке заднего кронштейна *15*. Дополнительная и основная рессоры прикреплены к балке *4* заднего моста с помощью стремянок *5*, накладок *6* и кронштейна *12*. Передний и задний концы дополнительной рессоры являются скользящими. При увеличении нагрузки передний и задний концы дополнительной рессоры могут прогибаться и скользить относительно упоров *16*.

Как и в передней подвеске, для повышения устойчивости автомобиля на поворотах и при боковых уклонах задняя подвеска снабжена стабилизатором

поперечной устойчивости, состоящим из вала *8*, кронштейна *12* и рычага *11*, шарнирно соединенного с кронштейном *9* пальцем *10*. Торсионное действие вала 8 препятствует излишнему крену автомобиля под действием боковых сил.

3.2.2.1. Амортизаторы

Амортизатор служит для гашения поперечных колебаний рамы или кузова в результате деформации рессор и пружин подвески при движении автомобиля.

На автомобилях и автобусах наиболее широко применяют гидравлические амортизаторы, в которых используют сопротивление сравнительно вязкой жидкости, проходящей через комбинированные (дроссельные) отверстия малых диаметров и ограниченные сечения в клапанах.

Колебательные движения рамы (кузова) относительно моста и колес имеют два периода:

– *ход сжатия* пружины (деформации рессоры), когда подрессоренная часть (рама) сближается с неподрессоренной частью (мост, колеса);

– *ход отдачи* пружины (рессоры), когда подрессоренная часть удаляется от неподрессоренной.

Амортизаторы делят на две группы: *амортизаторы одностороннего действия* и *амортизаторы двухстороннего действия*.

Амортизаторы одностороннего действия гасят колебания только при ходе отдачи пружины (рессоры).

Амортизаторы двухстороннего действия способствуют более плавной работе подвески, поэтому они почти полностью сменили амортизаторы одностороннего действия.

Гидравлический телескопический амортизатор двухстороннего действия состоит из уравновешивающего резервуара *11* (рис. 3.83), рабочего цилиндра *2*, штока *6* с поршнем *1* и клапанов: отдачи *I*, перепускного *II*, впускного *III*, сжатия *IV*. В верхней части шток поршня перемещается в направляющей втулке *8*, которая вместе с уплотнением *5* предохраняет шток амортизатора от оковых сил и изгибающих моментов. В рабочем цилиндре *2* вместе со штоком *6* перемещается поршень *1*, в котором имеются сквозные отверстия, равномерно расположенные в два ряда по окружностям разных диаметров. Отверстия на большей окружности закрыты сверху клапаном отдачи *I*, к которому прижимается пружинная шайба. Отверстия на меньшей окружности перекрываются снизу дроссельным диском перепускного клапана *II*.

В нижней части рабочего цилиндра *2* расположен корпус *4* с впускным клапаном *III* и клапаном сжатия *IV*, прижимаемым пружиной. Эти клапаны закрывают отверстия в корпусе.

Между цилиндром *2* и кожухом *7* находится уравновешивающий резервуар *11*, заполненный маслом примерно на половину объема. Оставшийся незаполненный объем служит для заполнения при колебаниях температуры от –20 до +200 °С. Уровень жидкости в резервуаре *11* подобран таким, чтобы в рабочую полость *10* не попадал воздух через клапан сжатия *IV* при снижении уровня в наклонном до 45 °С положении амортизатора.

Нижней проушиной корпуса *3* амортизатор крепится к балке моста или к нижним рычагам переднего моста при независимой подвеске, а верхней – к кронштейну рамы или основания кузова. Кожух *7* защищает шток *6* от грязи и повреждений.

Во время хода сжатия пружины (деформации рессоры) поршень амортизатора движется вниз, перепускной клапан *II* открывается и жидкость перетекает через отверстия поршня в рабочую полость *10*. Под давлением жидкости клапан сжатия *IV* преодолевает усилие пружины и открывается, при этом жидкость в объеме, равном вводимой части штока, вытесняется из рабочего цилиндра в уравновешивающий резервуар *11*.

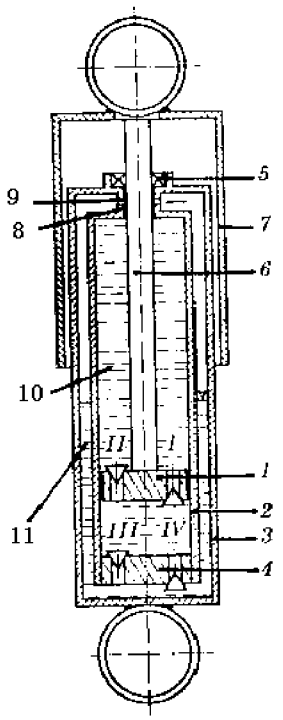


Рис. 3.83. Схема гидравлического амортизатора двухстороннего действия: *1* – поршень; *2* – рабочий цилиндр; *3* – корпус; *4* – корпус клапанов; *5* – уплотнение; *6* – шток; *7* – защитный кожух; *8* – направляющая втулка; *9* – разгрузочное отверстие; *10* – рабочая полость; *11* – уравновешивающий резервуар; *I* – клапан отдачи; *II* – перепускной клапан; *III* – впускной клапан; *IV* – клапан сжатия

Усилие пружины клапана сжатия создает необходимое сопротивление амортизатора, в результате чего частота колебаний подвески и подрессоренных масс автомобиля уменьшается. При перемещениях штока жидкость, частично просачиваясь через зазор между направляющей втулкой и штоком, через разгрузочное отверстие *9* поступает в полость уравновешивающего резервуара, разгружая тем самым сальники от действия рабочего давления жидкости.

Во время хода отдачи (попадание колеса во впадину) поршень движется вверх, вытесняя жидкость из верхней рабочей полости *10* в нижнюю. Перепускной клапан *II*, расположенный со стороны надпоршневого пространства, закрывается, и жидкость через отверстия поршня поступает к клапану отдачи *I* и открывает его. При этом жидкость в объеме, равном выводимой части штока, поступает из уравновешивающего резервуара в рабочий цилиндр через отверстия, предварительно преодолев сопротивление впускного клапана *III*.

Жесткость дисков клапана отдачи *I* и усилие его пружины создают необходимое сопротивление амортизатора, которое пропорционально квадрату скорости перетекания жидкости.

При движении автомобиля необходимо, чтобы амортизатор гасил в основном свободные колебания подвески при ходе отдачи, т. е. при распрямлении пружины или рессоры, и не увеличивая их жесткость при сжатии. Поэтому сопротивление хода сжатия составляет 25–30 % сопротивления хода отдачи.

3.3. Ходовая часть колесных тракторов

В колесных тракторах, как и в автомобилях, движители представляют собой колеса с пневматическими шинами. Общее число колес у тракторов четыре, у некоторых специализированных тракторов – три. Универсально-пропашные тракторы с одним задним ведущим мостом имеют задние колеса большего размера, чем передние, так как задние ведущие колеса воспринимают до 80 % нормальной нагрузки, что обеспечивает достаточную силу их сцепления с опорной поверхностью. Передние управляемые колеса воспринимают меньшие нагрузки, поэтому ими легче управлять.

Тракторы с передними и задними ведущими мостами (4К4) могут иметь колеса как разных, так и одинаковых размеров. К первым относятся модификации универсально-пропашных тракторов («Беларус-512, -552, -572, -592,

-820, -920, -952, -1021, -1025, -1221») и тракторов общего назначения («Беларус-1523, -2022, -2822ДЦ, -3022ДВ, -3022.1»), а ко вторым – тракторы общего назначения Т-150К, К-701.

Колесо трактора, как и автомобиля, может быть дисковым и бездисковым. Широко распространены дисковые колеса, состоящие из обода, диска и пневматической шины. При этом диск колеса может быть жестко соединен с ободом или прикреплен к нему болтами. Болтовое соединение используют для изменения колеи трактора. В некоторых конструкциях к диску колеса болтами прикреплена ступица.

На тракторе К-701 установлены бездисковые колеса, состоящие из обода и пневматической шины. Колеса крепят к водилам конечных передач гайками с помощью восьми прижимов (п. 3.2. «Ходовая часть автомобиля»).

Тракторы «Беларус» всех модификаций имеют дисковые колеса. В качестве примера рассмотрим ведущее колесо трактора «Беларус-820».

Штампованный обод *7* (рис. 3.84) приварен к выпуклому диску *4*, который прикреплен болтами к ступице *5*.

Ступица *7* (рис. 3.85) имеет вкладыш *4* и четыре стяжных болта *1* (два болта расположены с противоположной стороны диска *3*). При затяжке болтов *1* вкладыш и ступица плотно охватывают полуось *6* и с помощью шпонки *5* обеспечивается надежная фиксация ступицы и колеса на полуоси, исключая проворачивание ступицы на полуоси и ее осевое смещение. Разъемная конструкция ступицы позволяет изменять колею задних колес, предварительно отвинтив стяжные болты *1*. При затяжке болтов следует убедиться, что шпонка *5* сопрягается со шпоночными пазами вкладыша *4* и полуоси *6*.

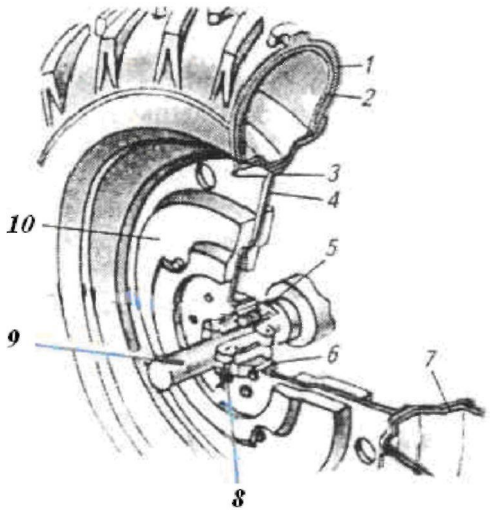


Рис. 3.84. Заднее ведущее колесо трактора «Беларус-820»:
1 – покрышка; *2* – камера; *3* – вентиль; *4* – диск; *5* – ступица;
6 – болт; *7* – обод; *8* – шпонка; *9* – полуось; *10* – груз

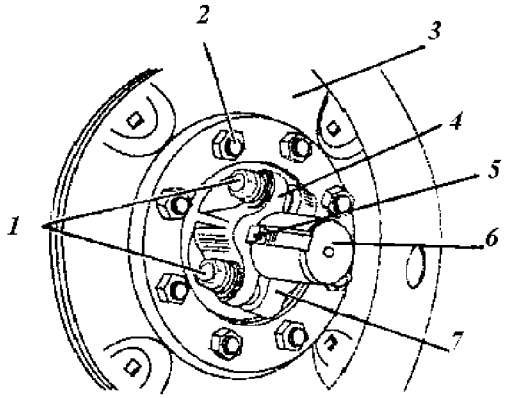


Рис. 3.85. Установка заднего ведущего колеса на полуоси трактора «Беларус-820»:
1 – болт крепления вкладыша; *2* – гайка; *3* – диск; *4* – вкладыш;
5 – шпонка; *6* – полуось; *7* – ступица колеса

В энергонасыщенных тракторах «Беларус» серий 1000, 1200, 1500, 2000, 2800, 3000 фиксация ступицы заднего колеса на полуоси осуществляется с помощью двух конусных полувтулок, поджимаемых болтами к конусному отверстию ступицы.

Диск переднего колеса тракторов «Беларус» с неведущей передней осью приварен к ободу, а тракторов с передним ведущим мостом («Беларус-552, 572, -592, -820, -920») прикреплен болтами к кронштейнам, приваренным к ободу. Некоторые модели тракторов (Т-25А, самоходное шасси Т-16М) имеют бездисковые колеса. Крепление ободов к ступицам производится болтами и накладками.

Пневматические шины тракторных колес имеют те же элементы, что и у автомобилей: каркас, брекер, протектор. Однако соотношение размеров отдельных частей тракторной и автомобильной шин значительно различаются. Протектор тракторной шины ведущих колес оснащен развитыми почвозацепами, образующими рельефный рисунок. Опорная площадь почвозацепов составляет 25–30 % общей площади протектора, а высота – 35–43 мм.

Направляющие колеса имеют форму рисунка протектора в виде продольных ребер, что способствует стабилизации направления движения.

3.3.1. Способы повышения тягово-сцепных свойств колесных тракторов

При работе колесных тракторов на рыхлых и переувлажненных почвах значительно снижается сцепление шин с почвой, увеличивается буксование трактора, работа становится неэффективной. С целью повышения тягово-сцепных свойств тракторов применяют различные приемы и устройства.

Для снижения давления колес на почву необходимо увеличить площадь контакта колеса с опорной поверхностью. Поэтому вместо серийных пневматических шин можно установить широкопрофильные или арочные шины.

Для повышения тягово-сцепных свойств широко используется *сдваивание ведущих колес* как задних, так и передних. Дополнительное заднее колесо *9* (рис. 3.86) крепят к ступице *7* и основному колесу *1* с помощью специальной проставки *6*. Для одновременного присоединения к ступице основного колеса *1* и проставки *6* используют длинные болты *3*, входящие в комплект проставки и устанавливаемые взамен стандартных коротких болтов.

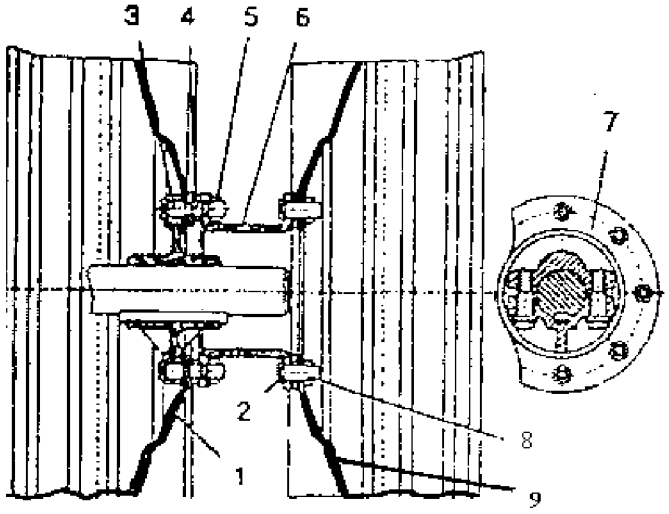


Рис. 3.86. Сдваивание задних колес тракторов «Беларус» с разъемной ступицей и шпонкой: *1* – основное колесо; *2* – болт короткий; *3* – болт длинный; *4* – гайка; *5* – гайка; *6* – проставка; *7* – разъемная ступица; *8* – гайка; *9* – дополнительное колесо

Эффективным средством повышения проходимости колесных тракторов является применение *полугусеничного хода* съемного резинометаллического типа. Применение полугусеничного хода уменьшает давление на почву, снижая глубину колеи, что позволяет использовать трактор на ранневесенних полевых и других работах.

Полугусеничный ход состоит из двух резинометаллических гусениц *1* (рис. 3.87) и дополнительных натяжных колес *2*. Гусеница *1* представляет собой зумкнутую цепь, охватывающую задние ведущие колеса *3* трактора и состоящую из резинотканевых лент, соединенных между собой поперечными стальными почвозацепами.

Догрузка ведущих колес позволяет повысить силу тяги по сцеплению на рыхлых и влажных почвах. Для этого на диски ведущих колес устанавливают дополнительные (балластные) грузы или заполняют камеры шин жидкостным балластом.

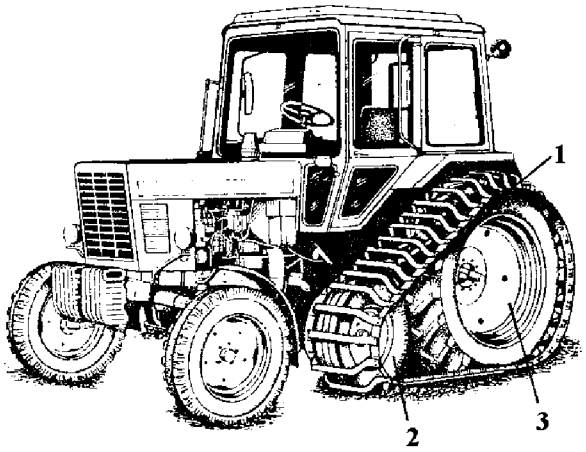


Рис. 3.87. Трактор «Беларус» на полугусеничном ходу:
1 – гусеница; *2* – дополнительное натяжное колесо; *3* – заднее ведущее колесо

На одно заднее ведущее колесо можно закрепить попарно от двух до двенадцати грузов массой по 20 кг каждый. Первую пару крепят к диску болтами и гайками, а каждую следующую пару – к предыдущей двумя болтами, которые ввинчивают в резьбовые отверстия уже установленных грузов.

Балластные грузы могут быть установлены и на передний брус трактора для догрузки передних колес с целью лучшей управляемости трактора, а на тракторах с передним ведущим мостом – для повышения тяговых свойств этого моста.

Передние балластные грузы *1* или *5* (рис. 3.88) в количестве 10 шт. массой 20 или 45 кг каждый устанавливаются на специальном кронштейне *2*, *7*, который крепится болтами к переднему брусу *6* полурамы трактора. Грузы стягиваются вместе струной *4* и гайкой *3*.

Для отдельных применений тракторов «Беларус» может применяться двухрядная установка переднего балласта.

В случае недостаточного сцепления колес с почвой при работе на переувлажненных, легких почвах используется жидкостное балластирование трактора. Шины заполняют жидкостью не более 75 % объема камеры, чтобы не допустить разрушения шин и камер. При окружающей температуре выше +5 °С можно балластировать шины водой, а при температуре ниже +5 °С в воду добавляют хлористый кальций в пропорции, которая зависит от температуры.

Для заполнения жидкостью шину *6* (рис. 3.89) освобождают от нагрузки и поворачивают так, чтобы вентиль колеса занял крайнее верхнее положение (75 % объема). Выпускают воздух, вывинтив золотник, и устанавливают на вентиль наконечник *1* с помощью накидной гайки *4*. Шланг *2* присоединяют к резервуару *3*, находящемуся на 1,5 м выше колеса *6*. Заполните камеру

до требуемого уровня, периодически перекрывая заполнение и выпуская воздух через запорный винт *5*. Заполнение заканчивается при появлении жидкости через отвинченный запорный винт. Отсоедините вентиль от приспособления, установите золотник и колпачок. Доведите давление в шине до нормы. Чтобы опорожнить шину, снимают нагрузку, поддомкратив колесо, поворачивают его так, чтобы вентиль занял нижнее положение. Вынув золотник, сливают воду или раствор.

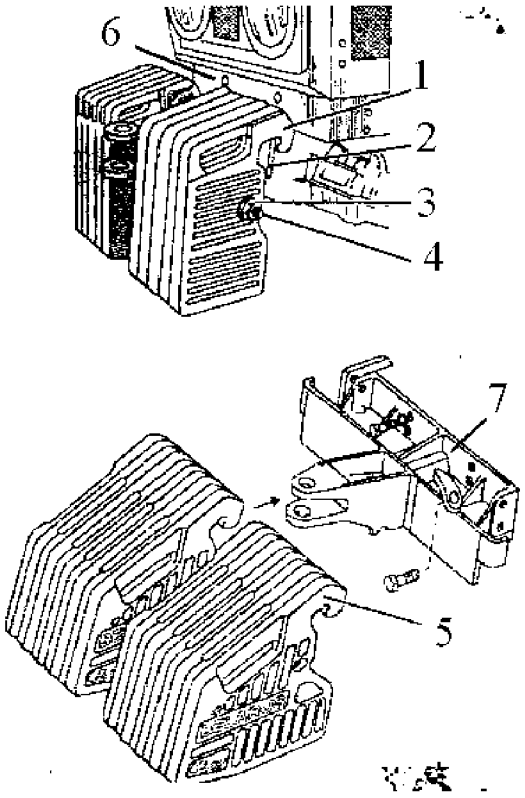


Рис. 3.88. Передние балластные грузы тракторов «Беларус»:
1 – балластный груз 20 кг (10 шт.); *2* – кронштейн; *3* – гайка; *4* – струна;
5 – балластный груз 45 кг (10 шт.); *6* – передний брус; *7* – кронштейн

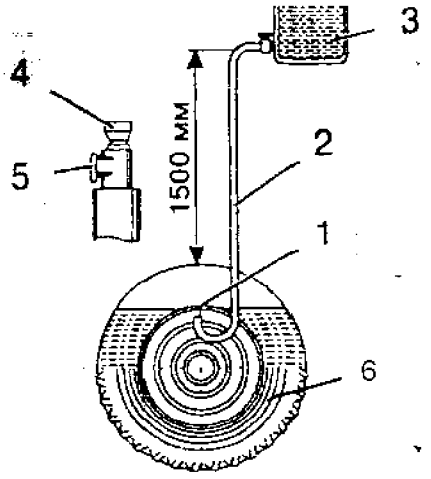


Рис. 3.89. Заполнение шин жидкостью: *1* – наконечник; *2* – шланг;
3 – резервуар; *4* – накидная гайка; *5* – запорный винт; *6* – колесо

3.3.2. Остовы колесных тракторов

Остовы колесных тракторов имеют рамную, полурамную и безрамную конструкцию. Рамные остовы применяют на колесных тракторах общего назначения, полурамные – на универсально-пропашных тракторах, некоторых тракторах общего назначения и самоходных шасси, безрамные – на тракторах тягового класса 0,6.

Остов трактора К-701 представляет собой шарнирно сочлененную раму, состоящую из передней и задней полурам и крестовины. Передняя полурама соединена с крестовиной двумя осями и образует вертикальный шарнир. Между сопряженными проушинамиопоры шарнира и крестовины установлены шайбы, которые выполняют функцию упорных подшипников.

Задняя полурама размещена на трубе горизонтального шарнира. Между торцами трубы шарнира и передней поперечиной балки задней полурамы установлены кольца, которые служат упорными подшипниками при работе горизонтальными шарнирами. Осевой зазор в этом шарнире не должен превышать 0,8 мм. Зазор регулируют с помощью прокладок, которые помещают между торцами трубы и крышкой.

Горизонтальный шарнир позволяет передней и задней полурамам поворачиваться одна относительно другой на угол ± 30° в вертикальной плоскости. При такой конструкции рамы трактор может копировать рельеф местности и поворачиваться при неуправляемых колесах.

Остов трактора Т-150К конструктивно аналогичен остову трактора К-701. Углы поворота одной полурамы относительно другой для вертикального шарнира составляют ±30°, для горизонтального шарнира ±15°.

Универсально-пропашные тракторы «Беларус» серий 500, 600, 800, 900, 1000, 1200, а также тракторы общего назначения серий 1500, 2000 имеют полурамный остов. Тракторы общего назначения «Беларус-2822ДЦ, -3022ДВ, -3022ДЦ, -3022.1» имеют литой полурамный остов. Полурамный остов образован полурамой и корпусами муфты сцепления, коробки передач и заднего моста, соединенных между собой болтами и установочными штифтами. Полурама состоит из литого стального переднего бруса и двух продольных балок (лонжеронов) и служит опорой для дизеля. Полурама тракторов «Беларус-2822ДЦ, -3022ДВ, -3022ДЦ, -3022.1» не имеет продольных балок (лонжеронов) и представляет собой цельный литой корпус, в котором установлен дизель.

На полураме балочного типа, кроме дизеля, могут быть закреплены жидкостной и масляный радиаторы, охладитель наддувочного воздуха (ОНВ),

аккумуляторные батареи, масляный бак ГОРУ и корпус гидроусилителя рулевого управления (серии 500, 800).

В проушины переднего бруса полурамы устанавливают ось качания передней неведущей оси или переднего ведущего моста. Спереди к переднему брусу прикреплен кронштейн передних балластных грузов и буксирная скоба.

Полурамный остов обладает достаточной жесткостью, прочностью и в то же время имеет несколько меньшую массу, чем рамный остов.

Для придания полураме прочности и жесткости к лонжеронам энергонасыщенных тракторов «Беларус-1221, -1523, -2022» крепят усилиительные пластины на длине от корпуса сцепления до кронштейна балластных грузов, которые называют «обвязкой» полурамы.

3.3.3. Подвеска

Подвеска колесных тракторов в основном обеспечена пневматическими шинами. Задние ведущие колеса с остовом трактора связаны жестко, т.е. между ними нет упругих элементов. Их ступицы жестко крепят на концах полуосей ведущих колес, которые выступают из рукавов, соединенных с корпусом заднего моста (семейство тракторов «Беларус»). У тракторов Т-150К, К-701 задний мост жестко соединен с кронштейнами рамы.

Передняя (неведущая) ось и передний ведущий мост универсально-пропашных тракторов служат опорой для передней части остова трактора и включают в себя ось с подвеской и направляющие колеса или ведущий мост с подвеской (ПВМ с коническими редукторами) или без подвески (ПВМ с планетарно-цилиндрическими редукторами) и комбинированные колеса. Как правило, эти тракторы имеют ступенчато регулируемую колею передних колес.

Передняя неведущая ось тракторов «Беларус» серий 500, 600, 800, 900 обеспечивает повышенный дорожный просвет и возможность изменения колеи.

Передняя подвеска выполнена с упругим элементом – винтовой пружиной, установленной в поворотном кулаке. Передняя ось состоит из трубчатой балки *4* (рис. 3.90), шарнирно соединенной осью качания *12* с передним брусом *13* полурамы трактора. Шарнирное соединение позволяет балке качаться относительно остова в вертикальной плоскости на угол 10° вверх и вниз, благодаря чему передние колеса приспосабливаются к неровностям опорной поверхности и их воздействие на остов смягчается. Ось качания удерживается штифтом от проворачивания и смещения.

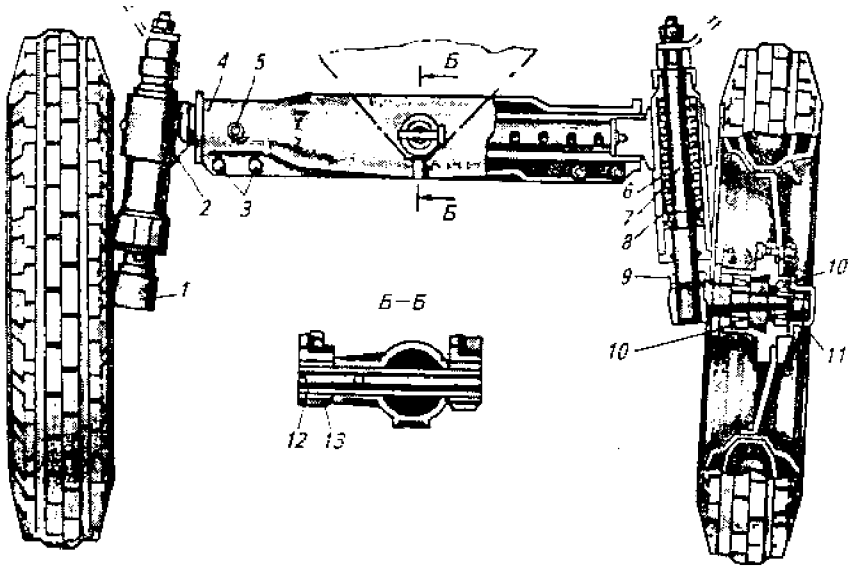


Рис. 3.90. Передняя ось тракторов «Беларус» серий 500, 600, 800, 900 (без ПВМ): *1* – поворотная цапфа; *2* – выдвижной кулак; *3* – стяжные болты; *4* – трубчатая балка; *5* – стопорный палец; *6* – кронштейн выдвижной трубы; *7* – вал поворотной цапфы (шкворень); *8* – пружина подвески; *9* – тарельчатая пружина; *10* – подшипники колеса; *11* – гайка цапфы; *12* – ось качания; *13* – передний брус

В трубчатую балку вставлены два выдвижных кулака *2*, представляющих собой трубу с приваренным к ней кронштейном *6*. Кулак затягивают двумя болтами *3* клеммового зажима балки. В трубе каждого кулака выполнено по шесть сквозных отверстий на расстоянии 50 мм одно от другого. В одно из отверстий трубы вставляют стопорный палец *5*, с помощью которого фиксируют колею передних колес. Ширину колеи регулируют перемещением трубы относительно балки. Колея передних колес может изменяться в пределах 1350–1850 мм с интервалом 100 мм при симметричном и 50 мм при ассиметричном расположении колес.

В кронштейне *6* выдвижного кулака на двух втулках установлен вал *7* поворотной цапфы. Нижний конец вала *7* запрессован в отверстие полуоси колеса и приварен к ней снизу. На полуоси на двух конических роликовых подшипниках *10* установлена ступица переднего колеса.

Балка передней оси подрессорена двумя цилиндрическими пружинами *8*, расположенными в кронштейнах выдвижных кулаков. Часть силы тяжести (веса) трактора через кронштейн *6*, пружину *8*, упорный шариковый подшипник с шайбой, полуось и ступицу передается переднему колесу.

Корпуса или балки передних ведущих мостов тракторов «Беларус» шарнирно соединяются с передним брусом полурамы полыми осями, на которых ПВМ вместе с колесами может качаться в вертикальной плоскости на определенный угол от вертикали до упора в передний брус. От проворачивания и осевых смещений оси стопорят планками и болтами.

Корпус ПВМ с коническими редукторами подрессорены двумя цилиндрическими пружинами *13* (рис. 3.61), нижние концы которых опираются на шариковые подшипники, установленные в корпусе *17* редуктора, а верхние – в перегородку трубы шкворней.

Колесные редукторы вместе с передними колесами могут перемещаться относительно корпуса *7* и его крышки *5* вследствие телескопического соединения выдвижных корпусов *3* с корпусом и крышкой. Это перемещение осуществляется червяком *4* винтового механизма регулировки колеи.

Передняя подвеска тракторов «Беларус», оборудованных ПВМ с планетарно-цилиндрическими редукторами (рис. 3.63) обеспечивается упругими свойствами шин передних колес.

Винтовой механизм ПВМ с коническими редукторами позволяет ступенчато регулировать ширину колеи передних колес в трех интервалах: 1460–1620; 1570–1730 и 1680–1840 мм. Максимальные значения колеи в каждом интервале достигается за счет перестановки колес, а минимальные значения получаются с помощью регулировки положения выдвижного корпуса ПВМ. Формирование колеи передних колес ПВМ с планетарно-цилиндрическими редукторами, не имеющими винтового механизма регулировки колеи, осуществляется перестановкой ободьев колес, которая позволяет получить колею 1420; 1520; 1740 и 1840 мм. Путем переворота дисков получаем: 1600; 1690; 1900 и 2000 мм.

Колею задних ведущих колес универсально-пропашных тракторов «Беларус» серий 500, 800, 900, 1000, 1200 регулируют бесступенчато в двух интервалах: 1440–1600 и 1800–2100 мм путем перемещения ступицы колеса на полуоси. Для получения ширины колеи до 2100 мм необходимо переставить колеса со ступицами в сборе, как показано на рис. 3.91.

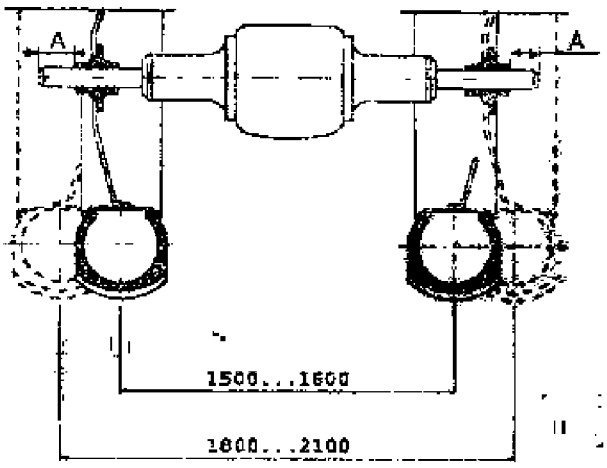


Рис. 3.91. Схема формирования колеи задних колес:
А – расстояние от торца полуоси до торца ступицы колеса

Значения ширины колеи и соответствующие им расстояния *A* приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Ширина колеи и расстояние *A*

Ширина колеи, мм	1440	1500	1600	1800	1900	2000	2100
Расстояние *A*, мм	80	50	0	164	114	64	14

Подвеска переднего ведущего моста трактора Т-150К зависимая. Она состоит из двух продольных полуэллиптических рессор *7* (рис. 3.92) и амортизаторов *3*. Рессора, скрепленная двумя хомутами, соединена с корпусом переднего моста двумя стремянками *1* с подкладками *9*. Концы верхних листов рессор помещены в резиновые подушки *8*, заключенные в чашки кронштейнов. Последние закрываются крышками *11* и *6*. Ход переднего моста вверх ограничен двумя резиновыми буферами *2*.

Гидравлические амортизаторы *3* двустороннего действия работают совместно с рессорами и предназначены для гашения колебаний, возникающих при движении трактора по неровностям пути. Они повышают плавность хода трактора и увеличивают долговечность работы рессор. В верхней части амортизатор крепится к кронштейну лонжерона рамы, а в нижней – подкладке *9* рессоры.

Ширину колеи трактора Т-150К можно изменять, переставляя колеса с одной стороны на другую. Узкую колею (1680 мм) устанавливают для работы трактора на пахоте, закрепляя колеса вентилем наружу, а широкую колею (1860 мм) – для транспортных и других работ, переставляя колеса вентилем внутрь.

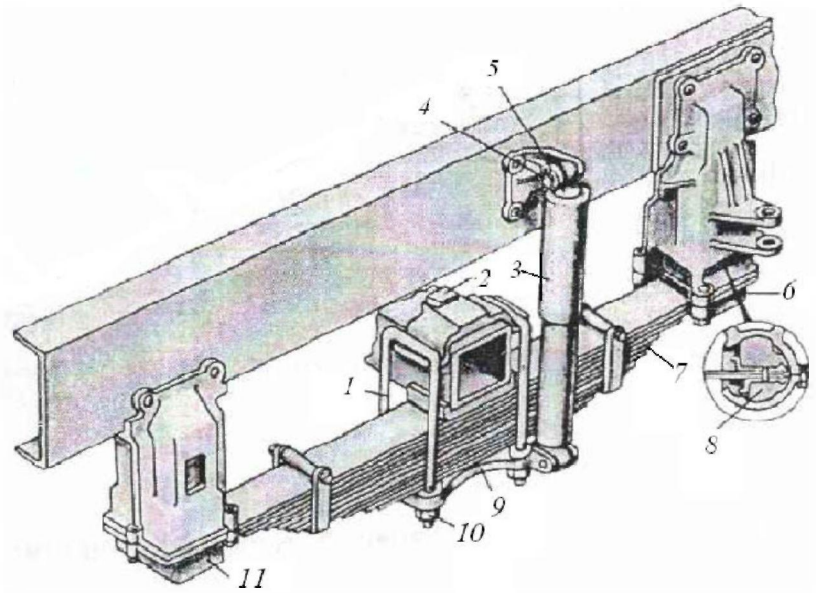


Рис. 3.92. Подвеска ПВМ трактора Т-150К: *1* – стремянка; *2* – буфер; *3* – амортизатор; *4* – ось; *5* – пружинный шплинт; *6*, *11* – крышки кронштейнов рессоры; *7* – рессора; *8* – подушка рессоры; *9* – подкладка; *10* – специальная гайка

3.4. Ходовая часть гусеничных тракторов

Ходовая часть гусеничного трактора, подобно колесному, состоит из несущей системы, движителя и подвески. Несущие системы (остовы) гусеничных тракторов бывают рамные и полурамные.

Рама (тракторы Т-150, ДТ-75МВ) состоит из двух лонжеронов *7*, *9* (рис. 3.93, *а*) соединенных стальным брусом *13* и двумя поперечными брусьями *6*, *8*. К раме прикреплены кронштейны *1*, *2*, *3*, *4*, *10* для присоединения сборочных единиц (поддерживающих роликов, шаровых опор натяжного устройства, опор коленчатых осей). На кронштейнах *4* бугелями *5* крепится корпус заднего моста.

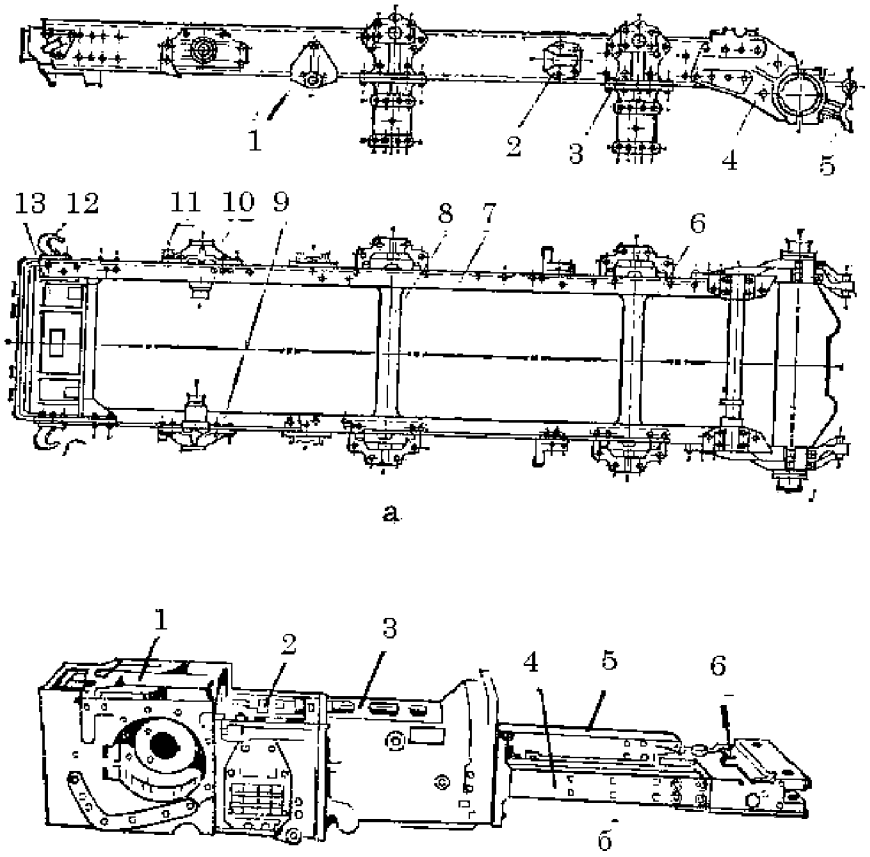


Рис. 3.93. Остов гусеничного трактора: *а* – рамный: *1*, *2*, *3*, *4*, *10* – кронштейн; *6*, *8* – поперечные брусья; *7*, *9* – лонжерон; *11* – упор; *12* – передний крюк; *13* – передний брус; *б* – полурамный: *1* – корпус заднего моста;*2* – корпус коробки передач; *3* – корпус сцепления; *4*, *5* – продольный брус (лонжерон); *6* – передний брус

Полурамный остов (трактор Т-70С) образуется жестко соединенными между собой корпусами *1* (рис. 3.93, *б*) заднего моста, коробки передач *2*, сцепления *3* и полурамой, состоящей из двух лонжеронов *4*, *5* и присоединенного к их концам переднего бруса *6*.

3.4.1. Гусеничный движитель

Гусеничный движитель состоит из двух замкнутых, вращающихся шарнирных или бесшарнирных лент, называемых гусеницами (или гусеничными цепями), ведущего колеса (звездочки), направляющего колеса с амортизатором, опорных катков и поддерживающих роликов.

У гусеничного движителя опорные катки катятся по гладкому искусственному пути, который образуется бесконечной (замкнутой) гусеничной цепью. На наружной поверхности звеньев гусеничной цепи имеются почвозацепы для лучшего сцепления с почвой, а внутренняя поверхность образует гладкий металлический рельсовый путь для опорных катков. Звездочки находятся в зацеплении с цевками гусениц и при вращательном их движении перематывают гусеничные цепи, стремясь выдернуть их из-под опорных катков. Однако гусеничные цепи прижаты к почве силой тяжести трактора и почвозацепы стремятся срезать ее поверхностный слой. Поэтому звездочкам легче толкать остов и катить опорные катки по гусеницам, чем выдергивать их из-под катков.

Таким образом, перематываемая звездочкой гусеничная цепь непрерывно укладывается на опорную поверхность в направлении движения трактора и одновременно поднимается с опорной поверхности.

Преимущества гусеничных движителей по сравнению с колесными: меньше буксование, ниже удельное давление на почву (0,03–0,07 МПа), а, следовательно, и уплотняющее воздействие на почву вследствие большей опорной поверхности гусениц; выше проходимость; лучше сцепление гусениц с почвой, что позволяет реализовать большую силу тяги по сцеплению.

Недостатки гусеничного движителя: сложнее конструкции, выше металлоемкость, стоимость и затраты на техническое обслуживание и ремонт, меньше транспортные скорости.

Для обеспечения работы гусеничного трактора на слабых грунтах необходимо дополнительно снизить давление. Этого достигают увеличением длины опорной поверхности за счет снижения высоты расположения направляющих колес, а также установкой более широких гусениц.

3.4.1.1. Гусеница

Гусеница представляет собой замкнутую металлическую цепь, состоящую из отдельных звеньев, шарнирно соединенных между собой пальцами. Гусеница работает в очень тяжелых условиях – значительные нагрузки,

отсутствие смазки, наличие абразивных частиц. Поэтому изготовляют ее из высококачественной стали.

По конструкции и способу изготовления наиболее широко распространены гусеничные цепи двух типов: с цельнолитыми необработанными звеньями; с составными штампованными звеньями.

Гусеничная цепь первого типа состоит из отдельных литых и необработанных звеньев (рис. 3.94, *а*). Звено имеет беговые дорожки *1*, направляющие гребни (реборды) *3*, проушины с отверстием и почвозацепы. Звенья соединены между собой стальными пальцами *2*, вставляемыми в отверстия проушин соседних звеньев и закрепляемыми шайбами *5* и шплинтами *4*. Средние проушины звеньев служат цевками, за которые зацепляются зубья звездочки.

Каждое звено гусеничной цепи второго типа состоит из отдельных штампованных деталей: звеньев *7* и *8* (рис. 3.94, *б*) и башмака *9*, прикрепляемого к звеньям болтами. На нижней части башмака имеется почвозацеп (шпора). Верхняя плоскость звена образует беговую дорожку для опорных катков. Звенья соединяются между собой шарнирно с помощью втулок *6* и пальцев *10*. Втулки запрессовывают в отверчстия внутренних щек одного звена, а палец свободно вставляют во втулку и запрессовывают в отверстия наружных щек соседнего звена. Втулки служат цевками, за которые цепляются зубья звездочки. Для соединения и разъединения гусеничной цепи предусмотрено одно легкоразъемное звено.

По конструкции шарниров гусеницы делят на открытые и закрытые. Гусеницы первого типа (рис. 3.94, *а*) имеют открытые шарниры, так как отверстия под палец в проушинах не обрабатывают. Гусеница с закрытыми шарнирами (рис. 3.94, *б*) имеет обработанные отверстия в звеньях, в которые запрессовывают обработанные палец и втулку.

3.4.1.2. Ведущее колесо (звездочка)

Ведущее колесо (звездочка) имеет зубчатый венец, спицы и ступицу, которые изготовляют как одно целое (например, звездочка *1* на рис. 3.72 у трактора ДТ-75МВ), или зубчатый венец отливают совместно с ободом, которым звездочка крепится непосредственно к корпусу планетарного редуктора (например, звездочка *9* на рис. 3.71 у трактора Т-150).

Звездочка и гусеничная цепь могут иметь цевочное или гребневое зацепление. Наиболее распространено цевочное зацепление – зубья звездочки цепляются за проушины или втулки звеньев гусеничной цепи.

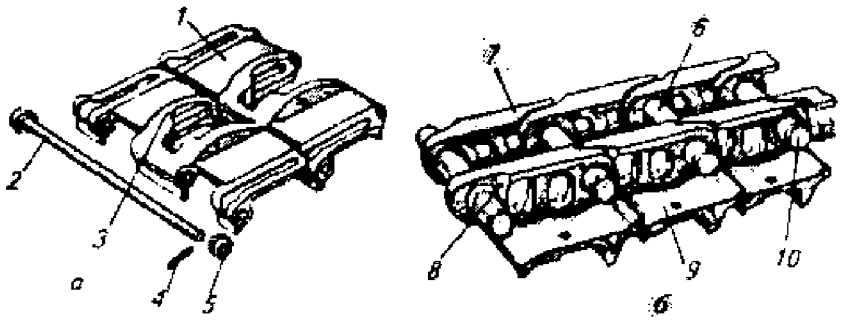


Рис. 3.94. Типы гусеничных цепей: *а* – с цельнолитыми необработанными звеньями; *б* – с составными штампованными звеньями; *1* – беговая дорожка; *2*, *10* – пальцы; *3* – направляющий гребень; *4* – шплинт; *5* – шайба; *6* – стальная втулка; *7*, *8* – звенья; *9* – башмак

Число зубьев звездочки нечетное, а шаг зубьев вдвое меньше шага гусеничной цепи. При таком соотношении каждый зуб звездочки работает один раз за два оборота звездочки, причем каждый раз с новым звеном гусеничной цепи. Это приводит к более равномерному изнашиванию и повышению срока службы звездочек.

3.4.1.3. Направляющее колесо

Направляющее колесо совместно с натяжным устройством предназначено для направления движения гусеничной цепи, ее натяжения и амортизации. Гусеничная цепь во время работы изнашивается, удлиняется и провисает. Если ее вовремя не натянуть, то она может соскочить со звездочки и натяжного колеса. При ослабленной или чрезмерно натянутой гусеничной цепи увеличиваются потери мощности на трение в шарнирах. Гусеничную цепь натягивают с помощью направляющего колеса и натяжных приспособлений.

Различают *кривошипные* и *ползунковые натяжные приспособления*. На тракторах с эластичной подвеской (ДТ-75МВ, ДТ-175С, Т-150) применены кривошипные натяжные приспособления.

На тракторе Т-150 направляющее колесо *1* (рис. 3.95) установлено на коленчатой оси *2*, поворачивая которую, можно натянуть или ослабить гусеничную цепь. Коленчатую ось поворачивают с помощью гидроцилиндра *6*. С цапфой коленчатой оси *2* шарнирно соединен шток *15* цилиндра. В задней части корпус цилиндра через промежуточное звено *7* соединен с пружинным амортизатором.

Для натяжения гусеничной цепи через масленку *18* шприцем вводят пластичную смазку в рабочую полость цилиндра, создавая давление. При этом шток *15* перемещается вперед и поворачивает коленчатую ось, натягивая гусеничную цепь.

Чтобы ослабить натяжение гусеничной цепи, отворачивают корпус *16* клапана и через образовавшееся отверстие выпускают часть смазки из цилиндра. Корпус *16* зажимает пластинчатый клапан *17*, который продавливается смазкой при чрезмерных нагрузках в гусеничной цепи.

На тракторах с полужесткой подвеской (Т-4А, Т-70С) ось направляющего колеса устанавливают на раме гусеничной тележки в ползунах, которые могут перемещаться вместе с направляющим колесом, натягивая гусеничную цепь. Натяжение регулируют винтовым механизмом или с помощью гидроцилиндра (в тракторе Т-130М).

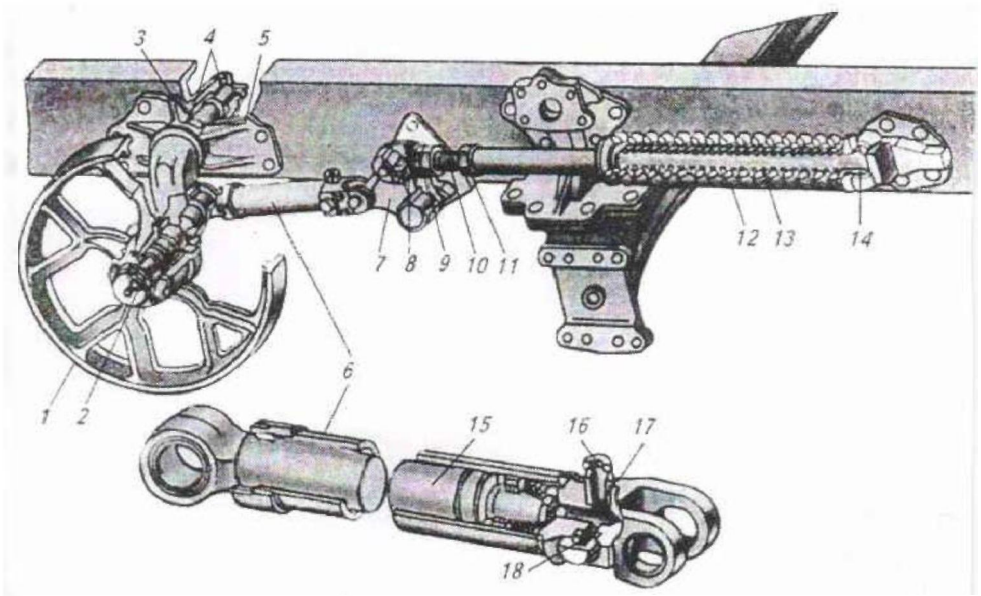


Рис. 3.95. Направляющее колесо с натяжным приспособлением и амортизирующим устройством (Т-150): *1* – направляющее колесо; *2* – коленчатая ось; *3*, *18* – масленки; *4* – втулки; *5* – кронштейн; *6* – гидроцилиндр; *7* – промежуточное звено; *8* – вилка; *9* – регулировочная гайка; *10* – натяжной болт; *11* – гайка; *12* – большая пружина; *13* – малая пружина; *14* – шаровая опора; *15* – шток; *16* – корпус клапана; *17* – пластинчатый клапан

3.4.1.4. Амортизирующее устройство

Амортизирующее устройство воспринимает удары и компенсирует длину гусеничной цепи при наезде на препятствие опорных катков или попадании крупных предметов между гусеничной цепью и направляющим колесом или звездочкой.

В качестве амортизаторов используют цилиндрические пружины *12* и *13* (рис. 3.95). При переезде через препятствие гусеничная цепь дополнительно натягивается и отводит направляющее колесо назад, сжимая пружины амортизатора. В дальнейшем пружины вновь распрямляются и направляющее колесо возвращается в исходное положение.

3.4.1.5. Поддерживающие ролики

Поддерживающие ролики устанавливают для уменьшения провисания верхней ветви гусеничной цепи. В зависимости от длины гусеничной цепи с каждой стороны трактора размещают по одному или два ролика.

Поддерживающий ролик трактора Т-150 вращается в двух шариковых подшипниках *4* и *6* (рис. 3.96) на оси *5*, которая запрессована в кронштейн *9*. Для уменьшения шума и изнашивания роликов на них установлены резиновые бандажи *10*.

На тракторе Т-130М поддерживающий каток состоит из двух роликов, жестко закрепленных на оси, которая вращается в двух шариковых подшипниках, установленных в расточке литого опорного кронштейна.

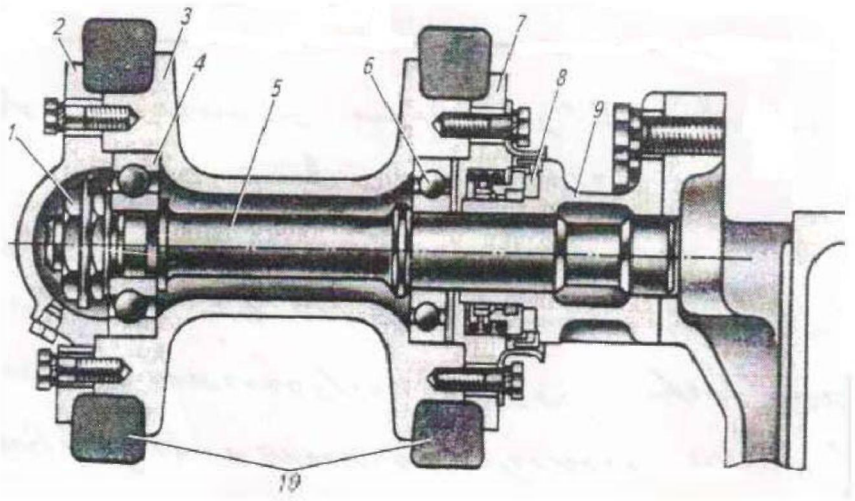


Рис. 3.96. Поддерживающий ролик трактора Т-150: *1* – гайка; *2* – крышка; *3* – корпус; *4*, *6* – шариковые подшипники; *5* – ось; *7* – корпус уплотнения; *8* – уплотнение; *9* – кронштейн поддерживающего ролика; *10* – резиновые бандажи

3.4.2. Подвеска

Подвеска гусеничных тракторов может быть жесткой, полужесткой и эластичной.

Жесткая подвеска упругих элементов не имеет. Оси опорных катков жестко прикреплены к гусеничным тележкам, которые в свою очередь также жестко соединены с остовом трактора. Такую подвеску применяют на промышленных тракторах, двигающихся с небольшой скоростью.

Полужесткая подвеска может быть трех- и четырехточечной. В трехточечной подвеске обе гусеничные тележки с жестко закрепленными на них

осями опорных катков в задней части шарнирно соединены с остовом трактора. Передняя часть остова трактора опирается на гусеничные тележки через упругий элемент – рессору. Подвеска обеспечивает возможность поворота одной тележки относительно другой в вертикальной плоскости при переезде через препятствие. Такая подвеска применена на тракторах Т-130М, Т-4А.

В четырехточечной полужесткой подвеске каждая гусеничная тележка с жестко закрепленными на ней осями опорных катков соединена с остовом в двух местах через упругие элементы – торсионы. При наезде одной из тележек на препятствие она перемещается вверх и закручивает торсионный вал, смягчая толчки и удары на остов от неровностей дороги. Такая подвеска установлена на тракторе Т-70С.

Эластичная подвеска заключается в том, что остов трактора соединен с опорными катками через упругие элементы. На тракторах широко применяют балансирную эластичную подвеску. Она состоит из четырех одинаковых балансирных кареток, которые установлены на цапфах, закрепленных на поперечных брусьях рамы трактора. Каретка – это четырехколесная тележка, состоящая из двух балансиров с двумя опорными катками и пружины (или пружин), которая распирает балансиры и служит упругим элементом. Такая подвеска применена на тракторах ДТ-75МВ, ДТ-75Д, Т-150, Т-175С.

Балансирная каретка эластичной подвески гусеничного трактора Т-150 состоит из двух балансиров *8* (рис. 3.97). Балансиры устанавливают на цапфы *11*, которые запрессованы в кронштейн *10*. Балансиры поворачиваются относительно цапфы во втулках *7*, запрессованных в отверстия балансира. От осевого перемещения балансир удерживается шайбой *3* и болтом *4*. Трущиеся поверхности цапфы и втулок смазываются маслом, заливаемым через отверстие в крышке *2*, закрываемое пробкой *5*. Для предотвращения течи масла установлены уплотнение *9* и прокладка *6*.

В ступице каждого балансира расположена ось, которая вращается в двух конических роликовых подшипниках вместе с двумя опорными катками. Верхние части балансиров распирают две концентрически расположенные цилиндрические пружины *72*, которые смягчают толчки при наезде трактора на препятствие.

На верхних частях балансиров передних кареток установлены гидроамортизаторы, которые предназначены для гашения колебаний, возникающих при движении трактора.

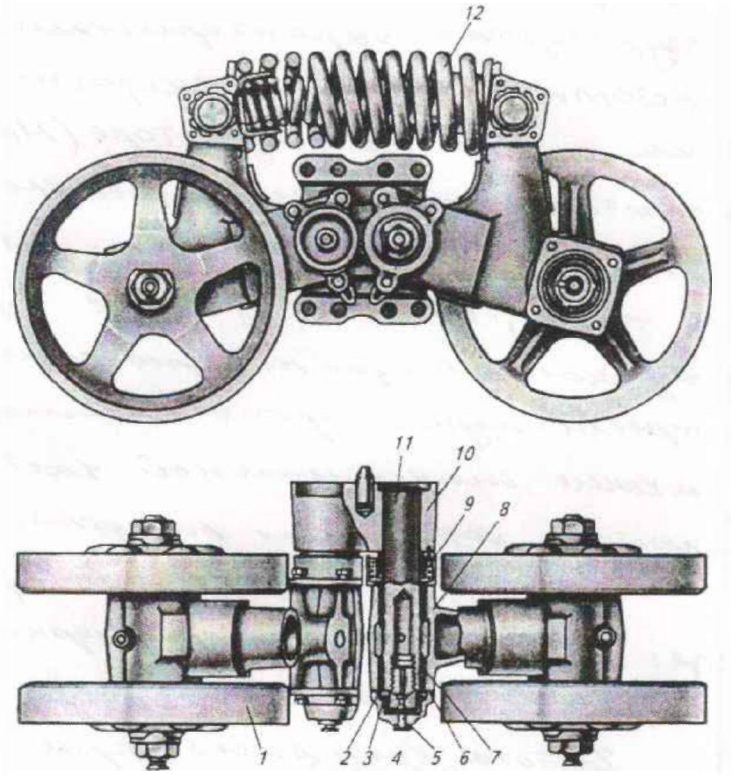


Рис. 3.97. Балансирная каретка эластичной подвески трактора Т-150:
1 – опорный каток; *2* – крышка; *3* – шайба; *4* – болт; *5* – пробка; *6* – прокладка; *7* – втулка; *8* – балансир; *9* – уплотнение; *10* – кронштейн цапф; *11* – цапфа; *12* – пружина

3.4.2.1. Гидроамортизатор

Гидроамортизатор состоит из цилиндра *6* (рис. 3.98) с задней проушиной, штока *7* с поршнем и передней проушиной, компенсационного бачка *10*. Проушинами амортизатор соединяют с цапфами переднего и заднего балансиров каретки. Уплотнение *2* не пропускает жидкость из штоковой полости цилиндра. В конце штока-поршня расположен перепускной клапан *4*, поджимаемый пружиной. Между компенсационным бачком *10* и полостью *Б* цилиндра расположен компенсационный клапан *8*.

Когда каретка наезжает на препятствие (положение *I*), передний балансир поворачивается, сжимая пружины. При этом поршень-шток *1* перемещается в сторону полости *Б* цилиндра. Жидкость из этой полости вытесняется через дроссельное отверстие *3* в полость *А* цилиндра. Жидкость, не уместившаяся в этой полости, так как часть ее занимает шток, вытесняется через канал *7* и дроссельное отверстие *9* в компенсационный бачок (полость *П*). При резком перемещении штока-поршня жидкость открывает перепускной клапан *4* и перетекает в полость *А* через ряд отверстий, что предохраняет детали амортизатора и его крепление от поломок.

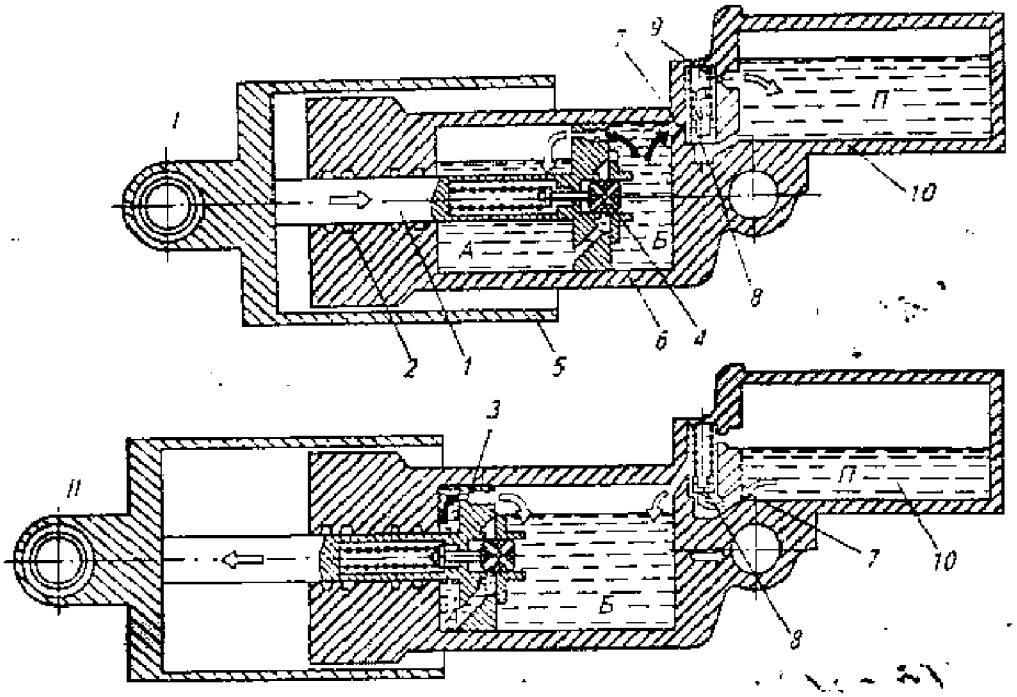


Рис. 3.98. Схема работы гидроамортизатора передней балансирной каретки (Т-150): *1* – шток; *2* – уплотнение; *3*, *9* – дроссельное отверстие; *4* – перепускной клапан; *5* – кожух; *6* – цилиндр; *7* – подводящий канал; *8* – компенсационный клапан; *10* – компенсационный бачок; *А*, *В* – полости цилиндра; *П* – полость бачка; *I* – каретка наезжает на препятствие; *II* – препятствие пройдено

Когда препятствие пройдено кареткой (положение *II*), ее пружины разжимаются и перемещают шток-поршень в исходное положение. При этом жидкость вытесняется из полости *А* в полость *Б* через дроссельное отверстие *3*. Одновременно вследствие образующегося в полости *Б* разрежения открывается клапан *8* и жидкость поступает в эту полость из полости *П* компенсационного бачка. Небольшие отверстия, через которые перетекает жидкость, оказывают сопротивление, поглощающее энергию колебаний балансиров.

3.5. Техническое обслуживание

Техническое обслуживание ходовой части колесных тракторов и автомобилей включает в себя: контроль технического состояния пневматических шин и колес; контроль давления воздуха в шинах и подтягивание крепежа; регулирование и смазывание подшипников колес; периодическую проверку состояния шкворней поворотных кулаков, крепления рулевых рычагов и тяг, обслуживание рессор и амортизаторов.

Техническое состояние пневматических шин оценивают по результатам внешнего осмотра. Шины не должны иметь проколов, разрывов, трещин, расслоений, порезов и предельного износа протектора. Давление в шинах должно находиться в пределах, рекомендуемых заводом-изготовителем. С целью безопасности движения шины должны быть особо надежными в работе. Колеса с пневматическими шинами периодически переставляют с целью обеспечения более равномерного изнашивания шин.

Систематически проверяют и при необходимости регулируют подшипники ступиц колес. Колесо должно вращаться равномерно и свободно без осевого зазора.

Диски колес не должны иметь трещин и погнутостей. Гайки крепления колес необходимо завертывать равномерно, добиваясь совпадения конусных поверхностей на гайках и дисках, плотно и надежно. Периодически проверяют затяжку гаек и при необходимости подтягивают их.

Техническое обслуживание подвески заключается в систематическом осмотре и смазывании шарниров, проверке крепления рессор и амортизаторов. Рессоры необходимо периодически очищать от грязи, не допускать их эксплуатацию с поломанными листами и ослабленными креплениями. При разборке рессоры листы смазывают графитной смазкой.

У гусеничных тракторов техническое обслуживание ходовой части состоит из очистки ее от грязи, подтягивании креплений, регулировании и смазывании подшипников, регулировании натяжения гусеничных цепей. При внешнем осмотре ходовой части обращают внимание на состояние гусениц: натяжение, шплинтовку, износ пальцев и проушин звеньев, крепление башмаков к звеньям, состояние ведущих звездочек, натяжных колес, опорных катков и поддерживающих роликов.

О правильности натяжения гусеничной цепи судят по ее прогибу между поддерживающими роликами, который должен составлять 30–60 мм. При корректировке натяжения гусениц сначала проверяют и регулируют длину амортизирующей пружины, а затем при помощи натяжного устройства натягивают гусеницу. Если натянуть гусеницу не удается, то из каждой гусеничной цепи удаляют по одному звену, а затем проводят регулировку.

Конические подшипники направляющих колес и опорных катков периодически регулируют с помощью гаек и прокладок. Смазывают подшипники направляющих колес, опорных катков, поддерживающих роликов, а также шарниры и соединения подвесок.

Глава 4. РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ И АВТОМОБИЛЕЙ

4.1. Общие сведения

Рулевое управление предназначено для изменения и поддержания направления движения трактора или автомобиля по требуемой траектории.

Наиболее распространены две схемы поворота: передние колеса поворачиваются относительно переднего моста (рис. 3.99, *а*) или поворотом полурам вместе с мостами и колесами относительно шарнира, соединяющего эти полурамы (рис. 3.99, *б*). Первая схема применена на всех автомобилях и универсально-пропашных тракторах, вторая – на колесных тракторах общего назначения с четырьмя ведущими колесами одинакового размера.

Основное условие поворота – качение направляющих колес без бокового скольжения. Для выполнения этого условия необходимо, чтобы геометриические оси всех колес пересекались в мгновенном центре вращения – точке O, называемой *центром поворота*. Расстояние OO_1 от центра поворота до середины заднего моста называют *радиусом поворота* R.

Геометрические оси всех колес пересекутся в одной точке в том случае, если передние управляемые колеса при повороте будут поворачиваться на разные углы: внутренне колесо на больший угол, наружный – на меньший. Соблюдение этих условий достигается применением в конструкции рулевого управления четырехзвенного шарнирного механизма – *рулевой трапеции*.

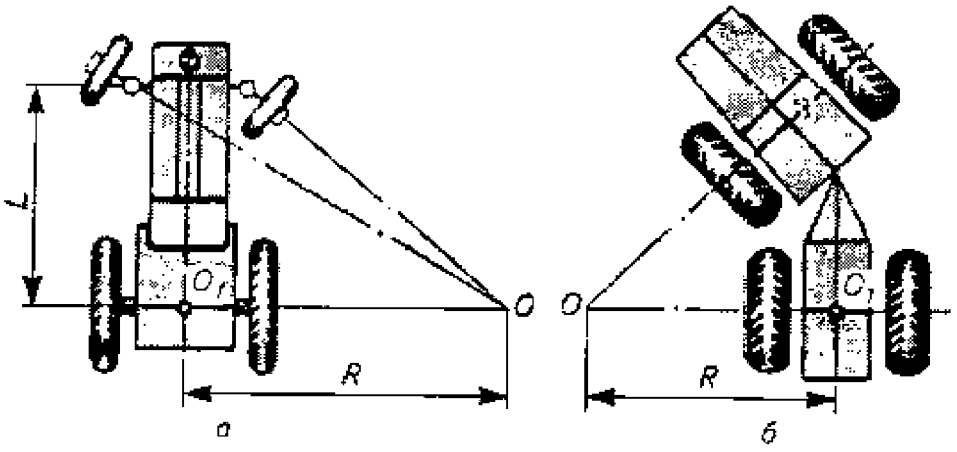


Рис. 3.99. Схемы поворота: *а* – передних колес относительно переднего моста; *б* – полурам вместе с мостами и колесами

В схеме поворота с передними управляемыми колесами (рис. 3.99, *а*) получили распространение следующие типы рулевого управления, опреде-

ляемые принципом действия и конструкцией усилительного механизма: с механическим усилением (рис. 3.100, *а*), с гидроусилителем (рис. 3.100, *б*) и гидрообъемное рулевое управление (рис. 3.100, *в*).

В рулевых управлениях с механическим усилением в рулевом механизме *4* (рис. 3.100, *а*) обычно используют механическую червячную или зубчатую передачу. В рулевых управлениях с гидроусилителем применяют как механическую (винтовую, зубчатую) передачу, так и гидроусилители. Гидроусилитель может быть встроен в рулевой механизм или монтируется отдельно в рулевом приводе.

Гидрообъемное рулевое управление не имеет механического усилителя, и для поворота колес используется энергия давления жидкости. Пропорциональность поворота управляемых колес и рулевого колеса *4* (рис. 3.100, *в*) обеспечивается с помощью специального насоса-дозатора *3*, приводимого в действие рулевым колесом и питаемого масляным насосом *1*.

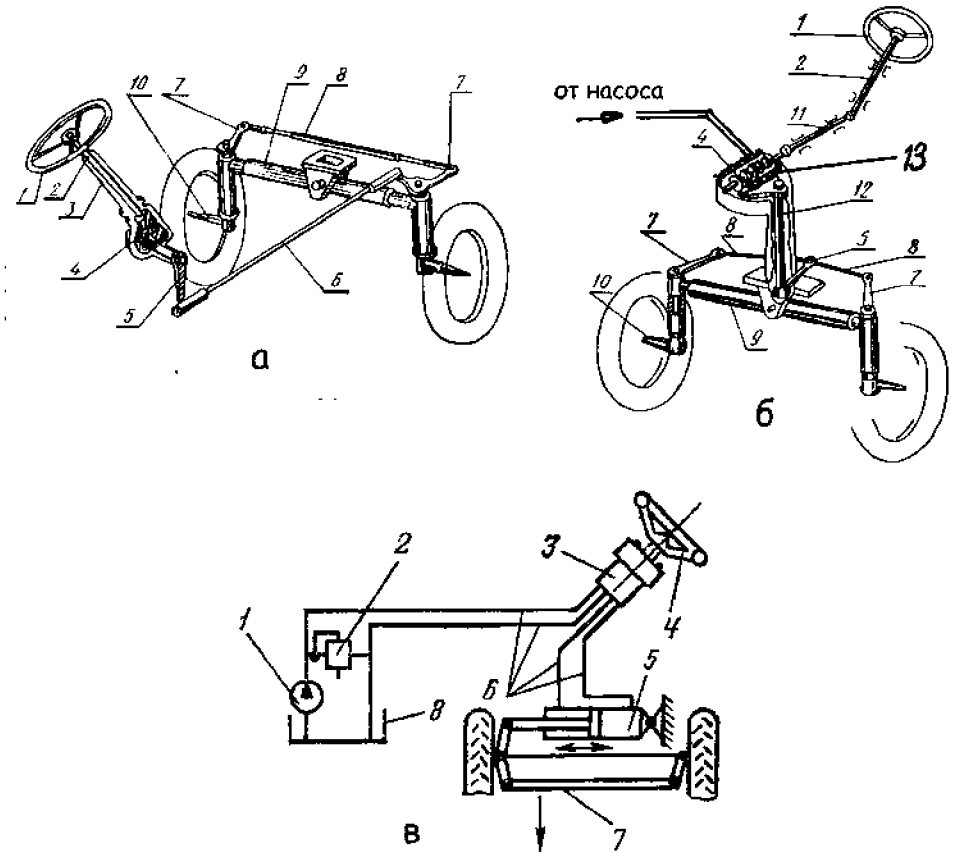


Рис. 3.100. Типы рулевого управления: *а* – с механическим усилением и продольной тягой; *б* – с гидроусилителем, вертикальным поворотным валом и сошкой: *1* – рулевое колесо; *2* – вал рулевого колеса; *3* – рулевая колонка; *4* – рулевой механизм; *5* – сошка; *6* – продольная рулевая тяга; *7* – боковой рычаг трапеции; *8* – поперечная тяга; *9* – передняя ось; *10* – цапфа; *11* – промежуточный вал; *12* – вертикальный поворотный вал; *13* – гидроусилитель; *в* – гидрообъемное рулевое управление: *1* – насос питания; *2* – предохранительный клапан; *3* – насос-дозатор; *4* – рулевое колесо; *5* – гидроцилиндр; *6* – маслопроводы; *7* – поперечная тяга; *8* – масляный бак

Рулевое управление с передними управляемыми колесами состоит из рулевого колеса *12* (рис. 3.101) с рулевым валом *11*, рулевого механизма и рулевого привода. Рулевой механизм включает в себя червяк *10*, сектор *9* и вал *8* с рулевой сошкой *7*. В рулевой привод входят продольная тяга *6* и рулевая трапеция; состоящая из передней оси, рулевых рычагов *3*, закрепленных на шкворнях *2* поворотных кулаков, и поперечной тяги (или тяг) *4*, шарнирно соединенной с рычагами *3* и поворотным рычагом *5*.

Рулевой механизм преобразует вращательное движение рулевого колеса в ограниченный поворот рулевой сошки. Для удобства управления передаточное число рулевого механизма выбирают с таким расчетом, чтобы отклонение управляемых колес от нейтрального положения на максимальный угол 35–40° происходило за 1,25–2 оборота рулевого колеса в каждую сторону. Передаточное число рулевого механизма у многих тракторов и автомобилей составляет 15–25.

Чем больше передаточное число, тем меньшее окружное усилие требуется для поворота, меньший угол отклонения управляемых колес за один оборот рулевого колеса и большее время поворота. Последнее существенно влияет на безопасность дорожного движения.

Если максимально возможное передаточное число рулевого механизма не обеспечивает требуемой легкости управления, применяют усилители. Наиболее распространены гидравлические усилители рулевого управления. Гидроприводы управления поворотом рассмотрены в разделе 4 «Гидравлическое оборудование».

В рулевых механизмах применяются следующие передачи: *цилиндрический червяк 1* (рис. 3.102, *а*) – *сектор 2* (тракторы «Беларус» серий 500, 800 с гидроусилителем, К-701, Т-150К, автомобиль «Урал-375Д»); *глобоидальный червяк 1* (рис. 3.102, *б*) – *ролик 2* (автомобили ГАЗ-53-12, «Волга», «Москвич», «Жигули»); *винт 1* (рис. 3.102, *в*) – *гайка 2* и *рейка 3* (автомобили МАЗ, КамАЗ, ЗИЛ); *зубчатая рейка – зубчатое колесо* (автомобили ВАЗ-2108, ВАЗ-2109).

По взаимному расположению рулевого колеса и рулевого механизма различают совмещенное и разделенное рулевое управление. При совмещенном рулевом управлении (рис. 3.101) рулевой вал *11* непосредственно соединен с червяком *10*, а при разделенном – рулевой вал соединен с рулевым механизмом через карданную передачу и ось рулевого вала не совпадает с осью вращения червяка или винта, как, например, у всей гаммы тракторов «Беларус», автомобилей МАЗ, ЗИЛ и др. При разделенном рулевом управлении рулевое колесо можно устанавливать в наиболее удобном для водителя месте (рис. 3.10, *а*, *б*, *в*).

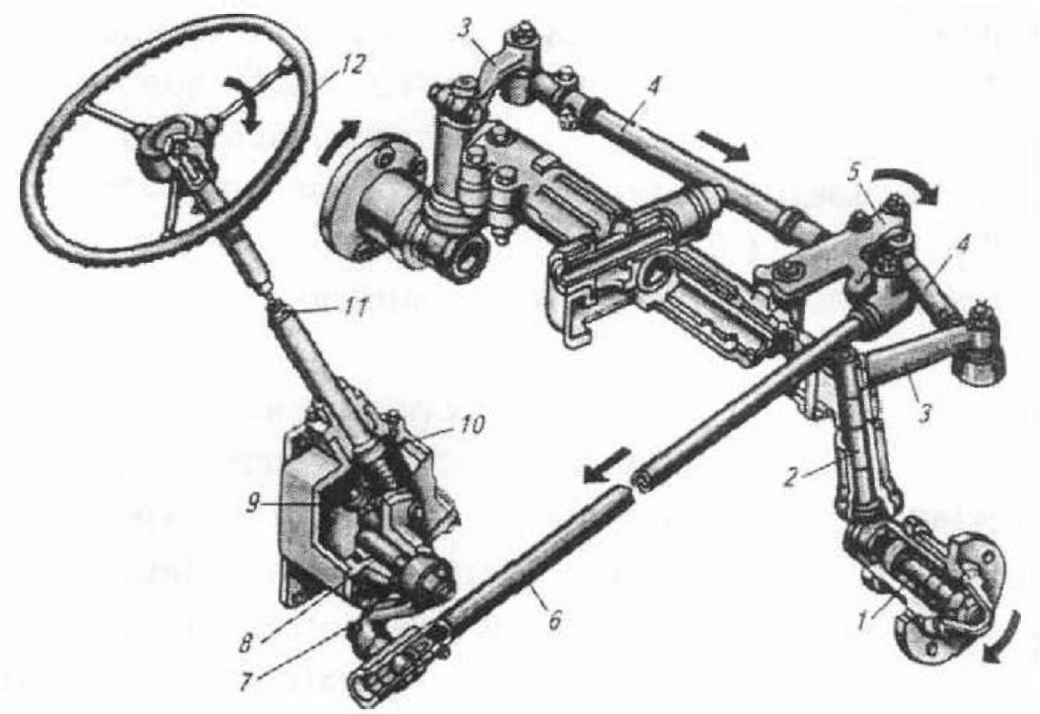


Рис. 3.101. Рулевое управление колесного трактора с механическим усилением и продольной тягой: *1* – цапфа; *2* – шкворень; *3* – рулевые рычаги; *4* – поперечные тяги; *5* – поворотный рычаг; *6* – продольная тяга; *7* – рулевая сошка; *8* – вал рулевой сошки; *9* – сектор; *10* – червяк; *11* – рулевой вал; *12* – рулевое колесо

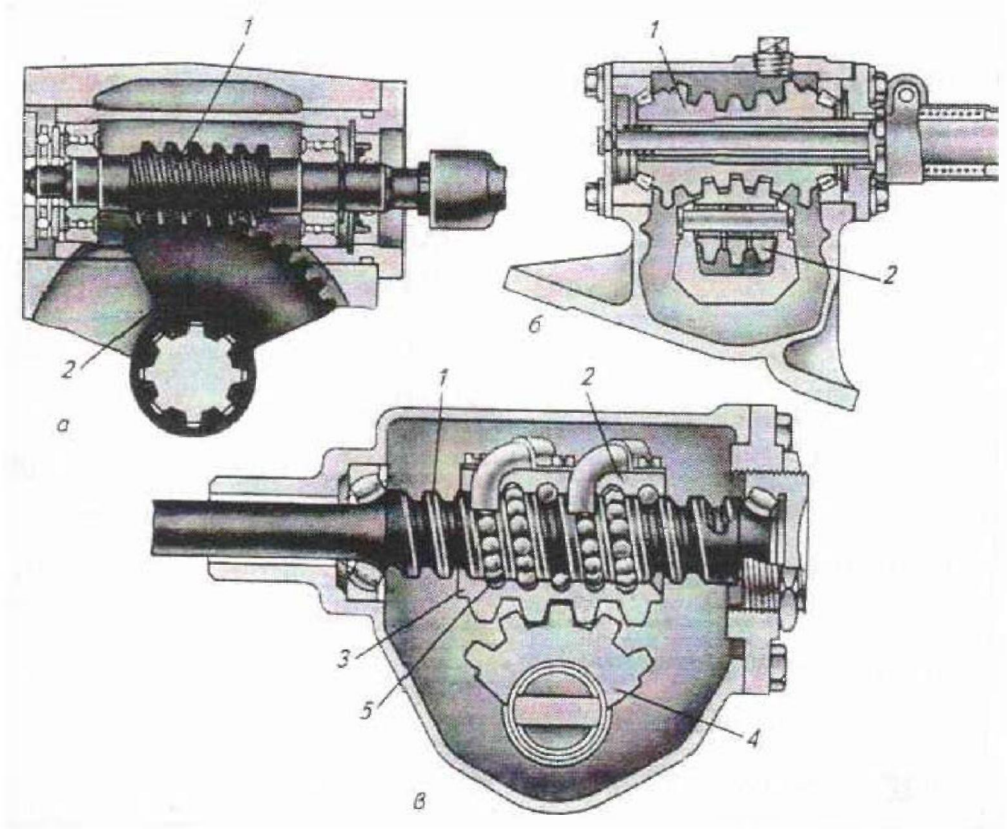


Рис. 3.102. Типы рулевых механизмов: *а* – червячный цилиндрический: *1* – цилиндрический червяк; *2* – сектор; *б* – червячный глобоидальный: *1* – глобоидальный червяк; *2* – ролик; *в* – комбинированный: *1* – винт; *2* – гайка; *3* – рейка; *4* – сектор; *5* – шарик

По месту расположения рулевой трапеции относительно передней оси различают рулевые приводы с *передним* и *задним расположением трапеции*. На рисунке 3.101 показано рулевое управление с передним расположением рулевой трапеции, а на рис. 3.103 – рулевое управление с задним расположением рулевой трапеции трактора «Беларус-80.1» с гидроусилителем.

По конструкции поперечной тяги рулевые трапеции могут быть *цельными* или *расчлененными*. На рис. 3.101 показана расчлененная трапеция, состоящая из двух поперечных тяг *4*. Расчлененные трапеции заднего расположения применяют также в рулевом управлении с гидроусилителем тракторов «Беларус» серий 500, 800, а также автомобилях с независимой передней подвеской.

Колесные тракторы общего назначения (Т-150К, К-701) со всеми ведущими колесами одинакового размера поворачиваются в результате углового смещения полурам гидроцилиндрами, которые являются исполнительными механизмами рулевого управления. Схема рулевого управления и рулевой механизм трактора Т-150К подробно рассмотрены в разделе 4.

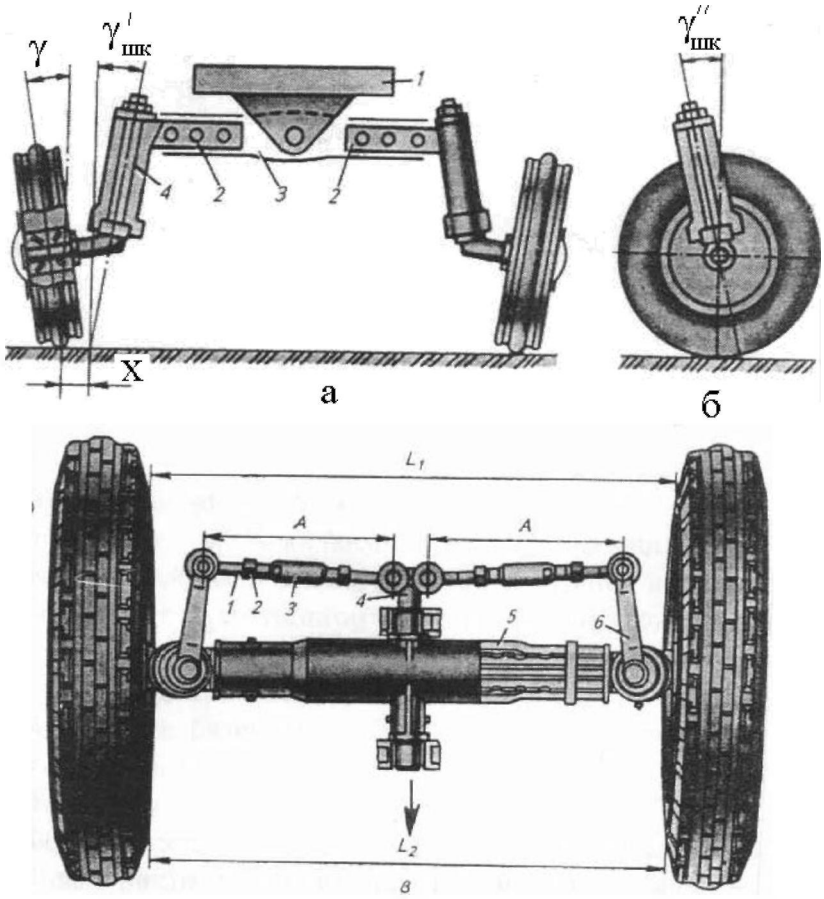


Рис. 3.103. Установка передних колес трактора «Беларус-80.1»: *а* – развал колес и поперечный наклон шкворней: *1* – остов трактора; *2* – выдвижные трубы кулаков; *3* – передняя ось; *4* – шкворень; *б* – продольный наклон шкворней; *в* – схождение колес: *1* – наконечник; *2* – контргайка; *3* – труба поперечной тяги; *4* – сошка; *5* – ось; *6* – поворотный рычаг

4.2. Установка управляемых колес

Правильная установка управляемых колес обеспечивает курсовую устойчивость движения тракторов и автомобилей, легкость поворота, качение колес с меньшей затратой мощности и минимальным износом шин.

Под стабилизацией управляемых колес понимают их способность сохранять прямолинейное движение и автоматически возвращаться в исходное положение после поворота. Стабилизации колес достигают с помощью поперечного и продольного наклона шкворней.

Поперечный наклон шкворней определяется углом $\gamma'_{шк}$ (рис. 3.103, а), который составляет 6–10°. При таком наклоне шкворней поворот колес сопровождается некоторым подъемом передней оси, что способствует возвращению колес в положение, соответствующее прямолинейному движению.

Продольный наклон шкворня верхним концом назад определяется углом $\gamma''_{шк}$ (рис. 3.103, *б*), который составляет 1–3,5°. При повороте возникает центробежная сила, которая через шины передается на дорогу и вызывает со стороны дороги боковые реакции на колеса. Эти реакции приложены в области контакта шины с дорогой. При продольном наклоне шкворней возникает стабилизирующий момент от действия этих сил и реакций, который стремится вернуть управляемые колеса в положение прямолинейного движения.

Углы наклонов шкворней определяются конструкцией переднего моста и рулевого управления и в процессе эксплуатации не регулируются.

Для облегчения управления колеса устанавливают под некоторыми углами.

Развал колес под углом γ_0 (рис. 3.103, *а*), который составляет не более 2°, способствует появлению силы, направленной вдоль оси колеса и постоянно прижимающей его к внутреннему подшипнику ступицы. Это предотвращает перемещение и раскачивание колеса вдоль своей оси и улучшает устойчивость движения.

Совместно с поперечным наклоном шкворней развал колес уменьшает плечо обката – расстояние x между средней плоскостью колеса и точкой пересечения оси шкворня с поверхностью дороги. Благодаря этому уменьшается усилие для поворота колеса относительно шкворня, что облегчает управление трактором или автомобилем. Развал под большим углом резко увеличивает износ шин.

Схождение колес определяют как разность расстояний между боковинами шин или закраинами ободьев в средней их части сзади по ходу трактора

или автомобиля (расстояние L_1 на рис. 3.103, *в*) и спереди (расстояние L_2). Схождение колес задают в пределах 0–12 мм регулировкой длины поперечной тяги (расстояния *А*).

4.3. Рулевое управление тракторов «Беларус-80.1, -82.1» с гидроусилителем

Рулевое управление тракторов «Беларус-80.1, -82.1» стандартного исполнения – разделенное, с гидроусилителем и задним расположением расчлененной рулевой трапеции (рис. 3.103, *в*).

Привод рулевого колеса служит для изменения его положения и передачи вращения к рулевому механизму. Труба *6* (рис. 3.104, *а*) рулевой колонки приварена к серьге *7*, которая шарнирно соединена со стойкой *9* двумя винтами *15*. Благодаря этому рулевую колонку можно поворачивать относительно стойки *9* и тем самым изменять угол наклона рулевого колеса. Для всей гаммы тракторов «Беларус» предусмотрена фиксация колонки в четырех положениях через угол 5°. Для поворота колонки рукоятку *19* (рис. 3.104, *а*) подают вверх, и фиксатор *17* выходит из паза правой стенки *16* стойки *9*. После этого колонку можно легко повернуть вперед. Положение *II* соответствует 25° наклона рулевого колеса, а положение *I* – 45° от вертикали.

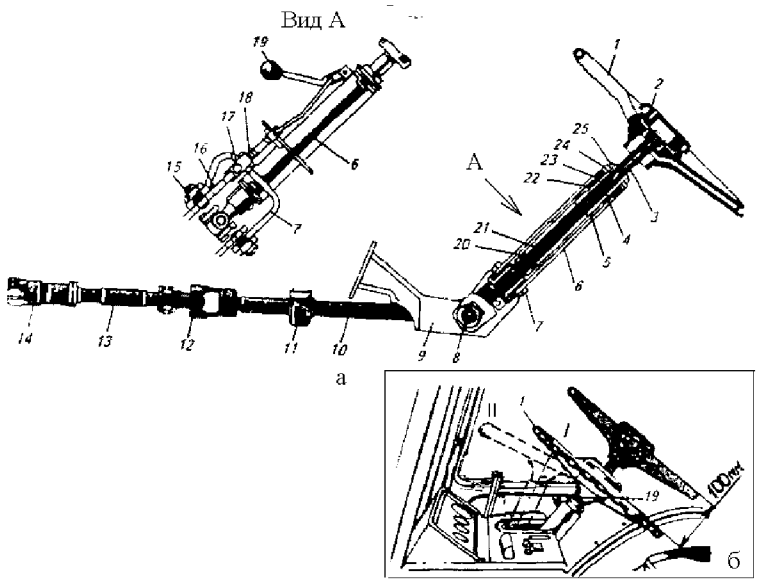


Рис. 3.104. Привод рулевого управления тракторов «Беларус-80.1, -82.1»: *а* – конструкция привода: *1* – рулевое колесо; *2* – маховичок; *3* – рулевой вал; *4*, *15* – винты; *5* – промежуточный вал; *6* – труба рулевой колонки; *7* – серьга; *8*, *12* – карданные шарниры; *9* – стойка; *10* – карданный вал; *11* – промежуточная опора; *13* – передний вал; *14* – шлицевая втулка; *16* – правая стенка стойки; *17* – фиксатор; *18* – пружина; *19* – рукоятка; *20*, *24* – гайки; *21* – штифт; *22* – втулка; *23* – резиновый амортизатор; *24* – контргайка; *б* – различные положения рулевого колеса: *I* и *II* – крайние положения рулевой колонки

Рулевое колесо *1* закреплено на шлицах полого рулевого вала *3*, внутри которого проходит винт *4*, соединенный с маховичком *2*. Винт ввворачивается в гайку *20*, в которую запрессован штифт *21*, фиксирующий ее от проворачивания в промежуточном вале *5*. На гайке *20* и вале *3* выполнены скосы, которые при вворачивании винта *4* расклинивают и прижимают гайку и вал к внутренним стенкам промежуточного вала *5*. Это устройство позволяет регулировать положение рулевого колеса по высоте в пределах 100 мм.

Вращение от рулевого колеса передается на вал *3*, затем через гайку *20* и штифт *21* на промежуточный вал *5* и далее через карданный вал *10*, передний вал *13* – на шлицевую втулку *14*, установленную на шлицы червяка рулевого механизма.

Рулевой механизм смонтирован в одном корпусе *22* (рис. 3.105) с гидроусилителем. В качестве рулевого механизма использована передача цилиндрический червяк *4* – сектор *7*. Двухвенцовый сектор одновременно находится в зацеплении с червяком *4* и рейкой *9*, которая соединена со штоком *25* гидроцилиндра.

Червяк вращается в двух шариковых подшипниках, наружные обоймы которых установлены в эксцентриковой втулке *6* с небольшим зазором, что позволяет ему вместе с золотником *31* перемещаться в осевом направлении (вперед и назад).

Сектор *7* установлен на шлицах поворотного вала *21* и закреплен гайкой *8*. Поворотный вал вращается в двух втулках: корпуса *22* и верхней крышки *12* гидроусилителя. На нижнем шлицевом конце поворотного вала установлена сошка *18*, закрепляемая гайкой *19*.

Принцип работы рулевого механизма с гидроусилителем изложен в разделе 4 «Гидравлическое оборудование».

Рулевая трапеция включает в себя две поперечные рулевые тяги, соединенные с сошкой *4* (рис. 3.103, *в*), два поворотных рычага *6* и переднюю ось *5*. Каждая поперечная рулевая тяга состоит из соединительной трубы *5* (рис. 3.106) и двух наконечников *9* с левой и правой резьбой. Наконечники ввинчены в резьбовые отверстия трубы *5* и закреплены контргайками *4*. Внутри наконечников размещено сферическое шарнирное устройство, состоящее из шарового пальца *2* и вкладышей *1*, *8*, закрытых резиновым чехлом *3* и поджатых регулировочной пробкой *7*. Пробка законтрена от самоотворачивания проволокой *6*.

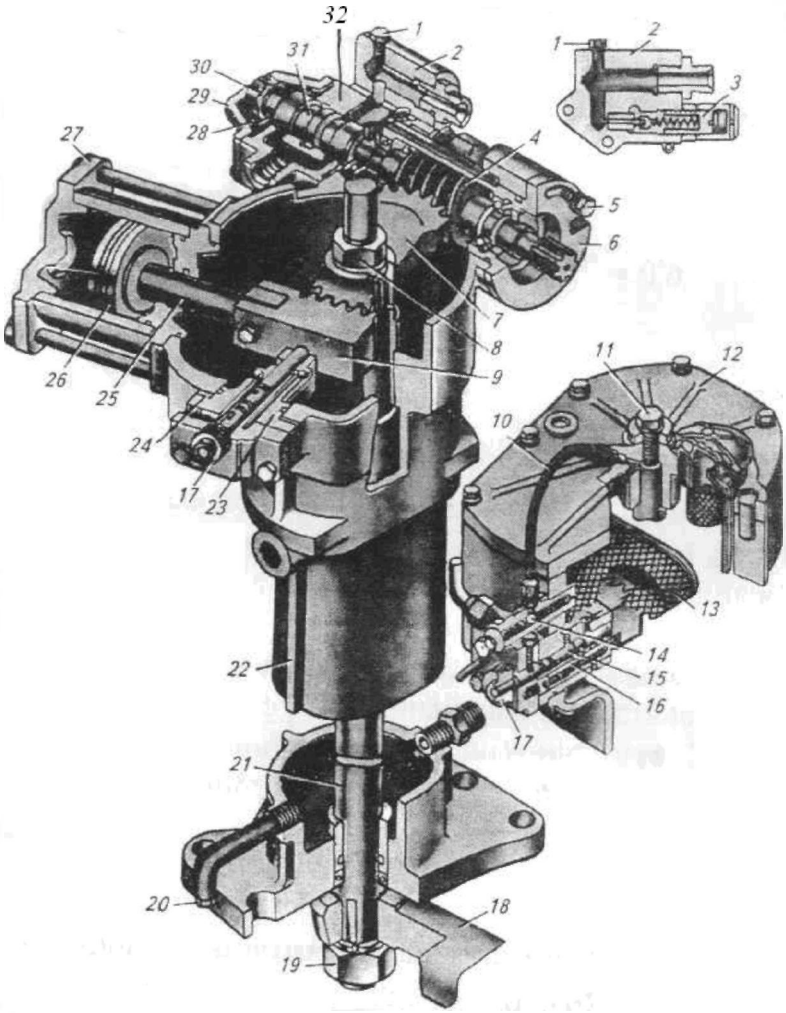


Рис. 3.105. Гидроусилитель рулевого управления тракторов «Беларус-80.1, -82.1»: *1* – пробка; *2* – клапанная крышка; *3* – регулировочный винт предохранительного клапана; *4* – червяк; *5* – болт регулировочной втулки; *6* – регулировочная эксцентриковая втулка; *7* – сектор; *8*, *19*, *30* – гайки; *9* – рейка; *10* – маслопровод для смазывания верхней опоры; *11* – регулировочный винт; *12* – верхняя крышка; *13* – фильтр; *14* – редукционный клапан; *15* – кран управления; *16* – золотник датчика; *17* – маховичок крана; *18* – сошка; *20* – сливная пробка; *21* – поворотный вал; *22* – корпус; *23* – упор рейки; *24* – регулировочные прокладки; *25* – шток; *26* – поршень; *27* – передняя крышка цилиндра; *28* – упорный подшипник; *29* – крышка; *31* – золотник; *32* – корпус распределителя

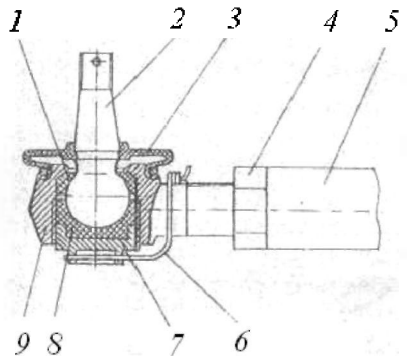


Рис. 3.106. Поперечная рулевая тяга: *1* – вкладыш верхний; *2* – шаровой палец; *3* – чехол; *4* – контргайка; *5* – труба рулевой тяги; *6* – контровочная проволока; *7* – регулировочная пробка; *8* – вкладыш нижний; *9* – наконечник рулевой тяги

4.4. Гидрообъемное рулевое управление тракторов «Беларус»

Гидрообъемное рулевое управление (ГОРУ) находит самое широкое применение в тракторах «Беларус» повышенного технического уровня. Все энергонасыщенные тракторы «Беларус» серий 1000, 1200, 1500, 2000, 2800 и 3000 комплектуются только ГОРУ, которое обеспечивает более комфортные условия для операторов (усилие на рулевом колесе не превышает 30 Н), отсутствие на рулевом колесе реакции со стороны дороги, что особенно важно при работе в полевых условиях. ГОРУ не требует регулировочных операций, присущих механическим и гидромеханическим системам рулевого управления.

ГОРУ состоит из насоса-дозатора *13* (рис. 3.107), закрепленного на кронштейне *12* и приводимого во вращение рулевым колесом разделенного привода; масляного шестеренчатого насоса питания *1*, приводимого от коленчатого вала дизеля; одного или двух рулевых гидроцилиндров *21*, корпуса которых через кронштейны *22*, прикреплены к корпусу ПВМ (3.107, *а*) или передней неведущей оси (рис. 3.107, *б*), а штоки через сферический шарнир и рычаги соединены с поворотными кулаками колесных редукторов ПВМ или с поворотными цапфами передних неведущих управляемых колес.

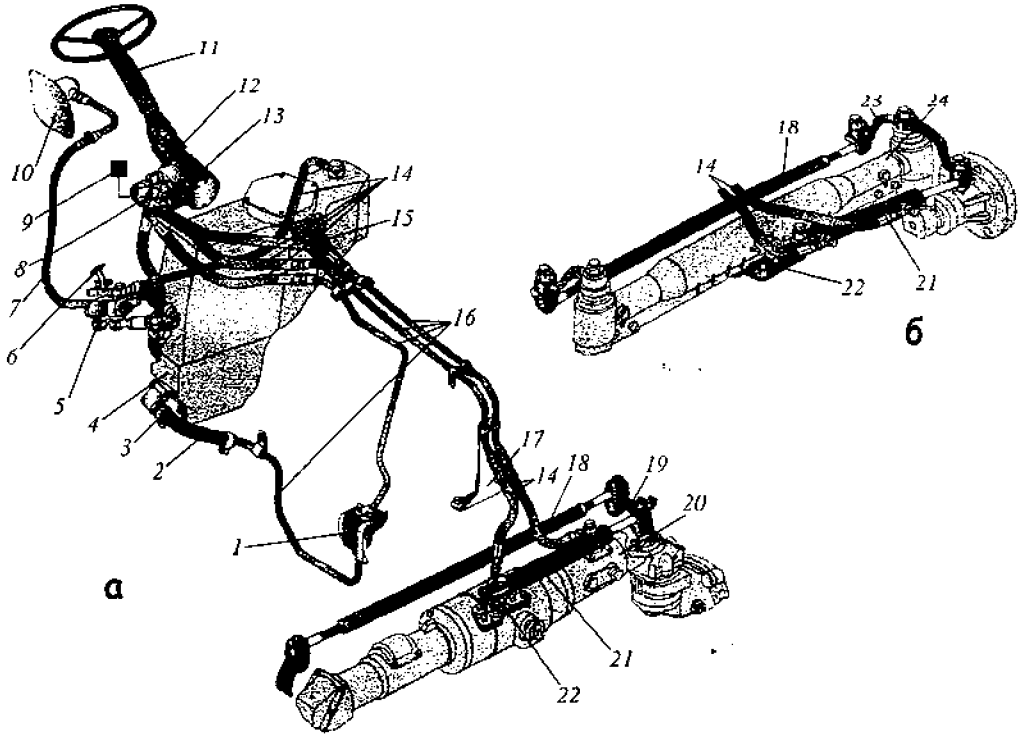


Рис. 3.107. Гидрообъемное рулевое управление тракторов «Беларус» серий 800, 900: *а* – с ПВМ; *б* – с передней осью; *1* – насос питания; *2* – шланг; *3* – хомут; *4* – масляный бак гидросистемы и ГОРУ или автономный бак ГОРУ; *5* – кран управления блокировкой дифференциала заднего моста; *6* – педаль управления БД заднего моста; *7* – маслопровод к муфте БД; *8* – датчик аварийного давления; *9* – сигнализатор аварийного давления в ГОРУ; *10* – муфта БД; *11* – рулевая колонка; *12* – кронштейн; *13* – насос-дозатор; *14* – рукава высокого давления; *15*, *17* – кронштейн; *16* – маслопровод; *18* – рулевая тяга; *19* – рычаг ПВМ левый; *20* – ПВМ с коническими редукторами; *21* – рулевой гидроцилиндр (d = 50 мм или d = 63 мм); *22* – кронштейн гидроцилиндра; *23* – рычаг передней оси; *24* – передняя ось

ГОРУ не имеет механических связей между рулевым колесом и управляемыми ведущими или неведущими колесами. Гидравлическая связь осуществляется следующим образом:

– между насосом питания *1* и масляным баком *4* – с помощью шланга *2* и маслопровода *16*;

– между насосом питания *1* и насосом-дозатором *13* – маслопроводом *16* и рукавом высокого давления *14*;

– между насосом-дозатором *13* и рулевым гидроцилиндром *21* – маслопроводами *16* и рукавами высокого давления *14*.

При повороте рулевого колеса приводится во вращение ротор насоса-дозатора *13*, который подает в рулевой гидроцилиндр *21* дозированный объем масла, соответствующий углу поворота рулевого колеса, обеспечивая поворот обоих колес через рулевую тягу *18* на угол пропорциональный углу поворота рулевого колеса. Принцип работы ГОРУ рассмотрен в разделе 4 «Гидравлическое оборудование».

4.5. Рулевое управление автомобилей КамАЗ

Рулевое управление автомобилей КамАЗ разделенное, с гидроусилителем и цельной рулевой трапецией. Рулевое управление состоит из рулевого колеса *1* (рис. 3.108), рулевой колонки *2*, карданной передачи *6*, углового редуктора *9*, рулевого механизма *10*, вала *13*, сошки *12*, продольной рулевой тяги *11* и рулевой трапеции. Гидравлический усилитель состоит из распределителя *8*, гидроцилиндра, размещенного в картере рулевого механизма *10*, насоса *14* с бачком *15*, радиатора *7*, трубопроводов и шлангов.

Рулевая колонка *2*, состоящая из трубы с размещенным внутри рулевым валом на двух шариковых подшипниках прикреплена в верхней части к панели кабины с помощью кронштейна *3*, а в нижней части – к полу кабины с помощью фланца *4*. Осевой зазор в подшипниках регулируют гайкой *5*. Карданная передача *6* передает вращение рулевого вала на вал ведущего конического зубчатого колеса углового редуктора *9*.

Конический одноступенчатый угловой редуктор служит для передачи вращения на винт *26* (рис. 3.109) рулевого механизма с передаточным отношением, равным единице. Собран редуктор в корпусе *33*, который шпильками прикреплен к корпусу *23* рулевого механизма.

Ведущее коническое зубчатое колесо *7* изготовлено как одно целое с валом и установлено в съемном корпусе *10* на шариковом *6* и игольчатом *8*

подшипниках. Шариковый подшипник закреплен гайкой, игольчатый – стопорным кольцом.

Ведомое коническое зубчатое колесо *11* вращается на двух шариковых подшипниках *12*, установленных в корпусе *33* редуктора. Шариковые подшипники посажены с натягом на хвостовик зубчатого колеса и закреплены гайкой *30* со стопорной шайбой *31*. Осевые смещения зубчатого колеса ограничены стопорным кольцом *32* и крышкой *14*. Зацепление конических зубчатых колес регулируют прокладками *5*.

Ведомое коническое зубчатое колесо соединено шлицами с винтом *26* и передает ему вращение от рулевого колеса, при этом винт может перемещаться в осевом направлении (вперед и назад).

Рулевой механизм собран в корпусе *23*, который одновременно служит цилиндром гидроусилителя. В качестве рулевого механизма использована двойная передача: винт *26* – гайка *27* и рейка (поршень) *24* – сектор *18*.

Для уменьшения сил трения винт *26* вращается в гайке *27* на шариках, размещенных в канавках винта и гайки с перекидной трубкой. Гайку, собранную с винтом и шариками, устанавливают в поршень-рейку *24* и фиксируют двумя установочными винтами *17*.

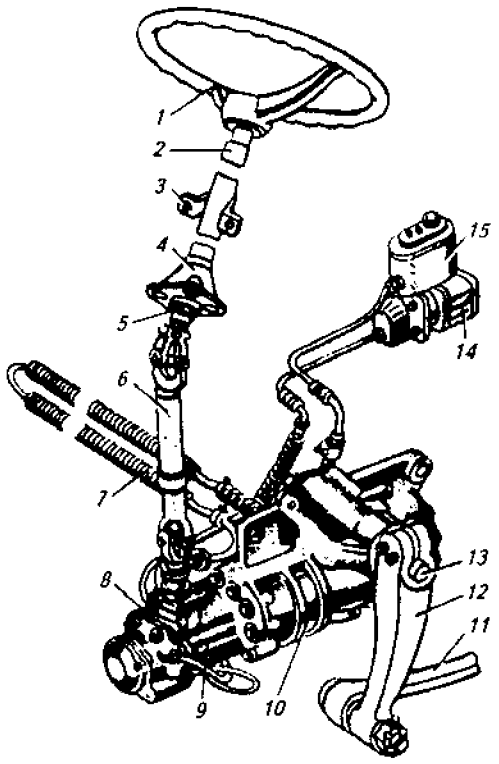


Рис. 3.108. Рулевое управление автомобилей КамАЗ: *1* – рулевое колесо; *2* – колонка рулевого управления; *3* – кронштейн; *4* – фланец; *5* – регулировочная гайка; *6* – карданная передача; *7* – радиатор; *8* – распределитель; *9* – угловой редуктор; *10* – рулевой механизм; *11* – продольная рулевая тяга; *12* – сошка; *13* – вал сошки; *14* – насос; *15* – бачок

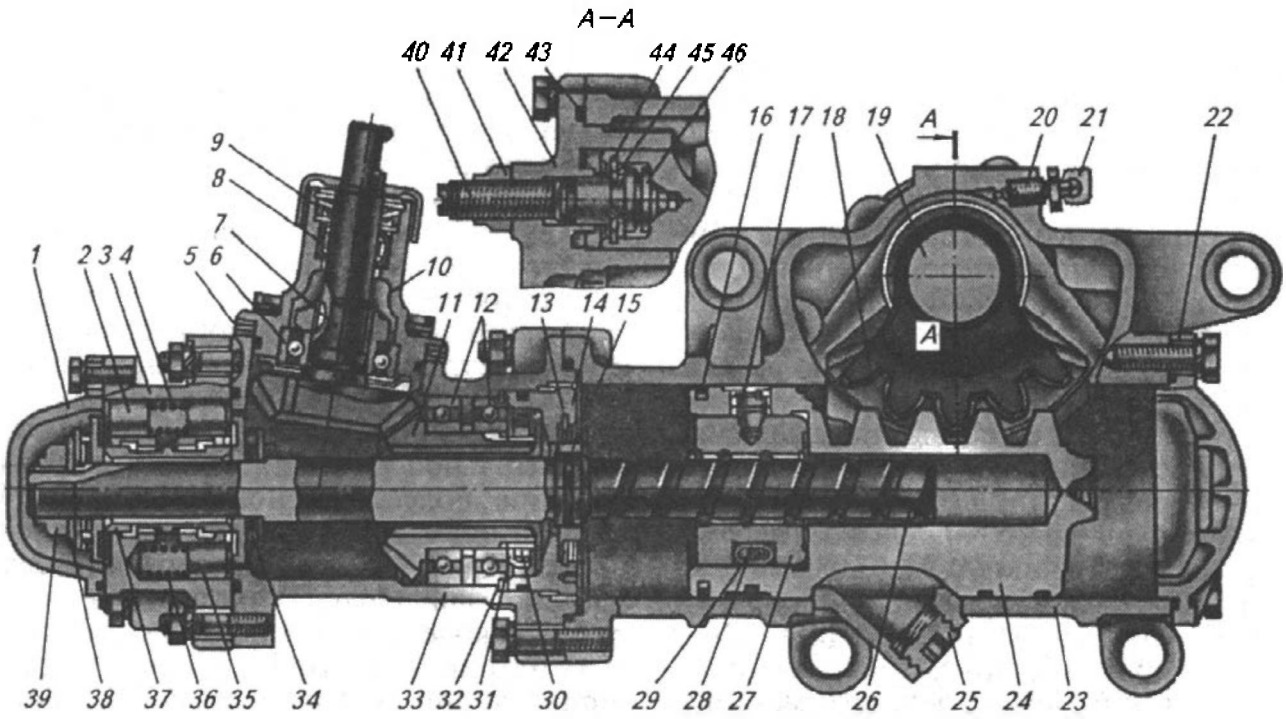


Рис. 3.109. Рулевой механизм автомобиля КамАЗ-5320: *1*, *14*, *22*, *42* – крышки; *2* – реактивный плунжер; *3* – корпус клапана управления; *4*, *36* – пружины; *5* – регулировочные прокладки; *6*, *12* – шариковые подшипники; *7* – ведущий вал с зубчатым колесом; *8* – игольчатый подшипник; *9* – уплотнительное устройство; *10* – корпус; *11* – ведомое зубчатое колесо; *13*, *32*, *44* – стопорные кольца; *15* – упорное кольцо; *16* – уплотнительное кольцо; *17* – винт; *18* – сектор; *19* – вал сошки; *20* – перепускной клапан; *21* – колпачок; *23* – корпус; *24* – поршень-рейка; *25* – пробка; *26* – винт; *27*, *30*, *39*, *41* – гайки; *28* – желоб; *29* – шарик; *31* – стопорная шайба; *33* – корпус редуктора; *34* – упорный подшипник; *35* – плунжер; *37* – золотник; *38* – шайба; *40* – регулировочный винт; *43* – уплотнение; *45* – регулировочная шайба; *46* – упорная шайба

Поршень-рейка размещен в корпусе *23*, который служит ему цилиндром. Поршень имеет уплотнительное кольцо *16* и масляные канавки. Рейка входит в зацепление с зубчатым сектором *18* вала *19* сошки и поворачивает его в бронзовой втулке, запрессованной в картер рулевого механизма и в алюминиевой боковой крышке *42*.

Толщина зубьев сектора и поршня-рейки выполнена переменной по длине, что позволяет изменять зазор в зацеплении перемещением вала сошки с зубчатым сектором с помощью регулировочного винта 40, который удерживает вал сошки от осевых перемещений влево через упорную шайбу *46*, а вправо – через регулировочную шайбу *45* и стопорное кольцо *44*. Осевое перемещение вала сошки 0,02–0,08 мм устанавливают, подбирая регулировочную шайбу *45* определенной толщины. Винт *40* стопорят гайкой *41*.

Принцип работы рулевого механизма с гидроусилителем рассмотрен в разделе 4 «Гидравлическое оборудование».

На шлицевой конец вала *13* (рис. 3.108) установлена и застопорена болтами сошка *12*, которая соединена с продольной тягой *11* рулевого привода. Другим концом продольная тяга шарнирным устройством соединена с верхним рычагом левого поворотного кулака.

Рулевая трапеция состоит из поперечной рулевой тяги и двух рычагов поворотных кулаков. Рычаги установлены на сегментной шпонке в конических отверстиях поворотных кулаков и закреплены корончатыми гайками со шплинтами. Трубчатая поперечная тяга имеет резьбовые концы, на которые навинчены наконечники с шарнирными устройствами. Наконечники фиксируют болтами клеммового зажима. Шарнирное устройство обеих тяг состоит из шарового пальца, верхнего и нижнего вкладышей, пружины и крышки.

4.6. Рулевое управление автомобилей МАЗ

Рулевое управление автомобилей-самосвалов и седельных тягачей МАЗ – разделенное, с гидроусилителем и цельной поперечной рулевой тягой. Рулевое управление состоит из рулевого колеса *1* (рис. 3.110), рулевой колонки *2*, карданной передачи *11*, рулевого механизма *10*, сошки *13* выходного вала *12*, продольной рулевой тяги *8* и рулевой трапеции с цельной поперечной рулевой тягой 6.

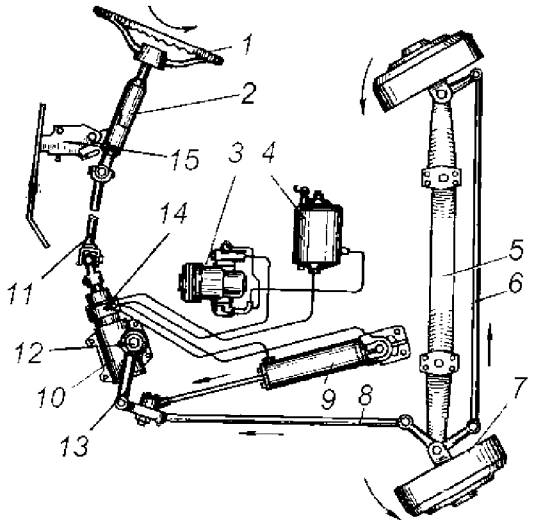


Рис. 3.110. Схема рулевого управления автомобилей МАЗ: *1* – рулевое колесо; *2* – рулевая колонка; *3* – насос; *4* – масляный бак; *5* – балка передней оси; *6* – поперечная рулевая тяга; *7* – тормозной барабан; *8* – продольная рулевая тяга; *9* – силовой цилиндр гидроусилителя; *10* – рулевой механизм; *11* – карданная передача; *12* – выходной вал; *13* – сошка; *14* – распределитель; *15* – кронштейн

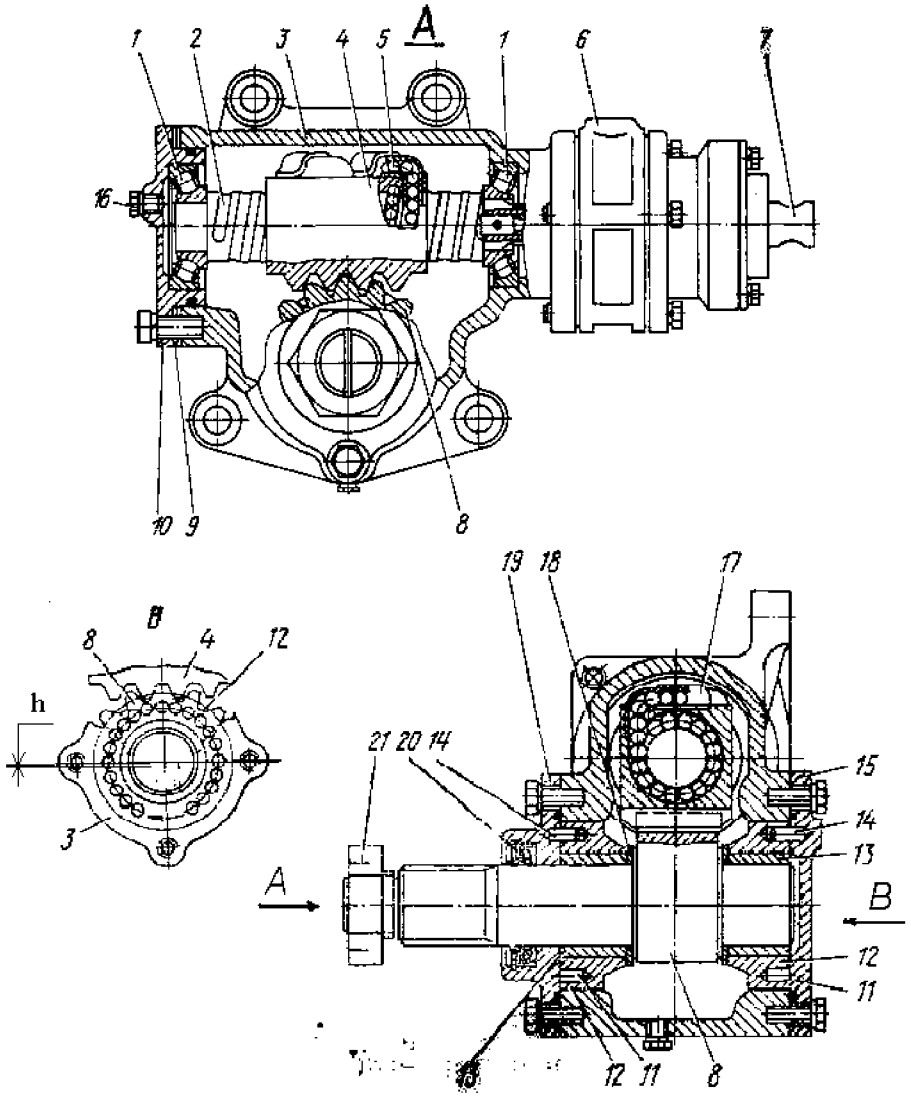


Рис. 3.111. Рулевой механизм автомобилей МАЗ: *1* – подшипник; *2* – винт; *3* – корпус; *4* – гайка-рейка; *5* – шарики; *6* – распределитель; *7* – входной вал; *8* – зубчатый сектор; *9* – регулировочные прокладки; *10* – крышка; *11* – отверстие; *12* – эксцентрические втулки; *13* – подшипник скольжения; *14* – штифт; *15*, *19* – крышки; *16* – пробка; *17* – прижим; *18* – упорное кольцо; *20* – сальник; *21* – гайка; *h* – эксцентриситет

Гидравлический усилитель состоит из распределителя *14*, силового гидроцилиндра *9*, масляного насоса *3*, масляного бака *4*, маслопроводов и рукавов высокого давления.

Рулевая колонка *2* состоит из трубы с расположенным внутри рулевым валом на подшипниках качения и прикреплена к панели кабины с помощью кронштейна *15*. Карданная передача *11* передает вращение с рулевого вала на входной вал рулевого механизма *10*.

Рулевой механизм собран в корпусе *3* (рис. 3.111), к которому прикреплен корпус распределителя (золотника) *6*. В качестве механического усилителя в рулевом механизме использована двойная передача: винт *2* – шариковая гайка-рейка *4* и гайка-рейка *4* – зубчатый сектор *8*.

Для уменьшения сил трения винт *2* вращается в конических роликоподшипниках *1*, а гайка-рейка *4* перемещается относительно винта на шариках *5*, размещенных в полукруглых канавках винта и гайки с прижимом *17*. Комплектность деталей, образующих спиральный канал, заполненный шариками *5* высокой точности при заводской сборке, не должна нарушаться в процессе эксплуатации. Зубчатый сектор *8* установлен в подшипниках скольжения *13*, запрессованных в эксцентричные втулки *12* с рядом отверстий *11* на торцах. Ось наружной поверхности втулок *12* смещена относительно оси отверстия подшипников *13* на величину эксцентриситета *h*, что позволяет производить регулировку зацепления гайки с сектором путем поворота втулок *12*. Фиксация положения втулок осуществляется штифтами *14* и крышками *15*, *19*.

Принцип работы рулевого механизма с гидроусилителем рассмотрен в разделе 4 «Гидравлическое оборудование».

4.7. Основные неисправности и техническое обслуживание

Основной неисправностью рулевого управления с механическим усилением колесных тракторов и автомобилей является повышенный угловой люфт (свободный ход) рулевого колеса. Причинами этого могут быть увеличение зазора в рулевом механизме и приводе, ослабление крепления картера рулевого механизма и сошки, шарнирных устройств и поворотных рычагов.

Суммарный люфт в рулевом управлении согласно требованиям нормативно-технической документации не должен превышать следующих допустимых значений:

– в легковых автомобилях и созданных на их базе грузовых автомобилях и микроавтобусах – 10°;

– в автобусах – 20°;

– в колесных тракторах и грузовых автомобилях – 25°.

Для устранения повышенного свободного хода рулевого колеса трактор или автомобиль устанавливают на горизонтальной площадке, а его направляющие колеса – в положение, соответствующее прямолинейному движению. При наличии гидроусилителя пускают двигатель. Резко поворачивая рулевое колесо в одну и другую сторону и, осматривая все соединения рулевого привода, определяют наличие зазоров в соединениях и надежность крепления корпуса рулевого механизма, рулевой сошки и рычагов. При необходимости

подтягивают крепеж и устраняют зазоры в шарнирах рулевых тяг и рычагов поворотных кулаков и цапф.

В рулевом управлении тракторов «Беларус» с планетарно-цилиндрическими редукторами конечных передач ПВМ не допускаются люфты в конических роликоподшипниках осей поворотного шкворня. Люфты необходимо устранять путем удаления прокладок из-под фланцев верхних осей поворотного шкворня.

Повышенные зазоры в сферических шарнирах рулевых тяг устраняют подтяжкой регулировочных пробок или заменой вкладышей и шаровых пальцев. Если после выполнения этих операций свободный ход рулевого колеса больше допустимого, то проверяют и регулируют зазор в подшипниках направляющих колес и рулевом механизме.

В рулевом механизме типа «глобоидальный червяк – ролик» регулируют осевой зазор в подшипниках червяка и зазор между червяком и роликом. Зазоры в подшипниках регулируют путем удаления части прокладок с одной стороны согласно инструкции по эксплуатации. Правильность регулировки зазора между червяком и роликом проверяют по перемещению нижнего конца сошки при отсоединенной тяге, которое должно быть не более 0,3 мм. Регулировочные операции рулевого механизма следует производить строго согласно инструкции, учитывая, что все это связано с безопасностью движения.

В рулевом механизме типа «цилиндрический червяк – сектор» регулируют зазор в зацеплении «червяк – сектор» и подтягивают гайку крепления червяка. Чтобы отрегулировать зазор, отсоединяют от сошки рулевые тяги, ослабляют болт *5* (рис. 3.105) крепления регулировочной эксцентриковой втулки *6* и поворачивают ее по ходу часовой стрелки до упора червяка в зубья сектора. При работающем двигателе вращают рулевое колесо и поворотом регулировочной втулки против хода часовой стрелки добиваются исчезновения заедания рулевого колеса при его повороте от одного крайнего положения до другого. Усилие на рулевом колесе при этом не должно превышать 15–25 Н.

Ослабление затяжки специальной гайки *30* приводит к увеличению свободного хода рулевого колеса и нередко нарушению работы гидроусилителя – рулевое управление становится тяжелым и неустойчивым. Для подтяжки (регулировки) гайки выполняют следующие операции:

– вывинчивают четыре болта и снимают крышку *29*;

– с помощью двух болтов с набором шайб равных по толщине фланца снятой крышки закрепляют корпус распределителя *32*;

– расшплинтовывают и затягивают гайку *30* моментом 20 Н·м и отворачивают ее на $^{1}/_{12}$–$^{1}/_{10}$ оборота до совмещения отверстия в червяке с прорезью под шплинт в гайке. Убирают монтажные шайбы из-под болтов крепления распределителя, закрепляют его и устанавливают крышку на место.

В рулевом механизме автомобилей МАЗ проверку и регулировку рулевого механизма проводят при отсоединенной от сошки *13* (рис. 3.110) продольной рулевой тяги *8*. Регулировку начинают с подшипников *1* (рис. 3.111) винта *2*. Поворотом входного вала *7* гайку-рейку *4* и сектор *8* устанавливают в одно из крайних положений. Определяют момент проворачивания вала *7* из крайнего положения в среднее (примерно на 30°). Если момент меньше 2,5 Н·м, регулируют натяг в подшипниках *1*, уменьшив количество прокладок *9*.

После регулировки момент проворачивания вала *7* должен быть в пределах 2,7–4,1 Н·м. Наличие зазора в зубчатом зацеплении «гайка-рейка – сектор» проверяют в среднем положении (полное число оборотов входного вала *7* делят пополам) покачивая сошку *13* (рис. 3.110). Зазор на валу *7* не должен превышать 1°30′ (при застопоренном вале сектора *8* (рис. 3.111)). Для регулировки зубчатого зацепления снимают крышки *19* и *15* и поворачивают эксцентрические втулки *12* по часовой стрелке на один и тот же угол, если смотреть со стороны сектора, настолько, чтобы выбрать зазор в зацеплении. Фиксируют втулки штифтами *14* так, чтобы они оказались в одной диаметральной плоскости с резьбовыми отверстиями в корпусе *3*. Штифты должны располагаться на одной линии друг против друга. После установки крышек момент, необходимый для проворачивания входного вала *7* в среднем положении должен быть в пределах 2,7–4,1 Н·м.

Причинами повышенного усилия на рулевом колесе («тяжелый руль») могут быть: нарушение работы масляного насоса гидроусилителя; пониженный уровень масла в баке рулевого управления; нарушение работы клапанов давления и расхода из-за попадания грязи под шарик или плунжер; пенообразование масла из-за попадания воздуха в систему.

Причинами ухудшения курсовой устойчивости трактора или автомобиля могут быть не только неисправности в рулевом управлении, но также недостаточное или различное давление в шинах, увеличенный зазор в подшипниках ступиц колес, ослабление затяжки гайки сошки, повышенный осевой люфт рулевого (поворотного) вала, ослабление крепления стремянок рессор, ослабление крепления накладного ушка рессоры (автомобили МАЗ), неисправная балансировка колес, неисправности амортизаторов.

Состояние рулевого управления – это, прежде всего, безопасность дорожного движения, что требует самого ответственного выполнения всех рекомендаций и инструкций по эксплуатации для обеспечения надежной и безотказной работы рулевого управления.

Глава 5. ТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ

5.1. Общие сведения

Управляя автомобилем или трактором, водители постоянно корректируют скорость движения машин в зависимости от состояния дороги и окружающей обстановки. Иногда возникает необходимость экстренной остановки транспортного средства в случае появления внезапного препятствия или человека на проезжей части дороги.

Замедление машин с помощью сил трения в трансмиссии, сопротивления дороги и воздуха незначительно. Поэтому для создания большого дополнительного сопротивления движению и быстрого снижения скорости автомобили и тракторы оборудуют тормозными системами. С помощью этих систем можно удерживать на уклоне неподвижно машину и предупредить ее нежелательный разгон при спуске. Кроме этого тормозную систему тракторов используют для обеспечения крутого поворота.

В большинстве случаев торможение происходит в результате необратимого преобразования кинетической энергии трактора или автомобиля сначала в работу трения, а затем в теплоту, поглощаемую тормозными механизмами, шинами, трансмиссией и двигателем, если он не отсоединен от трансмиссии.

Путь, который проходит трактор или автомобиль с момента обнаружения водителем препятствия до полной остановки, называют *остановочным* и обозначают $S_{ост}$ (рис. 3.112), а путь от начала торможения до полной остановки – *тормозным* $S_{тор}$. Значение тормозного пути зависит от скорости движения, состояния дороги (коэффициента сцепления) и многих других эксплуатационных факторов. Рассчитывая остановочный путь, необходимо знать путь за время реакции водителя $S_{реакц}$ и путь за время срабатывания тормозов $S_{ср}$.

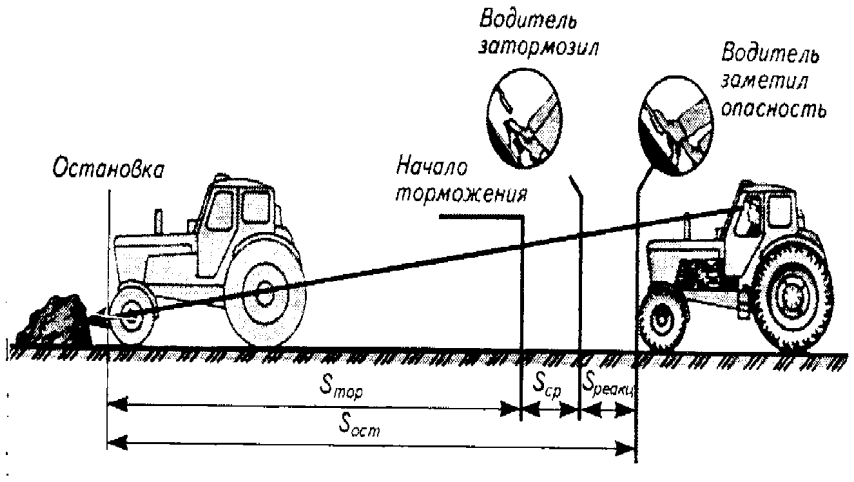


Рис. 3.112. Схема определения остановочного пути

Оценочные показатели тормозных качеств автотранспортных средств: сила $P_п$ на органе управления; тормозной путь $S_{тор}$ автомобиля полной массы; установившееся замедление $J_{уст}$; время срабатывания тормозной системы $\tau_{ср}$ при начальной скорости торможения 40 км/ч. Значение этих показателей указаны в отечественных и зарубежных стандартах и директивах.

Автотранспортные средства (АТС) классифицируют по категориям следующим образом: M_1 – автотранспортные средства для перевозки не более восьми пассажиров и созданные на их базе модификации для перевозки мелких грузов; M_2 и M_3 – то же, что и M_1, но полной массой до 5 т (M_2) и свыше 5 т (M_3); N_1 – грузовые автотранспортные средства полной массой до 3,5 т; N_2 – свыше 3,5 до 12 т; N_3 – более 12 т.

При торможении (скорость 20–30 км/ч) колесных тракторов (массой до 4 т) без прицепов на сухой бетонированной горизонтальной дороге остановочный путь должен составлять 6–11 м, и 6,5–11,5 м, если масса трактора от 4 до 6 т.

К тормозным системам предъявляют следующие основные требования: быстрое срабатывание; правильное распределение тормозного усилия по колесам; обеспечение пропорциональности между усилием на педаль (рычаг) и тормозной силой на колесах; плавность торможения и устойчивость машины при торможении; высокая стабильность регулировки тормозных механизмов.

Различают следующие *виды тормозных систем:* рабочую, стояночную, вспомогательную и запасную.

Рабочая тормозная система является основной и служит для регулировки скорости движения трактора или автомобиля с требуемым замедлением вплоть до полной остановки в любых условиях.

Стояночная тормозная система предназначена для удержания неподвижного транспортного средства при отсутствии в кабине водителя на уклоне не менее 16 % для АТС полной массы; на уклоне не менее 23 % для категорий *M* и не менее 31 % для АТС категории *N* в снаряженном состоянии.

Вспомогательная тормозная система необходима для поддерживания постоянной скорости движения АТС на затяжных спусках при одновременном снижении нагрузки на рабочую тормозную систему, а в тракторах – дополнительно и для выполнения крутых поворотов. Вспомогательная тормозная система, за исключением моторного замедлителя, должна обеспечивать в диапазоне скоростей 35–25 км/ч установившееся замедление не менее 0,5 м/с^2 для АТС полной массы и 0,8 м/с^2 для АТС в снаряженном состоянии с учетом массы водителя и одного пассажира.

Запасная тормозная система предназначена для обеспечения снижения скорости движения и остановки машины в случае частичного или полного выхода из строя рабочей тормозной системы.

Помимо этих систем, многие тракторы и автомобили оборудуют приводом тормозной системы прицепов.

Применяют следующие *способы торможения*: рабочей тормозной системой с отъединенным от трансмиссии двигателем; только двигателем; рабочей тормозной системой и двигателем одновременно.

При первом способе основной источник сопротивления движению – тормозные механизмы трактора или автомобиля.

При втором способе – торможении двигателем (он остается соединенным с трансмиссией) – значительно уменьшают или прекращают подачу топлива. В этом случае коленчатый вал принудительно прокручивается от колес, из-за чего резко увеличиваются механические и другие потери в двигателе. Интенсивность торможения двигателем зависит от включенной передачи, степени открытия дроссельной заслонки или подачи топлива насосом, включено или выключено зажигание. Этот способ торможения рекомендуется применять при движении на затяжных спусках и скользкой дороге.

При третьем способе значительно увеличивается интенсивность торможения, а тормозной путь уменьшается на 20–25 %.

Эффективным тормозом-замедлителем служит система с использованием противодавления на выпуске у двигателя. Для этого перекрывают заслонкой выпускной трубопровод и прекращают подачу топлива в цилиндры. В результате тормозной момент двигателя возрастает примерно вдвое по сравнению с обычным торможением двигателем.

Тормозная система состоит *из тормозного механизма и тормозного привода.*

Тормозной механизм предназначен для замедления вращения колес или одного из валов трансмиссии под действием сил трения.

Тормозные механизмы подразделяют: по расположению – колесные, центральные; по типу тормозных деталей – ленточные, колодочные, дисковые.

Колесные тормозные механизмы действуют непосредственно на ступицу колеса, а центральные – на один из валов трансмиссии. На автомобилях и колесных тракторах общего назначения в качестве рабочей тормозной системы используют колесные тормозные механизмы, а для стояночной тормозной системы – центральные или колесные тормозные механизмы. На универсально-про-пашных тракторах применяют центральные тормозные механизмы.

Ленточный тормоз может быть *простым и плавающим.* Простой ленточный тормоз состоит из шкива *5* (рис. 3.113, *а*), укрепленного на вращающемся валу *7* трансмиссии, и тормозной ленты *4* с фрикционными накладками. Один конец ленты через тяги *10* с регулировочной гайкой прикреплен к картеру *9*, а другой – к двуплечему рычагу *3*, который тягой *2* соединен с педалью *1*. При отпущенной педали пружины *8* оттягивают ленту от шкива, а винт-упор *6* ограничивает провисание ленты.

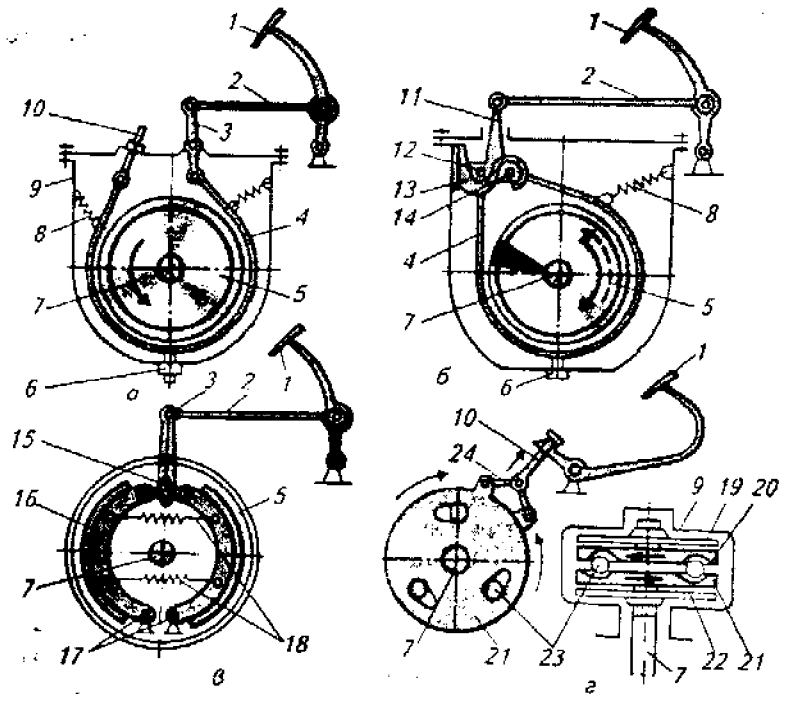


Рис. 3.113. Схемы тормозных механизмов: *а* – простого ленточного; *б* – плавающего ленточного; *в* – колодочного; *г* – дискового сухого; *1* – педаль; *2* – тяга; *3*, *11* – рычаги; *4* – тормозная лента; *5* – тормозной шкив; *6* – винт; *7* – вал; *8* – оттяжная пружина; *9* – картер; *10* – тяга с регулировочной гайкой; *12*, *14* – пальцы; *13* – неподвижный кронштейн; *15* – разжимной кулачок; *16* – колодка; *17* – неподвижные шарниры колодок; *18* – пружины; *19*, *22* – диски с фрикционными накладками; *20*, *21* – нажимные диски; *23* – шарики; *24* – серьга

При нажатии на педаль *1* рычаг *3* затягивает ленту на шкиве *5* и под действием сил трения, возникающих между шкивом и тормозной лентой, шкив затормаживается. *Простой ленточный тормоз* дает интенсивное торможение только при вращении шкива в одну сторону (на рис. 3.113, *а* по направлению стрелки).

Плавающий ленточный тормоз (рис. 3.113, *б*) отличается от простого тем, что оба конца тормозной ленты подвижны и соединены с плечами рычага *11*, что позволяет одинаково интенсивно тормозить при вращении шкива в разные стороны. В зависимости от направления вращения шкива один из пальцев *12* или *14* становится неподвижным, а другой, перемещаясь вместе с лентой, затягивает ее на шкиве.

Ленточные тормоза применяют на многих гусеничных и некоторых колесных тракторах в рабочих и стояночных тормозных системах.

Колодочный тормоз состоит из тормозного барабана (шкива) *5* (рис. 3.113, *в*), который вращается вместе с колесом. Внутри барабана находятся две колодки *16* с фрикционными накладками, установленные на диске, жестко укрепленном на картере моста. При нажатии на педаль *1* разжимной кулачок *15* раздвигает концы колодок *16*, которые поворачиваются вокруг шарниров *17*, и прижимает колодки к внутренней поверхности тормозного барабана. Возникают силы трения, препятствующие вращению барабана, а следовательно, и колеса, и скорость движения трактора или автомобиля снижается. Чем больше сила нажатия на колодки, тем больше момент и работа сил трения, а также замедление движения машины. При отпускании педали пружины *18* отводят колодки от тормозного барабана и торможение прекращается. Колодочные тормоза применяют на многих автомобилях и некоторых тракторах (К-701, Т-150К).

Дисковый сухой тормоз может быть двух типов: с *вращающимися дисками,* оснащенными фрикционными накладками, которые прижимаются к неподвижному корпусу, или с *одним вращающимся диском,* который зажимается с обеих сторон неподвижными плоскими тормозными колодками.

Дисковый тормоз, работающий в условиях сухого трения *называют дисковым сухим,* тогда как дисковый тормоз, диски которого работают в масляной ванне, называют *дисковым мокрым*. В дисковом сухом тормозе число тормозных дисков может быть от одного до трех, в то время как дисковый мокрый тормоз является, как правило, многодисковым, состоящим из пакета фрикционных и промежуточных дисков с общим количеством до 15–20 (рис. 3.118).

Дисковый сухой тормоз с несколькими вращающимися тормозными дисками состоит из соединительных (тормозных) *19*, *22* (рис. 3.113, *г*) и нажимных

20, *21* дисков. Диски *19* и *22* посредством шлиц насажены на вал *7* трансмиссии, а между дисками *20* и *21* в гнездах расположены шарики *23*.

При нажатии на педаль *1* диски *20* и *21* поворачиваются вокруг своей оси навстречу друг другу. При этом шарики выходят из гнезда и, скользя по скосам, раздвигают диски в стороны, прижимая диски *19* и *22* с фрикционными накладками к стенкам картера *9*. Возникшие силы трения затормаживают вал *7*. При отпускании педали диски *20* и *21* пружинами (на рисунке не показаны) возвращаются в исходное положение.

Тормозной привод предназначен для управления тормозными механизмами и прижатия тормозных лент, колодок и дисков к соответствующим поверхностям трения. По принципу действия различают *механические*, *пневматические и гидравлические* тормозные приводы.

Механический привод представляет собой систему тяг и рычагов, соединяющих педаль или рычаг с тормозными механизмами. Он применен на тракторах «Беларус» серий 500, 800, 900, 1000 и 1200, в которых тормозные педали качаются на осях, расположенных ниже пола кабины. Такие тормозные педали называют *напольными.* Механический привод применяется также в автомобилях для привода стояночного тормозного механизма.

В тракторах «Беларус», оборудованных кабинами нового поколения со сферическими стеклами, применяются *подвесные* тормозные педали, ось качания которых расположена над полом кабины.

В гидравлическом и пневматическом приводах тормозные механизмы приводятся в действие от давления тормозной жидкости или сжатого воздуха. Они могут быть *одно-*, *двух-* и *многоконтурными.* Одноконтурный привод осуществляет управление тормозными механизмами, как передних, так и задних колес. Поэтому при нарушении какого-либо соединения выходит из строя вся тормозная система.

Двухконтурный привод имеет независимые приводы тормозных механизмов передних и задних колес, что значительно повышает надежность тормозной системы.

Многоконтурный привод представляет собой совокупность независимых приводов рабочих тормозных механизмов отдельно передних и задних колес, стояночного вспомогательного и запасного тормозных механизмов.

Для облегчения работы водителя, т. е. для снижения усилия на тормозную педаль, в привод тормозов некоторых автомобилей включен гидровакуумный усилитель.

5.2. Конструкция тормозных систем тракторов «Беларус»

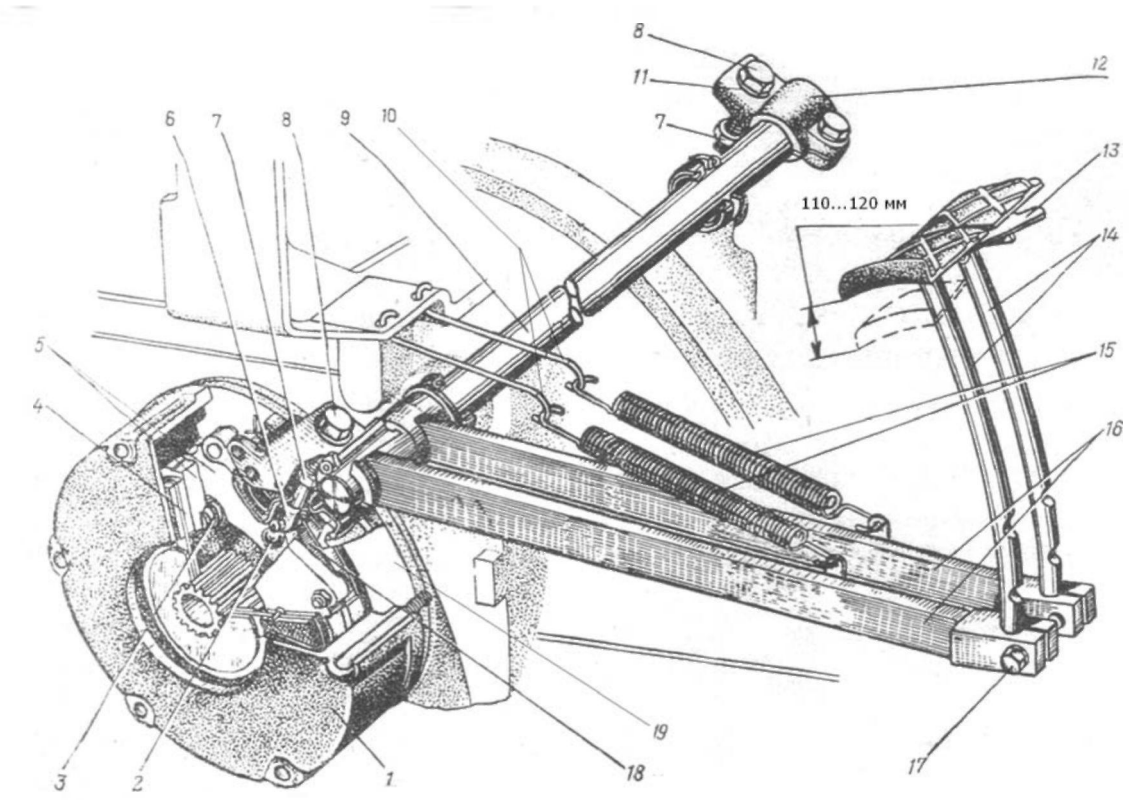


Рис. 3. 114. Тормозная система тракторов «Беларус» серий 500, 800, 900, 1000: *1* – кожух правого тормоза; *2* – разжимной шарик; *3* – пружина нажимного диска; *4* – соединительный диск; *5* – нажимные диски; *6* – вилка; *7* – контргайка; *8* – регулировочные болты; *9* – валик педалей; *10* – держатели пружин; *11* – сферическая шайба; *12* – рычаг левого тормоза; *13* – соединительная планка; *14* – стержни педали; *15* – оттяжные пружины; *16* – рычаги; *17* – болт стяжной; *18* – тяга; *19* – крышка стакана

5.2.1. Тормозная система с механическим приводом

Тракторы «Беларус» в диапазоне мощностей от 55 до 130 л. с., оборудованные традиционной (унифицированной) кабиной прямоугольной формы, имеют стандартную систему с механическим приводом. Рабочие и стояночный тормоза упомянутых тракторов – дисковые, сухие, центральные, установленные на валах ведущих зубчатых колес конечных передач с левой и правой наружных сторон корпуса заднего моста с механическим приводом. Схема и принцип их работы показаны на рисунке 3.113, *г*.

Каждый тормозной механизм состоит из двух соединительных стальных дисков *4* (рис. 3.114) с наклеенными с обеих сторон фрикционными накладками и двух нажимных дисков *5*, установленных между соединительными дисками с накладками, которые называют *тормозными дисками*. Тормозные

диски шлицами связаны с валом ведущей шестерни конечных передач и вращаются вместе с ними. Нажимные диски не вращаются, но поворачиваются один навстречу другому механизмом привода. Между нажимными дисками *5* в специальных углублениях расположены разжимные шарики. Диски соединены между собой пружинами *3*. Снаружи тормоза закрыты кожухами *1*.

При нажатии на педали, соединенные планкой *13*, их стержни *14* опускаются и поворачивают рычаги *16* и валик *9*. Далее усилие от рычагов передается через сферические шайбы *11* и болты *8* к вилкам *6*, которые тягами *18* и пальцами шарнирно связаны с нажимными дисками *5*. Диски *5* поворачиваются один относительно другого и шарики, перекатываясь по наклонным поверхностям углублений, разжимают их, преодолевая сопротивление пружин 3.

Нажимные диски перемещают по шлицам соединительные диски и прижимают их к неподвижным поверхностям кожуха *1* и крышки *19*. Этим и обеспечивается торможение валов зубчатых передач и ведущих колес трактора. После отпускания педалей нажимные диски возвращаются в исходное положение под действием пружин *3* и *15*, освобождая соединительные диски.

Действие левого и правого рабочих тормозов может быть раздельным или одновременным (сблокированным). Раздельное торможение колес осуществляется нажатием на левую или правую педаль с целью уменьшения радиуса поворота трактора. При блокировании педалей планкой *13* тормоза будут действовать одновременно – это основной режим их работы.

5.2.2. Стояночный автономный тормоз сухого типа

Стояночный тормоз тракторов «Беларус» серий 500–1000 – независимый, сухой, двухдисковый, установлен с правой стороны корпуса заднего моста. Кожух стояночного тормоза *6* (рис. 3.115) крепится болтами к кожуху правого рабочего тормоза, имеющего отверстие для вала тормоза *3*, на шлицевом хвостовике которого посажены два тормозных диска *5*. Другой шлицевой конец тормозного вала *3* сопрягается с шлицевым отверстием крестовины *2* дифференциала. Работа стояночного тормоза аналогична рабочим тормозам и осуществляется с помощью нажимных дисков *4* с канавками и разжимными шариками.

При движении трактора вращение ведомой шестерни главной передачи и корпуса дифференциала через крестовину *2* и вал стояночного тормоза *3* передается на тормозные диски *5*.

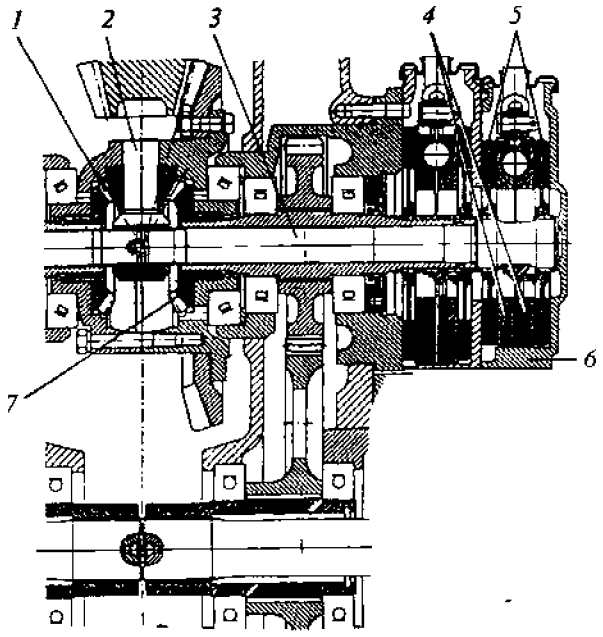


Рис. 3.115. Автономный стояночный тормоз: *1* – сателлит; *2* – крестовина дифференциала; *3* – вал стояночного тормоза; *4* – нажимные диски; *5* – тормозные диски; *6* – кожух стояночного тормоза; *7* – полуосевая шестерня

При перемещении рычага *6* (рис. 3.116) стояночного тормоза «на себя» нажимные диски *12* через тягу *8*, рычаги *9*, *15*, шайбу *3*, болт регулировочный *4*, вилку *14* и тяги *13* поворачиваются относительно друг друга, разжимаются и блокируют тормозные диски *2* с неподвижным кожухом *11* и корпусом заднего моста. Происходит торможение вала стояночного тормоза *1* и связанной с ним крестовины дифференциала *2* (рис. 3.115), корпуса дифференциала, шестерен конечной передачи, полуосей и ведущих колес трактора.

Стояночный тормоз допускается использовать кратковременно для торможения трактора при отказе рабочих тормозов, т. е. стояночный тормоз может выполнять функции запасного тормоза.

5.2.3. Рабочие сухие тормоза с гидростатическим приводом

Тракторы «Беларус» со сферической кабиной нового поколения имеют тормозную систему с гидростатическим приводом. В качестве примера рассмотрим тормозную систему тракторов «Беларус-822.3, -823.3, -922, -922.3, -923, -923.3», изображенную на рис. 3.117. Гидростатический привод обеспечивает независимое или сблокированное управление рабочими тормозами с помощью подвесных педалей *4*, *5* и состоит из двух главных цилиндров *13*, *13а*, толкатели *16* которых шарнирно соединены с педалями; рабочих цилиндров *11*, *11а*, соединенных с главными цилиндрами, трубопроводами *18*, *19*.

Толкатели *20*, *20а* рабочих цилиндров шарнирно соединены с рычагами, которые воздействуют на болты-тяги *9*, *10*, связанные с нажимными дисками тормозов через рычажную систему.

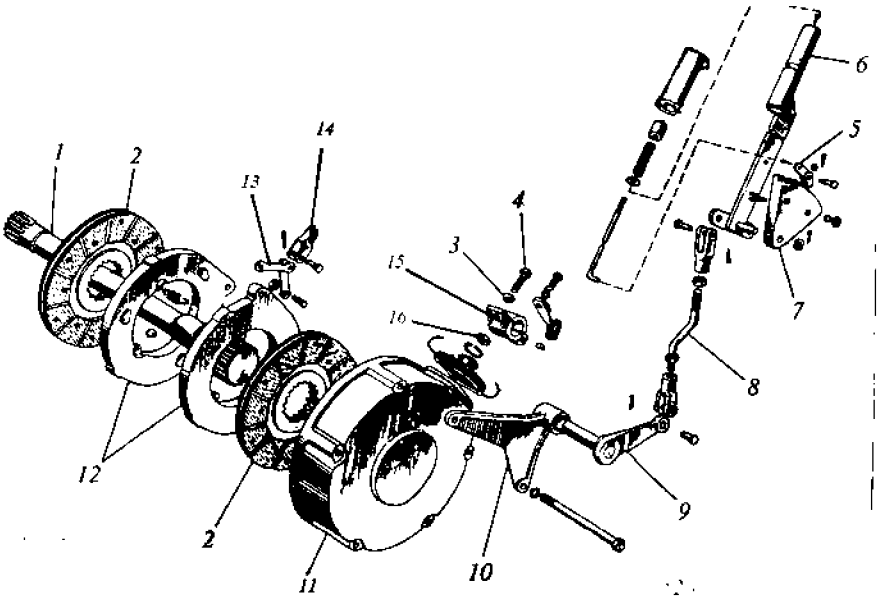


Рис. 3.116. Управление (привод) стояночного тормоза: *1* – вал стояночного тормоза; *2* – тормозной диск; *3* – шайба сферическая; *4* – болт регулировочный; *5* – фиксатор; *6* – рычаг; *7* – сектор; *8* – тяга; *9* – рычаг с валиком; *10* – кронштейн; *11* – кожух; *12* – диски нажимные; *13* – тяга; *14* – вилка; *15* – рычаг; *16* – контргайка

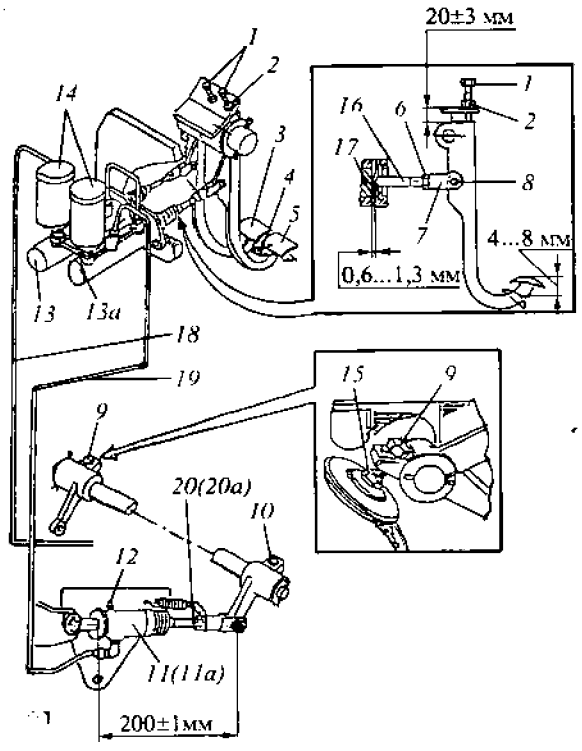


Рис. 3.117. Рабочие тормоза с гидростатическим приводом: *1* – упорные болты; *2*, *6*, *15* – контргайки; *3* – педаль правого тормоза; *4* – блокировочная планка; *5* – педаль левого тормоза; *7* – вилка; *8* – палец; *9* – болт-тяга правого тормоза; *10* – болт-тяга левого тормоза; *11*, *11а* – рабочий цилиндр левый (правый); *12* – клапан; *13*, *13а* – главный цилиндр правый (левый); *14* – бачки; *16* – толкатель; *17* – поршень; *18*, *19* – трубопроводы; *20*, *20а* – толкатель левый (правый)

При нажатии на педали тормозов усилие передается на толкатели *16* поршней *17* главных цилиндров, которые выдавливают тормозную жидкость по трубопроводам *18*, *19* в поршневые полости рабочих цилиндров *11а*, *11*, и в результате перемещения поршней и толкателей происходит включение тормозов.

Главные цилиндры *13*, *13а* имеют прозрачные бачки *14* для заправки тормозной жидкости и визуального контроля ее уровня. При снятии ноги с тормозной педали она возвращается в исходное положение под действием возвратной пружины до упора в болт *1*, с помощью которого производится регулировка положений детали над уровнем пола кабины.

Привод стояночного тормоза упомянутых выше моделей тракторов «Беларус» – механический.

5.2.4. Многодисковые тормоза, работающие в масляной ванне

С целью повышения энергоемкости тормозов, их эффективности и долговечности, на энергонасыщенные тракторы «Беларус-1222, -1523, -2022, -2822ДЦ, -3022ДВ» и их модификации в стандартном исполнении устанавливаются многодисковые тормоза, работающие в масляной ванне (мокрые тормоза).

Тормозные системы с фрикционными элементами сухого трения на основе безасбестовых композиций отличаются простотой конструкции и легкостью обслуживания. Существенным недостатком таких систем является сравнительно быстрый износ тормозных дисков, перегрев и коробление нажимных дисков, а также резкое снижение эффективности тормозов при попадании на трущиеся поверхности влаги и масла.

В современных тракторных тормозных системах широкое применение находят тормозные диски с металлокерамическими твердыми фрикционными накладками, работающими в масляной ванне в пакете со стальными промежуточными дисками. Таким тормозам присуща высокая износостойкость, что обусловлено твердостью фрикционных материалов, а работа дисков в условиях жидкостного трения, обеспечивает высокую долговечность, чему в значительной степени способствует масляная ванна, которая служит резервуаром не только для смазки, но и для отвода тепла.

В корпусах *13*, *1* (рис. 3.118) левого и правого рабочих тормозов соответственно, одновременно являющихся масляными емкостями, расположены восемь фрикционных дисков *2*, посаженных на шлицы валов *16* ведущих шестерен бортовых передач и шесть промежуточных дисков *3*.

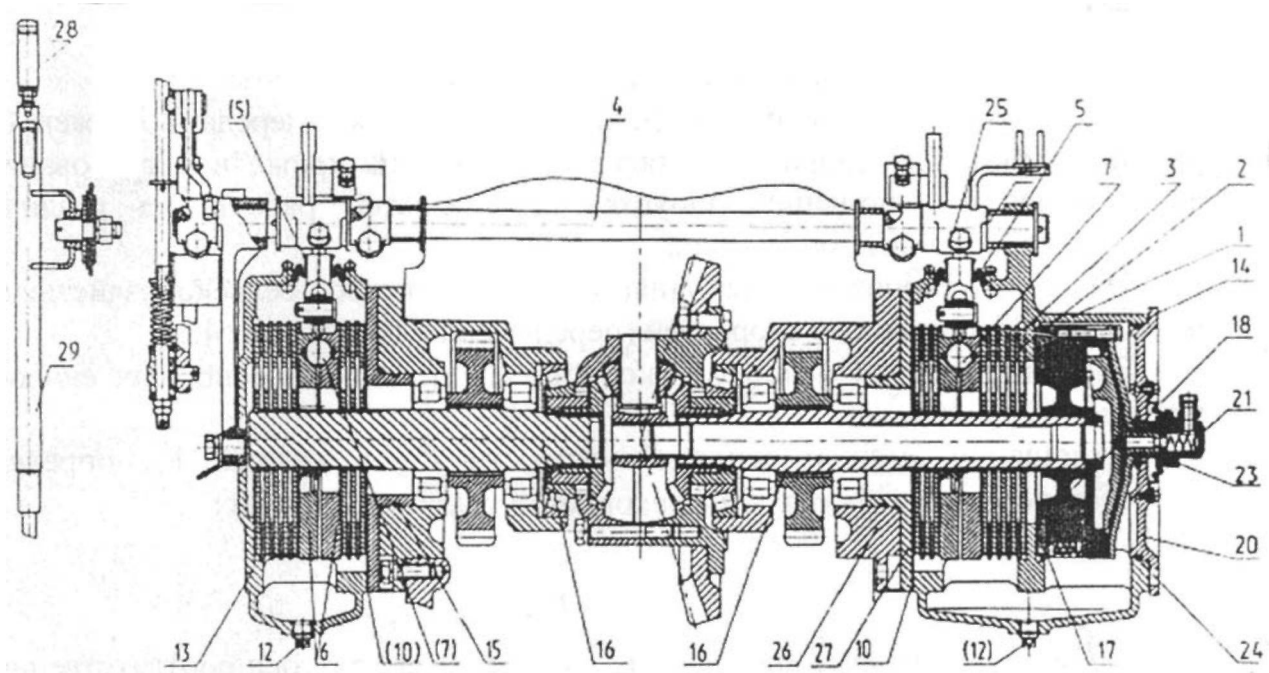


Рис. 3.118. Тормоза, работающие в масляной ванне («Беларус-1222, -1523»): *1* – корпус тормоза; *2* – диск фрикционный; *3* – диск промежуточный; *4* – валик; *5* – чехол уплотнительный; *6* – диски нажимные; *7* – шарик; *10* – прокладка; *12* – пробка сливная; *13* – корпус тормоза; *14* – прокладка; *15* – кольцо уплотнительное; *16* – вал ведущей шестерни конечной передачи; *17* – муфта блокировки дифференциала; *18* – ступица; *20* – крышка; *21* – переходник подвода масла; *23* – чехол уплотнительный; *24* – кольцо уплотнительное; *25* – болт регулировочный; *26* – стакан; *27* – крышка стакана; *28* – рукоятка стояночного тормоза; *29* – механизм вытяжной

Промежуточные диски с помощью двух выступов (упоров) на наружном диаметре фиксируются от проворота в выемках корпусов *13*, *1*, но имеют возможность осевого перемещения на определенную величину, определяемую конструкцией. Для сжатия дисков при торможении используются нажимные диски *6* с шариками *7*, принцип действия которых рассмотрен в п. 5.2.1 при описании тормозной системы с рабочими сухими тормозами.

Главным отличием нажимных дисков *6*, работающих в масле, от дисков сухого трения является выполнение канавок под шарики с меньшим углом наклона для получения большего суммарного усилия сжатия дисков.

Герметичность масляных ванн корпусов обеспечивается уплотнительными кольцами *15*, *24*, прокладками *10*, *14* и резиновыми чехлами *5*, *23*. Корпуса снабжены сливными пробками *12* и контрольно – заливными пробками (не показаны).

5.2.5. СТОЯНОЧНЫЙ ТОРМОЗ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС-1222, -1222В, -1523, -1523В»

В отличие от автономного (*независимого*) стояночного тормоза (рис. 3.115, 3.116) тракторов «Беларус» серий 500, 800, 900, 1000, 1200, начиная с моделей «Беларус-1222, -1222В, -1523, -1523В» и на всех последующих моделях мощностью до 300 л. с. («Беларус-3022ДВ»), в качестве стояночного тормоза используются рабочие тормоза трактора (рис. 3.118), снабженные отдельным механическим приводом управления, состоящим из вытяжного механизма *12* (рис. 3.119), системы рычагов и тяг, регулировочных болтов *13*, *19* и валика *10*, обеспечивающего передачу усилия для включения левого и правого рабочих тормозов.

При вытягивании рукоятки *1* вверх происходит перемещение тяги *2* и поворот шарнирно связанного с ней рычага *3*. Подпружиненный фиксатор *4* при этом скользит по зубьям, имеющимся на поверхности тяги *2*, и фиксирует тягу в положении включения тормоза. Для выключения тормоза рукоятку *1* следует повернуть на угол 35–40°. При этом фиксатор попадает на боковую поверхность тяги *2*, не имеющую зубьев, и рукоятка возвратится в исходное (нижнее) положение под действием пружины *5*.

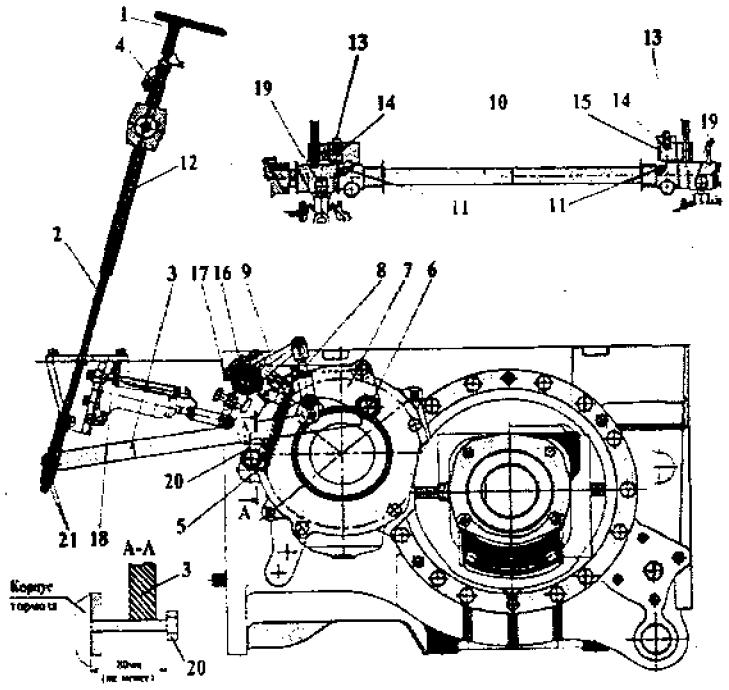


Рис. 3.119. Управление стояночным тормозом: *1* – рукоятка; *2* – тяга; *3* – рычаг; *4* – фиксатор; *5* – пружина; *6* – ось; *7* – кронштейн; *8* – тяга; *9* – рычаг левый; *10* – вал; *11* – шпонка; *12* – вытяжной механизм; *13* – болт регулировочный; *14* – контргайка; *15* – рычаг правый; *16* – пластина; *17* – рычаг; *18* – гидроцилиндр; *19* – болт регулировочный; *20* – болт технологический; *21* – гайки

В процессе включения тормоза рычаг *3* поворачивается относительно оси *6*, закрепленной на кронштейне *7*, и перемещает тягу *8*, шарнирно связанную с рычагами *3* и *9*. Поворачиваются левый и правый рычаги *9*, *15*, посаженные на валу *10* на шпонках *11*. При этом регулировочные болты *13*, ввернутые в пластины, приваренные к рычагам *9*, *15*, упираются в пластины *16*, приваренные к рычагам *17*, поворачивают их и затягивают рабочие тормоза, воздействуя на регулировочные болты *19* нажимных дисков рабочих тормозов. При разжатии нажимных дисков трактор затормаживается.

5.3. Стояночный тормоз трактора Т-150К

Стояночный тормоз трактора Т-150К ленточный, центральный, установлен на валу привода переднего ведущего моста.

Барабан *11* (рис. 3.120) прикреплен болтами к фланцу привода переднего ведущего моста. Наружную поверхность барабана охватывает стальная лента *5* с колодками *9*. Набегающий конец ленты проушинами надет на шипы втулки, установленной на регулировочной тяге *12*, а сбегающий конец пальцем *13* соединен с двуплечим рычагом. Две оттяжные пружины *6* отводят тормозную ленту от барабана до упора в болты *8*.

При перемещении рычага *1* управления верхняя тяга с вилкой *3* поворачивает двуплечий рычаг *4* вверх. При этом перемещаются нижняя тяга и двуплечий рычаг, соединенный с пальцами *13*, которые перемещаются по фигурным вырезам кронштейна *14*, и тормозная лента *5* затягивается на барабане *11*, затормаживая трактор. Рычаг *1* фиксируется храповым устройством, состоящим из зубчатого сектора *14* и защелки *2*.

5.4. Конструкции автомобильных тормозных систем с пневматическим приводом

Конструкция таких тормозных систем состоит из тормозных механизмов и пневматического привода. Пневматический привод тормозов широко используют на тракторах, автомобилях средней и большой грузоподъемности, автобусах и прицепах. Он позволяет развивать большие тормозные силы при небольшом усилии водителя.

Наиболее совершенную конструкцию тормозной системы с пневмоприводом имеют автомобили семейств МАЗ и КамАЗ.

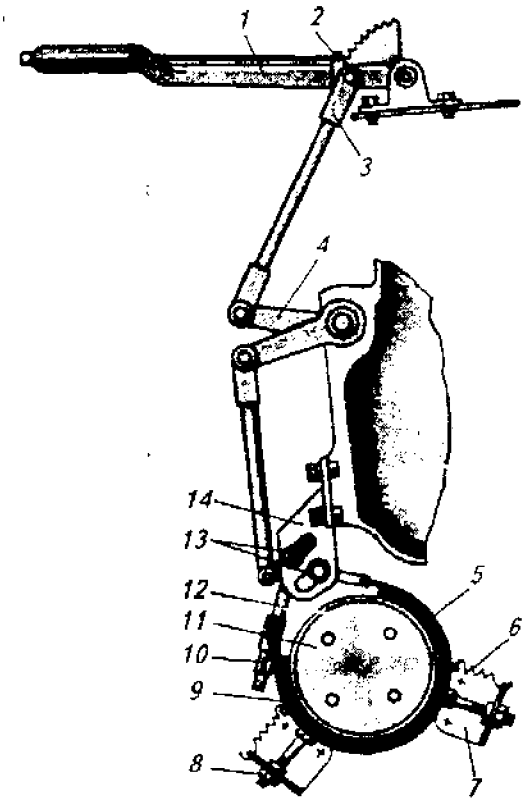


Рис. 3.120. Стояночный тормоз трактора Т-150К: *1* – рычаг управления; *2* – защелка; *3* – вилка; *4* – двуплечий рычаг; *5* – лента; *6* – оттяжная пружина; *7*, *14* – кронштейны; *8* – регулировочный болт; *9* – колодка; *10* – регулировочная гайка; *11* – барабан; *12* – тяга; *13* – пальцы; *14* – зубчатый сектор

5.4.1. Тормозной механизм

Тормозной механизм автомобилей колодочного типа установлен на всех шести колесах автомобиля. Тормозные механизмы всех колес относятся к рабочей тормозной системе, а колес среднего и заднего мостов – одновременно и к стояночной, и к запасной тормозным системам.

Рабочая тормозная система воздействует на тормозные механизмы всех колес автомобиля через пневматический привод с раздельным торможением передних и задних колес.

Стояночная и запасная системы воздействуют на тормозные механизмы среднего (3-х осный тягач) и заднего мостов через тормозные камеры с пружинными энергоаккумуляторами. Управление производится краном в кабине водителя.

Стояночная тормозная система выполняет также функции запасной тормозной системы, которая предназначена для торможения автомобиля при полном или частичном отказе рабочей тормозной системы.

Тормозной механизм смонтирован на суппорте *2* (рис. 3.121, *а*), который жестко закреплен на фланце моста. На эксцентриковые оси *1*, закрепленные в суппорте, свободно опираются две тормозные колодки *7* с фрикционными накладками *9*. Колодки центрируются в барабане *10* с помощью эксцентриковых осей. Тормозной барабан *10* прикреплен болтами к ступице колеса и вращается вместе с ним.

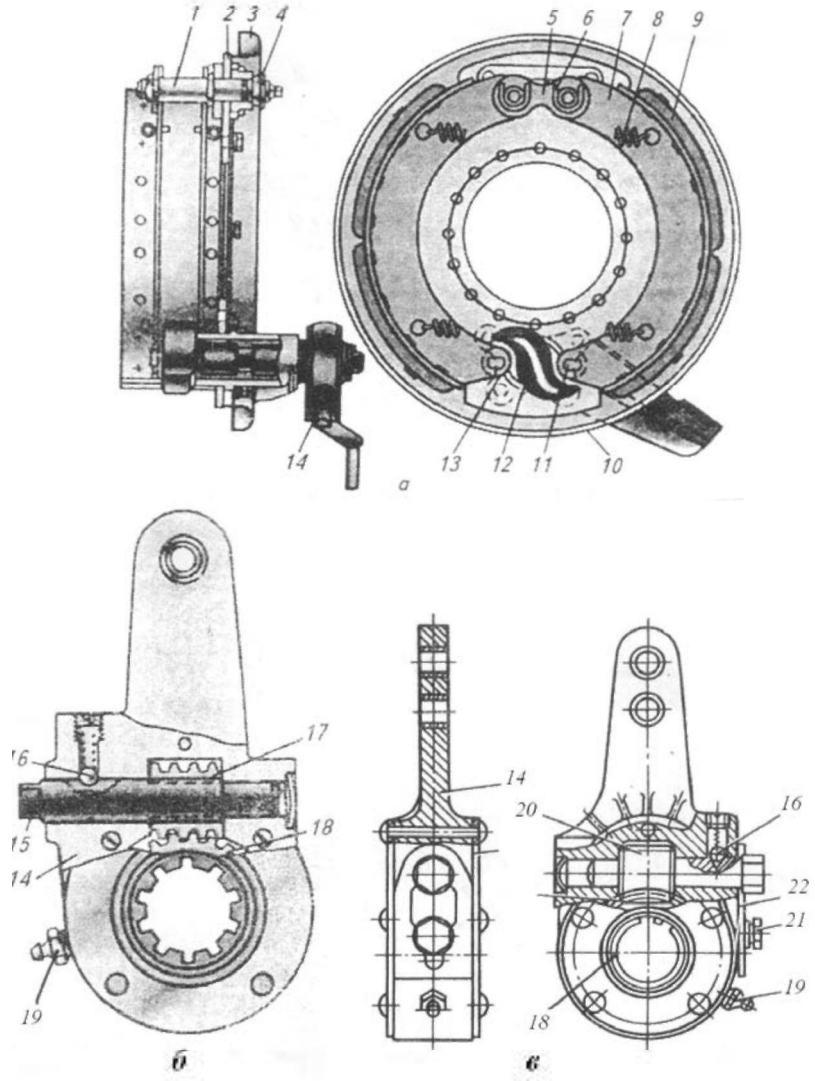


Рис. 3.121. Тормозной механизм автомобилей: *а* – колесный колодочный тормозной механизм; *б* – регулировочный рычаг; *1* – ось колодок; *2* – суппорт; *3* – щиток; *4* – гайка оси; *5* – накладка оси колодок; *6* – чека оси колодок; *7* – колодка; *8* – пружина; *9* – фрикционная накладка; *10* – тормозной барабан; *11* – ось ролика; *12* – разжимной кулак; *13* – ролик колодки; *14* – регулировочный рычаг; *15* – ось червяка; *16* – шарик фиксатора; *17* – червяк; *18* – червячное колесо; *19* – масленка; *в* – регулировочный рычаг автомобилей МАЗ; *20* – червяк; *21* – болт; *22* – пластина стопорная

При торможении колодки раздвигаются фигурным разжимным кулаком *12* и прижимаются к внутренней поверхности барабана. Усилие с кулака на колодки передается через ролики *13*. Колодки возвращаются в исходное положение при растормаживании четырьмя пружинами *8*.

На шлицевом конце вала разжимного кулака *12* установлен регулировочный рычаг *14*, который соединен со штоком тормозной камеры и предназначен для поворота кулака при торможении. Этот рычаг служит также для регулировки зазора между колодками и тормозным барабаном. Для этого в корпусе рычага установлены червячное колесо *18* (рис. 3.121, *б)* и червяк *17*. Червячное колесо шлицевым отверстием соединено со шлицевым хвостовиком разжимного кулака, а червяк *17* напрессован на ось *15*, которая фиксируется в определенном положении шариком *16* с пружиной. При повороте оси *15* за квадратный хвостовик червяк *17* поворачивает колесо *18*, а вместе с ним и вал разжимного кулака. Последний раздвигает колодки *7* и приближает их к тормозному барабану.

Регулировочный рычаг автомобилей МАЗ имеет вал-червяк *20* (рис. 3.121, *в*), хвостовик которого фиксируется стопорной пластиной *22*. Чтобы повернуть червяк *20*, необходимо ослабить болт *21* и сдвинуть стопорную пластину вверх. После регулировки пластину сдвигают в нижнее фиксированное положение и затягивают болт *21*.

Тормозные системы автомобилей МАЗ могут быть укомплектованы регулировочными рычагами со встроенным автоматическим регулятором зазора между тормозными колодками и тормозными кулачками и тормозными барабанами.

Червячный механизм регулировочного рычага периодически смазывают через пресс-масленку *19* до выхода смазки через предохранительный клапан (на рис. 3.121, *в* не показан).

5.4.2. Тормозные камеры

Тормозные камеры предназначены для приведения в действие тормозных механизмов передних колес (камера типа «24») и колес среднего и заднего мостов (камера типа «20» с энергоаккумулятором). Цифры «24» и «20» указывают размер активной площади диафрагмы камеры в квадратных дюймах. (1 кв. дюйм = 6,45 см^2).

Диафрагма *5* (рис. 3.122, *а*) камеры типа «24» зажата между корпусом *2* и крышкой *3* стяжным хомутом. В диафрагму через шайбу упираются возвратная пружина *6* и шток *1* с вилкой *7*, соединяемой с регулировочным рычагом тормозного механизма.

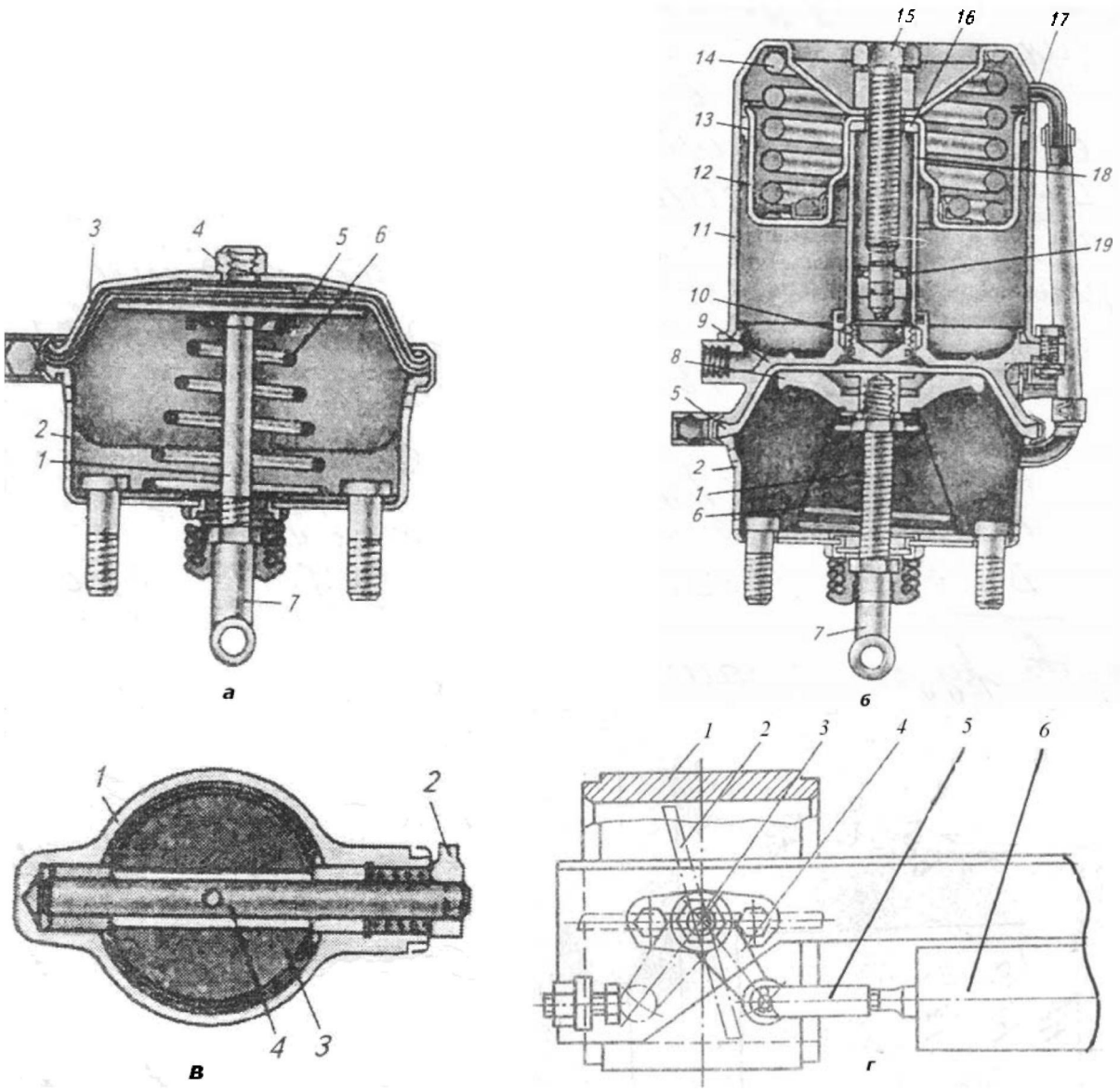


Рис. 3.122. Тормозные камеры и механизмы вспомогательного (моторного) тормоза грузовых автомобилей: *а*, *б* – тормозные камеры типа «24» и «20» соответственно: *1* – шток; *2* – корпус; *3* – крышка корпуса; *4* – штуцер; *5* – диафрагма; *6*, *14* – пружина; *7* – вилка; *8* – диск; *9* – фланец цилиндра; *10* – подпятник; *11* – цилиндр; *12* – поршень; *13* – уплотнитель поршня; *15* – винт; *16* – упорная шайба; *17* – дренажная трубка; *18* – толкатель; *19* – подшипник; *в* – механизм вспомогательного тормоза (КамАЗ): *1* – корпус; *2* – рычаг; *3* – дроссельная заслонка; *4* – вал заслонки; *г* – механизм вспомогательной (моторной) тормозной системы (МАЗ): *1* – корпус приемной трубы глушителя дизеля; *2* – заслонка; *3* – ось заслонки; *4* – рычаг; *5* – шток; *6* – пневмоцилиндр

При торможении сжатый воздух через штуцер *4* поступает в полость над диафрагмой и перемещает ее вместе со штоком *1*. Далее усилие передается на регулировочный рычаг тормозного механизма. Воздух из-под диафрагмы через отверстия в корпусе *2* выходит в атмосферу.

При растормаживании сжатый воздух из полости над диафрагмой выходит в атмосферу и диафрагма под действием пружины *6* возвращается в начальное положение.

Тормозная камера типа «20» с пружинным энергоаккумулятором предназначена для приведения в действие тормозных механизмов при включении рабочей, стояночной и запасной тормозных систем. Она состоит из двух частей: тормозной камеры с диафрагмой *5* (рис. 3.122, *б*), штоком *1* и пружиной *6*; пружинного энергоаккумулятора, включающего в себя цилиндр *11*, поршень *12*, пружину *14* и толкатель *18*.

Энергоаккумулятор приводится в действие при выпуске сжатого воздуха из цилиндра и служит приводом стояночной и запасной тормозных систем. При отсутствии торможения сжатый воздух находится в цилиндре *11*. Его поршень 12 сжимает пружину *14* и удерживает толкатель *18* энергоаккумулятора в верхнем положении.

Шток тормозной камеры выдвигается при подаче сжатого воздуха. При торможении рабочей тормозной системой сжатый воздух подается в полость тормозной камеры над диафрагмой *5*, которая, прогибаясь, перемещает шток *1* с вилкой *7*, соединенной с регулировочным рычагом, и приводит в действие тормозной механизм колеса. При этом тормозные колодки прижимаются к тормозному барабану с усилием, пропорциональным давлению воздуха.

При растормаживании сжатый воздух выходит из камеры в атмосферу и диафрагма *5* возвращается в первоначальное положение под действием пружины *6*, а тормозные колодки отходят от тормозного барабана.

5.4.3. Стояночная тормозная система

Стояночная тормозная система включается при полном выпуске сжатого воздуха в атмосферу из цилиндра *11* энергоаккумулятора. При этом поршень *12* под действием сжатой пружины *14* перемещается вниз вместе с толкателем *18*, подпятником *10*, диафрагмой *5* и штоком *1*, в результате чего поворачивается регулировочный рычаг тормозного механизма.

При выключении стояночного тормоза сжатый воздух подают в полость цилиндра под поршень *12*, который приподнимается вместе с толкателем *18* и сжимает пружину *14*. При этом под действием возвратной конусной пружины *6* диафрагма *5* и шток *1* поднимаются и тормозной механизм растормаживает колесо. При перемещении поршня *12* вверх воздух из подпоршневого пространства через дренажную трубку *17* и отверстие в корпусе *2* тормозной камеры выходит в атмосферу.

Если нарушится герметичность в стояночной тормозной системе, то колеса затормаживаются автоматически пружинными энергоаккумуляторами. Для растормаживания тормозных механизмов служат специальные устройства пневматического и механического действия. При механическом растормаживании, вывинчивая винт *15*, перемещают поршень *12* вместе с толкателем *18*. В этом случае пружина *14* сжимается, шток *1* под действием пружины *6* перемещается вверх и возвращает регулировочный рычаг тормозного механизма в расторможенное положение.

Для аварийного растормаживания в пневмосистеме установлен кнопочный кран, при нажатии на кнопку которого сжатый воздух поступает в цилиндр энергоаккумулятора.

5.4.4. Тормозной механизм вспомогательной (моторной) тормозной системы

Тормозной механизм *вспомогательной тормозной системы* установлен в двух приемных трубах глушителя двигателя. Каждый механизм состоит из корпуса *1* (рис. 3.122, *в*) и заслонки *3*, закрепленной на валу *4*. На этом же валу закреплен поворотный рычаг *2*, соединенный со штоком пневмоцилиндра. При выключенном положении заслонка *3* устанавливается в открытом положении и пропускает по трубе отработавшие газы. При включении вспомогательного тормоза два пневмоцилиндра закрывают заслонки, а третий выключает подачу топлива. Двигатель начинает работать в компрессорном режиме – всасывает воздух, сжимает его и через неплотности закрытых заслонок выталкивает в атмосферу.

Механизм вспомогательной тормозной системы автомобилей МАЗ дроссельного типа с заслонкой *2* (рис. 3.122, *г*), установленной в корпусе *1* в выпускном трубопроводе дизеля перед глушителем. На оси *3* заслонки *2* закреплен поворотный рычаг *4*, соединенный со штоком *5* пневмоцилиндра *6* привода. Рычаг и заслонка имеют два фиксированных положения. В выключенном положении заслонка устанавливается вдоль потока ОГ, а при включении – перпендикулярно потоку, создавая противодавление на выпуске. Одновременно отключается подача топлива с помощью другого пневмоцилиндра, связанного с рычагом останова дизеля.

Механизм вспомогательной тормозной системы предназначен для подтормаживания автомобиля и прицепа на затяжных спусках горных дорог.

5.4.5. Пневмопривод тормозных механизмов автомобилей КамАЗ

Пневматический привод тормозов автомобилей КамАЗ включает в себя компрессор *10* (рис. 3.123), регулятор давления *12*, предохранитель от замерзания *14*, двойной *20* и тройной *19* защитные клапаны и пять независимых пневмоконтуров привода тормозных механизмов: рабочей тормозной системы передних колес среднего и заднего мостов; стояночной и запасной тормозных систем, а также колес прицепа или полуприцепа; вспомогательной тормозной системы и системы питания сжатым воздухом других потребителей; аварийного растормаживания стояночной тормозной системы.

Защитные клапаны *19* и *20* распределяют по контурам воздух, подаваемый компрессором. Они отрегулированы так, что сначала сжатым воздухом заполняются воздушные баллоны *24* контуров стояночной и запасной тормозных систем, а затем остальные воздушные баллоны. Все баллоны имеют краны *17* слива конденсата и пневмоэлектрические датчики *15*, связанные с сигнальными лампами и звуковым сигналом, которые включаются при давлении воздуха в том или ином контуре ниже 0,5 МПа. Давление в воздушных баллонах *16* и *23* рабочей тормозной системы контролируют с помощью двухстрелочного манометра *5*.

Пневмоконтуры рабочей тормозной системы. Воздух из баллонов *16* и *23* поступает в соответствующие секции тормозного окна *21*. При нажатии на педаль тормоза воздух из нижней секции тормозного крана через клапан *9* ограничения давления поступает в тормозные камеры *1* передних колес. Из верхней секции крана через регулятор *30* тормозных сил воздух поступает в тормозные камеры *27* колес среднего и заднего мостов. При этом тормозные механизмы всех колес приводятся в действие. Одновременно от нижней и верхней секций крана по отдельным магистралям воздух поступает к клапану *31* управления тормозной системой прицепа с двухпроводным приводом.

Пневмоконтур стояночной и запасной тормозных систем. Для включения стояночного тормоза рукоятку крана *7* переводят вверх. При этом сжатый воздух из камеры ускорительного клапана *29* выходит в атмосферу. Одновременно выпускается воздух из цилиндров энергоаккумуляторов *26* тормозных камер *27* колес среднего и заднего мостов. Пружины энергоаккумуляторов приводят в действие тормозные механизмы. Одновременно кран *7* включает клапан *31* управления тормозной системой прицепа.

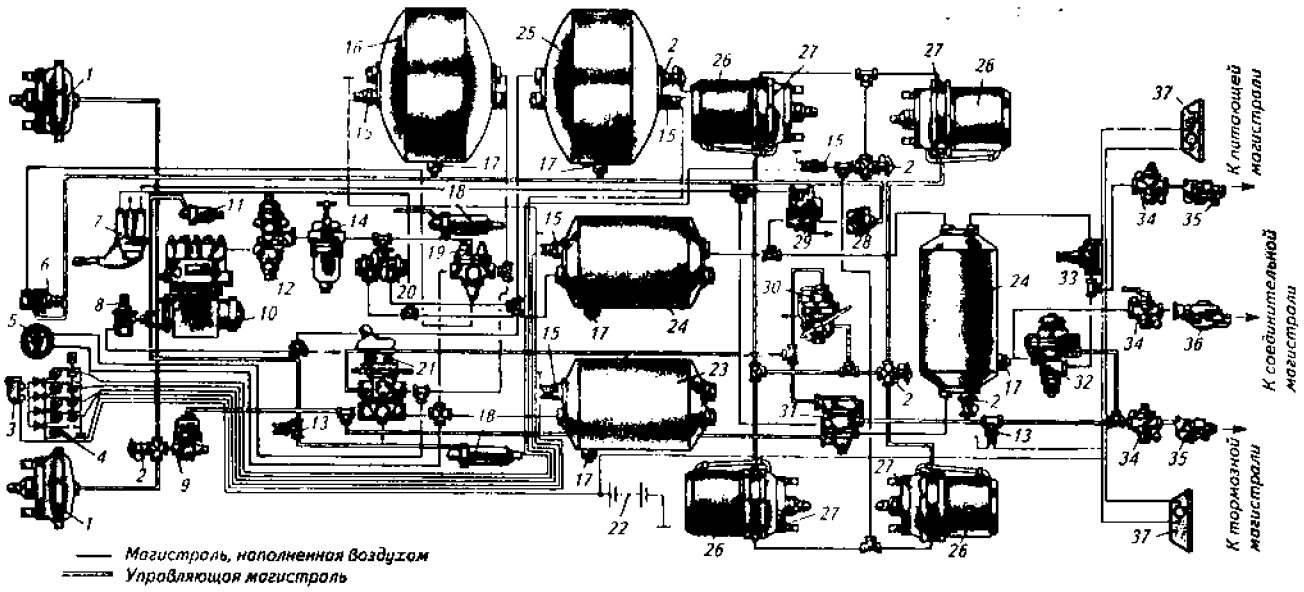


Рис. 3.123. Схема пневмопривода тормозных механизмов автомобилей КамАЗ: *1* – передняя тормозная камера; *2* – клапан контрольного вывода; *3* – звуковой сигнал; *4* – контрольная лампа; *5* – двухстрелочный манометр; *6* – кран растормаживания стояночного тормоза; *7* – кран стояночного тормоза; *8* – кран вспомогательного тормоза; *9* – клапан ограничения давления; *10* – компрессор; *11* – пневмоцилиндр привода рычага остановки двигателя; *12* – регулятор давления; *13* – пневмоэлектрический датчик включения электромагнита пневмоклапана прицепа; *14* – предохранитель от замерзания; *15* – пневмоэлектрический датчик падения давления в контуре; *16* – воздушный баллон контура рабочего тормоза колес задней тележки и контура аварийного растормаживания; *17* – кран слива конденсата; *18* – пневмоцилиндр привода механизмов вспомогательного тормоза; *19* – тройной защитный клапан; *20* – двойной защитный клапан; *21* – двухсекционный тормозной кран; *22* – аккумуляторные батареи; *23* – воздушный баллон контура рабочего тормоза колес передней оси и контура аварийного растормаживания; *24* – воздушные баллоны контура стояночного тормоза и тормозов прицепов; *25* – воздушный баллон контура вспомогательного тормоза; *26* – пружинный энергоаккумулятор; *27* – задняя тормозная камера; *28* – перепускной клапан; *29* – ускорительный клапан; *30* – автоматический регулятор тормозных сил; *31*, *32* – клапаны управления тормозами прицепа соответственно с двух- и одноприводными приводами; *33* – одинарный защитный клапан; *34* – разобщительный кран; *35*, *36* – соединительные головки; *37* – задние фонари

При выключении стояночного тормоза рукоятку крана *7* устанавливают в нижнее положение. Воздух из баллона *24* через тормозной кран *7* поступает к ускорительному клапану *29*, который срабатывает, и сжатый воздух из баллона *24* через перепускной клапан *28* поступает в цилиндры энергоаккумуляторов. Их пружины сжимаются, и тормозные механизмы растормаживаются.

Запасная тормозная система приводится в действие также тормозным краном *7*. Рукоятка этого крана имеет не только фиксированное верхнее положение для стояночного тормоза, но и нефиксируемые промежуточные положения, которые позволяют притормаживать автомобиль с интенсивностью, зависящей от положения рукоятки (следящее действие).

Аварийное растормаживание стояночной тормозной системы происходит при нажатии на кран *6*. При этом воздух из баллонов *16* и *23* через тройной защитный клапан *19*, кран *6* и перепускной клапан *28* поступает в цилиндры энергоаккумуляторов. Пружины сжимаются, и автомобиль растормаживается.

Пневмопривод вспомогательной тормозной системы. При нажатии на кран *8* сжатый воздух из баллона *25* через кран *8* поступает в пневмоцилиндры *11* и *18*. Штоки цилиндров *18*, связанные рычагами заслонок вспомогательного тормоза, повернут заслонки, и они перекроют приемные трубы глушителя. Шток цилиндра *11*, связанный с рычагом рейки топливного насоса высокого давления, передвинет этот рычаг, и подача топлива в цилиндры двигателя прекратится. При этом контакты пневмоэлектрического датчика *13*, установленного перед цилиндром *18*, замкнутся и включат электромагнитный клапан прицепа. Клапан приоткроется и пропустит сжатый воздух из баллона прицепа в его тормозные камеры, осуществив притормаживание прицепа с целью предотвращения «складывания» автопоезда.

Компрессор поршневой, двухцилиндровый, одноступенчатого сжатия установлен на двигателе и приводится от блока распределительных зубчатых колес. Воздух под действием разрежения поступает в цилиндры компрессора через пластинчатые впускные клапаны. Сжатый поршнями воздух вытесняется из цилиндров через пластинчатые нагнетательные клапаны в регулятор давления *12*, который автоматически поддерживает давление воздуха в пневмосистеме в пределах 0,7–0,75 МПа. При снижении давления воздуха до 0,62–0,63 МПа регулятор перекрывает выход воздуха в атмосферу, и компрессор вновь нагнетает воздух в пневмосистему.

Регулятор давления. Сжатый воздух из компрессора поступает в вывод *I* (рис. 3.124) регулятора давления и проходит через фильтр *2*, каналы *11* и *8*, обратный клапан *9* и через вывод *III* поступает в воздушные баллоны. Одновременно часть воздуха через канал *7* поступает в полость *А* под поршень *6*, нагруженный уравновешивающей пружиной *5*. При этом выпускной клапан *4* открыт и полость *Б* над разгрузочным поршнем *12* сообщается с атмосферой через вывод *II*. Впускной клапан *10* под действием пружины закрыт, и в полость *Б* сжатый воздух не поступает. Закрыт и разгрузочный клапан *1*. Система наполняется сжатым воздухом.

При давлении в полости *А*, равном 0,7–0,75 МПа, поршень *6* преодолевает усилие пружины *5* и поднимается. Выпускной клапан *4* закрывается, впускной клапан *10* открывается, и воздух из полости *А* поступает в полость

Б, перемещая вниз поршень *12*. Разгрузочный клапан *1* открывается, и сжатый воздух из компрессора выходит в атмосферу через вывод *IV*. Одновременно давление воздуха в кольцевом канале *8* падает и обратный клапан *9* закрывается.

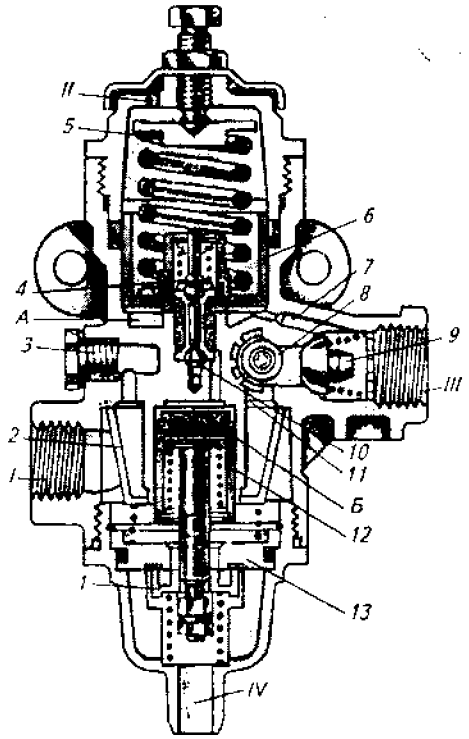


Рис. 3.124. Регулятор давления: *1* – разгрузочный клапан; *2* – фильтр; *3* – пробка клапана отбора воздуха; *4* – выпускной клапан; *5* – уравновешивающая пружина; *6* – следящий поршень; *7*, *11* – каналы; *8* – кольцевой канал; *9* – обратный клапан; *10* – впускной клапан; *11* – разгрузочный поршень; *13* – седло разгрузочного клапана; *А* – полость под следящим поршнем; *Б* – полость над разгрузочным поршнем; *I* – вывод от компрессора; *II*, *IV* – выводы в атмосферу; *III* – вывод в пневмосистему

Когда давление воздуха в пневмосистеме, а следовательно, и в выводе *III*, и в полости *А* снизится до 0,62–0,65 МПа, поршень *6* под действием пружины *5* переместится вниз, клапан *10* закроется, клапан *4* откроется и полость *Б* через вывод *II* соединится с атмосферой. При этом поршень *12* под действием пружины переместится вверх, разгрузочный клапан *1* закроется, и компрессор снова будет нагнетать сжатый воздух в пневмосистему.

Если регулятор давления выйдет из строя, то давление воздуха в выводе *1* будет расти и разгрузочный клапан *1* начнет действовать как предохранительный, открываясь при давлении воздуха 1–1,35 МПа и выпуская часть воздуха в атмосферу.

Регулятор давления имеет канал, закрытый пробкой *3*, для присоединения специальных устройств, а также клапан отбора воздуха для накачивания

шин. *Предохранитель от замерзания* предназначен для защиты сборочных единиц и трубопроводов пневмосистемы от замерзания конденсата. В стакан *2* (рис. 3.125) предохранителя заливают технический этиловый спирт. Для включения предохранителя в работу при температуре окружающего воздуха ниже +5 °С рукоятку со штоком *10* перемещают вверх. При этом пробка *6* с уплотнительным кольцом выводится из нижнего гнезда, пружина *1* растягивает фитиль *3* и часть его входит в воздушный канал.

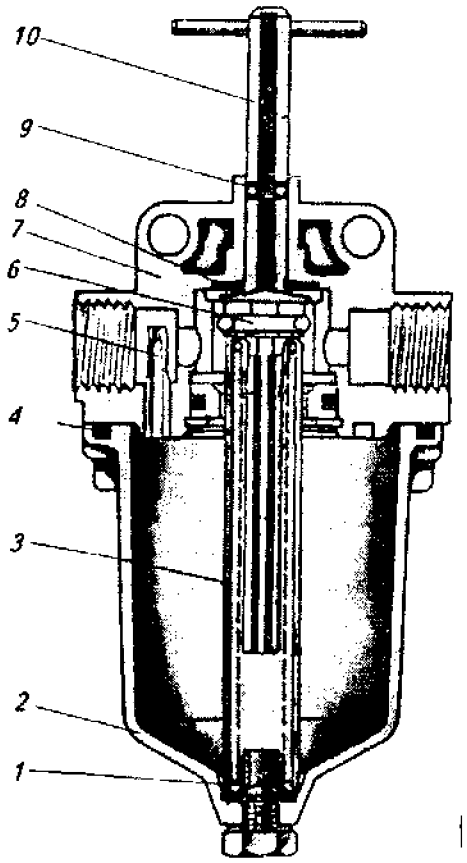


Рис. 3.125. Предохранитель от замерзания: *1* – пружина фитиля; *2* – стакан; *3* – фитиль; *4*, *9* – уплотнительные кольца; *5* – жиклер; *6* – пробка с уплотнительным кольцом; *7* – крышка; *8* – запирающий штифт; *10* – шток с рукояткой

Воздух, нагнетаемый компрессором в воздушные баллоны, омывает фитиль и обогащается парами спирта. Образующийся конденсат смеси паров воды и спирта не замерзает в пневмосистеме при достаточно низкой температуре.

При температуре воздуха выше +5 °С предохранитель отключают, опуская шток *10*. Пробка *6* с уплотнительным кольцом садится в гнездо и разобщает стакан *2* с пневмосистемой.

Двойной защитный клапан предназначен для разделения подводимого потока сжатого воздуха на два автономных пневмоконтура (вспомогательной

и стояночной тормозных систем) и автоматического выключения поврежденного пневмоконтура.

Сжатый воздух из компрессора, пройдя регулятор давления и предохранитель от замерзания, через вывод *III* (рис. 3.126, *а*) поступает в полость центрального поршня *8* и, отжав обратные плоские клапаны *7* и *9*, направляется к выводам *I* и *II* двух пневмоконтуров.

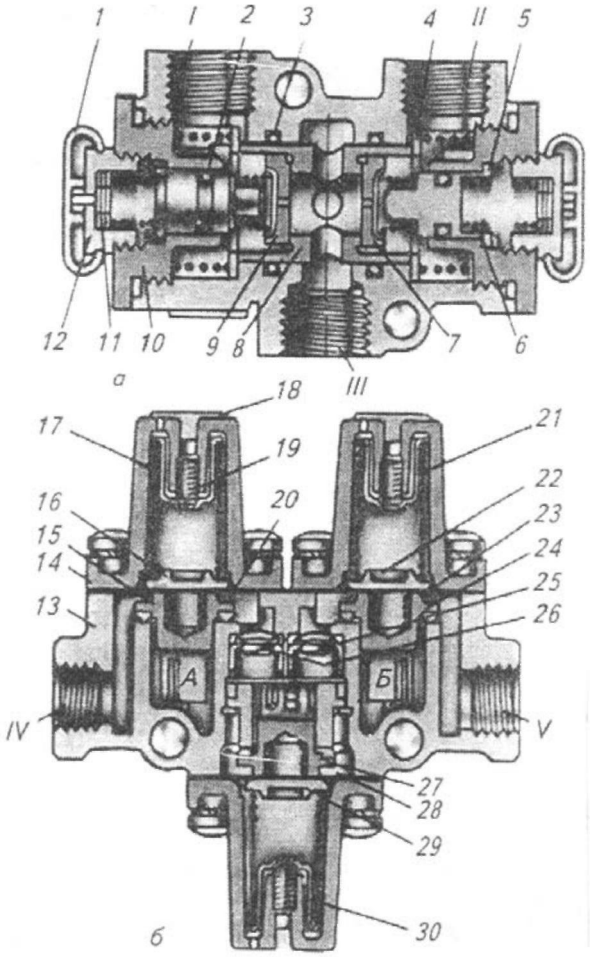


Рис. 3.126. Защитные клапаны пневмопривода автомобилей КамАЗ**:** *а* – двойной; *б* – тройной; *1* – защитный чехол; *2*, *3* – уплотнительные кольца; *4* – упорное кольцо; *5* – упорный поршень; *6*, *17*, *21*, *30* – пружины; *7*, *9* – плоские клапаны; *8* – центральный поршень; *10* – крышка; *11* – регулировочные шайбы; *12* – пробка с дренажным отверстием; *13* – корпус; *14* – колпак; *15*, *24*, *27* – клапаны; *16*, *22*, *29* – опорные диски; *18* – заглушка; *19* – регулировочный винт; *20*, *23*, *28* – диафрагмы; *25*, *26* – перепускные клапаны; *А*, *Б*, *В* – полости: *I* – вывод в контур вспомогательной тормозной системы; *II* – вывод в контур стояночной и запасной тормозных систем тягача и прицепа; *III* – вывод в контур рабочих тормозных механизмов передних колес и прицепа; *IV* – вывод в контур рабочего тормозного механизма колес задней тележки и прицепа

При повреждении одного из контуров давление воздуха в нем падает, и центральный поршень *8* под действием перепада давлений перемещается в сторону поврежденного контура. Седло поршня *8* упирается в обратный

клапан *7* или *9* и передвигает его до упора в поршень *5*, отключая поврежденный контур. Обратный клапан второго контура остается открытым, и сжатый воздух поступает в неповрежденный контур, в котором будет поддерживаться давление 0,52–0,54 МПа.

Тройной защитный клапан предназначен для разделения подводимого потока сжатого воздуха на три автономных пневмоконтура: рабочей тормозной системы передних колес, рабочей тормозной системы колес среднего и заднего мостов, привода аварийной системы растормаживания стояночной тормозной системы и автоматического отключения поврежденного контура с целью сохранения давления в исправных контурах.

Сжатый воздух поступает в полости *А* и *Б* (рис. 3.126, *б*) под клапанами *15* и *24*. При давлении воздуха 0,5 МПа эти клапаны открываются, преодолевая сопротивление пружин *17* и *21* и прогибая диафрагмы *20* и *23*. Далее воздух через выводы *IV* и *V* поступает в пневмоконтуры рабочих тормозных систем соответственно передних колес и задней тележки. Одновременно открываются перепускные клапаны *25*, *26* и воздух поступает в полость *В* над клапаном *27*. При давлении 0,5 МПа этот клапан открывается, и сжатый воздух через вывод проходит в пневмоконтур аварийной системы растормаживания стояночной тормозной системы.

В случае разгерметизации одного из пневмоконтуров давление в нем и в полости соответствующего защитного клапана уменьшается и под действием пружины клапана закрывается, автоматически отключая неисправный контур.

Двухсекционный тормозной кран предназначен для управления контурами рабочей тормозной системы и комбинированным приводом тормозных механизмов прицепа. Кран имеет две независимые секции, включаемые последовательно.

Для торможения автомобиля нажимают на тормозную педаль. Усилие через систему тяг и рычагов передается на рычаг *5* (рис. 3.127, *а*) тормозного крана и далее через толкатель *6* и упругий элемент *4* следящему ступенчатому поршню *3*. Поршень *3* перемещается вниз, сжимая пружину *8*, касается клапана *2* и закрывает тем самым выпускное окно, разобщая вывод *II* к тормозным камерам колес задней тележки с атмосферой. При дальнейшем опускании поршня *3* открывается клапан *2*. Сжатый воздух, подводимый из баллона к выводу *III*, через открытый клапан *2* поступает к выводу *II* и далее в тормозные камеры колес среднего и заднего мостов.

Сжатый воздух будет поступать в тормозные камеры до тех пор, пока сила нажатия на рычаг *5* не будет уравновешена действующей силой сжатого

воздуха и усилием пружины *8* на поршень *3*. В этом заключается следящее действие верхней секции тормозного крана.

С повышением давления в выводе *II* сжатый воздух через канал *Б* проходит в полость *А* над ускорительным поршнем *1* второй секции крана. Поршень *1* перемещается вниз и действует на ступенчатый поршень *9*, который закрывает выпускное отверстие клапана *10*, разобщая вывод *I* с атмосферой. Далее открывается клапан *10*.

Сжатый воздух, подводимый из баллона к выводу *IV*, через открытый клапан *10* поступает к выводу *I* и далее в тормозные камеры передних колес. С повышением давления воздуха в выводе *I* растет давление и в полости под поршнями *1* и *9*. Это давление и усилие пружины уравновешивают силу, действующую на поршень *9* сверху. Вследствие этого в выводе *I* устанавливается давление, соответствующее усилию на рычаге тормозного крана, т. е. осуществляется следящее действие и в нижней секции крана.

При повреждении пневмоконтура, соединяемого с верхней секцией тормозного крана (отсутствие давления воздуха в выводах *II* и *III*), нижняя секция тормозного крана будет управляться механически. Усилие через толкатель *6*, упорный болт *7* будет передаваться непосредственно на шток ступенчатого поршня *9*.

Выход из строя нижней секции тормозного крана (отсутствие давления воздуха в выводе *I*) не влияет на работоспособность верхней секции.

Ручной тормозной кран предназначен для управления пружинными энергоаккумуляторами привода стояночной и запасной тормозных систем. При отсутствии торможения сжатый воздух от баллона подводится к выводу *III* (рис. 3.127, *б*) крана. Под действием пружин *3* и *5* шток *7* занимает нижнее положение, седло *9* прижато к выпускному клапану *10*, а сам клапан отведен от поршня *11*. В этом положении сжатый воздух из вывода *III* через отверстие в поршне, полость *А* под поршнем, кольцевую щель между клапаном *10* и поршнем *11*, полость *Б* поступает к выводу *I* и далее к ускорительному клапану, который обеспечивает подачу воздуха в цилиндры энергоаккумуляторов, сжимая их пружины и растормаживая тормозные системы. При этом полость *Б* крана с выводом *II*, т. е. с атмосферой не сообщается.

При повороте рукоятки вместе с ней поворачивается направляющий колпачок *6* (рис. 3.127, *б*), который скользит по кулачкам *4* и приподнимается вместе со штоком *7*. Нижний конец штока – седло *9* отходит от клапана *10*, который приподнимается под действием пружины *1* и прижимается к днищу поршня *11*, разобщая выход *III* с полостью *Б* и выводом *I*. Поднимаясь еще выше, шток *7*

открывает внутреннее отверстие клапана *10* и сообщает полость *Б* с выводом *II*, а следовательно, вывод *I* с выводом *II* и атмосферой. Таким образом, полости пружинных энергоаккумуляторов сообщаются с атмосферой, а их пружины приводят в действие тормозные механизмы колес среднего и заднего мостов.

Ускорительный клапан ускоряет впуск сжатого воздуха в цилиндры аккумуляторов и выпуск его из них.

Для уменьшения времени срабатывания напорная пневмолиния, соединяющая баллон, клапана и энергоаккумуляторы, выполнена в виде коротких трубок большого диаметра, а пневмолиния управления клапаном от ручного тормозного крана – в виде более длинной трубки меньшего диаметра.

Исходное положение (без торможения): поршень *3* (рис. 3.128) находится в нижнем положении, выпускной клапан *1* закрыт, выпускной клапан *4* открыт. Сжатый воздух через вывод *III*, открытый клапан *4* и вывод *I* поступает в цилиндры энергоаккумуляторов. Одновременно от ручного тормозного крана сжатый воздух подводится в камеру *2*.

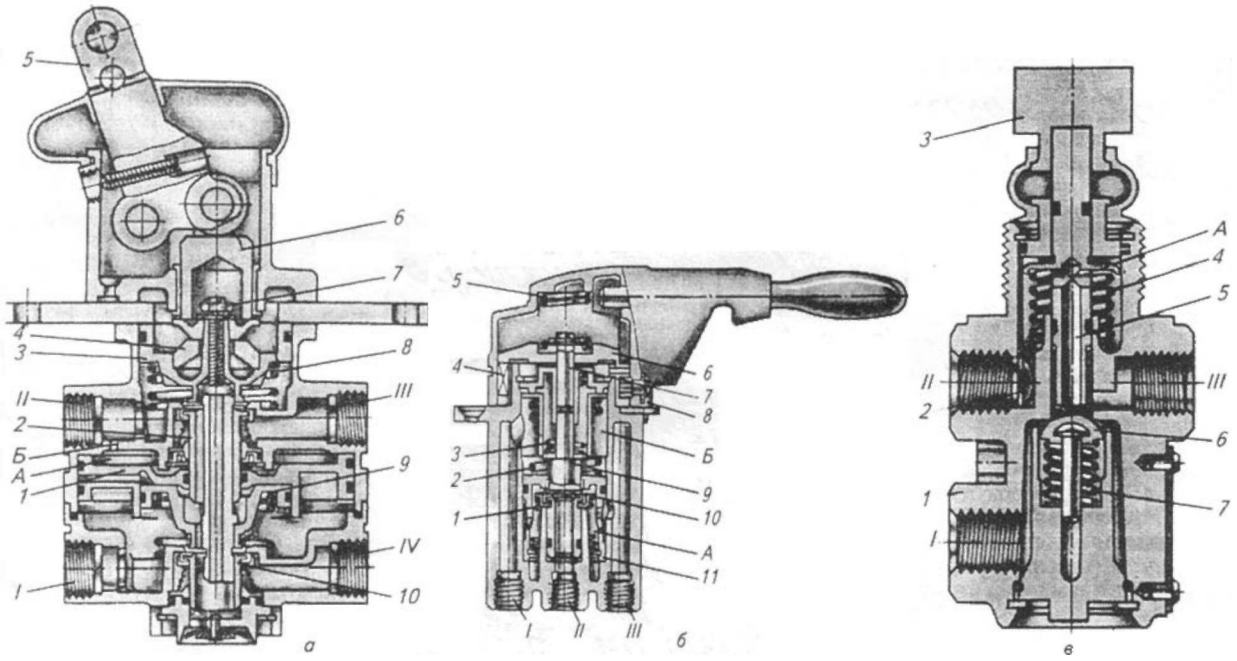


Рис. 3.127. Тормозные краны: *а* – двухсекционный; *1* – ускорительный поршень; *2*, *10* – клапаны; *3*, *9* – ступенчатые поршни; *4* – упругий элемент; *5* – рычаг; *6* – толкатель; *7* – упорный болт; *8* – пружина; *А* – полость; *Б* – канал; *I* – вывод к тормозным камерам передних колес; *II* – вывод к тормозным камерам колес задней тележки; *III*, *IV* – выводы к воздушным баллонам; *б* – ручной; *1* – пружина выпускного клапана; *2* – уравновешивающая пружина; *3*, *5* – пружины штока; *4* – кулачок; *6* – направляющий колпачок; *7* – шток; *8* – фиксатор рукоятки (защелка); *9* – седло; *10* – выпускной клапан; *11* – поршень; *А*, *Б* – полости; *I* – вывод к энергоаккумуляторам через ускорительный клапан; *II* – вывод в атмосферу; *III* – вывод к воздушному баллону; *в* – с кнопочным управлением; *1* – корпус; *2* – фильтр; *3* – кнопка толкателя; *4* – пружина толкателя; *5* – выпускной канал; *6* – выпускной клапан; *7* – пружина клапана; *А* – отверстие; *I* – вывод к воздушному баллону; *II* – вывод в атмосферу; *III* – вывод к пневматическим цилиндрам

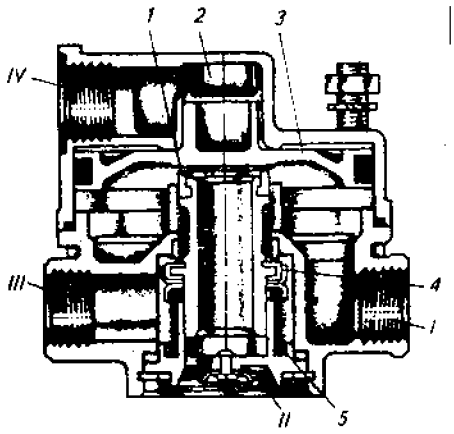


Рис. 3.128. Ускорительный клапан: *1* – выпускной клапан; *2* – камера; *3* – поршень; *4* – впускной клапан; *5* – пружина; *I* – вывод к цилиндрам энергоаккумуляторов; *II* – вывод в атмосферу; *III* – вывод к воздушному баллону; *IV* – вывод к ручному тормозному крану

При торможении ручным тормозным краном сжатый воздух из камеры *2* через отверстие в кране выходит в атмосферу и давление в ней уменьшается. Под действием разности давлений поршень *3* перемещается вверх, выпускной клапан *1* открывается, а впускной клапан *4* под действием пружины *5* закрывается. Сжатый воздух из цилиндров аккумуляторов через вывод *I*, открытый выпускной клапан *1* и вывод *II* выходит в атмосферу, и тормозные механизмы затормаживаются.

Стояночный тормоз включается при повороте рукоятки до отказа и фиксировании ее защелкой *8* (рис. 3.127, *б*). При частичном повороте рукоятки крана включается запасная тормозная система.

Следящее действие этой тормозной системы осуществляется поршнем *11* и уравновешивающей пружиной *2*. Из промежуточных положений рукоятка автоматически возвращается в первоначальное положение, соответствующее выключению тормоза.

Тормозные краны с кнопочным управлением предназначены для включения и отключения подачи сжатого воздуха. Один кран управляет тремя пневмоцилиндрами моторного тормоза-замедлителя вспомогательной тормозной системы, другой – системой аварийного растормаживания стояночной тормозной системы.

При нажатии на кнопку *3* (рис. 3.127, *в*) толкателя впускной клапан *6* открывается, а выпускной клапан *5* в толкателе закрывается. Сжатый воздух через выход *I* из воздушного баллона поступает к выводу *III* и далее к исполнительным механизмам. При отпускании кнопки *3* толкатель под действием пружины *4* возвращается в исходное состояние, а впускной клапан *6* закрывается усилием пружины *7*. Из пневмоцилиндров сжатый воздух через вывод *III*, канал *5*, отверстие *А*, фильтр *2* и вывод *II* выходит в атмосферу.

Растормаживание происходит в результате подачи сжатого воздуха через вывод *IV* в камеру *2*. При этом поршень *3* перемещается вниз и сначала закрывает выпускной клапан *1*, а затем открывает впускной клапан *4*. Сжатый воздух из баллона через вывод *III*, открытый клапан *4* и вывод *I* поступает в цилиндры энергоаккумуляторов, а они растормаживают тормозные механизмы.

Перепускной клапан предназначен для управления энергоаккумуляторами посредством одного из двух независимых пневмоконтуров. Вывод *I* (рис. 3.129) соединен с магистралью энергоаккумуляторов, вывод *II* – с магистралью крана аварийного растормаживания, вывод *III* – с магистралью ускорительного клапана.

Когда автомобиль растормаживается ручным тормозным краном, сжатый воздух поступает через вывод *III*, передвигает мембрану *1*, прижимает ее к седлу *2* и через вывод *I* наполняет цилиндры энергоаккумуляторов. При аварийном растормаживании автомобиля сжатый воздух подается к выводу *II*, прижимая мембрану *1* к седлу *3*, и далее через вывод *I* в цилиндры энергоаккумуляторов.

При выпуске воздуха из энергоаккумуляторов мембрана *1* остается прижатой к тому седлу, к которому она переместилась ранее.

На автомобилях МАЗ и КамАЗ установлен регулятор тормозных сил, предназначенный для автоматического изменения давления воздуха в тормозных камерах задней тележки в зависимости от значения действующей на нее вертикальной нагрузки. Этим достигается регулирование тормозных сил на колесах ведущих мостов и устойчивое движение автомобиля при торможении.

Гидростатические приводы тормозных механизмов рассмотрены в разделе 4.

5.4.6. Пневмопривод тормозных механизмов трехосных автомобилей-тягачей МАЗ

Питающая часть пневмопривода тормозных механизмов состоит из компрессора *1* (рис. 3.130), влагоотделителя *2*, регулятора давления *3*, конденсационного ресивера *4*, двойного защитного клапана *5* и соединительных трубопроводов и арматуры.

При работе двигателя сжатый воздух из компрессора поступает через влагоотделитель *2*, регулятор давления *3* в конденсационный ресивер *4* и далее через двойной защитный клапан *5* в ресиверы *8* и *9*. Одновременно

из компрессора сжатый воздух через одинарный защитный клапан *7* поступает в ресивер *10*, к которому подключены дополнительные потребители: привод механизма вспомогательного тормоза, усилитель сцепления и др.

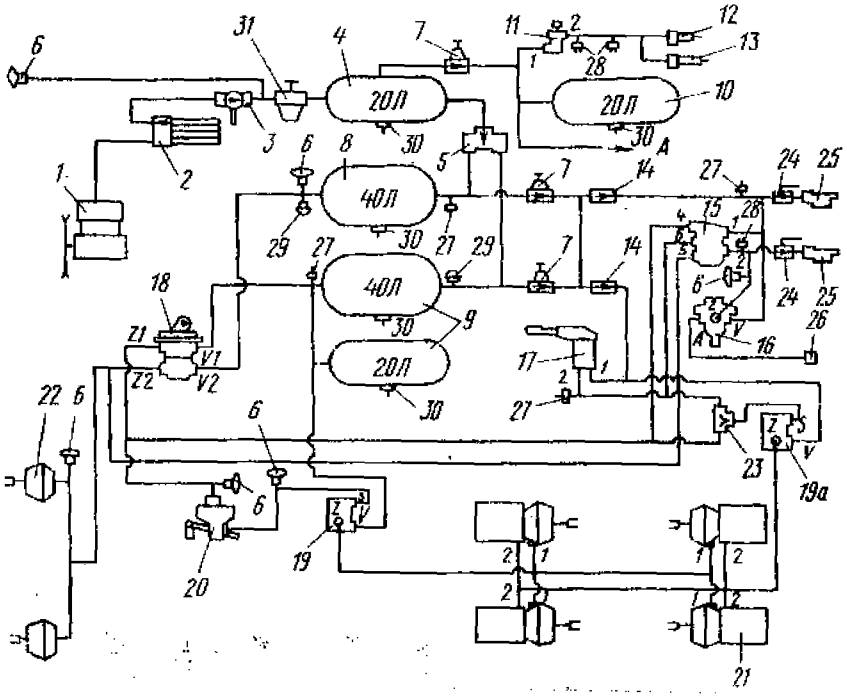


Рис. 3.130. Схема пневмопривода тормозных механизмов автомобилей МАЗ: *1* – компрессор; *2* – влагоотделитель; *3* – регулятор давления; *4* – конденсационный ресивер; *5* – клапан двойной защитный; *6* – клапан контрольного вывода; *7* – клапан одинарный защитный; *8* – ресивер переднего контура; *9* – ресиверы заднего контура; *10* – ресиверы для потребителей; *11* – кран управления моторным тормозом; *12* – цилиндр выключения подачи топлива; *13* – пневмоцилиндр управления вспомогательным тормозом; *14* – обратный клапан; *15* – клапан управления тормозами полуприцепа по двухпроводной схеме; *16* – клапан управления тормозами полуприцепа по однопроводной схеме; *17* – кран управления стояночным тормозом; *18* – тормозной кран; *19*, *19а* – клапан ускорительный; *20* – регулятор тормозных сил; *21* – камера тормозная с пружинным энергоаккумулятором; *22* – камера тормозная передняя; *23* – двухмагистральный клапан; *24* – разобщительный кран; *25* – соединительная головка; *26* – противозамерзатель; *27* – датчик ММ124; *28* – датчик ММ125; *29* – датчик ММ370; *30* – клапан слива конденсата; *31* – противозамерзатель; *А* – к потребителям

При достижении давления в системе 785 кПа срабатывает регулятор давления, и дальнейшее поступление воздуха в систему прекращается: происходит разгрузка компрессора в атмосферу. Одновременно с регулятором давления срабатывает влагоотделитель *2*, выбрасывая в атмосферу скопившийся в нем конденсат.

В пневматический тормозной привод входят следующие независимые пневмоконтуры:

– привод тормозных механизмов колес переднего моста;

– привод тормозных механизмов колес заднего и среднего мостов;

– привод механизма стояночного (запасного) тормоза;

– привод тормозных механизмов полуприцепа;

– привод механизма вспомогательного тормоза и других потребителей сжатого воздуха.

На всех воздушных ресиверах (баллонах) устанавливаются клапаны слива конденсата *30*, кроме того, в пневмосистему включены пневмоэлектрические датчики *27*, связанные с соответствующими сигнальными лампами на щитке приборов, которые включаются при уменьшении давления в том или ином контуре ниже 540 кПа, а также датчики *29*, связанные с указателями давления, установленными на щитке приборов.

5.4.6.1. Работа пневмопривода рабочих тормозов

При нажатии на тормозную педаль срабатывает тормозной кран *18*. Сжатый воздух из ресивера *8* через нижнюю секцию крана поступает в тормозные камеры *22*, которые приводят в действие тормозные механизмы колес передней оси. Из верхней секции тормозного крана через регулятор тормозных сил *20* воздух подается в управляющую магистраль ускорительного клапана *19*, в результате чего последний пропускает сжатый воздух из ресиверов *9* в тормозные камеры колес заднего и среднего мостов.

Одновременно через двухмагистральный клапан *23* воздух поступает в управляющую магистраль ускорительного клапана *19а*, который перепускает сжатый воздух из ресивера в полости энергоаккумуляторов, исключая возможное двойное воздействие на колесные тормозные механизмы (от рабочей и стояночной систем).

Тормозной кран, регулятор тормозных сил и ускорительный клапан имеют следящее устройство, т. е. в тормозные камеры поступает сжатый воздух, давление которого зависит от величины перемещения тормозной педали. Кроме того, регулятор тормозных сил учитывает нагрузку на заднюю подвеску и, в зависимости от нее, пропускает определенное давление в управляемую полость ускорительного клапана *19*. При полной нагрузке на заднюю подвеску в тормозные камеры поступает полное давление, определяемое тормозным краном *18*. При оттормаживании воздух из передних тормозных камер, регулятора тормозных сил и управляющей полости ускорительного клапана *19* выходит в атмосферу через тормозной кран, а из задних тормозных камер – через ускорительный клапан *19а*.

Во время торможения сжатый воздух из магистралей привода передних и задних тормозных механизмов поступает к клапану *15* управления тормозами

полуприцепа с двухпроводным приводом, в результате чего клапан срабатывает и воздух из ресиверов *8* и *9* через одинарные защитные клапаны *7* и обратный клапан *14* поступает в магистрали полуприцепа.

При сцепке автомобиля – тягача *с полуприцепом с однопроводным тормозным приводом* сжатый воздух через клапан *16* управления тормозами полуприцепа с одноприводным приводом и соединительную головку поступает к воздухораспределителю прицепа и в его воздушный ресивер.

При торможении воздух выпускается из соединительной магистрали через клапан *16* и происходит затормаживание полуприцепа.

При сцепке тягача с полуприцепом с двухпроводным тормозным приводом используются соединительные головки *25* магистрали питания и управления.

5.4.6.2. Работа пневмопривода стояночного и запасного тормоза

Сжатый воздух из ресиверов *8* и *9* (рис. 3.130) через одинарные защитные клапаны *7* и обратный клапан *14* поступает к крану управления стояночным тормозом *17*, от которого через двухмагистральный клапан *23* поступает в управляющую магистраль ускорительного клапана *19а*, в результате чего последний пропускает сжатый воздух из ресиверов *8* и *9* в цилиндры энергоаккумуляторов тормозных камер *21*.

При торможении стояночным тормозом (рукоятка крана *17* установлена в заднее фиксированное положение) воздух из управляющей магистрали ускорительного клапана *19а* выходит в атмосферу. При этом воздух из цилиндров энергоаккумуляторов тормозных камер *21* через атмосферный вывод ускорительного клапана выходит в атмосферу. Пружины, разжимаясь, приводят в действие тормозные механизмы заднего моста. Одновременно кран *17* включает клапан управления тормозами полуприцепа *15* с двухприводным приводом, обеспечивая при этом торможение полуприцепа.

В случае аварийного падения давления в контуре привода стояночного тормоза пружинные энергоаккумуляторы срабатывают и автомобиль затормаживается.

В этом случае для растормаживания автомобиля необходимо вывернуть болты *15* (рис. 3.122, *б*) на всех тормозных камерах *21* (рис. 3.130) с пружинными энергоаккумуляторами.

Кран управления стояночным тормозом имеет следящее устройство, которое позволяет притормаживать автомобиль (запасной тормозной системой) с интенсивностью, зависящей от положения рукоятки крана.

5.4.6.3. Работа вспомогательной тормозной системы

При нажатии на кран управления вспомогательным тормозом *11* (рис. 3.130) сжатый воздух поступает в пневмоцилиндр управления вспомогательным тормозом *13*. Шток цилиндра, связанный с рычагом заслонки вспомогательного тормоза, поворачивает заслонку, и она перекрывает приемную трубу глушителя.

Одновременно сжатый воздух поступает и в цилиндр *12*, шток которого перемещает скобу останова двигателя, прекращая тем самым подачу топлива.

5.4.7. Антиблокировочная тормозная система автомобилей МАЗ

5.4.7.1. Общие сведения

Для управления тормозными механизмами с целью повышения эффективности торможения применяют регуляторы тормозных сил и *антиблокировочные системы* (*АБС*) различного конструктивного исполнения. АБС тормозов призваны обеспечить постоянный контроль за силой сцепления колес с дорогой и соответственно регулировать в каждый момент тормозное усилие, прилагаемое к каждому колесу. АБС производит перераспределение давления в контурах пневмопривода, чтобы не допустить *блокировки колес,* последующего юза, т. е. бокового увода, и потери управления автомобилем. Для этого необходимо автоматически регулировать подводимый к колесам тормозной момент в процессе торможения автомобиля. Другими словами, для повышения эффективности торможения и безопасности управления необходимо исключить аварийный юз и поддерживать равномерное умеренное скольжение, которое реализуется за счет прогиба протектора колесных шин, сдвига мелких фракций на поверхности дороги и амортизации подвески автомобиля.

5.4.7.2. Элементы управления АБС

Автоматическое регулирование тормозного момента для любых типов АБС осуществляются с помощью следующих элементов:

– датчиков *5* (рис. 3.131), которые в зависимости от принятой системы регулирования выдают информацию об угловой скорости колеса, давлении

рабочего тела (жидкости, воздуха) в тормозном приводе, замедлении автомобиля и др.;

– электронного блока управления *4*, который принимает информацию от датчиков и после ее обработки выдает командные сигналы исполнительным механизмам;

– исполнительных механизмов (модуляторов давления) *1*, которые в зависимости от поступившего из ЭБУ сигнала снижают, повышают или удерживают на постоянном уровне давление в тормозном механизме колес.

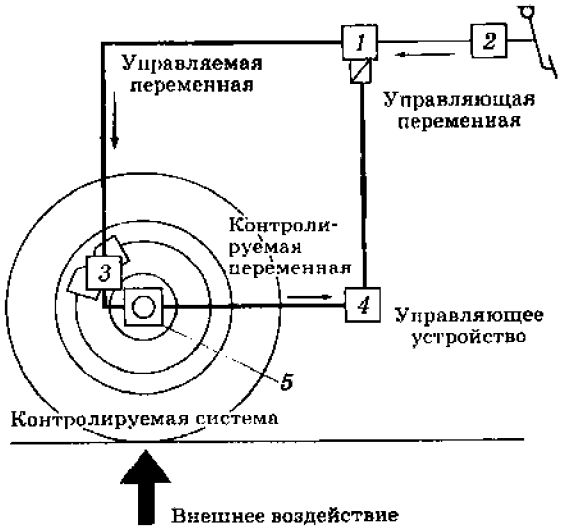


Рис. 3.131. Схема управления АБС: *1* – исполнительный механизм (модулятор давления); *2* – тормозной кран (цилиндр); *3* – колесная тормозная камера; *4* – электронный блок управления; *5* – датчик частоты вращения колеса

5.4.7.3. АБС ТОРМОЗОВ ДВУХОСНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ-ТЯГАЧЕЙ МАЗ

На автомобилях может быть установлена четырехканальная АБС тормозов типа 4S/4M, состоящая из четырех датчиков *1* (рис. 3.132) частоты вращения колес и четырех электропневмомодуляторов тормозного давления *2*, создаваемого в тормозных камерах колесных тормозных механизмов. Датчики и модуляторы электрически соединены с электронным блоком управления *3*, основу которого составляет центральный процессор или *микропроцессор.*

ЭБУ получает электрические сигналы от датчиков *1*, оценивает их и вычисляет пусковые электрические сигналы для электропневмомодуляторов давления *2* для нарастания и сброса давления в колесных тормозных камерах с целью поддержания оптимального торможения автомобиля без юза (блокировки) независимо от состояния дороги (скользкая или сухая).

АБС тормозов с электронным блоком управления обеспечивает:

– повышение безопасности за счет лучшей устойчивости и управляемости в процессе торможения;

– повышение тормозной эффективности автомобиля, особенно на мокрых, скользких дорогах;

– продление срока службы шин;

– возможность увеличения средней безопасной скорости движения.

В соответствии с международными требованиями может быть установлена система режимного ограничения максимальной скорости (85 или 90 км/ч).

5. 5. Пневмоприводы тормозных систем тракторов «Беларус»

Пневмопривод обеспечивает управление тормозами агрегатируемых с трактором полуприцепов, прицепов и сельскохозяйственных машин. В зависимости от пневматического оборудования тормозов прицепов тракторы «Беларус» могут быть оборудованы *однопроводным, двухпроводным и комбинированным* пневмоприводами тормозов прицепов.

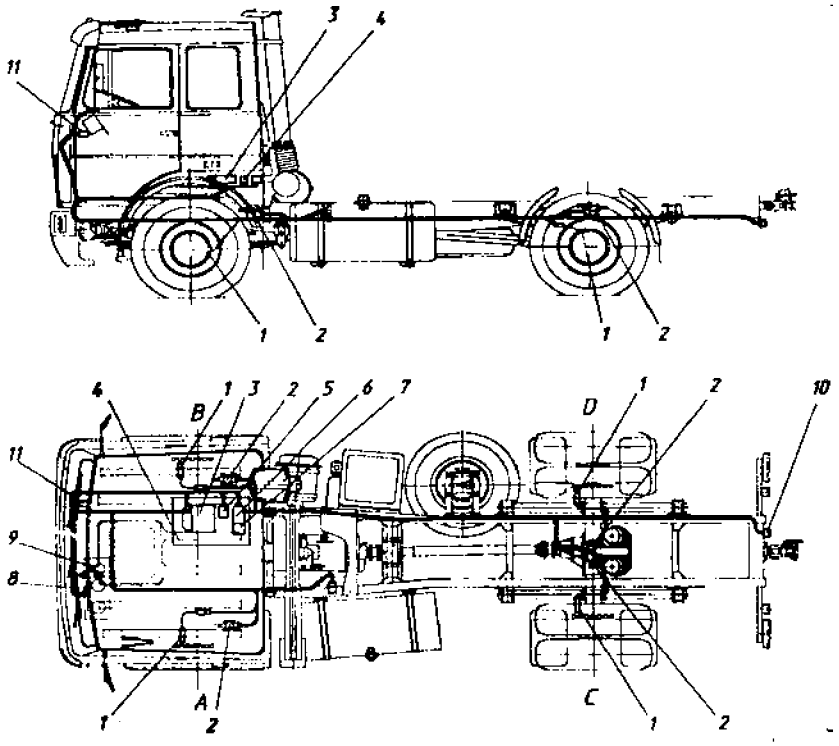


Рис. 3.132. Схема компоновки элементов АБС двухосного автомобиля-тягача МАЗ: *1* – датчики частоты вращения колес; *2* – электропневмомодуляторы тормозного давления; *3* – микропроцессорный блок управления; *4* – плата монтажная; *5* – коммутационные реле; *6* – блок предохранителей; *7* – инфомодуль; *8* – контрольные лампы; *9* – переключатель режимов работы АБС; *10* – розетка питания АБС прицепа; *11* – диагностический разъем

5.5.1. ОДНОПРОВОДНЫЙ ПНЕВМОПРИВОД ТОРМОЗОВ ПРИЦЕПА

Главной отличительной особенностью однопроводного пневмопривода является установка тормозного крана *13* (рис. 3.133) *однопроводного типа*, обеспечивающего сброс давления в магистрали управления *12* до нуля в процессе торможения трактора с прицепом.

Второй особенностью является применение одной соединительной головки *11*.

Забор воздуха в компрессор *14* осуществляется из впускного коллектора дизеля *1*. В компрессоре воздух сжимается и подается в баллоны *7*, *10* через регулятор давления *4*, который поддерживает в них требуемое давление. Из баллонов сжатый воздух поступает к тормозному крану *13*. При не нажатых педалях тормозов воздух через тормозной кран *13* однопроводного типа поступает к соединительной головке *11* магистрали управления *12* и далее через соединительную магистраль прицепа в пневмосистему тормозов прицепа.

Регулятор давления *4* автоматически поддерживает рабочее давление в системе в пределах от 0,77 до 0,80 МПа. Отбор воздуха для накачки шин производится через клапан *5*.

Контроль давления воздуха в баллонах *7*, *10* осуществляется по указателю давления *3* и сигнальной лампе аварийного давления *2*, которые смонтированы в комбинации приборов и электрически соединены с датчиками давления воздуха *6* и аварийного давления воздуха *8* соответственно. Для удаления конденсата из баллонов предусмотрены клапаны *9*.

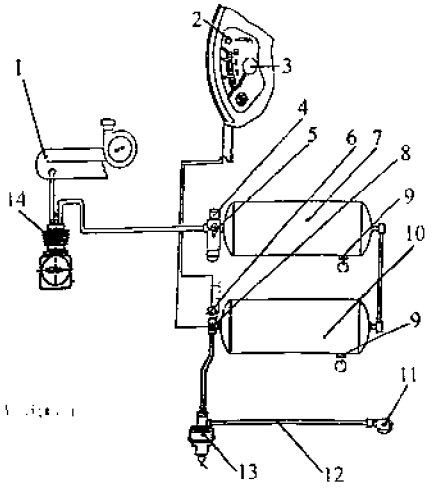


Рис. 3.133. Схема пневмопривода тормозов прицепа (однопроводная): *1* – впускной коллектор дизеля; *2* – сигнальная лампа аварийного давления; *3* – указатель давления воздуха в комбинации приборов; *4* – регулятор давления; *5* – клапан отбора воздуха; *6*– датчик давления; *7*, *10* – баллоны; *8* – датчик аварийного давления воздуха; *9* – клапан удаления конденсата; *11* – головка соединительная; *12* – магистраль управления; *13* – кран тормозной однопроводный; *14* – компрессор

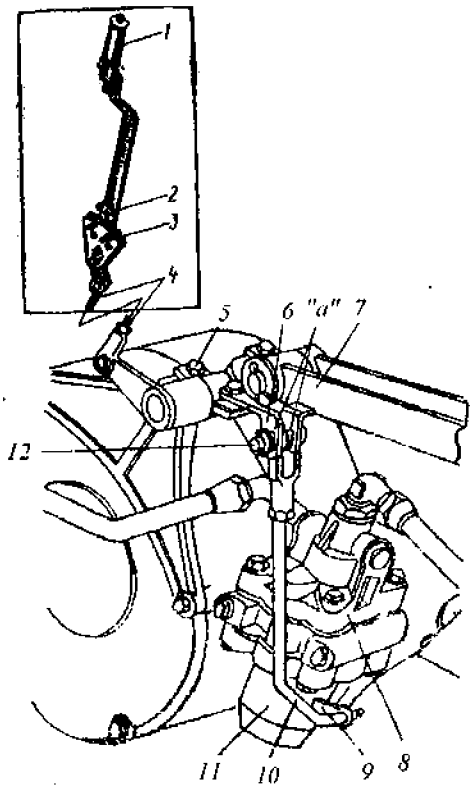


Рис. 3.134. Установка тормозного крана (тракторы «Беларус» серий 500, 800, 900, 1000): *1* – рукоятка стояночно-запасного тормоза; *2* – защелка; *3* – сектор; *4* – тяга; *5* – болт; *6* – рычаг; *7* – рычаг правого рабочего тормоза; *8* – тормозной кран; *9* – рычаг тормозного крана; *10* – тяга; *11* – чехол; *12* – палец; *а* – пазы

Головка соединительная *11* клапанного типа исключает выход воздуха из баллонов при накачке шин.

Управление тормозами прицепа осуществляется рычагом правой педали рабочего тормоза *7* (рис. 3.134) и рукояткой стояночно-запасного тормоза *1*, которые через тягу *4*, рычаг *6* и тягу *10* перемещают рычаг *9* тормозного крана *11*.

Тормозной кран является управляющим пневматическим устройством. Он установлен с правой стороны трактора на кронштейне возле правого рабочего тормоза и приводится в действие через рычаги и тяги как описано выше.

Управление тормозами прицепа осуществляется в двух режимах: *непосредственно* с помощью тормозного крана в рабочем режиме или *автоматически* в аварийном режиме.

В нормальном рабочем режиме при нажатии на правую педаль рабочего тормоза рычаг тормозного крана *9* перемещается вниз и открывает выпускной клапан внутри крана, что приводит к падению давления в магистрали управления *12* (рис. 3.133), поскольку сжатый воздух выходит в атмосферу через выпускное отверстие крана *13*. На прицепе срабатывает воздухораспределитель, подавая сжатый воздух из баллонов прицепа в тормозные колесные камеры и прицеп затормаживается.

При аварийном отсоединении прицепа, происходит рассоединение головок *11*, воздух из магистрали прицепа выходит в атмосферу и прицеп автоматически затормаживается.

5.5.2. ДВУХПРОВОДНЫЙ ПНЕВМОПРИВОД ТОРМОЗОВ ПРИЦЕПА

При агрегатировании трактора с прицепами, имеющими двухпроводной пневмопривод, в пневмоприводе трактора устанавливается тормозной кран *15* (рис. 3.135) двухпроводного типа и две соединительные головки *11*, *12* питающей магистрали *13* и управляющей магистрали *14* соответственно. В остальном пневмопривод для двухпроводных прицепов аналогичен рассмотренному выше однопроводному пневмоприводу (см. п. 5.5.1).

В двухпроводном пневмоприводе сжатый воздух постоянно подается в систему прицепа через соединительную головку *11* из питающей магистрали *13*.

При нажатии на правую или сблокированные педали рабочих тормозов срабатывает двухпроводный тормозной кран *15* и сжатый воздух под давлением также поступает в пневмосистему тормозов прицепа через управляющую магистраль *14* и головку *12*. Срабатывает пневмосистема прицепа, подавая сжатый воздух в тормозные камеры, и прицеп затормаживается.

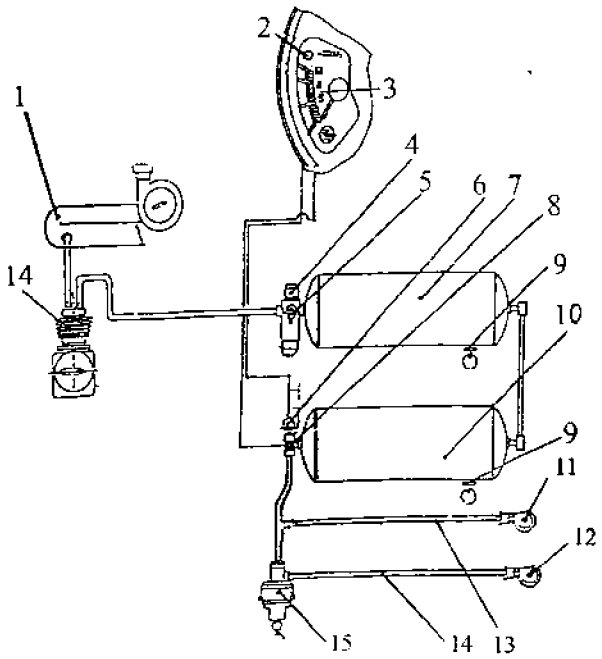


Рис. 3.135. Схема двухпроводного пневмопривода тормозов прицепа: *1* – впускной коллектор дизеля; *2* – сигнальная лампа аварийного давления; *3* – указатель давления; *4* – регулятор давления; *5* – клапан отбора воздуха; *6* – датчик давления; *7*, *10* – баллоны; *8* – датчик аварийного давления воздуха; *9* – клапан удаления конденсата; *11* – головка соединительная питающей магистрали; *12* – головка соединительная магистрали управления; *13* – питающая магистраль; *14* – управляющая магистраль; *15* – кран тормозной двухпроводный

5.5.3. Комбинированный пневмопривод тормозов прицепа

Тракторы «Беларус-2822ДЦ, -3022ДВ, -3022.1», а также тракторы других серий (по заказу потребителей) могут быть укомплектованы комбинированным пневмоприводом тормозов, обеспечивающим агрегатирование трактора, как с однопроводными, так и с двухпроводными прицепами и сельскохозяйственными машинами.

Пневмопривод используется также для накачки шин и других целей, где требуется энергия сжатого воздуха.

Управление тормозами прицепа осуществляется в двух режимах: непосредственном и автоматическом. При подсоединении прицепа с однопроводным пневмоприводом головка прицепа подсоединяется к головке соединительной *10* (рис. 3.136), окрашенной в черный цвет, в отличие от головок *9*, *11*, крышки которых окрашены в красный и желтый цвета соответственно, и которые используются только для прицепов с двухпроводным пневмоприводом. Через соединительную головку *10* сжатый воздух поступает в пневмопривод под давлением, поддерживаемым регулятором давления *15* (0,77–0,80 МПа).

При нажатии на правую педаль или сблокированные педали рабочих тормозов или включении стояночного тормоза сжатый воздух через однопроводный тормозной кран *7* выходит из соединительной магистрали *12* в атмосферу. Давление падает, и прицеп затормаживается.

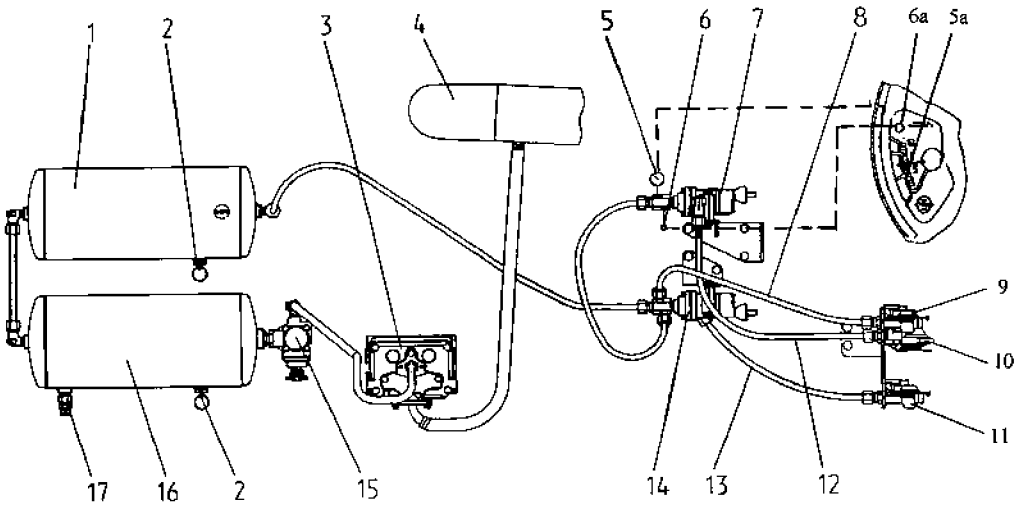


Рис. 3.136. Комбинированный пневмопривод тормозов прицепов: *1*, *16* – баллоны; *2* – клапаны удаления конденсата; *3* – компрессор; *4* – впускной коллектор дизеля; *5* – датчик указателя давления воздуха; *5а* – указатель давления воздуха на комбинации приборов; *6* – датчик аварийного давления воздуха; *6а* – лампа сигнальная аварийного давления воздуха; *7* – кран тормозной однопроводный; *8* – питающая магистраль; *9* – головка соединительная (двухпроводная); *10* – головка соединительная (однопроводная); *11* – головка соединительная двухпроводная; *12* – соединительная магистраль; *13* – магистраль управления; *14* – кран тормозной двухпроводный; *15* – регулятор давления; *17* – клапан отбора воздуха

При аварийном отсоединении прицепа также падает давление в соединительной магистрали. Прицеп затормаживается автоматически.

При использовании прицепа с двухпроводным пневмоприводом головки соединительные прицепа подсоединяются к головкам соединительным *9* (с красной крышкой) и *11* (с желтой крышкой), то есть к питающей магистрали *8* и к магистрали управления *13*. При этом сжатый воздух постоянно поступает на прицеп через питающую магистраль *8*. При нажатии на педали тормозов или включении стояночного тормоза сжатый воздух через двухпроводный тормозной кран *14* и магистраль управления *13* подается в пневмосистему прицепа.

На прицепе срабатывает воздухораспределитель, подавая сжатый воздух из баллона прицепа в тормозные камеры, и прицеп затормаживается.

В комбинированном пневмоприводе установлены три соединительные головки, которые могут быть использованы только в таком порядке: или одна головка *10*, или две головки *9*, *11*.

Присоединение соединительных головок прицепа следует производить при отсутствии давления воздуха в баллонах *1*, *16* трактора.

Контроль давления воздуха в баллонах *1*, *16* осуществляется по указателю давления воздуха *5а* и сигнальной лампе *6а* аварийного падения воздуха по сигналам датчиков *5* и *6* соответственно.

Отбор сжатого воздуха для различных целей производится через клапан *17*, установленный в баллоне *16*.

5.6. Основные неисправности и техническое обслуживание

В процессе эксплуатации возможно появление таких неисправностей тормозных систем, как неэффективное торможение, потеря устойчивости (боковой увод) автотранспортного средства при использовании рабочей тормозной системы.

Неэффективное торможение может быть следствием замасливания фрикционных накладок тормозных дисков (тормозов сухого типа) и износа фрикционных накладок дисков, колодок и лент, негерметичности пневматического и гидравлического приводов, недостаточности давления в пневмопривод, нарушение регулировки тормозных механизмов и их привода.

При износе фрикционных накладок регулируют тормозные механизмы, заменяют накладки или тормозные диски, ленты, колодки.

Заменять колодки рекомендуется в том случае, если головки заклепок утопают менее чем на 0,5 мм. Заменяют колодки одновременно у тормозных механизмов левого и правого колес.

Одним из показателей исправности тормозов тракторов «Беларус» с механическим приводом является полный ход педалей, который должен быть в пределах 110–115 мм для правой педали при усилии 300 Н, а ход левой педали при таком же усилии на 5–20 мм меньше, чтобы учесть деформацию кручения валика *9* (рис. 3.114).

Для регулировки ослабляют контргайки *7* и заворачивают регулировочные болты *8* и регулировочные вилки *6* настолько, чтобы ход педалей соответствовал требуемым нормам.

Для тормозов с гидростатическим приводом регулируют свободный ход педалей рабочих тормозов, который должен быть в пределах 4–8 мм. Чтобы отрегулировать свободный ход педалей, ослабляют контргайку *6* (рис. 3.117) и путем вращения толкателя *16* в ту или иную сторону добиваются требуемого свободного хода.

Правильно отрегулированный стояночный тормоз тракторов «Беларус» должен надежно удерживать трактор на уклоне 20° при повороте рычага *6* (рис. 3.116) и приложении к нему усилия 400 Н на третьем зубе сектора *7*. Для регулировки переводят рычаг в крайнее переднее положение, ослабляют контргайку *16* и путем ввинчивания или вывинчивания регулировочного болта *4* стояночного тормоза добиваются рекомендуемого включения тормоза.

Колесный тормозной механизм автомобилей МАЗ и КамАЗ регулируют при увеличении зазора между накладками и барабаном, который должен быть 0,2–0,4 мм. Для регулировки поворачивают ось червяка *15* (рис. 3.121) и устанавливают наименьший ход штока 20 мм. Убеждаются, что при включении и выключении подачи сжатого воздуха штоки тормозных камер перемещаются быстро, без изменений. Барабаны *10* должны вращаться свободно и равномерно, не касаясь колодок. Разность ходов штоков правых и левых тормозных камер на каждом мосту должна быть не более 2–3 мм.

Для двухосных автомобилей (самосвалов и тягачей МАЗ) свободный ход педали тормоза должен быть 17–27 мм. Ход штоков тормозных камер должен быть 25–40 мм. Разница в ход штоков тормозных камер на каждой оси не должна превышать 8 мм.

Правильно отрегулированный стояночный тормоз трактора Т–150К должен надежно тормозить трактор на уклоне 20–25° при подъеме рычага *1* (рис. 3.120) на 3–4 щелчка храповика. Для регулировки устанавливают рычаг

1 в нижнее положение и замеряют щупом зазор между барабаном *11* и колодками тормозной ленты *5*. Зазор должен быть 1–1,5мм по всей окружности; при этом пальцы *13* должны упираться в торцы пазов кронштейна *14*. Зазор и его равномерность регулируют гайкой *10* и болтами *8*, а длину тяги – вилкой *3*. При этом защелка *2* рычага *1* должна входить во второй паз сектора кронштейна, а пальцы *13* – упираться в торцы пазов кронштейна *14*.

Потеря устойчивости автотранспортного средства при торможении рабочей тормозной системой, т. е. отклонение от требуемой траектории движения, происходит от многих факторов (скорости движения, состояния дорожного полотна, состояния шин и давления в шинах) и в том числе от технического состояния тормозной системы, когда имеет место неодновременное срабатывание колесных тормозов. Это может привести к аварии при торможении. Причины этой неисправности: нарушение регулировки тормозных механизмов и их привода, засорение трубопроводов и шлангов. Устраняют неисправность и проверяют одновременность торможения при движении трактора или автомобиля на ровном участке дороги.

Притормаживание транспортного средства при отпущенной тормозной педали происходит при отсутствии свободного хода педали. Неисправность устраняют, регулируя длину тормозных тяг.

Техническое обслуживание тормозных систем включает в себя ежедневный контроль за надежностью крепления сборочных единиц и деталей, очистку их от грязи, пыли и масла, контроль за герметичностью гидро- и пневмопривода, проверку работоспособности тормозных механизмов и их приводов.

Герметичность пневмопривода проверяют при номинальном давлении воздуха (0,7–0,75 МПа), выключенных потребителях и неработающем компрессоре. Падение давления воздуха должно быть не более 0,01–0,02 МПа в течение 15 мин. (Для тракторов «Беларус» не более 0,05 МПа в течение 30 мин).

Ежедневно удаляют конденсат из баллонов пневмосистемы через краны или клапаны. Наличие масла в конденсате указывает на неисправность компрессора.

Контрольные вопросы и задания

1. Для чего предназначена трансмиссия?
2. По каким признакам классифицируют трансмиссии?
3. Чем отличается бесступенчатая трансмиссия от ступенчатой?
4. Что такое передаточное отношение?

5. Что входит в механическую трансмиссию?

6. Как работает гидротрансформатор?

7. Для чего предназначены муфты сцепления?

8. Как классифицируют механические фрикционные муфты сцепления?

9. Чем различаются одно- и двухпоточная муфты сцепления?

10. Как работает диафрагменное сцепление?

11. Чем отличается двухдисковое сцепление тракторов «Беларус» мощностью 300 л. с.?

12. Какие типы приводов сцепления находят применение в тракторах и автомобилях?

13. Для чего предназначен редуктор между корпусом сцепления и КП?

14. В каких случаях муфта сцепления «ведет»?

15. Для чего предназначена коробка передач?

16. По каким признакам классифицируют коробки передач?

17. На какие группы подразделяют передачи в автомобилях и тракторах?

18. С какой целью устанавливают синхронизаторы? Как они работают?

19. Что значит переключение передач без разрыва потока мощности?

20. Как исключается самопроизвольное выключение и включение передачи?

21. Чем различается КП энергонасыщенных тракторов «Беларус» от КП тракторов средней мощности?

22. Как работает КП трактора «Беларус-3022ДВ»?

23. Для чего предназначена раздаточная коробка?

24. Для чего предназначены ходоуменьшители, реверс-редукторы?

25. Объясните назначение промежуточных соединений.

26. Для чего нужна карданная передача?

27. Как устроен шарнир равных угловых скоростей?

28. Из каких механизмов состоит ведущий мост?

29. Назовите виды главных передач.

30. Для чего предназначен дифференциал?

31. Перечислите различия дифференциалов переднего и заднего ведущих мостов тракторов «Беларус» серий 500–900.

32. Конечные передачи каких типов применяют на колесных тракторах?

33. Какие типы ПВМ применяются в тракторах «Беларус»?

34. Как устроен аксиальный ПВМ с цельнолитой балкой тракторов «Беларус-3022ДВ»?

35. Как работает механизм поворота с фрикционной многодисковой муфтой поворота?

36. Как работает планетарный механизм поворота?

37. Какие колеса и шины устанавливают на тракторах?

38. Как улучшают тягово-сцепное свойства колесных тракторов?

39. Перечислите типы остовов колесных тракторов.

40. Что значит эластичная подвеска гусеничного трактора?

41. Какие типы подвесок применяются в автомобилях?

42. Назовите типы подвесок гусеничных тракторов.

43. Назовите схемы поворота колесных тракторов.

44. Какие передачи используют в рулевых механизмах?

45. Для каких целей устанавливают гидроусилители рулевого управления?

46. Как работает гидрообъемное рулевое управление тракторов «Беларус»?

47. Каково назначение тормозных систем?

48. Перечислите виды тормозных систем.

49. Назовите преимущества и недостатки сухих и мокрых тормозов.

50. Какие способы торможения применяют в автотранспортных средствах?

51. Какие существуют тормозные приводы? Перечислите их преимущества и недостатки.

52. Как устроены тормоза тракторов «Беларус» серий 500–1000?

53. Расскажите о конструкции тормозных механизмов автомобилей МАЗ и КамАЗ.

54. Из чего состоит пневматический привод тормозов автомобилей МАЗ и КамАЗ?

55. Какие пневматические контуры входят в пневмопривод тормозов автомобилей МАЗ и КамАЗ?

56. Как устроена антиблокировочная система тормозов автомобилей МАЗ?

57. Какие пневмоприводы тормозов прицепа устанавливаются на тракторах «Беларус»?

58. Как работает комбинированный пневмопривод тормозов прицепа тракторов «Беларус»?

59. Что такое неэффективное торможение и потеря устойчивости автотракторного средства при торможении?

Раздел 4.
ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Автотракторное гидрооборудование предназначено для преобразования и переноса механического движения за счет изменения энергии потоков рабочей жидкости. Оно включает в себя одно- и многопоточные гидроприводы с ручным, ножным или автоматическим управлением механизмами трансмиссии, поворота и торможения, отбора мощности, подъема кузова автомобилей-самосвалов.

По основному виду энергии потоков рабочей жидкости различают *статические* (*объемные*) и *динамические* гидроприводы. В статических гидроприводах преобразование и перенос механического движения происходят преимущественно в результате изменения давления, а в динамических гидроприводах – за счет изменений подачей жидкости или скоростного напора.

Основная составная часть любого гидропривода – гидропередача, включающая в себя гидронасос и гидродвигатель. *Гидронасос* – это преобразователь механического движения (поступательного, возвратно-поступательного, вращательного), подводимого извне, в энергию потока жидкости в механическое движение: поступательное – гидроцилиндром, ограниченного поворота – поворотным гидроцилиндром, вращательное – гидромотором.

Долговечность и безотказность гидроприводов существенно зависят от степени загрязнения и обводнения рабочей жидкости. Разнообразные загрязнители, особенно частицы минеральных удобрений и вода, значительно уменьшают срок службы автотракторного гидрооборудования и вызывают большую часть неисправностей и отказов. Поэтому защита и очистка рабочей жидкости от загрязнителей и воды – главная задача технического обслуживания гидрооборудования тракторов и автомобилей. Это особенно актуально в связи с возрастающим применением электронно-гидравлических систем,

исполнительными механизмами которых могут быть соляноидные клапаны с небольшим усилием переключения золотников.

Нет оснований считать, что рабочая жидкость эффективно очищается сетчатыми фильтрами, способными задержать частицы размером не менее 35 мкм. Согласно опытным данным в результате замены фильтра с фильтрующей способностью 25 мкм на фильтр, способность которого 3 мкм, срок службы гидрооборудования увеличился в 8 раз. Поэтому совершенство конструкции и качество технического обслуживания автотракторных гидроприводов следует оценивать по чистоте рабочей жидкости.

Глава 2. ГИДРОПРИВОДЫ МЕХАНИЗМОВ ТРАНСМИССИЙ

2. 1. Общие сведения

Статические гидроприводы поступательного движения широко применяются для: управления фрикционными муфтами сцепления большинства легковых автомобилей, грузовых автомобилей МАЗ, КамАЗ, ГАЗ и тракторов «Беларус» серий 800, 900, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000 с новой сферической кабиной, тракторов ДТ-75В, ДТ-175С; переключения передач без разрыва потока мощности тракторов «Беларус» серий 2500, -2800, -3000, Т-150, К-701 и их модификаций; управления блокировкой дифференциала заднего моста тракторов «Беларус» всех модификаций; управления фрикционными муфтами переднего ведущего моста ПВМ и заднего вала отбора мощности (ЗВОМ) тракторов «Беларус» серий 1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 2800, 3000; управления передним валом отбора мощности (ПВОМ) тракторов «Беларус» серий 1200, 1500, 2000 – по заказу.

В автотракторных муфтах сцепления сила сжатия дисков пружинами достигает 12 кН (двухдисковое сцепление тракторов «Беларус» мощностью 265–300 л. с.), а передаточное отношение приводов находится в пределах 30–45. Легкость же управления сцеплением обеспечивается при усилии на педали не более 120 Н. Поэтому в приводах муфт сцепления применяют пневматические (автомобили МАЗ, КамАЗ) или гидравлические (тракторы «Беларус»

серий 1200 (1222), 1500, 2000, 2500, 2800, 3000, ДТ-75МВ и ДТ-175С) усилители. Тракторы «Беларус» мощностью до 130 л. с. имеют гидропривод без усилителя.

2.2. Гидроприводы сцепления автомобилей

2.2.1. Гидропривод сцепления ГАЗ-66 без усилителя

Гидропривод сцепления не имеет усилителя и состоит из главного цилиндра *5* (рис. 4.1), установленного в кабине и соединенного с подвесной педалью *1*; рабочего цилиндра *23*, размещенного на левой стороне картера муфты сцепления и соединенного с вилкой *20*, и напорной гидролинии *27*.

Давление тормозной жидкости, необходимое для выключения нажимного механизма вилкой *20* через отводку *18*, пропорционально усилию воздействия ноги водителя через педаль *1*, тягу *2*, рычаг *10* и толкатель *9* на поршень *8* с шайбой-клапаном *7*, манжетой *6* и возвратной пружиной *4*.

Это давление по гидролинии *27* через уплотнительный поршень *25* рабочего цилиндра и через его толкатель *24* вызывает поворот вилки *20* на опоре *19*, перемещение отводки *18*, поворот отжимных рычагов *15*, перемещение нажимного диска *13*, дополнительное сжатие пружин *21* и частичное или полное выключение муфты сцепления.

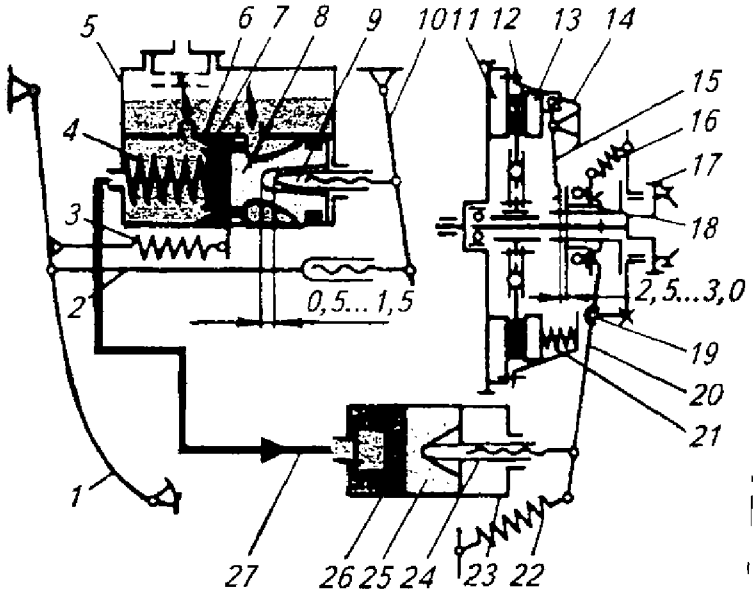


Рис. 4.1. Гидропривод сцепления ГАЗ-66 без усилителя: *1* – педаль; *2* – тяга; *3*, *4*, *16*, *21*, *22* – пружины; *5* – главный цилиндр; *6* – манжета; *7* – шайба-клапан; *8* – поршень; *9*, *24* – толкатели; *10*, *15* – рычаги; *11* – маховик; *12* – ведомый диск; *13* – нажимной диск; *14* – кожух; *17* – вал муфты; *18* – отводка; *19* – шаровая опора; *20* – вилка; *23* – рабочий цилиндр; *25* – поршень рабочего цилиндра; *26* – уплотнитель; *27* – гидролиния

2.2.2. Гидропривод сцепления КамАЗ с пневмоусилителем

Гидропривод оснащен пневмоусилителем. Педаль *15* (рис. 4.2) подвесного типа и главный цилиндр *20* установлены в откидывающейся кабине, а следящий *9* и рабочий *37* поршни – в заднем корпусе *41* пневмоусилителя, закрепленного с правой стороны картера муфты сцепления. Напорная гидролиния *24* состоит из двух шлангов и двух стальных трубопроводов.

Поворот педали *15* и жестко связанного с ней рычага *18* вызывает через эксцентриковый палец *17* перемещение вниз толкателя *19* и поршня *21* с манжетой *22*. Поскольку сферический поясок толкателя *19* закрывает перепускное отверстие в поршне *21*, то тормозная жидкость через отверстие в пробке *23* по напорной гидролинии *24* вытесняется в рабочий и следящий гидроцилиндры.

Поршень *37* рабочего гидроцилиндра изготовлен как одно целое со штоком и уплотнен манжетами *38* и *40*. Следящий поршень *9* уплотнен манжетой *8* и кольцом. Корпус *10* цилиндра ввернут в корпус *41*.

Под действием тормозной жидкости рабочий поршень *37* перемещается назад (на рисунке влево), а следящий поршень *9* и вперед (вправо).

При движении следящего поршня *9* начинает перемещаться седло *14* выпускного клапана, закрепленного в диафрагме *13* гайкой *31* с шайбами, закрывается выпускной *29* и открывается впускной *26* пневмоклапаны, жестко соединенные стержнем *27*.

Сжатый воздух из контура вспомогательной тормозной системы через отверстие в крышке *28*, открытый впускной клапан *26* и канал в переднем корпусе *35* поступает в полость над поршнем *33* пневмоцилиндра, вызывая его перемещение вместе с упором *34*, поршнем-штоком *37* рабочего гидроцилиндра и толкателем *6* назад (на рисунке влево). Толкатель *6* через сферическую гайку *5* поворачивает рычаг *4*, жестко связанный через вал *3* с вилкой *2*, которая, в свою очередь, перемещает отводку *1* вперед (на рис. 4.2 – вправо).

Следящее действие гидропривода (пропорциональность перемещения отводки *1* повороту *15*) обеспечивается несжимаемостью и пропорциональным изменением объема тормозной жидкости в главном и рабочем гидроцилиндрах.

Следящее действие пневмоусилителя в зависимости от давления тормозной жидкости в гидроприводе обеспечивается прогибом диафрагмы *13*, которая через седло *14* управляет выпускным *29* и впускным *26* пневмоклапанами. Прогиб диафрагмы вперед (в сторону открытия впускного клапана *26*) обусловлен давлением на нее через седло *14*, следящий поршень *9* и манжету *8* тормозной жидкости, а прогиб назад (в сторону закрытия впускного *26* и открытия выпускного *29* пневмоклапанов) – давлением ее пружины и воздуха из пневмоцилиндра.

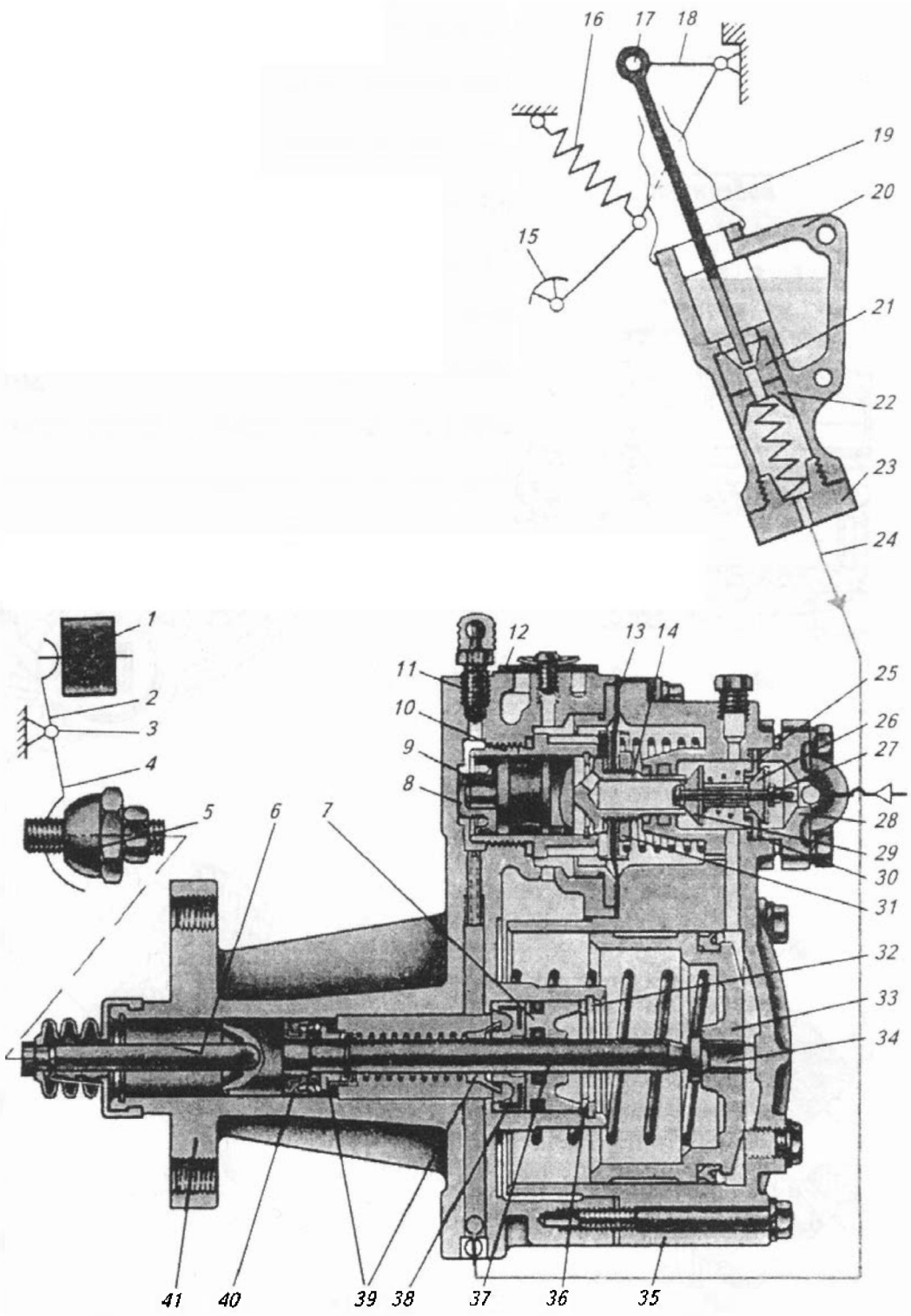


Рис. 4.2. Гидропривод сцепления КамАЗ с пневмоусилителем: *1* – отводка; *2* – вилка; *3* – вал вилки; *4* – рычаг вала вилки; *5* – сферическая гайка; *6*, *19* – толкатели; *7* – корпус комбинированного уплотнения; *8*, *22*, *38*, *40* – манжеты; *9* – следящий поршень; *10* – корпус следящего цилиндра; *11* – перепускной клапан; *12* – уплотнитель выпускного отверстия; *13* – диафрагма; *14* – седло выпускного клапана; *15* – педаль; *16* – пружина; *17* – эксцентриковый палец; *18* – рычаг; *20* – корпус главного гидроцилиндра; *21* – поршень; *23* – пробка; *24* – напорная гидролиния; *25* – седло впускного клапана; *26* – впускной клапан; *27* – стержень; *28* – крышка; *29* – выпускной клапан; *30* – прокладка; *31* – гайка; *32* – стопорное кольцо; *33* – поршень пневмоцилиндра; *34* – упор поршня; *35* – передний корпус; *36* – шайба; *37* – поршень-шток; *39* – распорные втулки; *41* – задний корпус

Остановка педали *15* вызывает такое уменьшение давления тормозной жидкости на следящий поршень *9* и увеличение давления воздуха на диафрагму *13*, при котором ее прогиб обеспечивает закрытие пневмоклапанов *26* и *29*.

Плавное отпускание педали *15* обеспечивает плавное уменьшение давления тормозной жидкости на следящий поршень *9*, его перемещение и прогиб диафрагмы *13* назад, открытие впускного клапана *29* и выход воздуха из пневмоцилиндра в атмосферу через каналы в переднем корпусе *35*, отверстие в седле *14*, каналы и выпускное отверстие с уплотнителем *12* в заднем корпусе.

2.2.3. Гидропривод сцепления МАЗ с пневмоусилителем

Двухосные автомобили-самосвалы МАЗ-5551А2, тягачи МАЗ-5433А2 и автомобили грузовые МАЗ-5337А2 оборудованы гидростатическим приводом выключения сцепления с пневмоусилителем.

Подвесная педаль *1* (рис. 4.3) и главный цилиндр *2* установлены в откидывающейся кабине, пневмогидроусилитель *10* прикреплен к корпусу сцепления. Сжатый воздух для пневмогидроусилитения отбирается из вспомогательной тормозной системы автомобилей. Принцип действия пневмоусилителя аналогичен описанному выше для автомобилей КамАЗ и имеет только некоторые незначительные отличия.

Рассмотрим регулировочные операции гидропривода с пневмоусилением:

1. *Свободный ход педали 1* составляет 5–7 мм и регулируется упорным болтом *5*, который фиксируется контргайкой. При ввинчивании болта в педаль пружина *13* оттянет педаль выше, свободный ход увеличится и наоборот.

2. *Полный ход педали 1* должен составлять 130–145 мм, чтобы обеспечить ход штока *9* пневмогидроусилителя *Б* в пределах 26,5–30,5 мм.

Регулировку производят с помощью болтов *4*, *5*.

В процессе эксплуатации при необходимости допускается производить подрегулировку свободного хода педали *1* изменением длины штока *7* главного цилиндра *2*, отвинтив контргайку *6*. После замены рычага *8* выключения сцепления или пневмогидроусилителя *10* необходимо обеспечить размер *В* между торцом поршня *12* и торцом цилиндра не менее 35 мм. После вывода штока *9* из углубления рычага 8 и отвода рычага по часовой стрелке до упора конец штока выдвинутого пружиной должен выходить за *А* рычага вперед на 50 мм (не менее). При невыполнении этого требования необходимо переставить рычаг *8* на шлицах вала, отвинтив болт *14* клеммового зажима рычага.

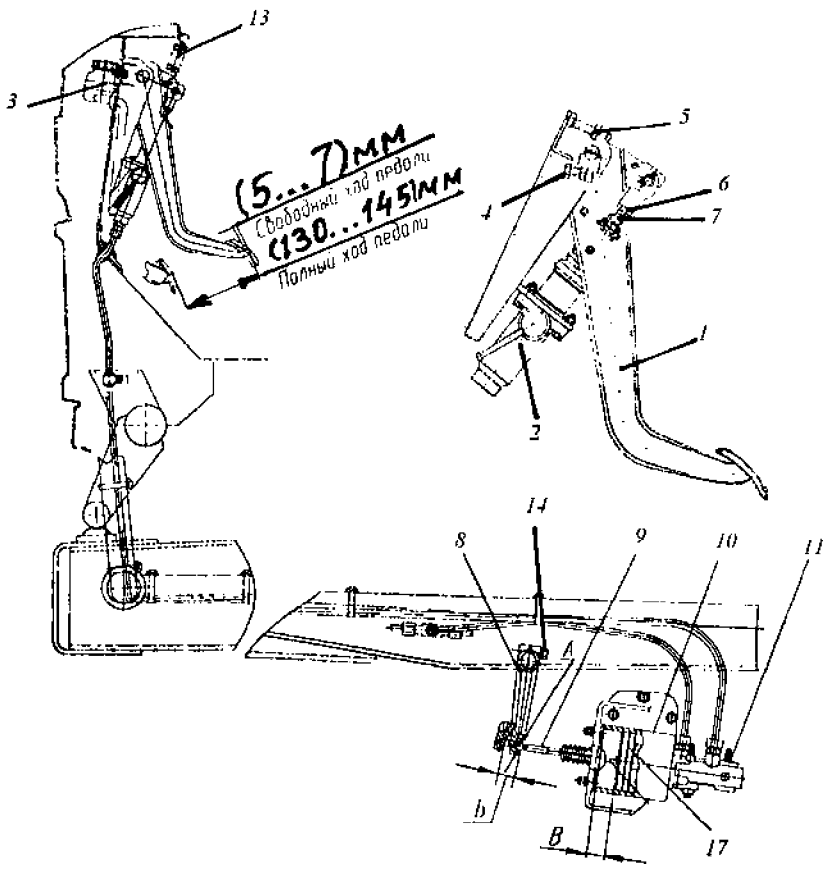


Рис. 4.3. Гидропривод сцепления МАЗ с пневмоусилителем: *1* – педаль подвесного типа; *2* – главный цилиндр; *3* – бачок тормозной жидкости; *4*, *5*, *14* – болт; *6* – контргайка; *7* – шток; *8* – рычаг выключения сцепления; *9* – шток; *10* – пневмогидроусилитель; *11* – клапан; *12* – поршень; *13* – оттяжная пружина

Для удаления воздуха из гидропривода предусмотрен перепускной клапан *11*, которым пользуются при замене составных частей гидропривода и последующей заправке ее через бачок *3*.

2.2.4. Гидроприводы выключения сцепления тракторов «Беларус»

Гидростатический привод выключения сцепления находит широкое применение в семействе тракторов «Беларус». Применяются гидроприводы двух типов: с гидроусилителем и без гидроусилителя.

Гидроприводом сцепления без гидроусилителя оснащены тракторы в диапазоне мощностей от 80 до 130 л. с. (серии 800, 900, 1000 с новой сферической кабиной и тракторы «Беларус-1221В» с прямоугольной кабиной и реверсивным постом управления для управления сцеплением при работе на реверсе).

Гидропривод сцепления с гидроусилителем установлен на тракторах мощностью от 130 до 335 л. с. с новой сферической кабиной (серии 1200 (1222, 1222В), 1500, 2000, 2500, 2800, 3000, 3500).

2.2.4.1. Гидропривод выключения сцепления без гидроусилителя

Гидростатический привод выключения сцепления состоит из главного цилиндра *7* (рис. 4.4) с прозрачным бачком *8* тормозной жидкости и клапаном *9* и рабочего цилиндра *5* с клапаном *6*, соединенного с главным трубопроводом *15*. Главный цилиндр прикреплен к передней стенке кабины и приводится в действие педалью *13* подвесного типа, шарнирно соединенной с толкателем *19* поршня главного цилиндра с помощью вилки *10* и пальца *12*. Рабочий цилиндр установлен на кронштейне *20*, закрепленном на корпусе сцепления с левой стороны трактора. Шток поршня рабочего цилиндра соединен с рычагом *1* валика выключения сцепления с помощью вилки *3* и пальца *2*. С помощью гайки *4* к штоку рабочего цилиндра прикреплен держатель оттяжной пружины *17*.

При нажатии на педаль сцепления до упора перемещается толкатель *19* и сопрягаемый с ним поршень главного цилиндра, выдавливая тормозную жидкость по трубопроводу *15* в надпоршневое пространство рабочего цилиндра *5*. Под давлением тормозной жидкости происходит пропорциональное перемещение поршня, толкателя и поворот рычага *1* против часовой стрелки, обеспечивая перемещение выжимного подшипника на величину хода выключения сцепления.

При отпускании педали поршни привода и педаль сцепления возвращаются в исходное (включенное) положение под действием оттяжных пружин *17*, *18*.

Рабочим телом гидропривода сцепления для всех моделей тракторов «Беларус» является тормозная жидкость «Нева-М» или DOT 3, DOT 4.

К регулировочным параметрам гидропривода выключения сцепления относятся:

– *свободный ход педали 13*, который составляет 6–12 мм и регулируется упорным болтом *11* или изменением длины толкателя *19*, (предварительно отвинтив контргайку *14*);

– *свободный ход рычага 1 выключения сцепления*, который должен быть в пределах 6–7 мм. Проверку производят путем снятия пальца *2* и поворотом

рычага *1* против часовой стрелки до упора. Если ход верхней части рычага не укладывается в указанные выше пределы, производят подрегулировку вращением вилки *3* по резьбе толкателя, предварительно отвинтив контргайку *4*.

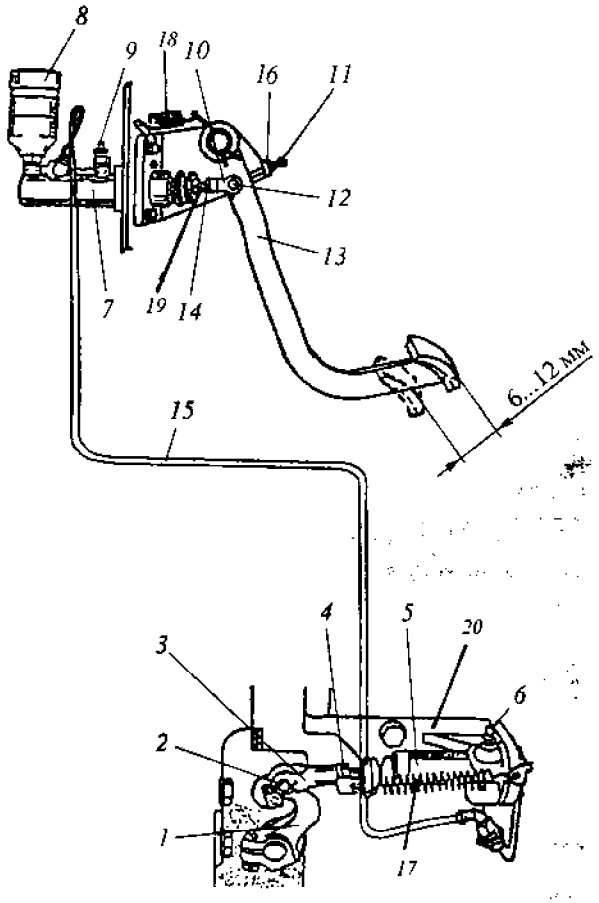


Рис. 4.4. Гидропривод выключения сцепления без гидроусилителя: *1* – рычаг валика выключения; *2* – палец; *3* – вилка; *4*, *14* – контргайки; *5* – рабочий цилиндр; *6* – клапан перепускной; *7* – главный цилиндр; *8* – бачок тормозной жидкости; *9* – клапан главного цилиндра; *10* – вилка; *11* – болт; *12* – палец; *13* – педаль сцепления; *15* – трубопровод; *16* – контргайка; *17*, *18* – оттяжная пружина; *19* – толкатель; *20* – кронштейн

2.2.4.2. Гидропривод выключения сцепления с гидроусилителем

Устройство и принцип работы гидростатического привода выключения сцепления рассмотрим на примере трактора «Беларус-3022ДВ».

Привод выключения сцепления предназначен для управления сцеплением, как при переднем ходе трактора, так и в режиме реверса, поскольку реверсивный пост управления является стандартной комплектацией тракторов этой модели.

Гидростатический управляющий контур, работающий на тормозной жидкости («Нева-М»), состоит из главных цилиндров *12* и *19* (рис. 4.5)

переднего хода и реверса соответственно; подвесных педалей сцепления *10* и *20* переднего хода и реверса соответственно; крана *27* автоматического переключения управляющего контура с режима переднего хода на реверс и наоборот; рабочего цилиндра *32*, управляемого главными цилиндрами *12* и *19*; гидроусилителя *35* с поршнем *37*, связанного через тягу *50* с рычагом выключения сцепления *43*. Главные цилиндры связаны с краном автоматического переключения и рабочим цилиндром трубопроводами *11*, *18*, *25*.

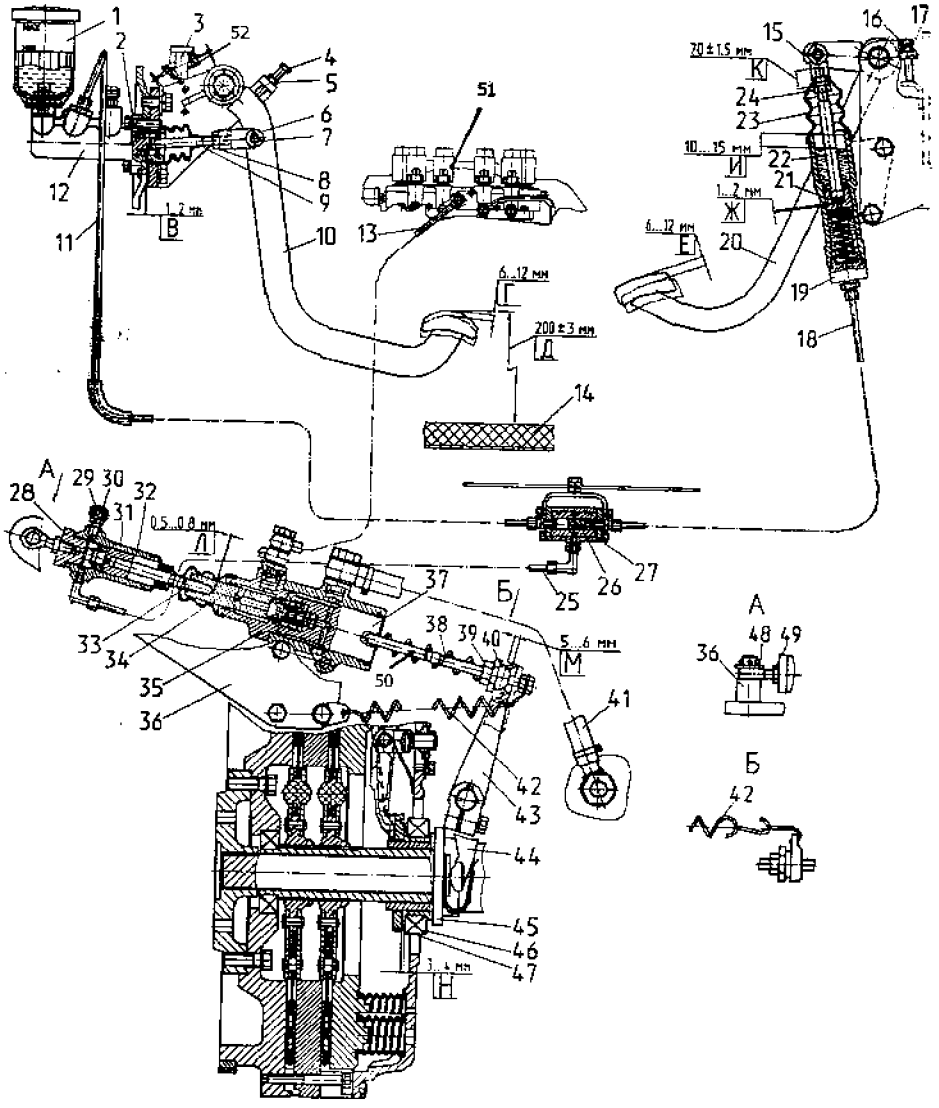


Рис. 4.5. Гидропривод сцепления с гидроусилителем: *1* – бачок; *2*, *21*, *26*, *31*, *37* – поршень; *3* – датчик выключения сцепления; *4*, *16* – болт; *5*, *8*, *17*, *24*, *39*, *49* – гайка; *6*, *15* – вилка; *7* – палец; *9*, *22*, *33*, *38* – толкатель; *10* – педаль сцепления для прямого хода; *11*, *13*, *18*, *25*, *41* – трубопровод; *12* – главный цилиндр для переднего хода; *14* – коврик кабины; *19* – главный цилиндр для реверса; *20* – педаль сцепления для реверса; *23* – чехол; *27* – кран; *28* – крышка; *29* – колпачок; *30* – перепускной клапан; *32* – рабочий цилиндр; *34* – шток; *35* – гидроусилитель; *36* – кронштейн; *40* – гайка сферическая; *42* – пружина; *43* – рычаг; *44* – вилка; *45* – отводка; *46* – выжимной подшипник; *47* – опора отжимных рычагов; *48* – опора; *50* – тяга; *51* – распределитель гидросистемы трансмиссии; *52* – оттяжная пружина

Гидроусилитель 35 силового контура непроточного типа работает на минеральном моторном масле гидросистемы трансмиссии и предназначен для снижения усилия на педалях *10* или *20* при выключении сцепления. Гидроусилитель связан маслопроводом *13* с гидросистемой трансмиссии, имеющей рабочее давление 13 бар, а маслопроводом *41* – со сливом в масляную емкость трансмиссии. Контроль уровня тормозной жидкости производится по прозрачному бачку *1* контура переднего хода и по уровню жидкости внутри корпуса главного цилиндра реверса *19* при сдвинутом чехле *23*.

В режиме переднего хода при нажатии на педаль *10* тормозная жидкость из главного цилиндра *12* поступает через трубопровод *11* в кран *27*. В кране *27* поршень *26* перемещается в крайнее правое положение и закрывает вход трубопровода *18*. Далее тормозная жидкость поступает через трубопровод *25* в рабочий цилиндр *32*, перемещая толкатель *33*. Толкатель *33* воздействует на шток *34* гидроусилителя *35*, в результате чего происходит срабатывание гидроусилителя *35*, открывая проход масла под давлением от гидрораспределителя *51* по трубопроводу *13* в полость поршня *37*, обеспечив выдвижение поршня, перемещение тяги *50* со сферической гайкой *40*, поворачивающей рычаг *43*, связанный через валик с отводкой *45* сцепления, что приводит к выключению сцепления.

При снятии ноги с педали оттяжная пружина *52* возвращает педаль *10* с толкателем *9* в исходное положение, а оттяжная пружина *42* возвращает рычаг *43*, тягу *50* и поршень *37* гидроусилителя в положение включения сцепления, поскольку из-за отсутствия давления в рабочем цилиндре давление масла в гидроусилителе падает до величины сливного давления, т. е. гидроусилитель отключен.

В режиме работы на реверсе при нажатии на педаль *20* тормозная жидкость под действием толкателя *22* и поршня *21* выдавливается из корпуса главного цилиндра *19* в кран *27* через трубопровод *18*. В кране *27* поршень *26* перемещается в крайнее левое положение и закрывает вход трубопровода *11*. Далее тормозная жидкость поступает через трубопровод *25* в рабочий цилиндр *32*, совершая действия аналогичные описанным ранее.

2.3. Гидропривод коробки передач трактора К-701

Гидропривод обеспечивает торможение ведомых деталей на первичном (ведущем) валу при механическом переключении режимов, плавное трогание

трактора на первой передаче любого режима, последующее переключение передач без разрыва потока мощности и управление механизмом отбора мощности (МОМ).

Основные сборочные единицы гидропривода: гидронасос *3* (рис. 4.6) с фильтром-заборником *5*, сетчатый фильтр *22* с перепускным *21* и редукционным *20* клапанами, механизм переключения с поворотными *11*, *12*, *14* и перебросными *15*, *16* и *17* золотниками, пружинный гидроаккумулятор *8*, радиатор *18*. Бустеры – полости короткоходных гидроцилиндров с неподвижными поршнями – расположены в гидроподжимных муфтах *1*, *2*, *4* и *6* первичного вала и *9* МОМ. Короткоходные гидроцилиндры *7* тормозов-синхронизаторов имеют подвижные поршни.

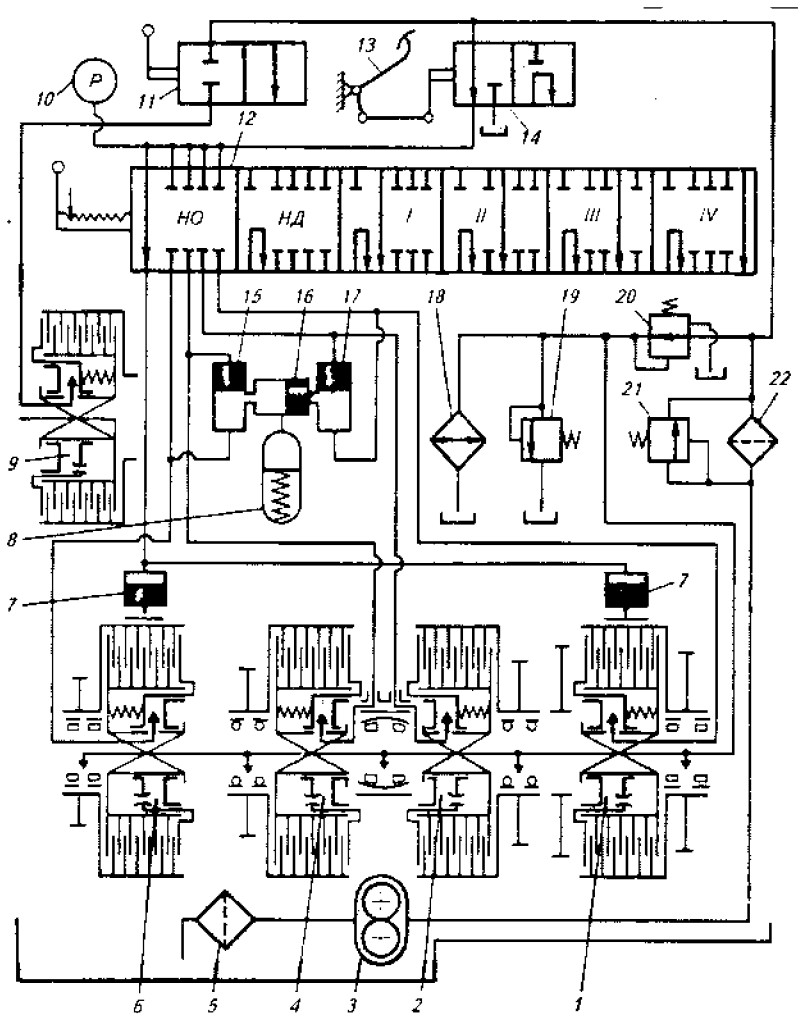


Рис. 4.6. Схема гидропривода коробки передач и механизма отбора мощности: *1*, *2*, *4*, *6*, *9* – гидроподжимные муфты соответственно 4-й, 3-й, 2-й, 1-й передач, а также МОМ; *3* – насос; *5* – фильтр-заборник; *7* – гидроцилиндры привода тормозов-синхронизаторов; *8* – гидроаккумулятор; *10* – указатель давления; *11* – золотник управления МОМ; *12* – золотник переключения передач; *13* – педаль слива; *14* – золотник слива; *15*, *16*, *17* – перебросные золотники; *18* – радиатор; *19* – сливной клапан; *20* – редукционный клапан; *21* – перепускной клапан; *22* – фильтр

Насос *3* подает масло из картера коробки передач через фильтр *22* в кольцевые проточки и прямоугольные пазы золотника *14* слива и золотника *11* управления МОМ. Из паза золотника *14* масло поступает в кольцевую проточку и прямоугольный паз золотника *12* переключения передач. Золотник *14* поворачивается на угол 90° при нажатии на педаль *13*, золотник *12* – при перемещении рычага переключения передач.

При отпущенной педали *13* слива, крайнем переднем положении НО (нейтраль при остановке) золотника *12* и рычага переключения передач масло из кольцевой проточки и паза золотника *14* поступает в кольцевую проточку и паз золотника *12*, а из него в гидролинию короткоходных гидроцилиндров *7* тормозов-синхронизаторов. Ведомые детали на первичном (ведущем) валу коробки передач заторможены, а трактор неподвижен. Поскольку гидроцилиндры *7* масло не расходуют, то оно под давлением 0,85–1 МПа частично сливается через редукционный клапан *20* и подается в смазочную систему, а его избыток под давлением 0,22 МПа – через сливной клапан *19* в бак. При этом образуется масляный туман, проникающий во все сопряжения деталей коробки передач, что облегчает переключение режимов работы.

После включения требуемого режима нажимают педаль *13*, рычаг переключения передач поворачивают на себя в положение *I*, проходя положение НД (нейтраль при движении), и плавно отпускают педаль слива. При этом трактор трогается с места.

При нажатии на педаль *13* золотник *14* поворачивается на угол 90°, гидроцилиндры *7* соединяются через паз золотника *12*, а насос *3* и фильтр *22* – через сливную лыску золотника *14* с полостью корпуса коробки передач. Первичный вал растормаживается, а масло, сливаясь через золотник *14*, не поступает в смазочную систему. Поворот золотника *12* через положение *НД* в положение *I* вызывает совмещение его паза с напорной гидролинией бустера муфты *6* первой передачи, а последующее плавное отпускание педали *13* слива – совмещение паза золотника *14* с кольцевой канавкой золотника *12*, плавное увеличение давления в бустере муфты первой передачи и смазочной системе, а также трогание трактора с места.

Чтобы предотвратить трогание трактора с места на других передачах, в приводе золотников *12* и *14* предусмотрена блокировка, которая обеспечивает зависание педали *13* слива в нажатом положении при включении 2-й, 3-й и 4-й передач.

При трогании с места и движении трактора на первой передаче масло из гидролинии бустера муфты этой передачи, переместив перебросные

золотники *15* и *16*, поступает в гидроаккумулятор *8*. Под давлением масла поршень гидроаккумулятора перемещается, сжимая пружины.

Поворот рычага переключения передач из положения *I* в положение *II* без нажатия на педаль *13* слива вызывает поворот золотника *12*, совмещение его паза с гидролинией бустера муфты *4* 2-й передачи и увеличение давления масла в нем. При этом бустер муфты *6* 1-й передачи остается соединенным с гидроаккумулятором *8* до тех пор, пока перебросной золотник *15* под действием разности давлений масла в бустере муфты *4* и гидроаккумуляторе *8* не сместится назад (на схеме вниз). Все это время фрикционы 1-й и 2-й передач пробуксовывают и передают вращение через зубчатые колеса на промежуточный вал коробки передач.

Переключение на третью и четвертую передачи происходит аналогично.

Гидроцилиндры *7* тормозов-синхронизаторов во всех положениях золотника *12*, кроме НО, соединены с полостью корпуса коробки передач (со сливом). Поворот золотника *12* в положение НД вызывает отключение всех бустеров и гидроцилиндров *7*, слив масла через редукционный клапан *20* в смазочную систему, а через сливной клапан *19* в бак. Это положение золотника обеспечивает движение трактора накатом.

2.4. Гидросистема трансмиссии трактора «Беларус-3022ДВ» и его модификаций

Гидросистема трансмиссии (рис. 4.7) предназначена для обеспечения переключения передач КП внутри каждого из четырех диапазонов переднего хода и двух диапазонов заднего хода; фильтрации масла; смазки подшипников трансмиссии, привода аксиально-поршневого насоса переменной производительности гидросистемы навесного устройства, дифференциала и конечных передач заднего моста; для обеспечения управления муфтой сцепления, приводом переднего ведущего моста (ПВМ), вала отбора мощности (ВОМ) и блокировкой дифференциала заднего моста.

Гидросистема состоит из масляной емкости в картере трансмиссии *Б1* (рис. 4.7), шестеренчатого погружного масляного насоса *Н1* модели 3225Ш, маслозаборника *Ф1*, напорного сетчатого фильтра грубой очистки *А2* с перепускным клапаном *КП2* и фильтрующими сетчатыми элементами *Ф2*, напорного фильтра средней очистки масла *А3* с бумажным фильтрующим элементом *Ф3*, перепускным клапаном *КП3* и индикатором засоренности *ИЗ1*, напорного

фильтра тонкой очистки масла *А5* с бумажным фильтрующим элементом *Ф4*, клапаном перепускным *КП4* и индикатором засоренности *ИЗ2*; клапанной коробки *А4* с клапаном переливным *КД1* и клапаном смазки *КД2*; блока электрогидрораспределителей *А6*, в котором смонтированы восемь соленоидных клапанов с восемью датчиками давления *Д1–Д8* и датчиком *Д99* давления масла в гидросистеме трансмиссии; гидроуправляемых фрикционных муфт: *МФ1* (*ПВМ*), *МФ2* (*БДЗМ*), *МФ3–МФ8* (передачи КП в каждом из шести диапазонов (4F + 2R)), *МФ9* (фрикцион ВОМ), *МФ10* (фрикцион тормоза ВОМ); крана *Р10* управления ВОМ; гидропривода сцепления *А8* с главным цилиндром переднего хода *ЦГ1*, главным цилиндром реверса *ЦГ2*, рабочим цилиндром *ЦР3*, цилиндром гидроусилителя *ЦИ1* и золотником *Р9* (см. п. 2.2.4.2 и рис. 4.5).

Масляный насос *Н1* с приводом от коленчатого вала дизеля и возможностью переключения на привод от ходовой системы обеспечивает рабочее давление в цилиндрах всех потребителей на уровне (1,4 ± 0,1) МПа, которое поддерживается клапаном *КД1* в клапанной коробке *А4*. Клапан смазки *КД2* поддерживает давление 0,25 МПа для смазки под давлением подшипников левого и правого валов узла передач КП, входного и выходного валов КП. Предусмотрен подвод масла для смазки поливом шестерен планетарных конечных передач, шестерен привода насоса гидросистемы навесного устройства, дифференциала заднего моста и вала ВОМ.

2.4.1. Напорные масляные фильтры

Установленные в гидросистеме трансмиссии напорные масляные фильтры средней и тонкой очистки масла отличаются типоразмером и тонкостью фильтрации: 25 мкм – фильтр средней очистки и 10 мкм – фильтр тонкой очистки.

Фильтр средней очистки повышенной грязеемкости установлен на кронштейне справа по ходу трактора на корпусе муфты сцепления – очищает весь поток масла, подаваемого насосом на входе в клапанную коробку. Фильтр тонкой очистки установлен также справа по ходу трактора на кронштейне глушителя – очищает поток масла, подаваемого к электрогидравлическому распределителю управления трансмиссией.

Фильтры состоят из съемного стакана *2* (рис. 4.8) вворачиваемого в головку *5* с входным и выходным отверстиями. Фильтр тонкой очистки имеет фильтрующий элемент *3* и стакан *2* меньшего диаметра. Фильтрующий элемент поджимается пружиной *1* к седлу *4*. На головке *5* установлен индикатор загряз-

ненности, в корпусе *6* которого имеются средства для сигнализации о засоренности фильтрующего элемента, включающие в себя поршень *9* и флажок *10*. По мере засоренности ФЭ будет возрастать сопротивление на входе фильтра и перепад давлений. Когда засоренность достигает предельного значения, возросшее давление, воздействуя на поршень *9*, вызывает выдвижение флажка вверх из корпуса *6* сигнализатора. Это является внешним сигнализатором необходимости замены фильтрующего элемента. Перепад давления, при котором срабатывает сигнализатор засоренности 0,27–0,33 МПа. Предохранительный клапан *8* срабатывает при перепаде давления 0,35–0,45 МПа.

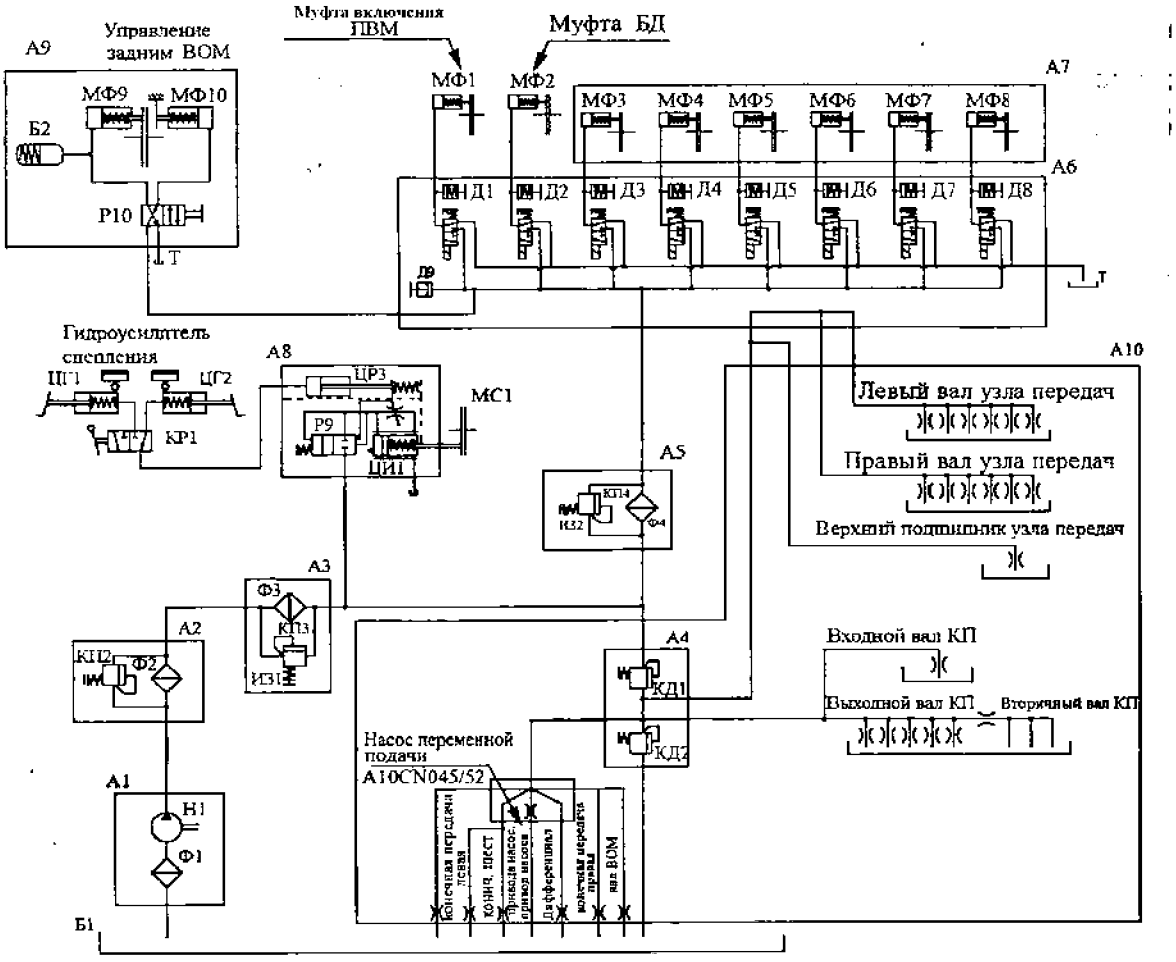


Рис. 4.7. Схема гидравлическая принципиальная гидросистемы трансмиссии: *А1* – маслозаборник в сборе; *А2*, *А3*, *А5* – фильтры напорные; *А4* – клапанная коробка; *А6* – электрогидравлический распределитель; *А7* – узел передач; *А8* – гидроусилитель сцепления в сборе; *А9* – управление задним ВОМ; *А10* – узлы смазки; *Б1* – картер трансмиссии; *Б2* – пневмопереходник; *Д1–Д9* – датчики давления; *ИЗ1*, *ИЗ2* – индикаторы загрязненности; *КД1* – клапан переливной; *КД2* – клапан смазки; *КП1–КП3* – клапаны предохранительные; *КР1* – кран переключения с прямого хода на реверс; *МС1* – муфта сцепления; *МФ1* – муфта *ПВМ*; *МФ2* – муфта блокировки дифференциала; *МФ3–МФ8* – муфты включения передач КП; *МФ9* – фрикцион ВОМ; *МФ10* – тормоз ВОМ; *Н1* – насос шестеренный 3225Ш; *П1* – плита распределительная; *Р1–Р8* – пропорциональные клапаны; *Р9* – золотник гидроусилителя; *Р10* – кран ВОМ; *Ф1* – маслозаборник; *Ф2–Ф4* – фильтроэлементы; *ЦГ1* – цилиндр главный переднего хода; *ЦГ2* – цилиндр главный реверса; *ЦР3* – рабочий цилиндр; *ЦИ1* – цилиндр гидроусилителя

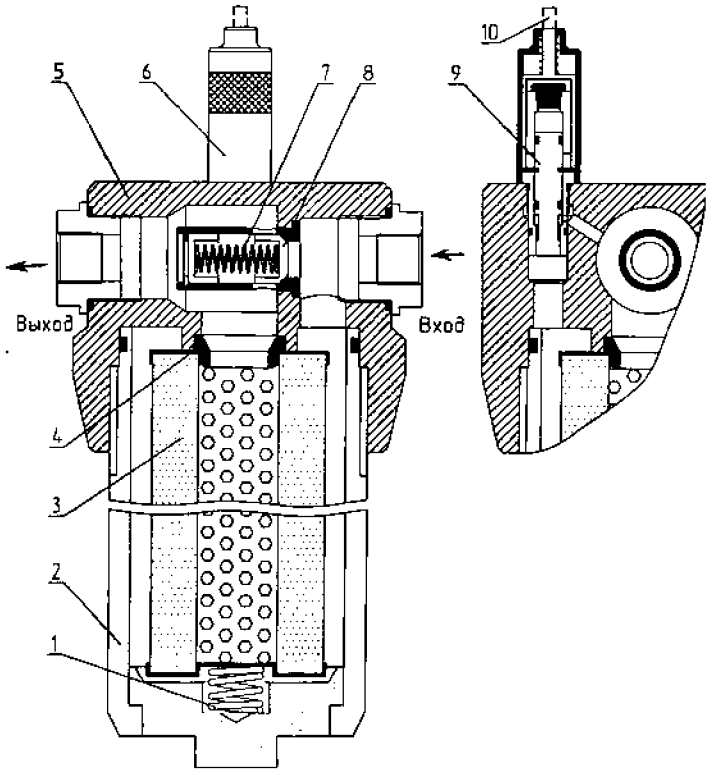


Рис. 4.8. Напорный масляный фильтр с бумажным фильтрующим элементом:
1 – пружина; *2* – стакан; *3* – фильтроэлемент; *4* – седло; *5* – головка; *6* – индикатор;
7 – пружина клапана; *8* – клапан предохранительный; *9* – поршень; *10* – флажок

2.4.2. Сдвоенный масляный фильтр

Новые модели тракторов «Беларус» в диапазоне мощностей 265–350 л. с. имеют в гидросистеме трансмиссии сдвоенный напорный масляный фильтр с тонкостью фильтрации 25 мкм.

Назначение фильтра – очистка масла подводимого под давлением к блоку электрогидрораспределителей, а также поддержание рабочего давления в гидросистеме и давления в системе смазки.

Фильтр установлен справа по ходу трактора на кронштейне крепления глушителя – очищает весь поток масла, подаваемого насосом.

Фильтр состоит из двух кожухов *5* (рис. 4.9), вворачиваемых в корпус *1* с входным и выходными отверстиями. Внутри кожухов расположены фильтроэлементы *6* и постоянные магниты *2*, поджимаемые пружиной *7* к втулке *4*. Между фильтроэлементом *6* и магнитом *2* расположено уплотнительное кольцо *3*.

В корпусе *1* установлен клапан предохранительный *12* с электрическим клапаном-сигнализатором *8*, который подает сигнал на панель управления (загорается лампочка) при засоренности фильтроэлементов *6*. Также в корпусе *1*

установлен клапан управления гидросистемы трансмиссии *10*, который поддерживает рабочее давление в системе управления в пределах 1,30–1,50 МПа, и клапан смазки *9*, отрегулированный на давление 0,15–0,25 МПа. Регулировка клапанов осуществляется шайбами регулировочными *11*.

Внимание! Толщина регулировочных шайб в сумме не должна превышать 9 мм.

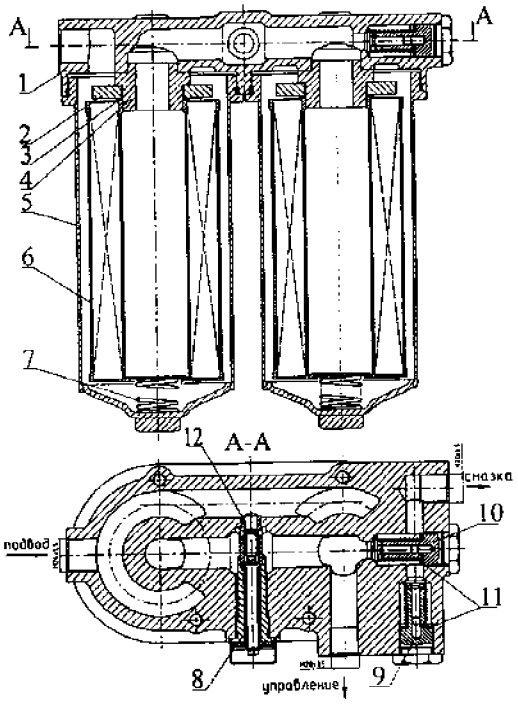


Рис. 4.9. Сдвоенный напорный масляный фильтр: *1* – корпус; *2* – постоянный магнит; *3* – кольцо уплотнительное; *4* – втулка; *5* – кожух; *6* – фильтроэлемент; *7* – пружина; *8* – клапан-сигнализатор; *9* – клапан смазки; *10* – клапан управления гидросистемы трансмиссии; *11* – шайбы регулировочные; *12* – клапан предохранительный

2.4.3. Масляный насос

Погружной шестеренчатый масляный насос НМШ *32* установлен в масляной ванне диапазонного редуктора *2* (рис. 4.10) и прикреплен болтами к задней стенке редуктора в нижней его части.

Односекционный масляный насос малого давления состоит из двухколесного качающего узла и составного корпуса с крышками.

Ведущее зубчатое колесо изготовлено как одно целое с валом и шлицевым хвостовиком *7* (рис. 4.11), а опорные втулки запрессованы в нижнюю крышку *3* и верхний корпус *6*. Хвостовик *7* соединен шлицевой втулкой с валом *11*, который постоянно приводится во вращение коленчатым валом дизеля или ведущими колесами (при буксовании трактора). Привод насоса

переключают рычагом *1* (рис. 4.10), расположенным с правой стороны корпуса заднего моста *4*. Нормальное рабочее положение рычага – верхнее, т. е. с приводом от дизеля.

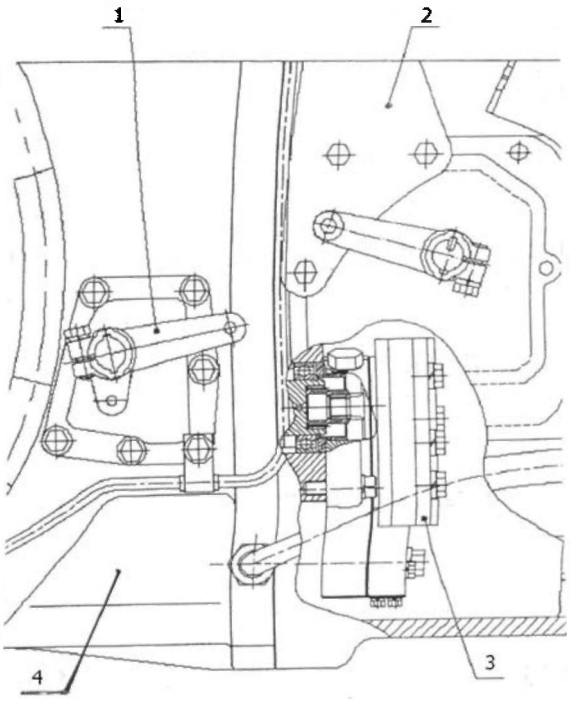


Рис. 4.10. Установка масляного насоса: *1* – рычаг переключения привода насоса; *2* – корпус диапазонного редуктора; *3* – масляный насос; *4* – корпус заднего моста

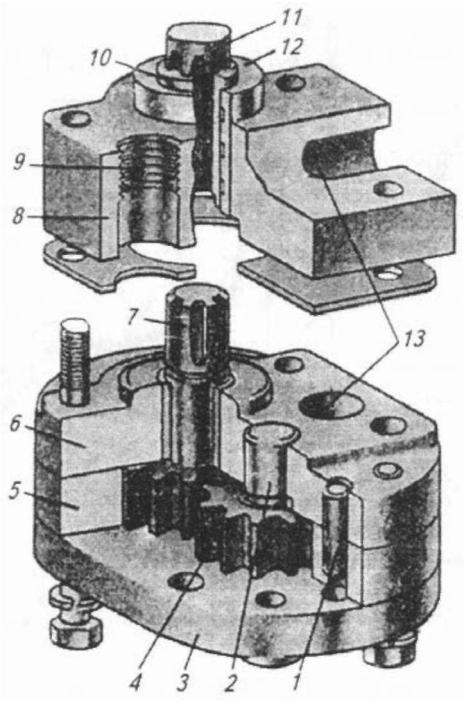


Рис. 4.11. Масляный насос: *1* – штифт; *2* – ось; *3* – нижняя крышка; *4* – ведомое зубчатое колесо; *5* – корпус качающегося узла; *6* – верхний корпус; *7* – шлицевой хвостовик; *8* – верхняя крышка; *9* – напорный канал; *10* – шлицевая втулка; *11* – вал; *12* – опорная втулка; *13* – всасывающий канал

Ведомое зубчатое колесо *4* вращается на оси *2*, которая запрессована в задний корпус *6* и переднюю крышку *3*.

Радиальный зазор между вершинами зубьев и цилиндрическими стенками корпуса *5*, а также осевой зазор между торцами зубчатых колес и привалочными плоскостями крышки *3* и корпуса *6* задают минимальным и не регулируют.

2.4.4. Блок электрогидрораспределителей гидросистемы трансмиссии

Блок (плита) электрогидрораспределителей установлен на корпусе сцепления и предназначена для управления фрикционными муфтами коробки передач, ПВМ и БД заднего моста. В корпусе *14* (рис. 4.12, *б*) ввинчены:

– шесть электрогидрораспределителей *1*, *4*, *5*, *8*, *10*, *13* патронного типа для управления шестью передачами под нагрузкой в каждом из четырех диапазонов переднего хода и двух диапазонов заднего хода;

– электрогидрораспределитель *11* управления ПВМ;

– электрогидрораспределитель *12* управления БД;

– шесть дискретных датчиков давления *2*, *3*, *6*, *7*, *9*, *16* в бустерах фрикционов всех шести передач;

– датчик *15* давления масла в гидросистеме трансмиссии, сигнал которого подается на указатель давления в комбинации приборов на приборной панели.

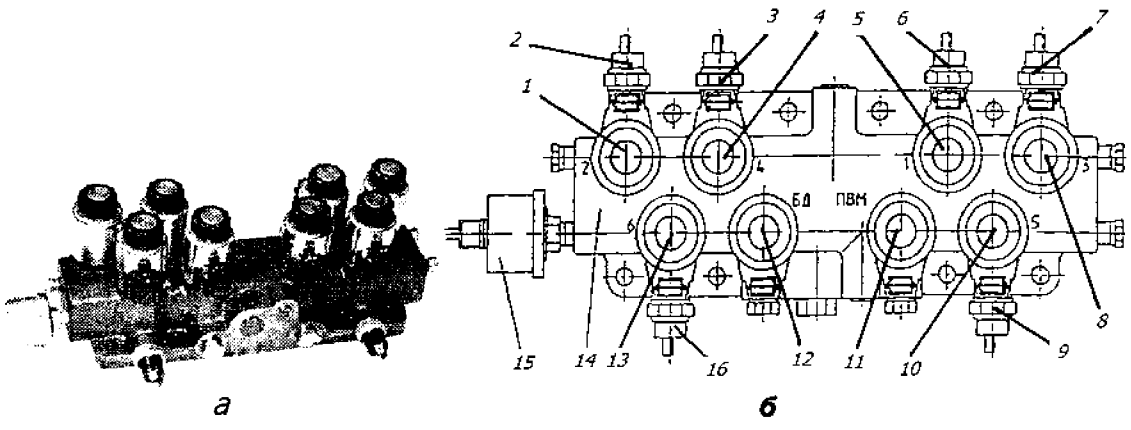


Рис. 4.12. Блок электрогидрораспределителей гидросистемы трансмиссии: *а* – фото; *б* – чертежный вид сверху: *1* – электрогидрораспределитель 2-й передачи; *2* – датчик давления в бустере фрикциона 2-й передачи; *3* – датчик давления в бустере фрикциона 4-й передачи; *4*, *5*, *8*, *10*, *13* – электрогидрораспределитель 1-й, 3-й, 4-й, 5-й, 6-й передач соответственно; *6*, *7*, *9*, *16* – датчик давления в бустере фрикциона 1-й, 3-й, 5-й и 6-й передач соответственно; *11* – электрогидрораспределитель ПВМ; *12* – электрогидрораспределитель БД заднего моста; *14* – корпус (плита); *15* – датчик давления (указатель давления масла в комбинации приборов)

Каждый из электрогидрораспределителей *1*, *4*, *5*, *8*, *10*, *13* управляются электронным манипулятором или джойстиком. При запитке соленоида электрогидрораспределителя происходит переключение гидравлического золотника для подачи масла под давлением 1,3–1,5 МПа в бустер фрикциона выбранной передачи. Конструкция сдвоенного фрикциона рассмотрена в разделе 2 (п. 2.4.6.1, рис. 3.38).

Каждый из электрогидрораспределителей *11*, *12* управляется клавишным трехпозиционным переключателем на правом боковом пульте в кабине трактора. При запитке соленоида электрогидрораспределителя происходит переключение гидравлического золотника, и масло под давлением подается в бустер гидроуправляемого фрикциона ПВМ и БД ЗМ. Фрикцион ПВМ находится в корпусе сцепления, фрикцион БД – в корпусе дифференциала.

2.4. Гидравлический трансформатор (гидротрансформатор)

Гидротрансформаторы находят применение в гидромеханических передачах большегрузных автомобилей-самосвалов БелАЗ и некоторых тракторов (ДТ-175С). Поскольку в трансформаторе происходит *бесступенчатое преобразование крутящего момента*, это позволяет автоматически изменять тяговое усилие на ведущих колесах в зависимости от дорожных условий. Как правило, между дизелем и гидротрансформатором устанавливают *согласующий шестеренчатый редуктор* для достижения оптимального скоростного режима гидротрансформатора и наилучших условий совместной работы дизеля и насосного колеса гидротрансформатора.

Гидротрансформатор состоит из насосного и турбинного колес и двух реакторных колес с муфтами свободного хода. Колесо насоса жестко соединено с коленчатым валом дизеля (через согласующий редуктор (автомобили БелАЗ) и муфту). Турбинное колесо соединено с ведущим валом КП. В автомобилях БелАЗ может применяться трехвальная, трехступенчатая коробка передач с тремя фрикционами передач переднего хода и одним – заднего хода.

Устройство и работу гидротрансформатора рассмотрим на примере трактора ДТ-175С.

Бесступенчатое и автоматическое преобразование крутящего момента между муфтой сцепления и коробкой передач обеспечивается непрерывным изменением кинетической энергии потоков ветреного масла по торообразным

траекториям в совмещающихся межлопастных каналах насосного *H* (рис. 4.13), турбинного *T* и реакторных P_1 и P_2 колес.

Насосное колесо *H* через корпус *15*, вал *11*, карданную передачу и главную муфту сцепления соединено с каленчатым валом дизеля; турбинное колесо *T* через вал *16*, муфту *22* и промежуточный вал – с первичным валом коробки передач, а реакторные колеса P_1 и P_2 через обгонные муфты *18* – с неподвижной ступицей *19*. Все колеса установлены на подшипники качения.

Зазоры между контурообразующими поверхностями минимальные.

Давление масла в торообразном контуре циркуляции ограничивает предохранительный клапан *5* насоса *4* подпитки, а его оптимальное значение поддерживает переливной клапан *3* круга циркуляции.

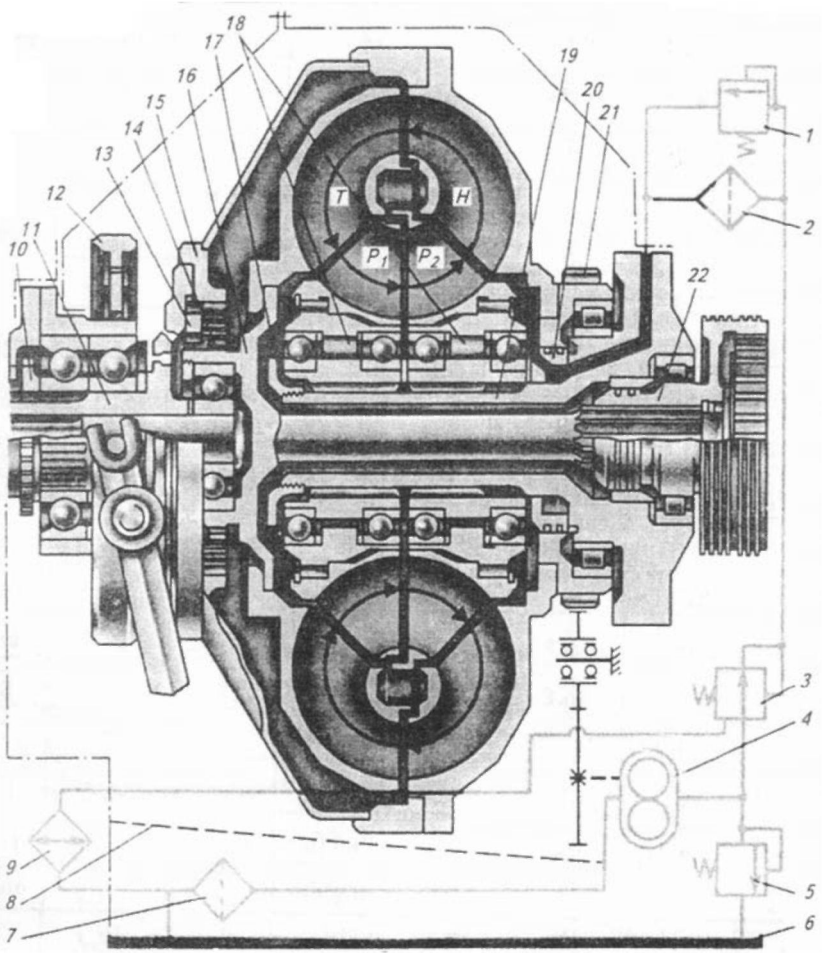


Рис. 4.13. Схема гидротрансформатора трактора ДТ-175С: *1* – перепускной клапан фильтра; *2* – сетчатый фильтр; *3* – переливной клапан круга циркуляции; *4* – насос подпитки; *5* – предохранительный клапан насоса подпитки; *6* – поддон; *7* – фильтр-заборник; *8* – пеноразрушающая сетка; *9* – радиатор; *10* – зубчатое колесо привода насоса смазочной системы трансмиссии; *11* – вал насосного колеса; *12* – отводка; *13* – шлицевая муфта; *14* – зубчатый венец фланца; *15* – корпус насосного колеса; *16* – вал турбинного колеса; *17* – гайка ступицы; *18* – обгонные муфты *19* – ступица реакторных колес; *20* – втулка; *21* – зубчатое колесо привода насоса подпитки; *22* – шлицевая муфта; *H*, *T* – насосное и турбинное колеса; P_1, P_2 – реакторные колеса

Кинетическая энергия потоков масла на входе в межлопастные каналы насосного колеса *H* минимальная, а на выходе из них максимальная. Она определяется окружной и меридиональной скоростями потоков и зависит от радиуса и угловой скорости $\omega_н$ насосного колеса.

Угловая скорость $\omega_т$ турбинного колеса всегда меньше угловой скорости $\omega_н$ насосного колеса и зависит от момента $M_т$ сопротивления вращению первичного вала коробки передач и тягового усилия трактора.

Увеличение внешних сопротивлений движению трактора вызывает рост момента $M_т$ и автоматическое уменьшение угловой скорости $\omega_т$ вплоть до остановки турбинного колеса при максимальном тяговом усилии трактора.

При $\omega_т = 0$ потоки масла из насосного колеса, обладая при заданной частоте вращения коленчатого вала дизеля максимальной кинетической энергией, вынуждены проходить по неподвижным межлопастным каналам турбинного и реакторных колес, вследствие чего окружная составляющая их скорости снижается до нуля, а этим колесам сообщается большая часть кинетической энергии.

Если предположить, что неподвижных реакторных колес P_1 и P_2 нет, то действие потоков масла на лопасти турбинного *T* и насосного *H* колес будет противоположным, обеспечивающим отношение $M_т / M_н = 1$ при любом $\omega_т / \omega_н$ меньшем 0,95–0,98 (рис. 4.14). Неподвижные реакторные колеса разрывают круговую цепь действие–противодействие через потоки масла между турбинным и насосным колесами и передают на неподвижную ступицу часть реактивного момента, разгружая от него насосное колесо. Это увеличивает момент $M_т$ по сравнению с моментом $M_н$ в 3–3,5 раза за счет уменьшения угловой скорости трактора до нуля.

Уменьшение тягового сопротивления МТА и момента $M_т$ вызывает увеличение поступательной (трактора) и угловой $\omega_т$ (турбинного колеса) скоростей, а также уменьшение отношения $M_т / M_н$.

Выключение гидротрансформатора при пуске дизеля буксированием трактора обеспечивает шлицевая муфта *13* (рис. 4.13), которая с помощью отводки *12* перемещается назад (на рисунке вправо) и соединяет насосное колесо *H* с турбинным *T* через зубчатые венцы фланца *14* и корпуса *15*.

На рис. 4.15 изображен гидротрансформатор автомобиля-самосвала БелАЗ, работающий с трехступенчатой фрикционной коробкой передач. Гидротрансформатор состоит из насосного *7* и турбинного *6* колес, двух реакторов *5* и двух муфт свободного хода *8*. Колесо насоса *7* связано с дизелем через шестеренчатый согласующий редуктор (на рис. 4.15 не показан). Колесо

турбины *6* соединено с ведущим валом *19* коробки передач. Реакторы *5* соединены со ступицей гидротрансформатора *10* через муфты свободного хода *8* и увеличивают крутящий момент, передаваемый от насосного колеса. Гидротрансформатор при больших нагрузках увеличивает крутящий момент (до $\iota_{тр}$ = 3,5), а при малых нагрузках передает крутящий момент без изменений в режиме гидромуфты ($\iota_{тр}$ = 1).

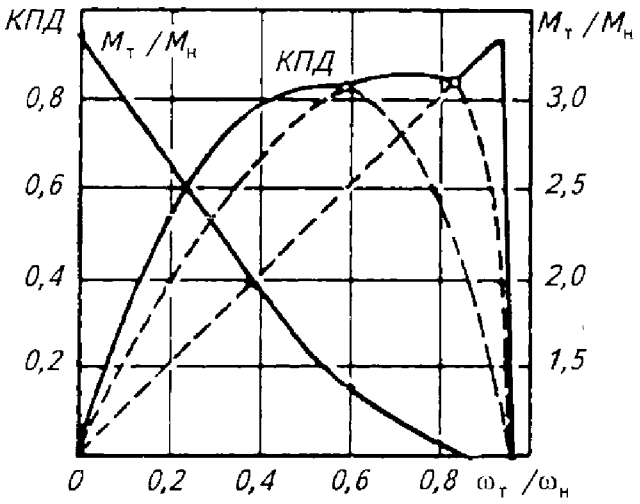


Рис. 4.14. Характеристика гидротрансформатора

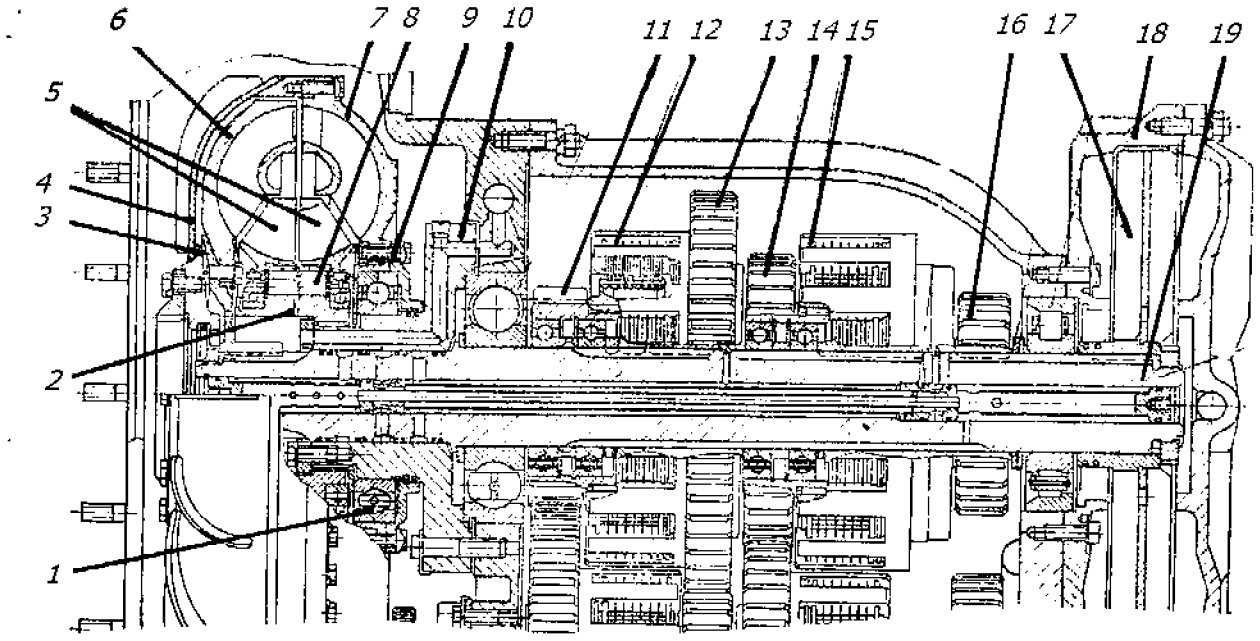


Рис. 4.15. Гидротрансформатор БелАЗ-548А: *1* – шарикоподшипник; *2* – ступица реакторов; *3* – ступица турбинного колеса; *4* – кожух гидротрансформатора; *5* – реакторы; *6* – турбинное колесо; *7* – насосное колесо; *8* – муфта свободного хода; *9* – ступица насосного колеса; *10* – ступица гидротрансформатора; *11*, *13*, *14*, *16* – шестерни ведущие 1-й, 2-й, 3-й передач и заднего хода; *12*, *15* – фрикционы 1-й, 2-й передач; *17* – ротор тормоза-замедлителя; *18* – корпус тормоза-замедлителя; *19* – ведущий вал коробки передач

Для поддержания постоянной скорости движения автомобиля на спусках без использования колесных тормозов на ведущем валу *19* коробки передач установлен ротор *17* тормоза-замедлителя. При включении тормоза-замедлителя в рабочую полость корпуса *18*, в котором вращается ротор, насосом гидротрансформатора нагнетается масло, и тем самым создается тормозной момент. Управление тормозом – педальное с пневматическим приводом. В гидравлическую систему питания гидротрансформатора входят: насос, тормоз-замедлитель, клапан гидротрансформатора, золотник привода управления тормозом, масляный фильтр и радиатор.

2.5. Основные неисправности и техническое обслуживание

В гидроприводах муфт сцепления могут возникать неисправности, связанные с нарушением герметичности, подсосом воздуха в напорную магистраль, загрязнением системы, разбуханием уплотнительных манжет, ослаблением оттяжных пружин, применением тормозных жидкостей не рекомендованных заводом-изготовителем тракторов и автомобилей, смешиванием различных жидкостей.

Нарушение герметичности напорной полости главного цилиндра из-за повреждения манжеты *22* (рис. 4.2), толкателя *19*, поршня *21* или загрязнения тормозной жидкости вызывает ее перетекание в бачок. При полностью нажатой педали это может вызвать смещение следящего поршня *9* назад (на рисунке влево) и самопроизвольное включение муфты сцепления.

При попадании воздуха в напорную гидролинию (*педаль нажата*) происходит его сжатие и неполное выключение муфты сцепления.

В автомобилях КамАЗ свободный ход толкателя *19* (рис. 4.2) регулируют поворотом эксцентрикового пальца *17*, а контролируют по свободному ходу педали, который должен быть 6–12 мм.

После восстановления герметичности гидропривод прокачивают. Для этого очищают от пыли перепускной клапан *11*, надевают вместо колпачка резиновый шланг и опускают его до дна чистой прозрачной бутылки, наполовину заполненной тормозной жидкостью «Нева». Резко три-четыре раза нажимают на педаль *15* и, оставив ее нажатой, отворачивают клапан *11* на 0,5–1 оборот, наблюдая за выделением пузырьков воздуха из шланга. Когда скорость их выделения резко уменьшится, клапан заворачивают, педаль отпускают и процесс повторяют до тех пор, пока выделение пузырьков воздуха не прекратится.

В гидроприводах выключения сцепления тракторов «Беларус» проверяют и при необходимости регулируют свободный ход педали *13* (рис. 4.4) и свободный ход рычага *1* (см. п. 2.2.4.1). При ЕТО проверяют и доливают тормозную жидкость в бачок *8* главного цилиндра. При неполном выключении сцепления проверяют герметичность, удаляют воздух из системы через клапаны *9* и *6* (рис. 4.4), необходимо выполнить следующие операции:

– заполнить бачок *8* рекомендуемой тормозной жидкостью до метки «Max»;

– очистить от пыли и грязи клапан выпуска воздуха, снять колпачок, надеть на клапан *9* главного цилиндра *7* шланг (трубку) для слива жидкости, опустив свободный конец трубки в прозрачный сосуд с тормозной жидкостью;

– плавно нажать на педаль *13* и, удерживая ее в нажатом положении, отвернуть клапан *9* на 0,25–0,5 оборота. Наблюдать за выходящей из трубки жидкостью вместе с воздухом;

– после того как педаль сцепления достигнет крайнего переднего положения и истечение жидкости из шланга прекратится, завернуть клапан выпуска воздуха до отказа. Прокачивать систему до тех пор, пока полностью не прекратится выделение воздушных пузырьков из шланга, погруженного в сосуд с тормозной жидкостью. В процессе прокачки следить за уровнем жидкости в бачке *8*, не допуская ее падения ниже $^1/_3$–$^1/_4$ емкости бачка или метки «Min»;

– затянуть до отказа клапан выпуска воздуха, снять шланг и надеть на клапан защитный колпачок;

– надеть шланг (трубку) для слива жидкости на клапан *6* рабочего цилиндра *5* и повторить все операции по прокачке в той же последовательности.

В гидроприводах выключения сцепления с гидроусилителем (рис. 4.5) могут иметь место неисправности связанные с неполным выключением и неполным включением сцепления по следующим причинам:

– недостаточный или завышенный свободный ход педалей *10*, *20*;

– недостаточный или завышенный зазор между толкателем *33* и штоком *34* (должен быть ≈ 1 мм);

– недостаточный или увеличенный свободный ход рычага *43* (должен быть около 5–6 мм);

– заедание поршня *37* из-за попадания грязи;

– засорение отверстия в поршне *21* главного цилиндра реверса;

– разбухание манжет рабочего и главных цилиндров из-за попадания минерального масла при обслуживании или ремонте.

Регулировочные операции и методы прокачки подробно изложены в Руководствах по эксплуатации тракторов «Беларус».

В гидроприводах коробок передач основными признаками неисправности являются уменьшение давления и подачи масла, а также чрезмерные его утечки через зазоры и уплотнения из напорной гидролинии в сливную.

Снижение давления масла в гидросистеме ниже допустимых пределов возможно вследствие: загрязнения сетчатого фильтра грубой очистки (тракторы «Беларус-1221, -1222, -1523, -2022, -2822ДЦ, -3022ДВ»); зависания переливного клапана управления (верхний клапан ЦМФ гидросистемы трансмиссии (-1221, -1222, -1523, -2022)); зависания редукционного клапана *20* (рис. 4.6) трактора К-701; зависания или усадки пружины переливного клапана КД *1* (рис. 4.7) клапанной коробки или клапана управления *10* (рис. 4.9) сдвоенного напорного масляного фильтра (-2822ДЦ, -3022ДВ, -3022.1). Согласно инструкции по эксплуатации давление масла в гидросистеме трансмиссии тракторов «Беларус-2822ДЦ, -3022ДВ» должно быть не ниже 1,3 МПа по указателю давления на щитке приборов. Также жесткие требования по давлению для тракторов мощностью 280–350 л. с. обусловлены необходимостью обеспечения надежной работы фрикционов передач КП, ПВМ и БД без пробуксовки, перегрева и коробления фрикционных дисков.

При техническом обслуживании тракторов «Беларус» серий 1000, 1200, 1500, 2000 проверяют на слух работу центробежного масляного фильтра; очищают сетчатый масляный фильтр грубой очистки каждые 1000 ч работы; меняют моторные масла в корпусах трансмиссии. При сезонном обслуживании масло заменяют летом на М-10$Г_2$, зимой на М-8$Г_2$. Допускается использование зарубежных аналогов *Hessol Turbo Diesel* 15W-40 API CF-4 (всесезонное).

При некотором снижении давления масла производят подрегулировку переливного клапана («Беларус» серий 1000, 1200, 1500, 2000) и редукционного клапана (К-701). Для тракторов «Беларус» нормальное рабочее давление по указателю на щитке приборов находится в пределах 0,9–1,1 МПа. Допускается кратковременное снижение до 0,8 МПа (до 0,5 МПа для тракторов Т-150, Т-150К, К-701).

Снижение давления в гидросистеме гидротрансформатора приводит к нарушению сплошности потока в тороидальном контуре (явление кавитаций), приводящее к осповидному разрушению лопаток колес.

Бескавитационную работу гидротрансформатора ДТ-175С, К-702 обеспечивают подрегулировкой переливного клапана *3* (рис. 4.13) круга циркуляции на давление 0,35–0,38 МПа.

Глава 3. ГИДРОПРИВОДЫ МЕХАНИЗМОВ ПОВОРОТА

3.1. Общие сведения

Гидроприводы механизмов поворота предназначены для повышения маневренности, курсовой устойчивости и легкости управления тракторов и автомобилей.

Гидроприводы механизмов поворота гусеничных тракторов воздействуют на трансмиссию как гидроусилители (тракторы Т-А4, Т-130М) или как гидроприводы двухпоточной коробки передач (тракторы Т-150, Т-330).

Гидроусилители рулевого механизма – статические реверсивные гидроприводы следящего действия, преобразующие вращательное движение и переносящие поступательное движение к рулевому приводу параллельно с рулевым механизмом. Гидроусилители обеспечивают легкость поворота автомобилей и колесных тракторов тягового класса 0,9 и выше.

Следящее действие гидроусилителя рулевого механизма – это пропорциональность угла поворота управляемых колес рулевым приводом углу поворота рулевого колеса водителем.

Чувствительность гидроусилителя считают достаточной, если окружное усилие на рулевом колесе, необходимое для включения гидроусилителя, не превышает 20–30 Н, а холостой поворот рулевого колеса – 3–4°.

Эффективность гидроусилителя характеризуется коэффициентом усиления – отношением окружных усилий на рулевом колесе при повороте машины с выключенным и включенным гидроусилителем в одинаковых условиях. В тракторных гидроусилителях коэффициент усиления достигает 6, в автомобильных – 15.

Основные режимы работы гидроусилителей рулевого механизма:

– нейтральный;

– поворот направо или налево;

– включение и выключение.

В нейтральном режиме работы гидроусилитель должен потреблять минимальную мощность, обеспечивать курсовую устойчивость и постоянную готовность трактора или автомобиля к повороту. При повороте направо или налево задача гидроусилителя однозначна – обеспечить перенос поступательного движения к рулевому приводу параллельно с рулевым механизмом.

3.2. Гидроусилитель рулевого механизма тракторов «Беларус-80.1, -80.2»

Гидроусилитель рулевого механизма тракторов «Беларус-80.1, -80.2» включает в себя насос *9* (рис. 4.16), реверсивный распределитель, редукционный *1* и предохранительный *7* клапаны, гидроцилиндр, фильтр *8* и датчик автоматической блокировки дифференциала (АБД) заднего моста. Корпус *22* одновременно служит баком и радиатором.

Шестеренный насос *9* (НШ-10-Л-3) преобразует подводимое от дизеля вращательное движение в энергию потока моторного масла. Реверсивный распределитель направляет этот поток в полость *А* или *Б* гидроцилиндра и на слив через редукционный клапан *1* и фильтр *8* или через кран *19* и золотник *21* датчика АБД. Гидроцилиндр преобразует потенциальную энергию (напор) потока масла в поступательное движение поршня *25* со штоком *24* и зубчатой рейкой *14*.

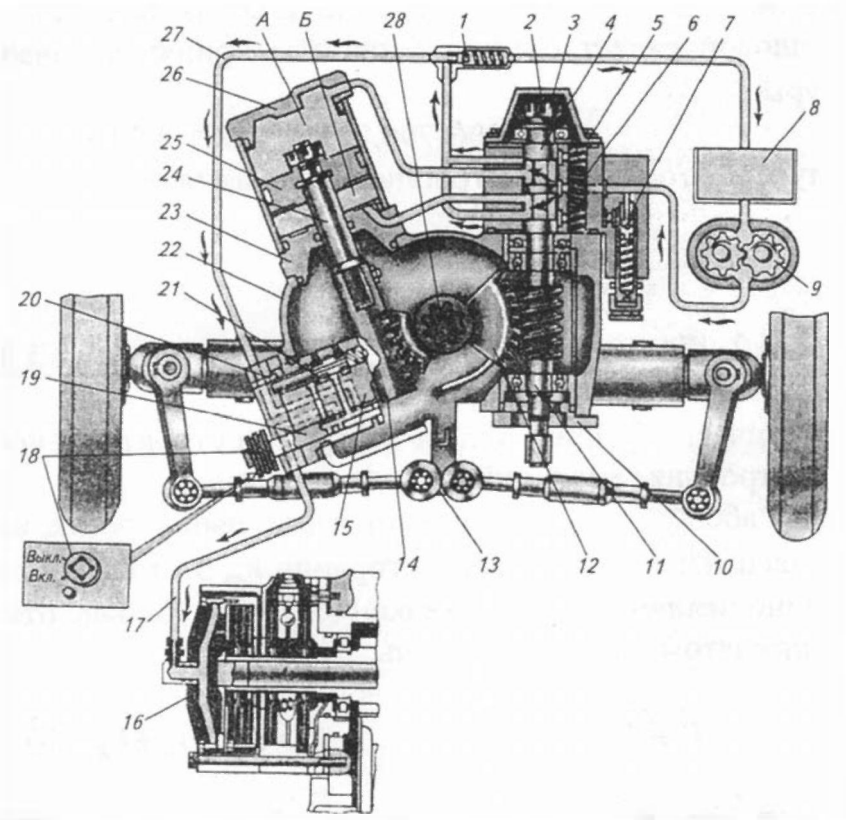


Рис. 4.16. Схема гидроусилителя рулевого механизма и гидропривода механизма блокировки дифференциала заднего моста (БДЗМ): *1* – редукционный клапан; *2* – крышка распределителя; *3* – гайка; *4* – золотник; *5* – ползун; *6* – центрирующая пружина; *7* – предохранительный клапан; *8* – фильтр; *9* – насос; *10* – эксцентриковая втулка; *11* – червяк; *12* – сектор; *13* – сошка; *14* – рейка; *15* – упор рейки; *16* – гидроцилиндр блокировки; *17* – маслопровод датчика; *18* – маховичок крана; *19* – кран датчика; *20* – щуп; *21* – золотник датчика; *22* – корпус гидроусилителя; *23* – задняя крышка цилиндра; *24* – шток; *25* – поршень; *26* – передняя крышка цилиндра; *27* – маслопровод клапана блокировки; *28* – поворотный вал; *А* – бесштоковая полость; *Б* – штоковая полость

Полый золотник *4* установлен между двумя упорными подшипниками на вал червяка *11* с большим радиальным зазором, но без осевого зазора и закреплен корончатой гайкой *3*. Золотник длиннее корпуса распределителя на 2,4 мм, удерживается в нейтральном положении тремя парами ползунов *5* с центрирующими пружинами *6* и выступает над каждым торцом корпуса на 1,2 мм. Наружные обоймы радиальных подшипников червяка *11* свободно установлены в эксцентриковой втулке *10* и могут перемещаться в ней, обеспечивая червяку и золотнику ход по 1,2 мм вперед и назад.

Ширина центрального бурта золотника *4* меньше ширины маслоподводящей канавки в корпусе распределителя на 1,2 мм, а ширина канавок золотника на 1,2 мм больше ширины буртов корпуса. Поэтому в нейтральном положении золотника между тремя его буртами и двумя буртами корпуса образуются две центральные и две крайние кольцевые щели шириной по 0,6 мм каждая. Через центральные щели полости *А* и *Б* гидроцилиндра сообщаются между собой и с напорной гидролинией насоса *9*, а через крайние щели – с гидролинией слива.

Редукционный клапан *1* поддерживает в гидролинии слива избыточное давление 0,7–1,1 МПа, необходимое для срабатывания короткоходового гидроцилиндра *16* БДЗМ, состоящего из эластичной диафрагмы и поршня. Поэтому при нейтральном положении золотника *4* зубчатая рейка *14* стремится повернуть зубчатый сектор *12* против хода часовой стрелки силой, равной произведению площади поперечного сечения штока *24* и давления срабатывания редукционного клапана *1*. Этой силе противодействует сила предварительного сжатия трех центрирующих пружин *6*. При их ослаблении золотник *4* смещается вперед, ширина первой и третьей кольцевых щелей распределителя увеличивается, а второй и четвертой – уменьшается, вызывая частичное включение гидроусилителя на правый поворот при нейтральном положении рулевого колеса. Причина этого недостатка – применение несимметричного гидроцилиндра (с одним штоком) в схеме с избыточным давлением слива.

При повороте направо червяк *11*, ввинчиваясь в зубчатый сектор *12*, поворачиваемый несимметричным гидроцилиндром против хода часовой стрелки, преодолевает неуравновешенную часть силы предварительного сжатия пружин *6*, дополнительно сжимает их и вместе с золотником *4* смещается вперед на 1,2 мм. Ширина первой и третьей кольцевых щелей распределителя увеличивается до 1,8 мм, а вторая и четвертая щели закрываются с перекрытием буртов на 0,6 мм. Это вызывает соединение полости *Б* гидроцилиндра через третью щель только с напорной гидролинией насоса *9*, а полости *А* через

первую щель распределителя, кран *19* и золотник *21* датчика АБД – с полость корпуса *22* гидроусилителя.

Под действием давления масла поршень *25* через шток *24* и зубчатую рейку *14* помогает червяку *11* поворачивать зубчатый сектор *12* и вал *28* сошки походу часовой стрелки, а управляемые колеса – направо.

При повороте налево червяк *11*, вывинчиваясь из зубчатого сектора *12*, преодолевает силу предварительного сжатия пружин *6* и вместе с золотником *4* стремится назад на 1,2 мм. Однако зубчатый сектор *12*, поворачиваемый несимметричным гидроцилиндром, смещает их вперед. Поэтому для установки золотника *4* в крайнее заднее положение рулевое колесо необходимо поворачивать быстрее и действовать на него с большей, чем при правом повороте, силой.

При смещении золотника *4* назад ширина второй и четвертой кольцевых щелей увеличивается до 1,8 мм, а первая и третья щели распределителя закрываются с перекрытием буртов на 0,6 мм. Это вызывает соединение полости *А* гидроцилиндра через вторую щель только с напорной гидролинией насоса *9*, а полости *Б* через четвертую щель, кран *19* и золотник *21* датчика АБД – с полостью корпуса *22*. Под действием давления масла поршень *25* через шток *24* и зубчатую рейку *14* помогает червяку *11* поворачивать зубчатый сектор *12* и вал *28* сошки против хода часовой стрелки, в управляемые колеса – налево.

3.3. Гидроусилитель рулевого механизма автомобилей МАЗ

3.3.1. Распределитель гидроусилителя рулевого механизма

Распределитель гидроусилителя рулевого механизма – золотникового типа – встроен в рулевой механизм типа «винт – шариковая гайка – рейка», рассмотренный в разделе 3 (глава 4, п. 4.6).

В корпусе *6* (рис. 4.17) золотника выполнены три кольцевые расточки *С*, *Е* и *D*. Средняя расточка *Е* соединена с каналом *В* для подвода рабочей жидкости от насоса, а крайние *С* и *D* – с каналом *А* для отвода жидкости на слив. В трех реактивных камерах корпуса *6* размещены плунжеры *25*, имеющие возможность осевого перемещения. В центральном отверстии корпуса установлен золотник *26*, закрепленный упорными шарикоподшипниками *4*, *11* на втулке *12*, которая соединена шлицами без бокового зазора с винтом *28* рулевого механизма с возможностью осевого перемещения, а винтовым соединением – с входным валом *18*.

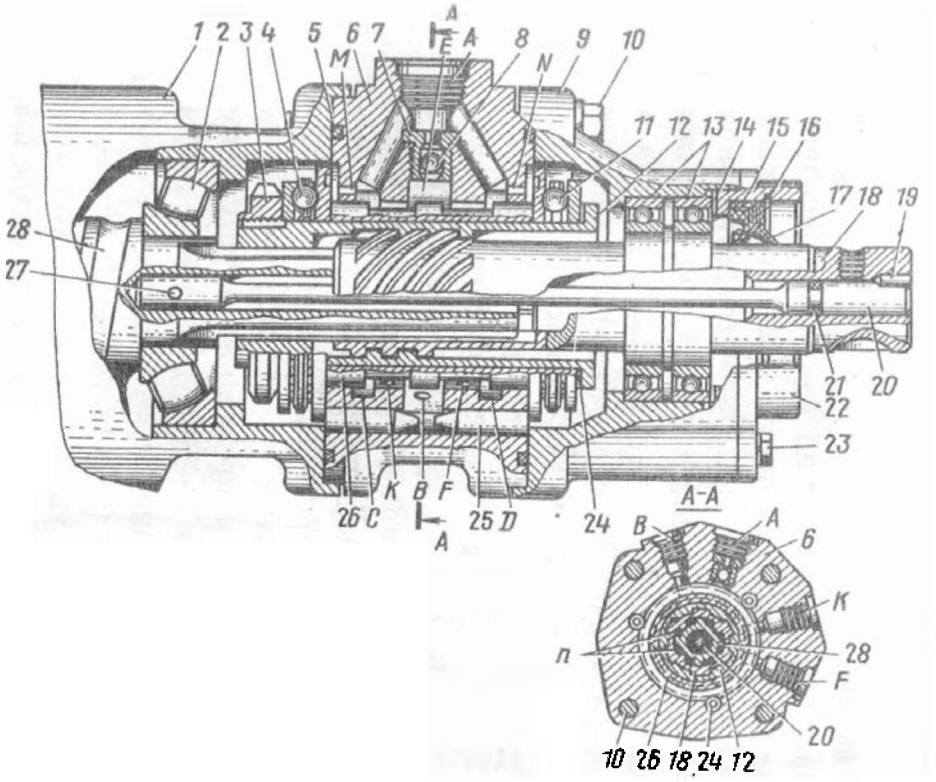


Рис. 4.17. Распределитель гидроусилителя рулевого механизма: *1* – корпус рулевого механизма; *2*, *4*, *11*, *13* – подшипники; *3* – гайка; *5* – уплотнительное кольцо; *6* – корпус золотника; *7* – обратный клапан; *8* – шарик; *9* – крышка распределителя; *10* – болт; *12* – втулка; *14* – регулирующие прокладки; *15* – манжета; *16* – стопорное кольцо; *17* – кольцо; *18* – входной вал; *19* – штифт; *20* – торсион; *21* – уплотнительное кольцо; *22* – крышка сальника; *23* – болт; *24* – регулировочная прокладка; *25* – плунжер; *26* – золотник; *27* – штифт; *28* – винт; *A* – канал для отвода рабочей жидкости на слив; *B* – канал для подвода рабочей жидкости от насоса; *K*, *F* – каналы для подвода (отвода) рабочей жидкости к полостям силового цилиндра; *C*, *E*, *D* – кольцевые расточки; *M*, *N* – сверления для соединения полостей упорных подшипников со сливом; *n* – зазор

Шлицевое соединение вала *18* и винта *28* выполнено с зазором *n*, который выбирают из условий обеспечения полного хода золотника. Кроме того, входной вал *18* соединен торсионом *20* с винтом *28* рулевого механизма для обеспечения возврата системы в нейтраль при прекращении воздействия на рулевое колесо.

3.3.2. Работа гидрораспределителя рулевого механизма МАЗ

Гидроусилитель рулевого механизма работает следующим образом. При прямолинейном движении автомобиля золотник *5* (рис. 4.18) занимает нейтральное положение (как показано на рисунке). Рабочая жидкость (масло) от насоса *18* поступает к средней расточке *E* (рис. 4.17) корпуса золотника по маслопроводу *11* (рис. 4.18) и через крайние точки *C* и *D* (рис. 4.17) проходит на слив по маслопроводу *13* (рис. 4.18), заполняя при этом реактивные

камеры между плунжерами *6*, и через каналы *K* и *F* (рис. 4.17) в корпусе по маслопроводам *8*, *12* (рис. 4.18) – в полости силового цилиндра *17*.

Рассмотрим работу гидроусилителя рулевого механизма при повороте, например, влево, как показано стрелкой на рис. 4.19.

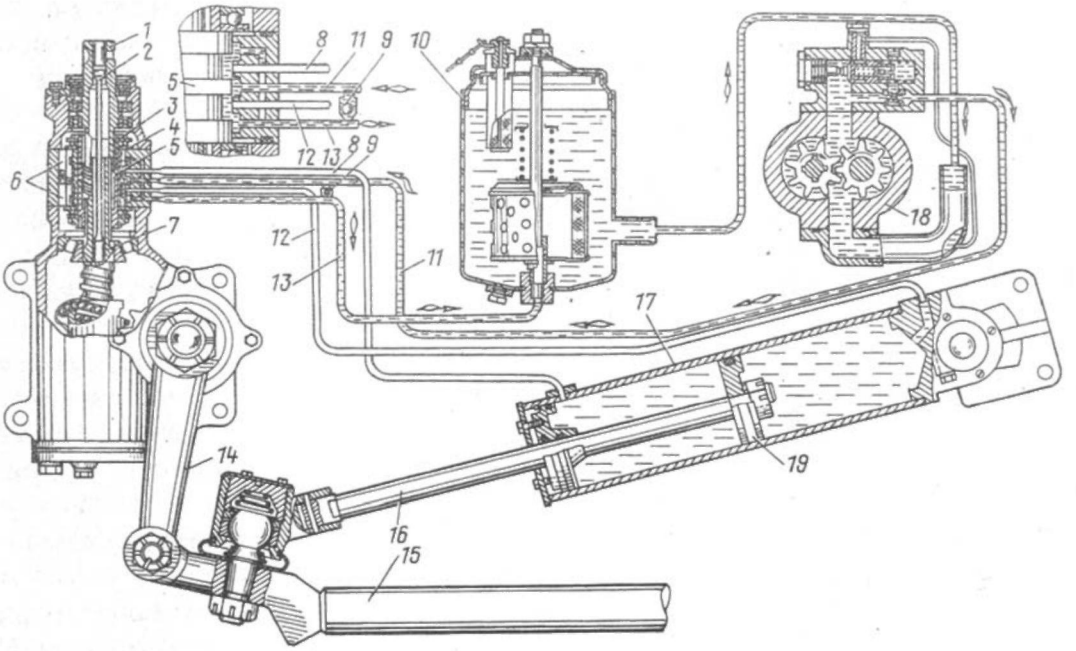


Рис. 4.18. Схема гидроусилителя рулевого механизма автомобиля МАЗ: *1* – входной вал; *2* – торсион; *3* – втулка; *4* – подшипник; *5* – золотник; *6* – плунжеры; *7* – вал; *8* – маслопровод к передней полости цилиндра; *9* – обратный клапан; *10* – бачок; *11* – маслопровод от насоса; *12* – маслопровод к задней полости цилиндра; *13* – маслопровод отвода масла на слив; *14* – рулевая сошка; *15* – рулевая продольная тяга; *16* – шток; *17* – силовой цилиндр; *18* – насос; *19* – поршень; *n* – зазор в шлицевом соединении вала *7* с валом *1*

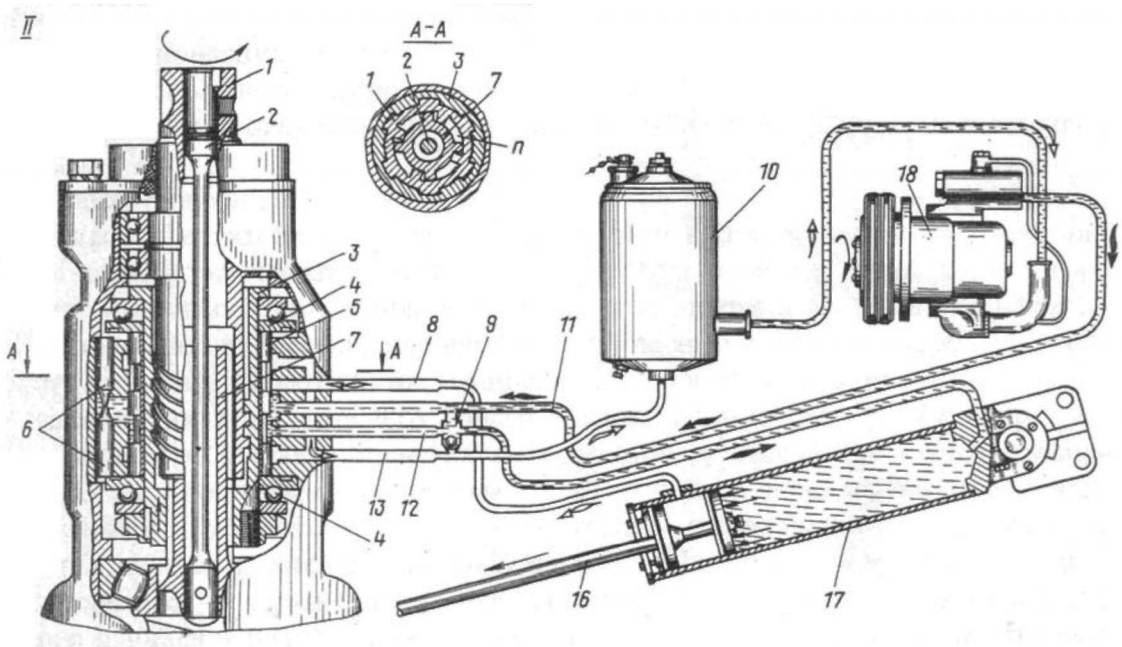


Рис. 4.19. Схема работы гидроусилителя при повороте влево
(подрисуночные подписи см. на рис. 4.18)

При повороте рулевого колесо и, следовательно, входного вала *1* (рис. 4.19) против часовой стрелки (влево), втулка *3* с закрепленным на ней золотником *5*, благодаря винтовому соединению, перемещается по шлицам вала *7* вверх в осевом направлении. В начальный момент смещения, когда давление в системе незначительно, усилие на рулевом колесе в основном создается торсионом *2*, который непосредственно воздействует на вал *1*, винтовое соединение при этом перемещает золотник и практически не нагружается. При смещении золотника, величина которого ограничена зазором *n* в шлицевом соединении, прекращается доступ рабочей жидкости к кольцевой расточке *C* (рис. 4.17). Рабочая жидкость от насоса подается к средней расточке *E*, а затем через канал *K* в корпусе и маслопровод *12* (рис. 4.19) поступает в подпоршневую полость силового цилиндра *17*, в результате чего поршень со штоком *16* перемещаются, поворачивая по часовой стрелке вал сектора с сошкой *14* (рис. 4.18), и через продольную тягу *15* поворачивает управляемые колеса влево. Из штоковой полости силового цилиндра рабочая жидкость по маслопроводу *8* и каналу *F* (рис. 4.17) в корпусе поступает в кольцевую расточку *D* и далее по маслопроводу *13* (рис. 4.19) в масляный бачок *10*.

Работа гидроусилителя рулевого механизма при повороте вправо происходит с точностью наоборот, поскольку смещение золотника *5* вниз перенаправит поток масла от насоса по маслопроводу *8* в штоковую полость цилиндра *17*.

3.4. Гидроусилитель рулевого механизма автомобилей КамАЗ

Гидроусилитель рулевого механизма автомобилей КамАЗ состоит из насоса *4* (рис. 4.20) в сборе с бачком *31*, заливным *30* и сливным *3* фильтрами, перепускным *35* и предохранительным *34* клапанами, радиатора *28*, а также встроенных в рулевой механизм гидроцилиндра с поршнем-рейкой *8* и реверсивного четырехщелевого распределителя с золотником *20*, обратным *17* и предохранительным *18* клапанами и плунжерным следящим механизмом. Распределитель часто называют *клапаном управления*.

Полый трехбуртовый золотник *20* установлен на хвостовик винта *15* с большим радиальным зазором, закреплен между упорными подшипниками *21* с осевым усилием, регулируемым пружинной шайбой и гайкой, выступает над торцами расточек корпуса *19* на 0,1–1,2 мм.

В трех сквозных сверлениях корпуса *19*, выполненных под углом 120° одно относительно другого, с минимальным зазором установлены три пары реактивных плунжеров *22* с центрирующими пружинами *12*, а в трех глухих сверлениях, расположенных также под углом 120°, – три одинарных плунжера, в одном из которых размещен обратный клапан *17*. Плунжеры прижимаются к внутренним обоймам упорных подшипников *21* и фиксируют золотник *20* в нейтральном положении под действием центрирующих пружин *23* и давления масла в напорной гидролинии *26*.

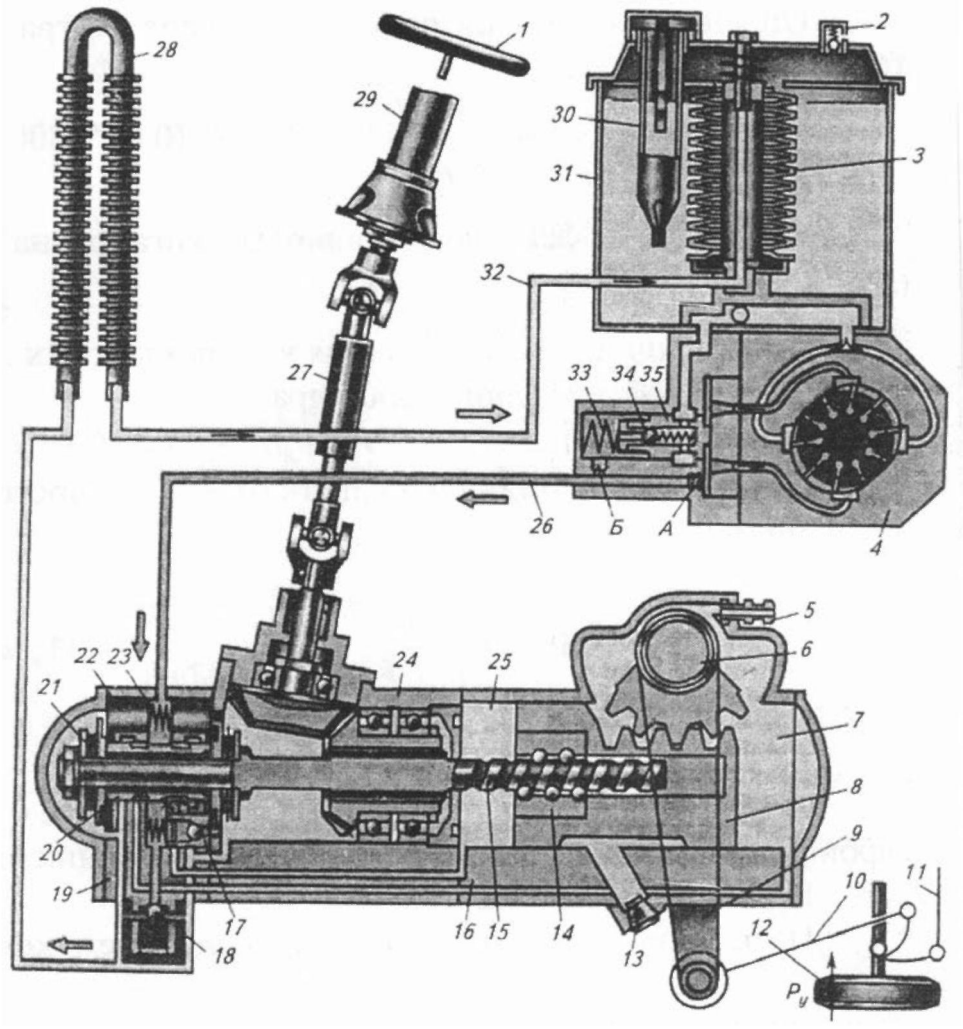


Рис. 4.20. Схема гидроусилителя рулевого механизма автомобилей КамАЗ: *1* – рулевое колесо; *2*, *18*, *34* – предохранительные клапаны; *3* – сливной фильтр; *4* – шиберный насос; *5*, *35* – перепускные клапаны; *6* – вал сошки с зубчатым сектором; *7* – задняя полость гидроусилителя; *8* – поршень-рейка; *9* – сошка; *10* – продольная тяга; *11* – поперечная тяга; *12* – переднее колесо; *13* – магнитная сливная пробка; *14* – шариковая гайка; *15* – винт; *16* – корпус рулевого механизма; *17* – обратный клапан; *19* – корпус распределителя; *20* – золотник; *21* – упорный подшипник; *22* – реактивный плунжер; *23* – центрирующая пружина; *24* – корпус углового редуктора; *25* – передняя полость гидроусилителя; *26* – напорная гидролиния; *27* – карданный вал; *28* – радиатор; *29* – рулевая колонка; *30* – заливной фильтр; 31 – бачок; 32 – гидролиния слива; 33 – пружина перепускного клапана насоса; *А*, *Б* – дросселирующие отверстия

В нейтральном положении золотника *20* между тремя его буртами и двумя средними буртами корпуса *19* образуется четыре кольцевые щели шириной 0,5–0,6 мм каждая. Масло из напорной гидролинии *26*, омывая центральный бурт золотника *20*, проходит через вторую и третью щели в проточки золотника. Из этих проточек по каналам в корпусах *19*, *24* и *16* масло поступает в полости *7* и *25* гидроусилителя, а через первую и четвертую щели – в бачок *31* через радиатор *28*, сливную гидролинию *32* и фильтр *3*.

При поворотах автомобиля вращение рулевого колеса *1* через карданный вал *27* и пару зубчатых колес углового редуктора *24* передается винту *15*, соединенному с поршнем-рейкой *8* шариковой гайкой *14*. Если сопротивление управляемых колес *12* повороту достаточно велико, то поперечная *11* и продольная *10* тяги, сошка *9*, ее вал *6* с зубчатым сектором и поршень-рейка *8* в начале поворота остаются неподвижными. Винт же *15*, ввертываемый в шариковую гайку *14* при повороте налево или вывертываемый из нее при повороте направо, вынужден скользить в шлицевой ступице ведомого зубчатого колеса и вместе с золотником *20* перемещаться на 1,2 мм соответственно назад (на схеме вправо) или вперед (на схеме влево), дополнительно сжимая пружины *23*.

При повороте направо золотник смещается вперед, открывая первую, третью и закрывая вторую, четвертую кольцевые щели. Масло из напорной гидролинии *26*, действуя на плунжеры *22*, поступает через третью щель и каналы в корпусах *19*, *24*, *16* в переднюю полость *25* гидроусилителя, в том числе к заднему торцу винта *15*. Задняя полость *7* гидроусилителя через каналы в корпусах *16*, *24*, *19* и открытую первую щель соединяется с гидролинией слива.

Под действием разности давлений масла в полостях *7* и *25* поршень-рейка *8* перемещается назад и поворачивает зубчатый сектор вала *6* сошки *9* против хода часовой стрелки. Сошка перемещает продольную тягу *10* назад, а последняя через поворотный рычаг и рулевую трапецию поворачивает колеса *12* направо.

При повороте налево золотник *20* смещается назад, открывает вторую, четвертую и закрывает первую, третью кольцевую щели. Масло из напорной гидролинии *26*, действуя на плунжеры следящего механизма, через вторую кольцевую щель и каналы в корпусах *24*, *19*, *16* поступает в заднюю полость *7* гидроусилителя. Его передняя полость *25* через каналы в корпусах *16*, *24*, *19* и четвертую щель оказывается соединенной с гидролинией слива. Под действием разности давлений масла в полостях *7* и *25* поршень-рейка *8* перемещается вперед и поворачивает зубчатый сектор вала *6* сошки *9* по ходу часовой стрелки, а управляемые колеса – через рулевой привод налево.

3.5. Насос гидроусилителя рулевого механизма КамАЗ

Насос гидроусилителя рулевого механизма автомобилей КамАЗ включает в себя пластинчатый (шиберный) насос двойного действия с перепускным *34* (рис. 4.21) и встроенным в него предохранительным клапанами; бачок *22* с заливным *14* и сливным *23* фильтрами и предохранительным клапаном *19*.

Пластинчатый насос состоит из овального статора *38*, закрепленного между корпусом *40* и крышкой *30*, и вращаемого круглого ротора *41* с десятью пазами и установленными в них подвижными лопастями *36* – шиберами. Положение статора *38* относительно корпуса *40* и распределительного диска *35* зафиксировано штифтами, а направление вращения ротора *41* указано стрелкой на статоре. Герметичность насоса обеспечена точной обработкой торцовых поверхностей и надежной затяжкой болтов.

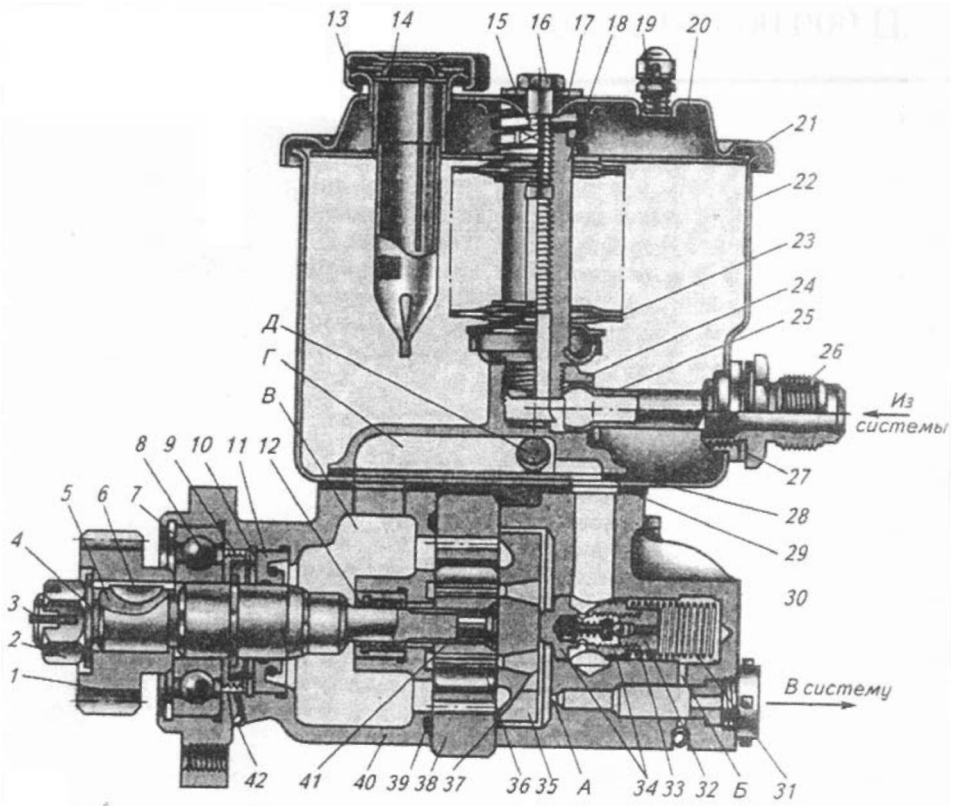


Рис. 4.21. Насос гидроусилителя рулевого механизма автомобилей КамАЗ: *1* – зубчатое колесо привода; *2* – гайка; *3* – шплинт; *4*, *15*, *27* – шайбы; *5* – вал; *6* – сегментная шпонка; *7*, *10* – упорные кольца; *8* – шариковый подшипник; *9* – маслогонное кольцо; *11* – манжета; *12* – игольчатый подшипник; *13* – пробка заливной горловины; *14* – заливной фильтр; *16* – болт; *17*, *37*, *39* – уплотнительные кольца; *18* – труба фильтра; *19* – предохранительный клапан; *20* – крышка бачка; *21*, *29* – уплотнительные прокладки; *22* – бачок; *23* – сливной фильтр; *24* – коллектор; *25* – трубка бачка; *26* – штуцер; *28* – прокладка коллектора; *30* – крышка; *31* – пружина перепускного клапана; *32* – седло предохранительного клапана; *33* – регулировочные шайбы; *34* – перепускной клапан; *35* – распределительный диск; *36* – лопасть насоса; *38* – статор; *40* – корпус насоса; *41* – ротор; *42* – шарик; *А* – дроссель (калибровочное отверстие); *Б* – канал; *В*, *Г* – полости, *Д* – эжекторное отверстие

Вал насоса *5* установлен на шариковом *8* и игольчатом *12* подшипниках, приводится во вращение зубчатым колесом *1* от механизма газораспределения дизеля. Шлицевым хвостовиком этот вал центрирует и вращает ротор *41* в овальной расточке статора *38*. При вращении ротора его лопасти *36* под действием центробежной силы и подпора масла дважды за оборот перемещаются от центра, а под действием овальной направляющей поверхности статора *38* – дважды к центру. Перемещение соседних лопастей *36* от центра вызывает увеличение, а к центру – уменьшение объема между ними, ротором *41*, статором *38*, корпусом *40* и распределительным диском *35*. При увеличении объема масло через каналы и полости в корпусе *40*, статоре *38*, диске *35* и коллекторе *24* всасывается из бачка *22*, а при уменьшении объема через каналы и полости распределительного диска *35* нагнетается в систему и под лопасти *36* ротора.

Для уравновешивания ротора от радиальных сил давления масла диаметрально противоположно располагают две всасывающие и две напорные полости (рис. 4.20).

Давление масла в напорной гидролинии насоса изменяется автоматически, задается гидроусилителем и ограничивается предохранительным клапаном. Подача масла зависит от частоты вращения ротора, его размеров и статора и насосом не регулируется. Минимальную подачу выбирают из расчета обеспечения наполнения гидроцилиндра при максимальной угловой скорости рулевого колеса и минимальной частоте вращения ротора насоса. Поэтому при средних и больших частотах вращения коленчатого вала дизеля подача масла насосом оказывается избыточной.

Подачу масла нерегулируемым насосом в гидроцилиндр регулируют дроссель *А* (рис. 4.21) и перепускной клапан *34*. Они работают только совместно и делят подаваемое насосом масло на два потока: дроссель *А* – в напорную гидролинию, а перепускной клапан *34* – в гидролинию всасывания.

Перепускной клапан *34* – это клапан разности давлений масла в напорной полости распределительного диска *35* и на входе в систему, а дроссель *А* (калиброванное отверстие в крышке *30*) – причина этой разности давлений.

Двухбуртовый цилиндрический плунжер перепускного клапана установлен с минимальным зазором в глухую расточку крышки *30*. Пружина *31* и масло, подводимое после дросселя *А* через канал *Б*, отжимают плунжер вперед (на рисунке влево), а масло из напорной полости распределительного диска *35* – назад (вправо).

При минимальной подаче масла насосом и максимальной угловой скорости рулевого колеса разность давлений на входе в дроссель *А* и выходе

из него минимальна и недостаточна для дополнительного сжатия пружины *31* и открытия перепускного клапана *34*. Все масло, подаваемое насосом, поступает в гидроцилиндр усилителя.

Увеличение подачи масла насосом вызывает увеличение разности давлений на входе в дроссель и выходе из него. Увеличивается и разность давлений масла на торцы плунжера перепускного клапана. Он перемещается назад, дополнительно сжимая пружину *31*. Между передним буртом плунжера и стенкой перепускного (вертикального) канала в крышке *30* образуются две сегментные щели для слива масла.

Если масло сливать непосредственно в бачок *22* и всасывать из него, возникнут кавитация, вспенивание масла и шум. Поэтому перепускной канал в крышке *30* и всасывающая полость *В* корпуса *40* соединены через полость *Г* коллектора *24*.

Полость *Г* имеет переменное проходное сечение, соединена с полостью бачка *22* через эжекционные отверстия *Д* в зоне расширения коллектора *24* и обеспечивает не только подсос масла из бачка, но и повышение давления в полости *В* за счет уменьшения кинетической энергии потока, перепускаемого открытым клапаном *34*.

При закрытом перепускном клапане *34* масло циркулирует по большому кругу: полость *В* – насос – полость диска *35* – дроссель *А* – напорная гидролиния *26* (рис. 4.20) – распределитель – радиатор *28* – сливная гидролиния *32* – штуцер *26* (рис. 4.21) и трубка *25* бачка *22* – прорези трубы *18* и элементы *23* сливного фильтра – полость бачка *22* – отверстия *Д* и полость *Г* коллектора *24* – отверстие и полость *В* корпуса *40*.

При чрезмерном сопротивлении управляемых колес повороту или упоре поршня-рейки в корпус рулевого механизма расход масла гидроцилиндром прекращается. Из-за отсутствия потока через дроссель *А* давление масла в напорных полостях диска *35* и крышки *30* выравнивается. Перепускной клапан *34* под действием пружины *31* закрывается, а давление масла во всех напорных полостях гидроусилителя быстро увеличивается. Когда оно достигнет 7,5–8 МПа, предохранительный клапан *18* (рис. 4.20) откроется и обеспечит циркуляцию по большому кругу. Перепускной клапан *35* тоже откроется и обеспечит циркуляцию по малому кругу.

Если по какой-то причине предохранительный клапан *18* не сработает, вместо него (но при давлении 8,5–9 МПа) будет действовать предохранительный шариковый клапан *34* (рис. 4.21), встроенный в перепускной клапан *35* (рис. 4.20).

Таким образом, насос гидроусилителя автомобиля КамАЗ имеет двойную защиту от перегрузки. Его бачок *22* (рис. 4.21) и сливной фильтр с элементами *23* тоже защищены от перегрузки. При избыточном давлении 0,02–0,03 МПа открывается предохранительный клапан *19* и сообщает полость бачка *22* с атмосферой. Функцию предохранительного клапана сливного фильтра выполняет сам фильтр: при увеличении гидравлического сопротивления пакет фильтрующих элементов *23* отжимается вверх и через прорези в трубе *18* перепускает часть масла непосредственно в бачок *22*.

3.6. Шестеренчатые масляные насосы высокого давления

Шестеренчатые насосы высокого давления типов НШ, НШ-У и НШ-Е находят широкое применение в различных гидроприводах сельскохозяйственной техники, в том числе и гидроприводах механизмов поворота тракторов.

Марка насоса, например, НШ-32-2-Л означает следующее: НШ – насос шестеренный; 32 – рабочий объем, $см^3$ за один оборот; 2 – условное обозначение номинального давления 14 МПа; Л – левого (со стороны привода) вращения. Буквами У или Е после рабочего объема, например НШ-32-У-2, НШ-10-Е-2, обозначают тип конструкции торцового уплотнения между всасывающей и напорной полостями. Насосы правого вращения и круглой формы дополнительными буквами не обозначают (НШ-32-3).

Насосы типа НШ круглой формы отличаются от насосов НШ-У и НШ-Е конструкцией осевого уплотнения и наличием радиального уплотнения между всасывающей и напорной полостями. Такие насосы применяются в гидросистемах задних навесных устройств тракторов «Беларус».

Качающий узел насоса круглой формы установлен в цилиндрической расточке (колодце) корпуса *9* (рис. 4.22) и состоит из ведущего *6* и ведомого *8* зубчатых колес, подшипниковой *2* и поджимной *3* обойм и двух зеркально симметричных платиков-замыкателей *7* с четырьмя манжетами в каждом.

Зубчатые колеса изготовляют из легированной стали как одно целое с цапфами и шлицевым валом и сортируют по ширине зубьев на девять размерных групп через каждые 5 мкм. Номинальная ширина зубьев и диаметр зубчатых колес всех насосов круглой формы одинаковые, а модуль и число зубьев разные. Зубчатые колеса насосов типов НШ-32, НШ-50 и НШ-100 имеют по девять, а насосов типов НШ-67, НШ-160 и НШ-250 – по десять зубьев.

Подшипниковую обойму *2* выполняют из алюминиевого сплава и устанавливают в колодце корпуса *9* с натягом 0,03–0,05 мм. Она служит неподвижной опорой для цапф зубчатых колес. Отверстие *10* в ней и цилиндрические выточки под зубчатые колеса образуют всасывающую полость насоса.

Поджимную обойму *3* также изготовляют из алюминиевого сплава и устанавливают в колодец корпуса с зазором 0,2–0,3 мм. За счет давления масла из напорного отверстия *12* на резиновую манжету *11* и ее стальную шайбу обойма *3* прижимается к вершинам зубьев колес *6* и *8*, обеспечивая радиальное уплотнение напорной полости насоса, компенсируя износы расточек обойм и поддерживая стабильность объемного кпд масляного насоса.

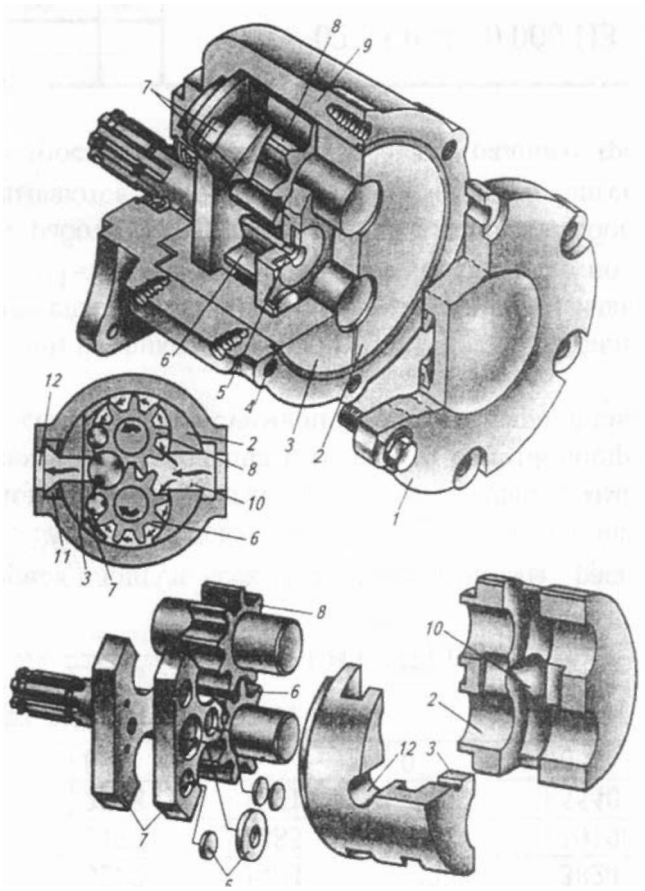


Рис. 4.22. Шестеренчатый насос высокого давления: *1* – крышка; *2* – подшипниковая обойма; *3* – поджимная обойма; *4* – резиновое кольцо; *5* – манжеты платиков; *6* – ведущее зубчатое колесо; *7* – платики; *8* – ведомое зубчатое колесо; *9* – корпус; *10* – всасывающее отверстие; *11* – манжета радиального поджима; *12* – напорное отверстие

Платики *7* обеспечивают осевое уплотнение напорной полости насоса. Они изготовлены из бронзы, хвостовой частью вставлены в пазы обоймы *2*, а крыльями – в пазы обоймы *3*. На наружной поверхности каждого платика сделаны четыре цилиндрические выточки, закрытые резиновыми манжетами *5*. Центральная выточка диаметром 29 мм и выточки диаметром 16 мм в крылья

соединены отверстиями с напорной полостью, а выточка в хвостовой части – с зоной запирания масла между зубьями колес. Давление масла в выточках вызывает плотное прижатие манжет *5* к обойме *3*, а платиков *7* – к торцам зубчатых колес *6* и *8*. При постоянном давлении масла в напорной полости сила осевого прижатия крыльев платиков к торцам зубчатых колес тоже постоянна. Давление же масла между зубьями колес варьирует, вызывая непрерывное изменение силы прижатия хвостовой части платиков.

При изменении давления масла поджимная обойма *3* поворачивается относительно подшипниковой обоймы *2* и перемещается в радиальном направлении. Для уменьшения трения при этом обойма *3* отжимается от дна корпуса *9* и крышки *1* маслом, подводимым из напорной полости через центральные отверстия в платиках *7*, больших манжетах *5* и торцах обоймы. Уплотнение отверстий в обойме *3* изнутри обеспечивают большие манжеты *5*, а снаружи – манжеты, установленные в выточках дна корпуса *9* и крышки *1*.

В отличие от насосов переменной производительности, подача и давление масла насосами типов НШ, НШ-У и НШ-Е не регулируются. Поэтому в гидроприводах, требующих постоянной подачи и ограниченного давления масла, необходимо применять регуляторы потока и предохранительные клапаны.

3.6.1. Клапан расхода масла

Клапан расхода масла (рис. 4.23), установленный в гидроусилителе рулевого механизма трактора Т-150К, объединяет в себе золотниковый регулятор постоянного потока к распределителю, шариковый предохранительный клапан *14* и тройник для слива масла в бак.

При минимальной подаче масла насосом гидравлическое сопротивление дросселя *В* минимально, а разность давлений на входе и выходе из него недостаточна для дополнительного сжатия пружины *6* и перемещения золотника *5* вправо до совмещения сливных отверстий *Б* со сливной канавкой *Г*. Поэтому все масло, подаваемое насосом *18*, идет к распределителю.

При номинальной подаче масла насосом (52 л/мин) золотник *5* под действием перепада давлений в дросселе *В* смещается вправо, а сливные отверстия *Б* совмещаются со сливной канавкой *Г*. Масло, подаваемое насосом, делится на два потока: через дроссель *В* (27–32 л/мин) – к распределителю; через сливные отверстия *Б* и канавку *Г* (20–25 л/мин) – в бак *17* через сливной фильтр *16*.

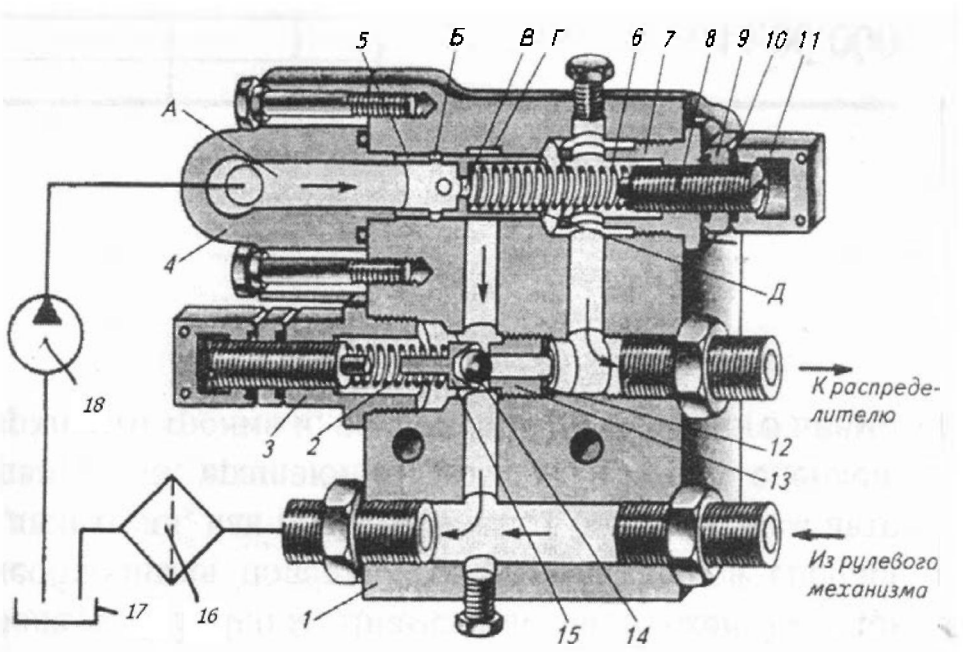


Рис. 4.23. Клапан расхода масла гидроусилителем рулевого механизма трактора Т-150К: *1* – корпус; *2* – пружина предохранительного клапана; *3* – пробка; *4* – угловая муфта; *5* – золотник; *6* – пружина регулятора потока; *7* – упор; *8* – регулировочный винт; *9* – контргайка; *10* – уплотнительное кольцо; *11* – колпачок; *12* – уплотнительная шайба; *13* – седло; *14* – шариковый клапан; *15* – направляющая; *16* – сливной масляный фильтр; *17* – масляный бак; *18* – масляный насос; *А*, *Д* – полости; *Б* – сливное отверстие; *В* – дроссель; *Г* – сливная канавка

3.7. Гидрообъемное рулевое управление

Гидрообъемное рулевое управление (ГОРУ) отличается от рассмотренных ранее рулевых управлений тракторов и автомобилей отсутствием кинематической связи между рулевым и управляемыми колесами. Функцию этой связи выполняет статическая гидропередача вращательно-поступательного движения с гидроусилителем следящего действия.

ГОРУ упрощает компоновку и повышает удобство управления машиной за счет установки рулевого колеса в любом месте, его регулировки по высоте и углу наклона и широко применяется на современных тракторах и комбайнах.

Современные тракторы «Беларус» в диапазоне мощностей от 90 до 350 л. с. имеют гидрообъемное рулевое управление (серии 900, 1000, 1200, 1500, 2000, 2800, 3000). ГОРУ установлено также и на тракторах Т30, Т-151К производства РФ.

Широкое применение ГОРУ позволило упростить компоновочную схему машин и повысить удобство управления за счет установки рулевого колеса в любом месте его регулировки по высоте и углу наклона, а отсутствие

на рулевом колесе реакции со стороны дороги особенно важно при движении тракторных агрегатов и комбайнов по грунтовым дорогам и в условиях бездорожья.

Основой гидрообъемного рулевого управления служит *насос-дозатор,* предназначенный для подачи управляющего потока масла, прямо пропорционального углу поворота его ротора рулевым колесом с любой скоростью. В качестве насосов-дозаторов применяют планетарные с внутренними зубьями, героторные, пластинчатые (шиберные) и аксиально-поршневые насосы.

В системе ГОРУ насос питания *2* (рис. 4.24) постоянно подает масло через гильзо-золотниковый поворотный распределитель *4* к насосу-дозатору *6*, имеющему ротор *7*. Когда рулевое колесо *8* неподвижно, распределитель *4* запирает выход масла из полостей гидроцилиндра *1* и одновременно открывает выход маслу от питающего насоса *2* на слив в бак *9* через сливной фильтр *10*. Запертые объемы масла в обеих полостях гидроцилиндра обеспечивают стабильность направления движения машины.

При нормальных условиях работы, когда насос питания обеспечивает необходимый поток и давление масла, максимальное усилие на руле не превышает 30 Н.

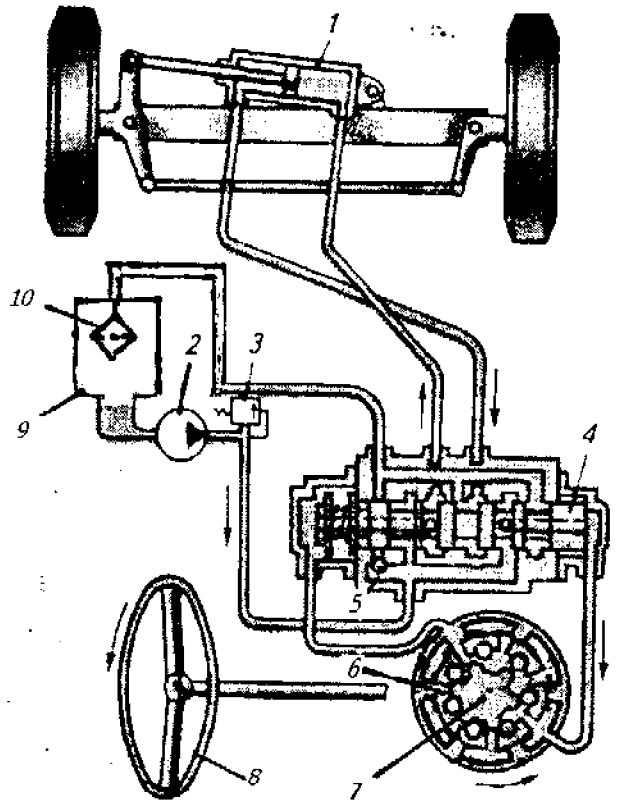


Рис. 4.24. Схема одноконтурного ГОРУ: *1* – гидроцилиндр; *2* – питающий насос; *3* – предохранительный клапан; *4* – золотниковый распределитель; *5* – обратный клапан; *6* – насос-дозатор; *7* – ротор; *8* – рулевое колесо; *9* – масляный бак; *10* – сливной фильтр

При повороте рулевого колеса *8* поворачивается золотник распределителя *4* и ротор *7* насоса-дозатора, связанный с золотником с помощью специальной карданной вилки. При повороте золотника из нейтрального положения открывается проход маслу от насоса питания *2* в полость насоса-дозатора между ротором и статором. Ротор, совершая сложное планетарное движение, подает масло в полость гидроцилиндра *1* в количестве, пропорциональном углу поворота рулевого колеса и под давлением сопротивления повороту управляемых колес. Из другой полости гидроцилиндра масло сливается в бак, проходя через распределитель *4*.

Давление масла в напорных гидролиниях обоих насосов одинаково, задается сопротивлением управляемых колес повороту и ограничивается предохранительным клапаном *3*.

При остановке рулевого колеса останавливается ротор насоса-дозатора, прекращая подачу масла в полость гидроцилиндра, а золотник и гильза распределителя автоматически переключается в нейтральное положение, открывая выход маслу в масляный бак, разгружая масляный насос. Такая гидросистема носит название гидросистемы *с открытым центром.*

Если поток масла от насоса питания слишком мал или отсутствует (например, при отказе дизеля, насоса питания или разрыва нагнетательного маслопровода), то насос-дозатор функционирует как ручной насос в системе рулевого управления, забирая масло из одной полости гидроцилиндра и подавая его в другую (рабочую) полость через открытый обратный клапан *5*, смонтированный в корпусе распределителя. Окружное усилие на рулевом колесе при этом значительно возрастает и тем больше, чем больше объемная подача насоса-дозатора, достигая в отдельных случаях 600 Н.

Таким образом, насос-дозатор в комбинации с распределителем работает в трех режимах: запорного устройства для гидроцилиндра *1* (при нейтральном положении золотника распределителя *4*); дозатора (при работе питающего насоса и повороте рулевого колеса); ручного насоса (при остановке двигателя или отказе питающего насоса *2*).

3.7.1. ГОРУ тракторов «Беларус-1221, -1221.2, -1221.3»

Насос-дозатор героторного типа 6 (рис. 4.25), установлен на кронштейне рулевой колонки *5*, гидроцилиндры поворота *9*, *13* – на переднем ведущем мосту *14* спереди трактора, насос питания *16* – на дизеле. Насос-дозатор соединен маслопроводами *8*, *17*, *18* и шлангами *1*, *7*, *11* с гидроцилиндрами по-

ворота, насосом питания и масляным баком ГОРУ *2*. Автономный масляный бак ГОРУ установлен с правой стороны в зоне выемки под воздухоочиститель дизеля масляно-контактного типа, выполненной в масляном баке гидросистемы ЗНУ.

При работающем дизеле масло неотключаемого насоса питания *16* при неподвижном рулевом колесе *19* поступает к насосу-дозатору *6* и от него сливается в масляный бак *2* через фильтр, встроенный в масляный бак. При повороте рулевого колеса влево или вправо из-за перемещения и поворота золотника распределителя насоса-дозатора (золотник соединен с валом рулевого колеса) обеспечивается подача масла в полости гидроцилиндров поворота *9*, *13* в количестве, пропорциональному углу поворота рулевого колеса.

В неработающем дизеле и вращении рулевого колеса влево или вправо насос-дозатор выполняет функции ручного насоса, подавая масло в соответствующую полость гидроцилиндра поворота и обеспечивая при этом поворот направляющих колес.

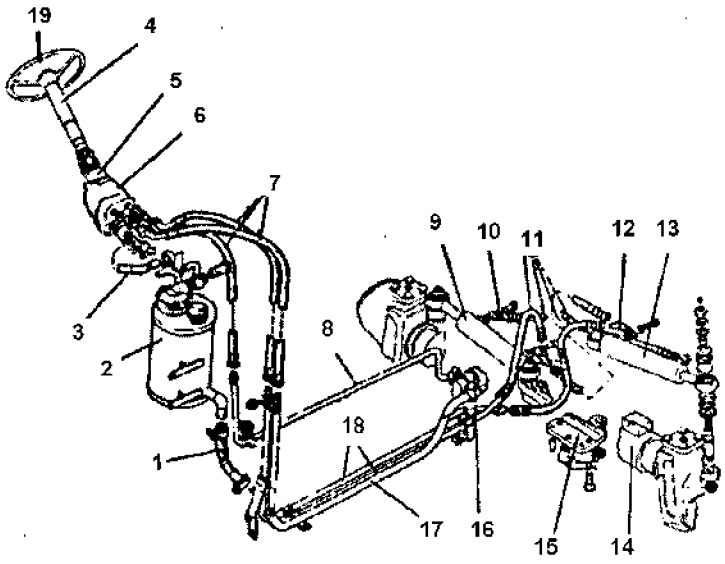


Рис. 4.25. ГОРУ тракторов «Беларус-1221, -1221.2, -1221.3»: *1* – шланг всасывающего маслопровода; *2* – масляный бак ГОРУ; *3* – шланг; *4* – колонка рулевая; *5* – кронштейн рулевой колонки; *6*– насос-дозатор; *7* – рукав высокого давления; *8* – маслопровод; *9*, *13* – гидроцилиндры поворота; *10* – переходник; *11* – рукав высокого давления; *12* – тройник; *14* – передний ведущий мост; *15* – кронштейн; *16* – насос питания; *17* – маслопровод всасывающий; *18* – маслопроводы; *19* – рулевое колесо

В сливной магистрали, соединяющей окно *Т* насоса-дозатора *2* (рис. 4.26) с масляным баком *4* устанавливается датчик *7* аварийного давления масла в ГОРУ и редукционный клапан *6*, подпирающий слив для отбора масла к гидроусилителю гидропривода сцепления («Беларус-2022»).

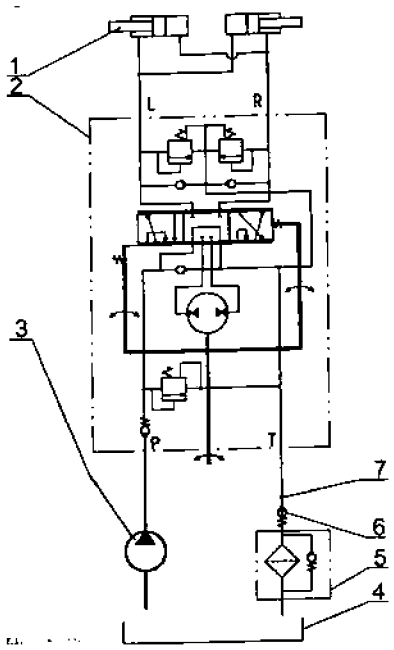


Рис. 4.26. Схема ГОРУ тракторов «Беларус-1221, -1221.2, -1221.3, -2022, -2022.2, -2022.3»:*1* – гидроцилиндр рулевого управления (2 шт.); *2* – насос-дозатор; *3* – насос питания ГОРУ; *4* – масляный бак ГОРУ; *5* – фильтр масляный системы ГОРУ; *6* – клапан; *7* – датчик аварийного давления масла в ГОРУ; *L* – левый поворот; *R* – правый поворот; *P* – магистраль давления; *T* – слив в масляный бак

3.7.2. ГОРУ РЕВЕРСИВНЫХ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС-1221В, -1221В.2, -1221В.3, -1523В, -1523В.2, -1523В.3»

Гидрообъемное рулевое управление реверсивных тракторов «Беларус-1221В, -1222В, -1523В» в отличие от тракторов без реверсивного поста управления имеет дополнительный насос-дозатор *9* (рис. 4.27), установленный на рулевой колонке реверсивного поста управления. Насос-дозатор *9* реверсивного хода конструктивно ничем не отличается от насоса-дозатора *2* переднего хода и предназначен для обеспечения работы ГОРУ, когда оператор находится на реверсивном посту управления и управляет рулевым колесом, установленным на дополнительной рулевой колонке возле заднего окна кабины. Для обеспечения работы ГОРУ в режиме реверса между насосом питания *4* и рукавами высокого давления, подводящими масло к окнам *P* насосов-дозаторов *2*, *9*, установлен кран реверса *3* золотникового типа. Кран имеет два фиксированных положения:

– работа в режиме переднего хода;

– работа в режиме реверса.

Кран установлен в зоне правой стойки кабины и управляется рукояткой.

Внимание! Переключение режимов производится только при неработающем дизеле.

При работе в режиме переднего хода кран перекрывает гидравлическую связь насоса питания *4* с насосом-дозатором *9* реверса, а при работе на реверсе насос питания подключается к окну *P* насоса-дозатора реверса, а связь с насосом-дозатором переднего хода блокируется.

В сливной магистрали ГОРУ установлен датчик *8* аварийного давления масла и редукционный клапан *7*, подпирающий слив для отбора масла к гидроусилителю гидропривода сцепления.

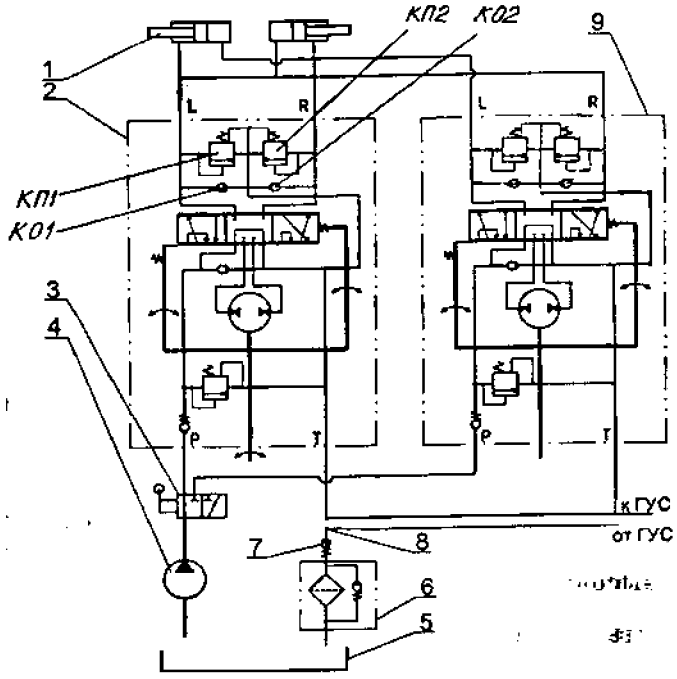


Рис. 4.27. Принципиальная гидравлическая схема ГОРУ тракторов с реверсивным постом управления: *1* – гидроцилиндр рулевого управления (2 шт.); *2* – насос-дозатор переднего хода; *3* – кран реверса; *4* – насос питания ГОРУ; *5* – масляный бак ГОРУ; *6* – фильтр слива системы ГОРУ; *7* – клапан; *8* – датчик аварийного давления масла в ГОРУ; *9* – насос-дозатор реверса; *L* – левый поворот; *R* – правый поворот; *P* – магистраль давления; *T* – слив в масляный бак; *ГУС* – гидроусилитель управления сцеплением; *КП1*, *КП2* – противоударный клапан; *КО1*, *КО2* – противовакуумный клапан

3.7.3. Насос-дозатор ГОРУ

На тракторы «Беларус» могут устанавливаться насосы-дозаторы различных фирм изготовителей, которые незначительно отличаются от показанного на рис. 4.28.

Обозначение, рабочие объемы ($см^3$/об) и изготовители насосов-дозаторов приведены в табл. 4.1.

Насос-дозатор состоит из поворотного гидрораспределителя, героторного дозирующего (качающего) узла, противоударных клапанов, противова-

куумных клапанов, предохранительного клапана, обратных клапанов. Поворотный гидрораспределитель состоит из корпуса *1* (рис. 4.28), гильзы *16* и золотника *6*, имеющего шлицевой хвостовик для соединения с рулевым колесом. Гильза и золотник соединены между собой штифтом *15* и центрирующими пружинами *40* и *41*. В золотнике отверстие под штифт имеет больший диаметр, чем диаметр штифта, что позволяет золотнику проворачиваться относительно гильзы на угол до 6°.

Таблица 4.1

Характеристики насосов-дозаторов

Обозначение	Изготовитель
Насосы-дозаторы с рабочим объемом 100 см^3/об (Серии 500, 800, 900)	
OSPC 100 ON 150-1155	*Danfoss*, Дания
SUB 100-140M01-100S	*Lifam*, Словения
LAGC100-10/20-140M01-100.S	BOSCH *Rexroth*, Германия
Насосы-дозаторы с рабочим объемом 160 см^3/об («Беларус-922, -952, -1021, -1221, -1523, -2022»)	
OSPC 160 ON 150-G0030	*Danfoss*, Дания
SUB 160-140.200-1	*Lifam*, Словения
LAGC 160-10 / 200-140M01-100.S	BOSCH *Rexroth*, Германия
Насосы-дозаторы с рабочим объемом 315 см^3/об («Беларус-2522ДВ, -2822ДЦ, -3022ДВ, -3022.1»)	
OSPC 315 ON 150-1409	*Danfoss*, Дания

Героторный дозирующий узел состоит из закрепленного на корпусе *1* статора *25* и вращающегося ротора *24*, связанного с золотником через карданную вилку *28* и гильзу *16*. При повороте рулевого колеса ротор обкатывается своими зубьями по впадинам и выступам статора и совершает семь оборотов за один оборот рулевого колеса, что обеспечивает большую производительность при минимальных размерах дозатора.

При поворотах рулевого колеса золотник проворачивается относительно гильзы на угол до 6°, сжимая при этом центрирующие пружины, соединяет каналами нагнетательную магистраль с дозирующим узлом, дозирующий узел – с нагнетательной полостью рулевого гидроцилиндра, сливную полость гидроцилиндра – со сливной магистралью. При вращении рулевого колеса поступающее в дозирующий узел под давлением масло вращает ротор, который через карданную вилку поворачивает гильзу и стремится догнать вращаемый рулем золотник (т. е. обеспечивается следящее действие).

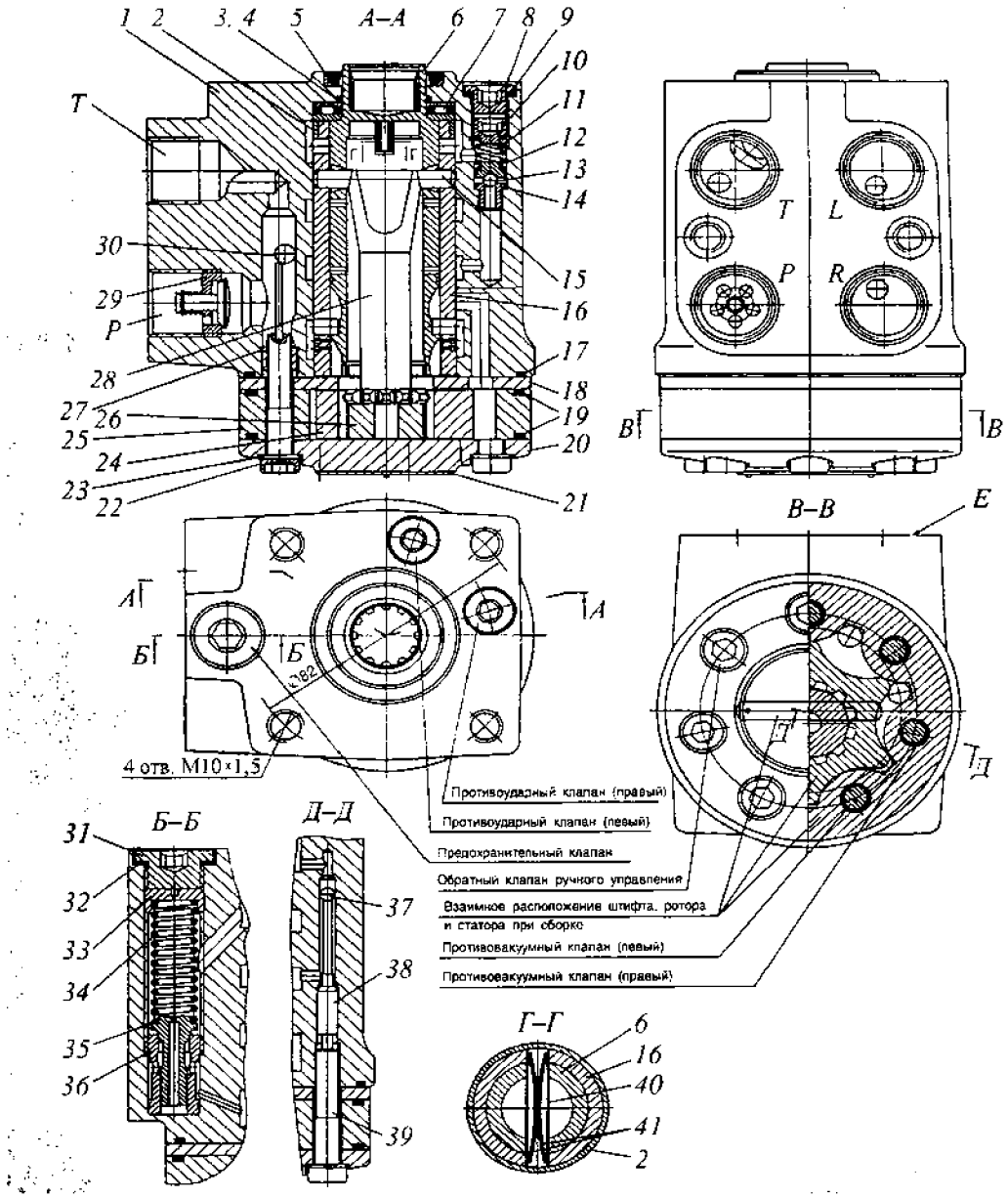


Рис. 4.28. Героторный насос-дозатор тракторов «Беларус»: *1* – корпус; *2* – кольцо обжимное; *3* – кольцо уплотнительное; *4* – кольцо защитное; *5* – манжета золотника; *6* – золотник; *7* – подшипник упорный; *8* – пробка противоударного клапана (2 шт.); *9* – шайба уплотнительная (2 шт.); *10* – винт регулировочный противоударного клапана (2 шт.); *11* – пружина противоударного клапана (2 шт.); *12* – опора пружины (2 шт.); *13* – шарик противоударного клапана (2 шт.); *14* – седло противоударного клапана (2 шт.); *15* – штифт цилиндрический; *16* – гильза; *17* – кольцо корпуса уплотнительное; *18* – диск распределительный; *19* – кольцо статора уплотнительное (2 шт.); *20* – крышка; *21* – табличка фирменная; *22* – винт с упорным штифтом; *23* – шайба уплотнительная (7 шт.); *24* – ротор; *25* – статор; *26* – втулка упорная; *27* – втулка резьбовая; *28* – вилка карданная; *29* – клапан обратный; *30* – шарик обратного клапана ручного управления; *31* – пробка предохранительного клапана; *32* – шайба уплотнительная; *33* – винт регулировочный предохранительного клапана; *34* – пружина предохранительного клапана; *35* – золотник предохранительного клапана; *36* – седло предохранительного клапана; *37* – шарик противовакуумного клапана (2 шт.); *38* – упорный штифт противовакуумного клапана (2 шт.); *39* – винт соединительный (6 шт.); *40* – плоская пластинчатая центрирующая пружина (2 шт.); *41* – дугообразная пластинчатая центрирующая пружина (4 шт.); маркировка отверстий в корпусе насоса-дозатора: *P* – нагнетательная полость; *T* – сливная полость; *R* – полость правого поворота; *L* – полость левого поворота

Проходящий через дозирующий узел дозированный объем масла поступает в нагнетательную полость гидроцилиндра и перемещает поршень, а масло из сливной полости цилиндра вытесняется через гильзу и золотник на слив в маслобак. При прекращении вращения руля гильза догоняет золотник и под воздействием центрирующих пружин устанавливается в нейтральное положение, нагнетательная магистраль через золотник и гильзу сообщается со сливной магистралью, каналы *R* и *L* перекрываются, поворот колес прекращается.

Предохранительный клапан 31–36 ограничивает максимальное рабочее давление в нагнетательной магистрали в пределах 140–150 бар и, таким образом, защищает насос питания и гидросистему ГОРУ от перегрузки.

Противоударные клапаны 8–14, левый и правый, ограничивают максимальное давление 200–220 бар в рукавах высокого давления между насосом-дозатором и гидроцилиндром при ударных нагрузках, возникающих при наездах на препятствие, защищают рукава высокого давления и насос-дозатор, ограничивают максимальные внешние усилия на рулевой гидроцилиндр, пальцы гидроцилиндра и рулевой тяги.

Противовакуумные клапаны 37, 38, левый и правый, предназначены для перепуска масла в другую полость гидроцилиндра при срабатывании противоударного клапана, что позволяет избежать вакуума и кавитации в гидроцилиндре и насосе-дозаторе.

Обратный клапан 29 на выходе в насос-дозатор препятствует всасыванию воздуха в режиме ручного управления в случае разрыва нагнетательного маслопровода (давление открытия обратного клапана составляет 1,1 бара), а также предохраняет насос питания от обратных ударных нагрузок, которые могут возникнуть при ударе колес о препятствие в момент поворота.

Обратный клапан ручного управления 30 обеспечивает всасывание масла из сливной полости в режиме ручного управления в случае отказа двигателя, насоса питания или разрыва нагнетательного маслопровода.

Технические характеристики ГОРУ энергонасыщенных тракторов мощностью до 200 л. с. приведены в табл. 4.2.

3.7.3.1. Работа ГОРУ с героторным насосом-дозатором

Работа насоса-дозатора при нейтральном положении рулевого колеса представлена рис. 4.29, *а*. Насос питания *10* разгружен и подает масло в магистраль слива через гильзу *3*, золотник *2*, фильтр *8*.

Полости гидроцилиндра *1* замкнуты каналами золотника, гильзы и качающим узлом насоса-дозатора.

Таблица 4.2

Технические характеристики ГОРУ

Наименование сборочных единиц и параметров ГОРУ	Значение и параметр
Усилие на рулевом колесе, кгс	3 max
Люфт рулевого колеса, град	25
Насос питания НШ 14Л: – тип – направление вращения – рабочий объем, $см^3$/об	 Шестеренчатый Левое 14
Насос-дозатор: – тип – рабочий объем, $см^3$/об – давление настройки предохранительного клапана, бар – давление настройки противоударного клапана, бар	 Героторный, с открытым центром, без реакции 160 140^{+10} 200^{+20}
Механизм поворота: – диаметр поршня, мм – диаметр штока, мм – ход штока, мм	Гидроцилиндры 63 30 200

Поворот вправо А или влево Б при работающем насосе питания 10 представлен рис. 4.29, *б*. При повороте рулевого колеса вправо или влево золотник поворачивается относительно гильзы, направляя гидравлическую жидкость от насоса питания к соответствующей полости дозирующего узла *4*, *5*. При вращении ротора *5* дозированный объем жидкости подается в поршневую или штоковую полость гидроцилиндра для поворота передних колес. В то же время противоположная полость цилиндра сообщается со сливом через каналы гильзы и золотника.

Поворот вправо А или влево Б при неработающем насосе питания 10 представлен рис. 4.29, *в*.

При неработающем насосе питания дозирующий узел *4*, *5* начинает работать в режиме насоса, подавая гидравлическую жидкость в полость поворота рулевого гидроцилиндра. Из противоположной полости жидкость вытесняется и через открытый обратный клапан *7* попадает в линию всасывания героторного насоса *4*, *5*.

3.7.4. Гидроцилиндр рулевого управления

Гидроцилиндр рулевого управления состоит из корпуса *3* (рис. 4.30), штока *4*, поршня *1*, крышки *6*, гайки накидной *8*. Поршень крепится на штоке

гайкой *13*, которая стопорится кернением пояска в пазы штока. В проушинах корпуса и штока установлены шарнирные сферические подшипники *7*, имеющие каналы на внутреннем кольце для смазки поверхностей трения через масленку в пальце.

В крышке *6* установлены манжета *9* (грязесъемник) и уплотнение штока *10*, а на поршне – комбинированное уплотнение *12*, исключающее трение поршня и гильзы корпуса.

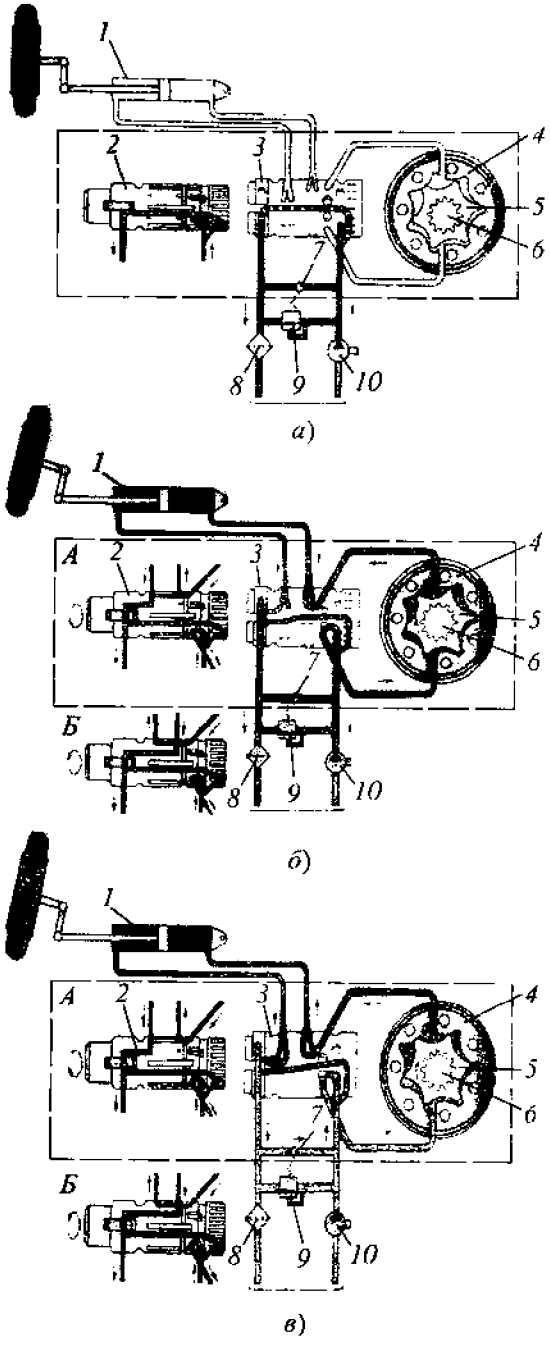


Рис.4.29. Схема работы насоса-дозатора: *а* – нейтральное положение; *б* – поворот направо (*А*) или налево (*Б*); *в* – при неработающем насосе питания; *1* – рулевой гидроцилиндр; *2* – золотник; *3* – гильза; *4* – статор насоса-дозатора; *5* – ротор насоса; *6* – вал; *7* – обратный клапан; *8* – масляный фильтр; *9* – предохранительный клапан; *10* – насос шестеренчатый ГОРУ (насос питания)

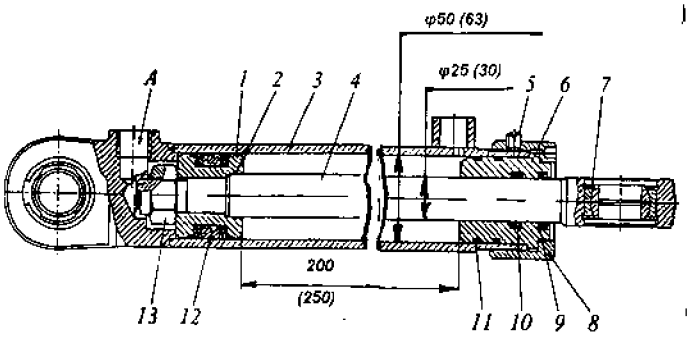


Рис. 4.30. Гидроцилиндр рулевого управления: *1* – поршень; *2*, *11* – кольца уплотнительные; *3* – корпус; *4* – шток; *5* – винт стопорный; *6* – крышка передняя; *7* – подшипник сферический; *8* – гайка накидная; *9* – манжета штока; *10* – уплотнение штока; *12* – уплотнение поршня; *13* – гайка поршня

В ГОРУ тракторов «Беларус» находят применение гидроцилиндры следующих типоразмеров:

1) Ц50×25×200, где 50 – диаметр поршня 50 мм,

2) 25 – диаметр штока 25 мм;

3) 200 – ход поршня 200 мм;

4) Ц63×30×200 (один или два гидроцилиндра);

5) Ц63×30×250 (тракторы серий 2500, 2800, 3000) (два гидроцилиндра).

3.7.5. Рабочие жидкости ГОРУ

Главным условием правильной работы ГОРУ является чистота рабочей жидкости. Любая грязь и посторонние примеси (например, вода) являются вредными для гидроузлов и являются причиной многочисленных неисправностей гидросистемы. Установлено, что около 70–80 % всех отказов гидравлических систем связаны с загрязнением рабочей жидкости.

Высокая степень чистоты должна соблюдаться как при изготовлении гидроузлов и маслопроводов, так и при монтаже их на трактор, запуске в работу, в эксплуатации, при ремонте.

При заправке масла рекомендуется применять специальный (вспомогательный) фильтр с тонкостью фильтрации 10–15 мкм.

В обычных условиях работы допускается применение фильтра в сливной магистрали с тонкостью фильтрации 25 мкм.

Наиболее подходящими для работы ГОРУ являются *гидравлические минеральные масла.* Такие масла содержат достаточное количество присадок, снижающих износ деталей, как при низких, так и при высоких предельных температурах.

Допускаемый диапазон вязкости масла в гидросистеме ГОРУ составляет 10–100 мм^2/с, допускаемая рабочая температура масла составляет 30–90 °С. Превышение рабочей температуры сверх допускаемой, а также наличие примесей (например, воды) значительно сокращают срок применения масла, элементов уплотнений и самих гидравлических узлов. допускается, но не рекомендуется, применение масел с вязкостью 25–35 мм^2/с при температуре 50 °С, так как высокое содержание присадок со временем может вызвать нежелательное отложение смол на клапанах, распределительных поверхностях золотника, гильзы и корпуса, разрушение резиновых уплотнительных элементов.

Совместное применение минеральных и моторных масел не допускается. Также не рекомендуется смешивать масла одного и того же типа различного класса. При необходимости доливки масла вязкость его должна, по возможности, соответствовать уже примененному.

Внимание! Учитывая чрезвычайную сложность и важность насоса-дозатора, с точки зрения безопасности рулевого управления, его разборка и сборка могут выполняться только специалистом сервисной службы фирмы-изготовителя (или другой уполномоченной сервисной службой), прошедшим надлежащее обучение, хорошо ознакомленным с конструкцией насоса-дозатора и с документацией по его обслуживанию и разборке, сборке, а также при наличии всех необходимых специальных приспособлений, инструмента и специального гидравлического стенда, обеспечивающего настройку и проверку параметров и функционирования насоса-дозатора после произведенного ремонта. В противном случае полная ответственность за неработоспособность насоса-дозатора возлагается на лицо, выполнявшее разборку-сборку насоса-дозатора, замену деталей или настройку клапанов, а также на владельца трактора.

3.8. Возможные неисправности и техническое обслуживание

Неисправности гидроприводов механизмов поворота проявляются в увеличении или неравномерности окружного усилия на рулевом колесе, уменьшении уровня масла и его подтекании через уплотнения, потере курсовой устойчивости трактора или автомобиля.

Основная причина этих и других неисправностей – загрязнение масла. Оно вызывает ускоренное изнашивание насоса, распределителя и гидроцилиндра, уменьшение подачи и увеличение внутренних утечек, «зависание» клапанов, заклинивание центрирующих плунжеров. В гидроусилителях заклиниванию золотника в гильзе поворотного распределителя насоса-дозатора ГОРУ. Как отмечено в п. 3.6.5 выше, подавляющее число отказов в ГОРУ связано с загрязнением рабочих жидкостей или применением жидкостей, не рекомендованных заводом-изготовителем.

Основным всесезонным маслом в ГОРУ тракторов «Беларус» является масло индустриальное *Bechem Staroil* N32 или *Addinol Hudraulikol* HLP-32. В качестве сезонного масла рекомендовано масло индустриальное ИГП-18 (зимнее) и МГЕ-46В (летнее).

Гидроусилитель автомобилей ЗИЛ-130, МАЗ и КамАЗ-5320 заправляют всесезонным маслом Р, проверяют его уровень и доливают при ТО-1, а заменяют только при ремонте.

Гидроприводы механизмов поворота тракторов обычно заправляют моторным маслом М-10$Г_2$ или М-10$В_2$ летом и МГ-8$Г_2$ или МГ-8$В_2$ зимой, проверяют его уровень и доливают при ТО-2, а заменяют при СТО.

В процессе эксплуатации тракторов «Беларус» с ГОРУ ежедневно контролируют уровень масла в масляном баке ГОРУ, через каждые 500 ч (первоначально) и 1000 ч (при последующем ТО) заменяют сливной масляный фильтр, а через каждые 1000 ч заменяют масло в ГОРУ.

После замены масла проводят операции по удалению воздуха из системы как указано в инструкции по эксплуатации.

Устраняют неисправности и регулируют гидроагрегаты в специализированной мастерской или на ремонтном заводе. В условиях же эксплуатации гидропривод периодически осматривают, прослушивают, контролируют уровень масла и при необходимости доливают его или заменяют (сезонно).

Безотказная и безопасная работа ГОРУ, как отмечено выше, достигается при строгом соблюдении правил заправки и при использовании рекомендованных и предварительно отфильтрованных масел с использованием фильтровальной установки с фильтром 25 мкм.

Глава 4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТОРМОЗНЫЕ ПРИВОДЫ АВТОМОБИЛЕЙ

4.1. Общие сведения

На всех легковых автомобилях, а также автобусах и грузовых автомобилях не выше третьего класса применяют гидростатические или гидровакуумные одно- или двухконтурные тормозные приводы. Тормозные системы современных легковых автомобилей имеют также электрический или комбинированный привод.

4.2. Одноконтурный гидростатический тормозной привод

Этот привод отличается простотой и состоит из четырех рабочих цилиндров *6* (рис. 4.31), встроенных в барабанные тормозные механизмы колес, однополостного главного тормозного цилиндра и общей напорной гидролинии.

Главный тормозной цилиндр преобразует поступательное движение, подведенное от тормозной педали через серьгу *7* и толкатель *9* к поршню *12*, в гидравлический поток тормозной жидкости к рабочим гидроцилиндрам *6*.

При отпущенной педали поршень *12* занимает крайнее левое положение, а его манжета *15* располагается между перепускным *13* и компенсационным *16* отверстиями в корпусе *18*. Выпускной *19* и впускной *20* клапаны закрыты, давление тормозной жидкости во всех полостях главного цилиндра равно атмосферному давлению, а в рабочих цилиндрах *6* и напорной гидролинии несколько больше атмосферного. Это избыточное давление, обусловленное действием пружины *17* впускного клапана *20*, предотвращает подсос воздуха через неплотности и способствует вытеканию тормозной жидкости, в результате чего обеспечивается визуальная диагностика напорной гидролинии и рабочих цилиндров *6*.

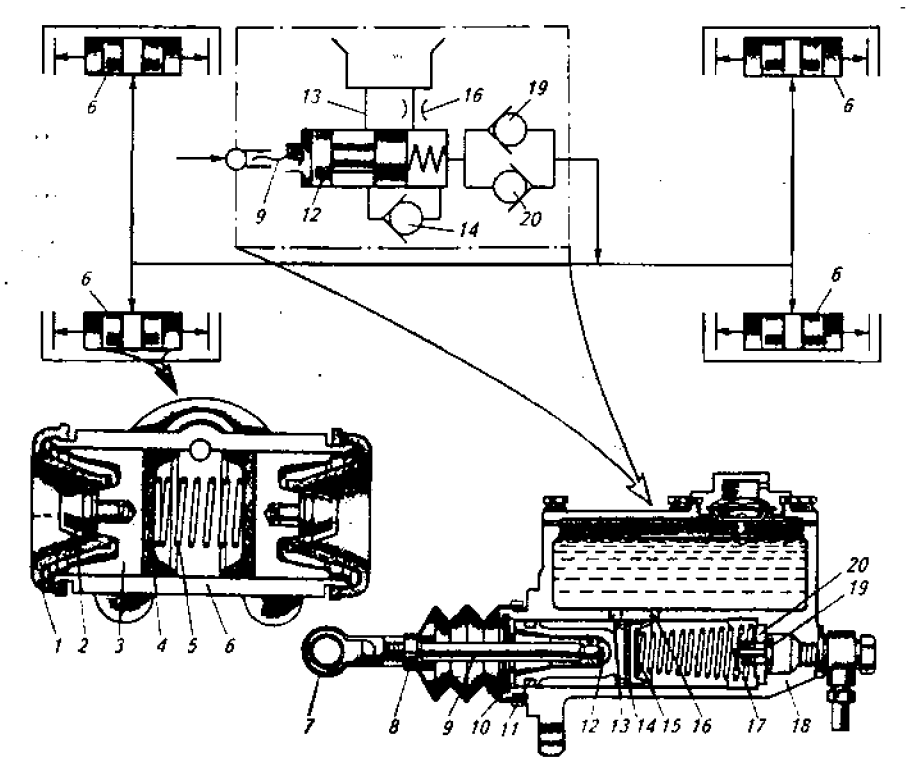


Рис. 4.31. Одноконтурный гидростатический тормозной привод: *1* – защитный колпак; *2*, *9* – толкатели; *3*, *12* – поршни; *4*, *11*, *15* – манжеты; *5*, *17* – пружины; *6* – рабочие цилиндры; *7* – серьга; *8* – контргайка; *10* – упорная шайба; *13* – перепускное отверстие; *14* – обратный пластинчатый клапан; *16* – компенсационное отверстие; *18* – корпус главного цилиндра; *19* – выпускной клапан; *20* – впускной клапан

Нажатие на педаль вызывает перемещение поршня *12* с манжетой *15* вправо. Меньшая часть тормозной жидкости через еще не закрытое компенсационное отверстие *16* вытесняется в бачок, а большая часть, открыв выпускной клапан *19*, поступает в полости между манжетами *4* и раздвигает поршни *3* рабочих цилиндров *6*. Поршни *3* через толкатели *2* поворачивают тормозные колодки и после выбора зазоров прижимают их к тормозным барабанам. При этом давление тормозной жидкости во всех рабочих цилиндрах одинаковое, а поданный объем пропорционален зазору между колодками и барабаном. Очевидно, что давление и напор тормозной жидкости ограничиваются усилием ноги водителя. Это *первый недостаток* гидростатического тормозного привода.

Резкое отпускание (бросание) педали вызывает быстрое перемещение поршня *12* влево под действием пружины *17*. Чтобы исключить при этом подсос воздуха через левую манжету, в поршне сделаны аксиальные отверстия, закрытые пластинчатым обратным клапаном *14*. Он открывается, и тормозная жидкость из бачка через перепускное *13* и аксиальные отверстия, отжав манжету *15* от цилиндра, поступает в надпоршневую полость, а при растормаживании перетекает в бачок через компенсационное отверстие *16*.

Если нарушены уплотнения в любом цилиндре или разорвана напорная гидролиния, возникает отказ всех колесных тормозов. Это *второй недостаток* одноконтурного тормозного привода.

Третий недостаток характерен для большинства тормозных приводов и проявляется в блокировке колес – прекращении их вращения под действием тормозных механизмов и привода.

Блокировка колес вызывает потерю устойчивости автомобиля, увеличивает его тормозной путь и вероятность дорожно-транспортных происшествий, особенно при больших скоростях движения по дорогам с твердым покрытием в разном состоянии.

Максимально возможная по сцеплению с дорогой тормозная сила колес прямо пропорциональна нормальной нагрузке на них и коэффициенту сцепления, которые зависят от режима и условий движения и изменяются в широких пределах. Например, коэффициент сцепления шин с мокрым асфальтом примерно в 1,5, а с мокрым и загрязненным – в 3 раза меньше, чем с сухим и чистым. Кроме того, он уменьшается с увеличением скорости движения и юза (скольжения в сторону движения).

Рабочим параметром тормозной системы является скольжение λ, которое определяется как:

$$\lambda = (v_F - v_R) / v_F \cdot 100\ \%, \qquad (17)$$

где v_F – приведенная скорость автомобиля,

v_R – усредненная скорость вращения колес.

Величина λ называется коэффициентом скольжения и измеряется в процентах.

Если $\lambda = 0$ %, колеса вращаются свободно; при $\lambda = 100$ % имеет место юз колеса, когда оно переходит в заблокированное состояние.

Для решения этой проблемы с целью повышения эффективности торможения в легковых автомобилях зарубежного производства применяют *антиблокировочные системы* (*АБС*) различного конструктивного исполнения. АБС установлена в современных двухосных автомобилях – тягачах МАЗ с применением датчиков скорости вращения колес, электропневмомодуляторов тормозного давления и микропроцессорного блока управления (раздел 3, глава 5 «Тормозные системы», п. 5.4.7).

Одноконтурный гидровакуумный тормозной привод автомобилей ГАЗ-52-04, ГАЗ-53-12 и ГАЗ-66 обеспечивает легкость управления за счет применения гидровакуумного усилителя. Однако ему свойственны *второй и третий недостатки* гидростатического тормозного привода.

4.3. Двухконтурный гидровакуумный тормозной привод

Такой привод находит применение, например, в легковых автомобилях ВАЗ и обеспечивает легкость управления за счет применения *вакуумного усилителя*.

Поступление жидкости в рабочие цилиндры по двум *независимым контурам* (*гидролиниям*) уменьшает вероятность отказа передних дисковых и задних барабанных тормозных механизмов. Кроме того, исключается раздельная блокировка колес за счет питания задних рабочих цилиндров через регулятор давления тормозной жидкости.

Перед торможением автомобиля дроссельную заслонку карбюратора закрывают. Поршни, движущиеся в цилиндрах двигателя возвратно-поступательно, засасывают топливовоздушную горючую смесь из впускного трубопровода и создают в нем разрежение до 0,05 МПа. Это разрежение и используют как источник энергии в гидровакуумном или вакуумном усилителе тормозного привода.

4.3.1. Гидровакуумный усилитель тормозного привода

Гидровакуумный усилитель тормозного привода автомобилей ГАЗ состоит из соединенных вместе корпусов вакуумной камеры *1* (рис. 4.32), клапана управления *10* и гидроцилиндра *19*.

Вакуумная камера собрана из двух штампованных чашек-корпусов *1*, между которыми с помощью хомутов зажата диафрагма *2*, соединенная через тарелку *3* и шайбу с толкателем *4* поршня *16* гидроцилиндра. Полость *Г* камеры через обратный клапан *15* постоянно соединена с выпускным трубопроводом двигателя, а полость *В* – с клапаном управления. Обе полости герметичны.

Клапан управления в зависимости от давления тормозной жидкости в напорной гидролинии главного тормозного цилиндра управляет вакуумной камерой. Он состоит из следящего поршня *12* с диафрагмой и пружиной *11*, воздушного *8* и вакуумного *6* клапанов с общим штоком и пружиной *7*. Диафрагма клапана управления зажата между корпусами *10* и *19*, закреплена на поршне *12* и отжимается вниз пружиной *11* и разрежением в полости *Г* вакуумной камеры.

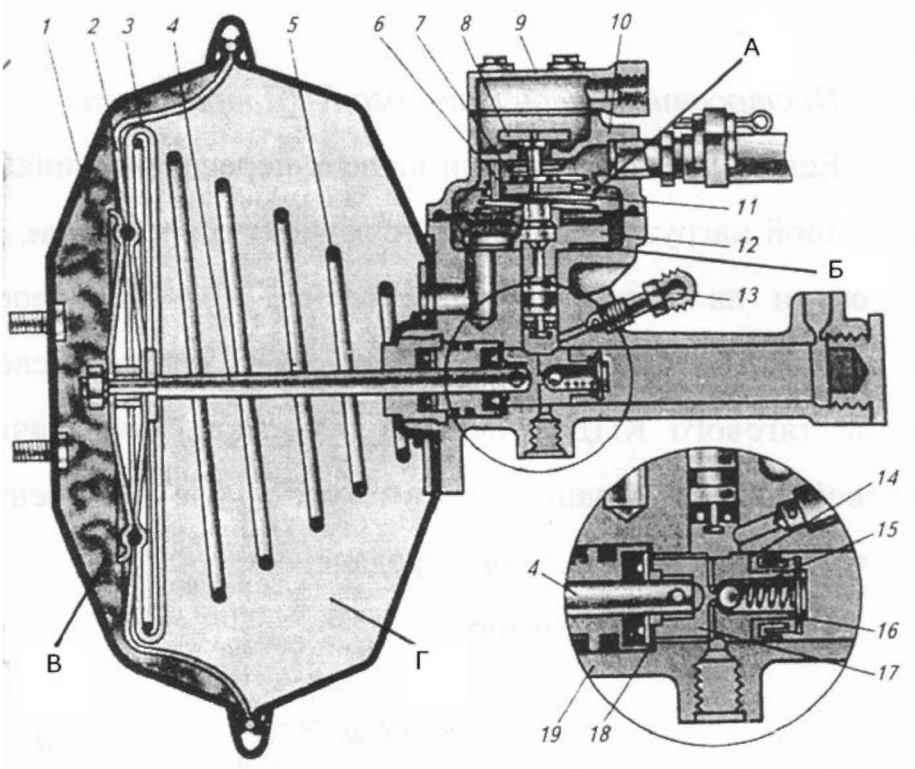


Рис. 4.32. Гидровакуумный усилитель автомобилей ГАЗ: *1* – корпус вакуумной камеры; *2* – диафрагма; *3* – тарелка диафрагмы; *4*, *17* – толкатели; *5*, *7*, *11* – пружины; *6* – вакуумный клапан; *8* – воздушный клапан; *9* – крышка клапана управления; *10* – корпус клапана управления; *12* – следящий поршень; *13* – перепускной клапан; *14* – манжета; *15* – обратный клапан; *16* – поршень гидроцилиндра; *18* – упорная шайба; *19* – корпус гидроцилиндра; *А*, *Б* – полости клапана управления; *В*, *Г* – полости вакуумной камеры

Гидроцилиндр включен последовательно в напорную гидролинию между главным и рабочим цилиндрами и предназначен для создания давления в последних при параллельном действии главного тормозного цилиндра и вакуумной камеры. Толкатель *4* и поршень *16* гидроцилиндра соединены стержнем. В продольный паз поршня *16* свободно установлен пластинчатый П-образный толкатель *17* обратного шарикового клапана *15*. В крайнем левом положении поршня *16* толкатель *17* упирается в шайбу *18* и выступом открывает клапан *15*. В других положениях толкатель *17* на клапан *15* не действует.

Постоянная готовность гидровакуумного усилителя к срабатыванию обеспечивается надежным отключением вакуумной камеры от атмосферы, сообщением полостей *А*, *Б*, *В*, *Г* (рис. 4.33) между собой и всасыванием из них воздуха через впускной трубопровод двигателя. Такое положение усилитель занимает при отпущенной педали, когда обратный клапан *15* открыт толкателем *17*, давление в напорной гидролинии минимально и обусловлено действием пружины впускного клапана главного тормозного цилиндра, поршень *12* пружиной *11* смещен вниз, воздушный клапан *8* под действием пружины *7* закрыт, а вакуумный клапан *6* открыт и сообщает между собой полости *А*, *Б*, *В*, *Г* (рис. 4.33).

При резком нажатии на педаль тормоза *20* (рис. 4.33) поршень *16* (рис. 4.32) вместе с толкателями *4*, *17* и диафрагмой *2* под действием давления p_1 тормозной жидкости перемещаются вправо, а поршень *12* с диафрагмой клапана управления – вверх. Подаваемая тормозная жидкость раздвигает поршни рабочих цилиндров, и они поворачивают тормозные колодки, преодолевая сопротивление пружин. Когда колодки выберут зазор, сопротивление их повороту и давление p_1 тормозной жидкости увеличатся. Под действием этого давления поршень *12* перемещается вверх и сжимает пружину *11*. Его седло прижимается к вакуумному клапану *6*, а шток открывает воздушный клапан *8*. Это вызывает отключение полостей *Б* и *Г* от полостей *А* и *В* и сообщение последних через фильтр с атмосферой. Под действием разности давлений диафрагма *2* прогибается, сжимая пружину *5* и через толкатель *4* помогает тормозной жидкости, подаваемой главным цилиндром, перемещать поршень *16* вправо и уже под большим давлением p_2 раздвигать поршни рабочих цилиндров и прижимать колодки к тормозным барабанам. Закрытый обратный клапан *15* и манжета *14* поршня *16* отделяют гидролинию управления с давлением p_1 от напорной гидролинии с давлением p_2.

Остановка нажатой педали вызывает незначительное уменьшение давления p_1 из-за еще перемещающегося вправо поршня *16*. Поэтому поршень *12*

перемещается вниз пружинами *7* и *11* до тех пор, пока воздушный клапан *8* под действием пружины *7* не закроется при закрытом вакуумном клапане *6*.

Так как воздушный клапан *8* закрыт, то атмосферный воздух прекращает поступать в полость *В*, диафрагма *2* останавливается и под действием разности давлений помогает педали удерживать через толкатель *4* поршень *16* под давлением $p_2 > p_1$.

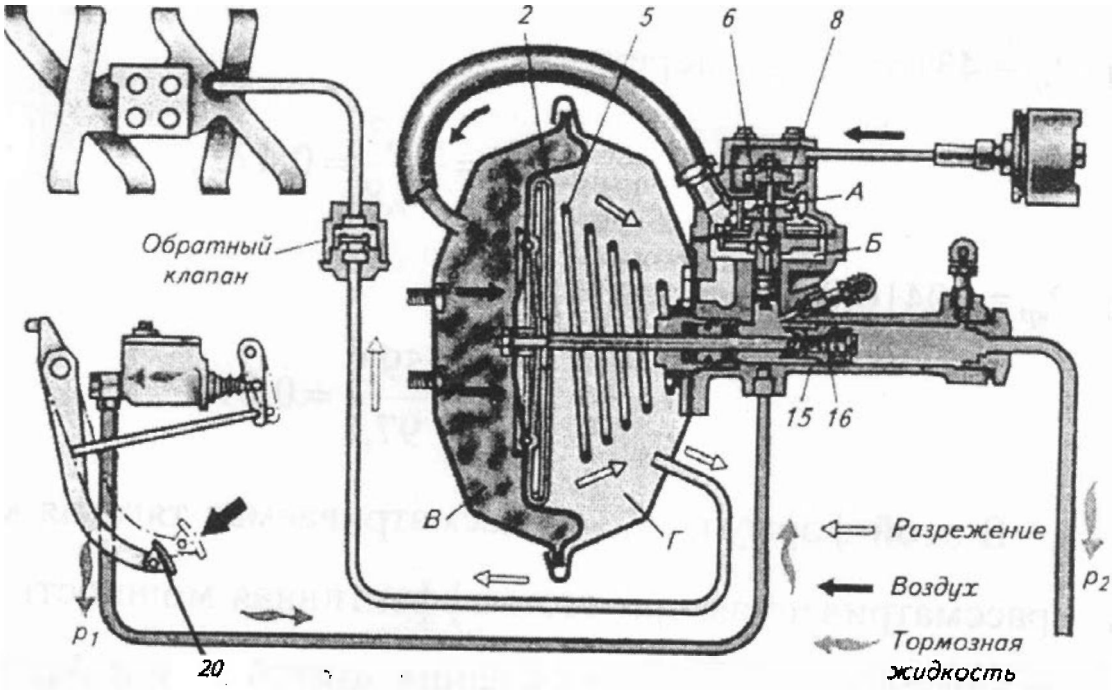


Рис. 4.33. Схема работы гидровакуумного усилителя автомобилей ГАЗ: *2*, *5*, *6*, *8*, *15*, *16* – см. рис. 4.32; *20* – педаль тормоза; *А*, *Б* – полости клапана управления; *В*, *Г* – полости вакуумной камеры; p_1 – давление тормозной жидкости от усилия нажатия на педаль тормоза; p_2 – давление тормозной жидкости, усиленное вакуумной камерой

Если при остановленной педали разрежение во впускном трубопроводе двигателя увеличится, то диафрагма клапана управления вызовет перемещение поршня *12* вниз, вакуумный клапан *6* приоткроется и перепустит часть воздуха из полости *В* в полость *Г*, а диафрагма *2* сохранит положение поршня *16* неизменным. Уменьшению разрежения в полости *Г* из-за его уменьшения во впускном трубопроводе препятствует обратный клапан.

При отпускании педали давление p_1 тормозной жидкости уменьшается, поршень *12* пружиной *11* перемещается вниз, вакуумный клапан *6* полностью открывается, сообщая полости *А*, *Б*, *В*, *Г* между собой. Диафрагма *2* под действием пружины *5* и быстро уменьшающегося давления p_2 тормозной жидкости через поршень *16* и толкатель *4* перемещается в крайнее левое положение. В конце ее хода толкатель *17* упирается в шайбу *18* и открывает клапан *15*, сообщая гидролинию управления с напорной.

4.3.2. Рабочие цилиндры

Рабочие цилиндры барабанных тормозов могут быть одно- и двухпоршневыми, с автоматической регулировкой положения поршней и без нее.

Двухпоршневые несаморегулирующиеся рабочие цилиндры тормозов передних и задних колес автомобиля ГАЗ-53-12 одинаковы. Они показаны на рис. 4.31 и состоят из двух поршней *3* с уплотнительными манжетами *4*, установленными в цилиндре корпуса *6*. Поршни имеют толкатели *2*, которые констатируют с тормозными колодками, и защитные колпаки *1*. Между манжетами поршней установлена пружина *5*.

Однопоршневые несаморегулирующиеся рабочие цилиндры устанавливают по два в тормозные механизмы передних колес автомобилей УАЗ-3303 и ГАЗ-66.

Саморегулирующийся однопоршневой рабочий цилиндр *7* (рис. 4.34) переднего барабанного тормоза легкового автомобиля ГАЗ имеет упорное кольцо *9*, запрессованное в расточку цилиндра. При сборке поршень *10* вставляют в цилиндр и поворачивают на 90°. Благодаря срезам на поршне и кольце, поршень проходит на свое место. После этого поршень может перемещаться вдоль цилиндра только на величину зазора между выточкой поршня и толщиной кольца. Величина этого зазора составляет 1,90–2,06 мм.

Для нормальной работы тормозов между колодками *4*, *6* и барабаном *5* в нерабочем положении должен быть зазор 0,15 мм.

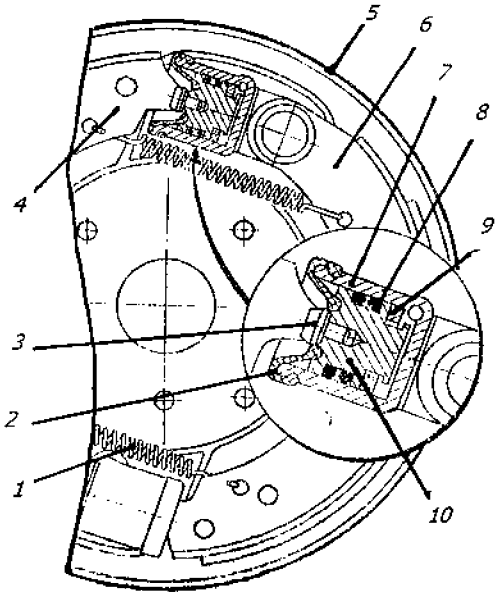


Рис. 4.34. Однопоршневой цилиндр с автоматической регулировкой легкового автомобиля ГАЗ: *1* – стяжная пружина; *2* – защитный колпак; *3* – толкатель; *4* – колодка; *5* – барабан; *6* – колодка; *7* – рабочий цилиндр; *8* – уплотнительное кольцо; *9* – упорное кольцо; *10* – поршень

По мере износа колодок и барабана, водитель, прилагая несколько большее усилие при торможении, заставляем упорное кольцо *9* переместиться к наружной стороне рабочего цилиндра и этим автоматически восстанавливает оптимальную регулировку свободного хода тормозных колодок.

Саморегулирующиеся двухпоршневые рабочие цилиндры применяют в тормозных механизмах задних колес большинства легковых автомобилей. Саморегулировку обычно обеспечивает разрезное пружинное кольцо, расположенное с осевым зазором в канавке поршня и запрессованное в цилиндр с усилием, не превышающим силу максимального давления тормозной жидкости на поршень. При износе фрикционных накладок поршни под давлением тормозной жидкости перемещают кольца в цилиндре, а они ограничивают ход поршней назад. В рабочих цилиндрах автомобилей ВАЗ этот ход можно регулировать.

4.3.3. Сигнализатор аварийной утечки тормозной жидкости гидростатического двухконтурного тормозного привода

Сигнализатор аварийной утечки тормозной жидкости применяют в двухконтурных тормозных приводах некоторых моделей автомобилей ГАЗ и УАЗ. В расточку корпуса *2* (рис. 4.35) сигнализатора установлены короткий *3* и длинный *6* поршни с уплотнительными кольцами *7*. На длинном поршне *6* сделана канавка, в которую под действием толкателя выключателя *4* контрольной лампы входит шарик *5*.

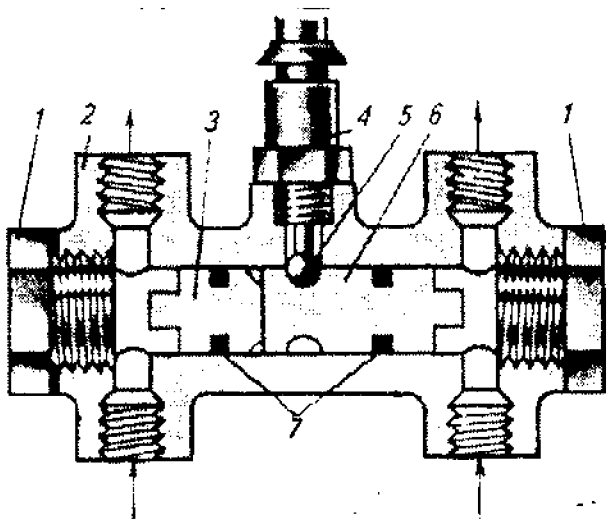


Рис. 4.35. Установка выключателя сигнализации утечки тормозной жидкости в автомобиле УАЗ: *1* – пробки; *2* – корпус; *3* – короткий поршень; *4* – выключатель; *5* – шарик; *6* – длинный поршень; *7* – уплотнительные кольца

При неисправных напорных гидролиниях тормозов передних и задних колес давление тормозной жидкости на поршни *3* и *6* одинаково, шарик *5* утопает в канавке, а контрольная лампа на щитке приборов выключена.

Уменьшение давления тормозной жидкости в одной из напорных гидролиний вызывает перемещение поршней *3* и *6* в ее сторону, шарик *5* выходит из канавки, нажимая на толкатель выключателя *4*, и контрольная лампа загорается, сигнализируя водителю о неисправности тормозного привода.

Глава 5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТОРМОЗНЫЕ ПРИВОДЫ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

5.1. Общие сведения

На всех отечественных тракторах «Беларус», оборудованных новыми сферическими кабинами типа 2522, применяется гидростатический привод рабочих тормозов. Характерной особенностью тракторов, имеющих гидростатический тормозной привод, является наличие подвесных педалей рабочих тормозов, ось качания которых «подвешена» над полом кабины. Такая компоновка органов управления тормозами позволила герметизировать кабину, исключив прорези (окна) в полу кабины, что весьма важно для снижения уровня шума на рабочем месте оператора и поддержания стабильного микроклимата в кабине.

Первый опыт применения гидростатического тормозного привода связан с трактором «Беларус-1221В» реверсивной модификации с унифицированной (прямоугольной) кабиной.

5.2. Гидростатический тормозной привод реверсивного трактора «Беларус-1221В»

В этом тракторе для управления рабочими тормозами при работе трактора передним ходом используется механический привод педалью *4* (рис. 4.36) напольного типа.

Для управления рабочими тормозами в режиме реверса возле задней стенки кабины на реверсивном посту управления установлена дополнительная педаль *2*, подвешенная на оси, расположенной над полом кабины.

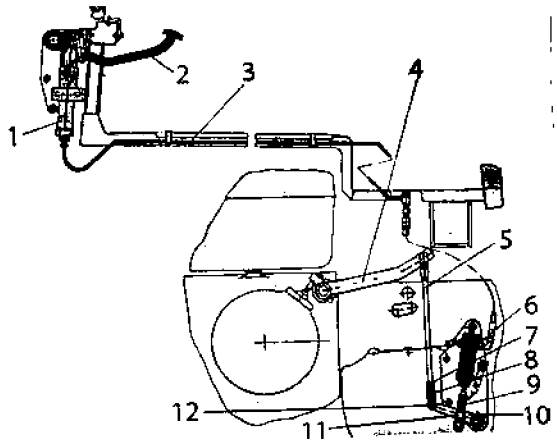


Рис. 4.36. Гидропривод рабочих тормозов реверсивного трактора «Беларус-1221В»: *1* – главный тормозной цилиндр; *2* – педаль тормоза на реверсе; *3* – трубопровод; *4* – рычаг правой педали тормоза переднего хода; *5* – тяга; *6* – рабочий цилиндр; *7* – гайка; *8*, *9* – вилка; *10* – рычаг; *11*, *12* – палец

Гидростатический привод состоит из главного тормозного цилиндра *1*, рабочего цилиндра *6* и напорного трубопровода *3*. Педаль *2* шарнирно соединена с толкателем поршня главного тормозного цилиндра и при нажатии на педаль тормоза происходит перемещение толкателя и поршня главного цилиндра вниз. Несжимаемая тормозная жидкость, перемещаясь в трубопроводе *3*, оказывает давление на поршень рабочего цилиндра *6*. Поршень движется вниз и через толкатель с вилкой *9* поворачивает рычаг *10* против часовой стрелки. Рычаг *10* и педаль *4* правого рабочего тормоза переднего хода соединены вилками и пальцами с тягой *5*. При повороте рычага *10* тяга *5* перемещается вниз вместе с педалью *4*. Происходит включение рабочего тормоза.

При работе трактора передним ходом рабочий тормоз имеет механический привод педалью *4*. При торможении тяга *5* и рычаг *10* перемещаются вхолостую в пределах паза вилки *9*, не оказывая воздействия на шток рабочего цилиндра *6*.

5.3. Гидростатический тормозной привод тракторов «Беларус-822.3, -823.3, -922.3, -923, -923.3»

Гидростатический привод рабочих тормозов обеспечивает независимое или сблокированное управление рабочими тормозами. Привод состоит из педалей *4*, *5* (рис. 4.37), управляющих двумя главными цилиндрами *13*, *13а* через толкатели *16*, соединенные с педалями с помощью вилок *7*, контргаек *6* и пальцев *8*; рабочих цилиндров *11*, *11а*, соединенных с главными цилиндрами, трубопроводами *18*, *19*. Толкатели *20*, *20а* рабочих цилиндров шарнирно

соединены с рычагами, которые воздействуют на болты-тяги *9*, *10*, связанные с нажимными дисками тормозов через рычажную систему.

При нажатии на педали тормозов усилие передается на толкатели *16* поршней *17* главных цилиндров, которые выдавливают тормозную жидкость по трубопроводам *18*, *19* в поршневые полости рабочих цилиндров *11а*, *11*, и в результате перемещения поршней и толкателей происходит поворот рычагов *21*, *22*, валика *23* и выключение рабочих тормозов.

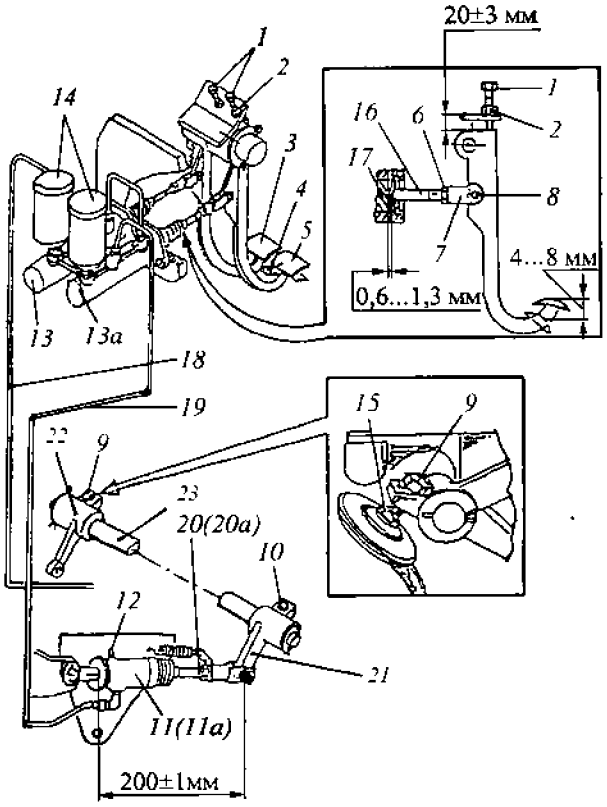


Рис. 4.37. Гидропривод рабочих тормозов тракторов «Беларус» серий 800 и 900 с кабиной 2522: *1* – упорные болты; *2*, *6*, *15* – контргайки; *3* – педаль правого тормоза; *4* – блокировочная планка; *5* – педаль левого тормоза; *7* – вилка; *8* – палец; *9* – болт-тяга правого тормоза; *10* – болт-тяга левого тормоза; *11*, *11а* – рабочий цилиндр левый (правый); *12* – клапан; *13*, *13а* – главный цилиндр правый (левый); *14* – бачки; *16* – толкатель; *17* – поршень; *18*, *19* – трубопроводы; *20*, *20а* – толкатель левый (правый); *21*, *22* – рычаг; *23* – валик

5.4. Комбинированный гидростатический тормозной привод трактора «Беларус-2022В, -2022В.3» с реверсивным постом управления

По заказу потребителей энергонасыщенные тракторы «Беларус» серий 1200, 1500 и 2000 могут быть оборудованы реверсивным постом управления для длительного использования трактора в агрегате с сельскохозяйственными

машинами, навешенными на заднее навесное устройство. Такие тракторы имеют комбинированные гидроприводы рабочих тормозов, которые позволяют управлять тормозами как при движении передним ходом, так и в режиме реверса. Гидростатические приводы упрощают компоновку составных частей привода тормозной системы переднего хода и реверса.

Устройство и работу привода рассмотрим на примере энергонасыщенного реверсивного трактора «Беларус-2022В» мощностью 200 л. с.

Гидростатический независимый привод рабочих тормозов на переднем ходу осуществляется с помощью подвесных педалей *2*, *2а* (рис. 4.38) и состоит из двух главных тормозных цилиндров *6*, *6а*, толкатели которых через вилки *3* и пальцы *3а*, шарнирно соединены с педалями рабочих тормозов; левого *32* и правого *39* рабочих цилиндров, соединенных трубопроводами *1*, *24*, *36* с главными тормозными цилиндрами; крана *35*, установленного между контурами гидропривода переднего хода и реверса. Штоки рабочих цилиндров *32*, *39* через вилки *27*, *44* и пальцы соединены с двуплечими рычагами *34*, *38* валов рабочих тормозов, которые управляют нажимными дисками для включения и выключения тормоза.

Кран *35* золотникового типа обеспечивает автоматическое гидравлическое соединение главных тормозных цилиндров *6*, *6а* переднего хода с рабочими цилиндрами *32*, *39* и запирает проход тормозной жидкости к гидроприводу тормозов реверсного контура; срабатывание крана происходит при нажатии на педали *2*, *2а*.

При работе в режиме реверса нажатие на педаль *22* приводит к автоматическому подключению контура реверса и отключению контура переднего хода.

При нажатии на педали *2*, *2а* рабочих тормозов перемещаются шток и поршень главного тормозного цилиндра, и тормозная жидкость под давлением поступает к рабочему цилиндру тормоза по трубопроводам *24*, *36*. Под давлением жидкости перемещаются поршень и шток рабочего цилиндра, который, в свою очередь, поворачивает двуплечий рычаг и вал тормоза, что приводит к разжатию нажимных дисков тормозного механизма и включению тормоза.

Гидростатический привод тормозов в режиме реверса управляется одной подвесной педалью *22* и состоит из главного тормозного цилиндра реверса *20*, толкатель *14* которого через вилку *16* и палец *16а*, шарнирно соединен с рычагом педали; крана *35* и рабочих цилиндров *32*, *39*, которые в режиме реверса управляются одной педалью *22*.

Управление рабочими тормозами на реверсе педалью *22* с точки зрения гидропривода аналогично режиму переднего хода.

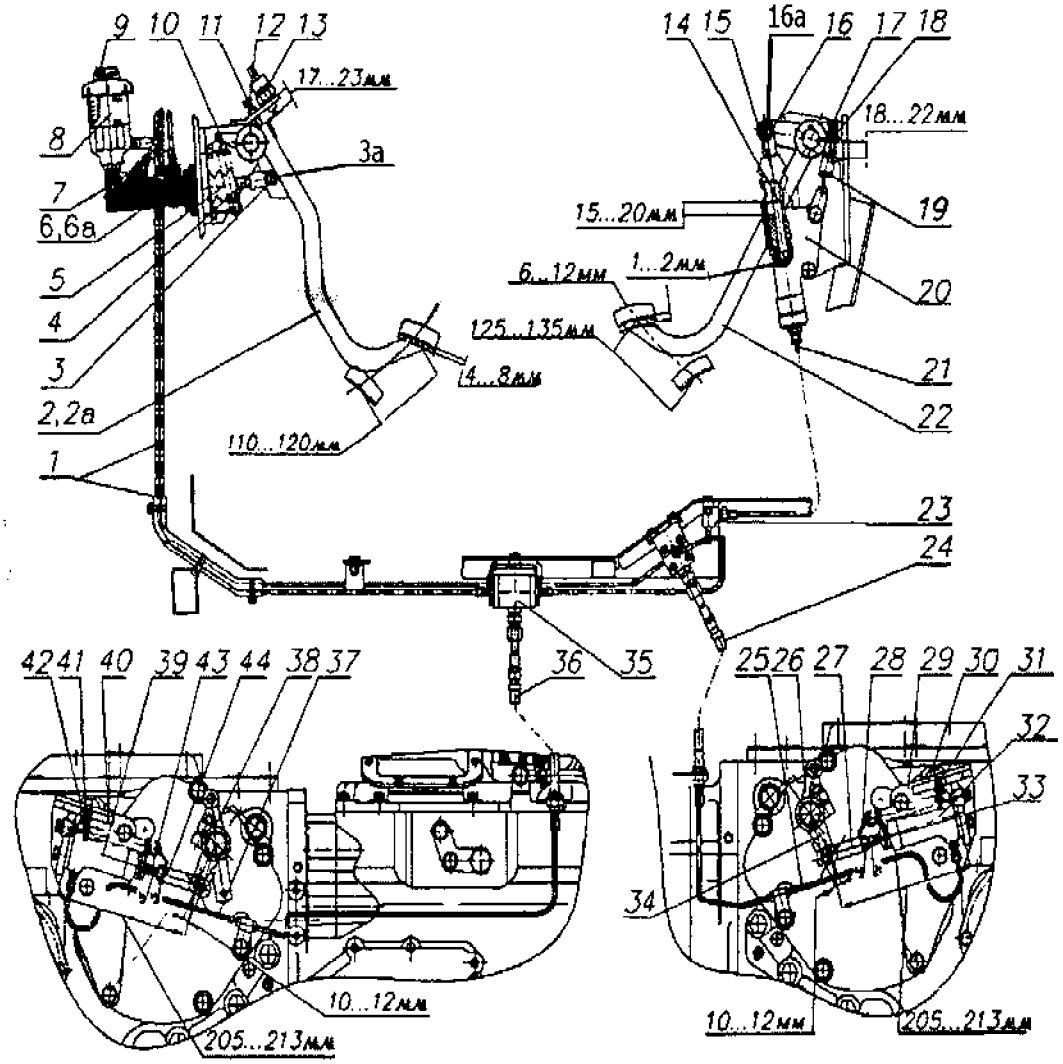


Рис. 4.38. Комбинированный гидропривод тормозной системы реверсивного трактора «Беларус-2022В, -2022В.3»: *1*, *21*, *25*, *37* – трубопровод; *2*, *2а* – педаль рабочего тормоза переднего хода; *3* – вилка; *3а*, *16а* – палец; *4* – контргайка; *5*, *15* – чехол; *6*, *6а* – главный цилиндр; *7* – трубопровод уравнительных клапанов; *8* – бачок; *9* – датчик уровня тормозной жидкости; *10*, *19* – пружина; *11*, *18* – контргайка; *12*, *17* – болт упорный; *13* – выключатель стоп-сигнала и БД заднего моста; *14* – толкатель; *16*, *27*, *44* – вилка; *20* – главный цилиндр реверса; *22* – педаль рабочего тормоза реверса; *23* – угольник; *24*, *36* – шланг гибкий тормозов; *26*, *34*, *38* – рычаг; *28*, *43* – контргайка; *29* – кронштейн левый; *30*, *41* – колпачок; *31*, *42* – клапан перепускной; *32* – цилиндр рабочий левый; *33* – палец; *35* – кран; *39* – цилиндр рабочий правый; *40* – кронштейн правый

В качестве рабочей жидкости гидростатического привода рабочих тормозов тракторов «Беларус» используется тормозная жидкость «Нева-М» ТУ 2451–053–36732629–2003 (основная жидкость) или зарубежные аналоги DOT; DOT4 (Германия).

Ежедневный контроль уровня тормозной жидкости производится по прозрачным бачкам *8* главных цилиндров фирмы *Meritor*. В крышке бачка правого главного тормозного цилиндра установлен датчик тормозной жидкости, который при снижении уровня ниже допустимых пределов включает

сигнальную лампу на щитке приборов, сигнализируя о необходимости откорректировать уровень.

Для главного тормозного цилиндра *20* реверса контроль уровня производят при сдвинутом чехле корпуса цилиндра.

5.5. Возможные неисправности и техническое обслуживание тормозных гидроприводов тракторов и автомобилей

Надежность гидравлических тормозных приводов зависит прежде всего от качества тормозной жидкости, особенно от ее чистоты. Загрязнение тормозной жидкости нефтепродуктами вызывает набухание манжет и других резиновых деталей и, как следствие, зависание поршней главных и рабочих цилиндров, клапанов управления, кранов автоматического переключения (тракторы «Беларус»), аварийных сигнализаторов (автомобили УАЗ).

Загрязнение механическими примесями приводит к ускоренному изнашиванию или заклиниванию подвижных деталей и утечке тормозной жидкости.

Накопление воды в таких гигроскопичных жидкостях как ГТЖ-22М и «Нева-М» резко снижает температуру ее кипения и эффективность тормозного привода, вызывает коррозию и заедание подвижных деталей. **Категорически не допускается смешивание тормозных жидкостей различных марок** (БСК, ГТЖ-22М, «Нева-М»), так как это ускоряет процесс набухания резиновых манжет и других уплотнений, оказывает коррозийное воздействие на металлические детали, вызывает расслоение смеси.

Попадание в систему гидропривода воздуха из-за нарушения герметичности приводит к увеличению сжимаемости тормозной жидкости, что резко снижает эффективность гидростатического тормозного привода из-за увеличения полного хода тормозных педалей, снижению хода и усилия толкателей рабочих цилиндров.

При техническом обслуживании тракторов и автомобилей необходимо не только ежедневно контролировать уровень тормозной жидкости в бачках главных тормозных цилиндров, но и чистоту жидкости в гидроприводе.

Загрязненные тормозные жидкости БСК и «Нева-М» сливают в специальную посуду и сжигают, а жидкость ГТЖ-22М разбавляют 10–15 объемами воды, сливают в яму и засыпают землей. После слива загрязненной тормозной жидкости и ремонта гидроагрегатов тормозной привод промывают денатурированным спиртом, заливают и прокачивают чистую тормозную

жидкость только той марки, которая рекомендована заводом-изготовителем. Использование тормозной жидкости другой марки может вызвать быстрый отказ гидропривода.

Прокачка тормозного гидропривода необходима для удаления воздуха из полостей прерывистыми потоками тормозной жидкости через перепускные клапаны *13* (рис. 4.32) гидровакуумного усилителя и всех рабочих цилиндров. Прокачку обычно выполняют вдвоем и начинают с гидроагрегата, расположенного выше или дальше от главного тормозного цилиндра.

В автомобилях ГАЗ прокачку начинают с гидровакуумного усилителя. Для этого очищают резиновый колпачок перепускного клапана *13* от пыли и грязи, вместо него надевают резиновый шланг и погружают его выходной конец до дна прозрачной бутылки, наполовину заполненной тормозной жидкостью. После нажатия тормозной педали перепускной клапан отворачивают на $^{1}/_{2}$–$^{3}/_{4}$ оборота, а в конце хода педали заворачивают, наблюдая все это время за выделением пузырьков воздуха из шланга. Доливая тормозную жидкость в главный цилиндр, повторяют прокачку до прекращения выделения пузырьков воздуха. Затем тормозную жидкость прокачивают через перепускной клапан каждого рабочего цилиндра в последовательности: задний правый, передний правый, передний левый, задний левый.

В реверсивных тракторах «Беларус» прокачку гидропривода тормозов начинают в режиме переднего хода при сблокированных педалях *2*, *2а* (рис. 4.38) рабочих тормозов. Снимают колпачки *30*, *41* с перепускных клапанов *31*, *42* рабочих цилиндров *32*, *39* соответственно. Прокачивают систему через клапан *31* левого рабочего цилиндра *32*. Как описано выше при прокачке автомобильного привода, производят не менее 4–5 манипуляций прокачки до полного исчезновения пузырьков воздуха из трубки, погруженной в жидкость «Нева-М».

В такой же последовательности прокачивают гидропривод правого рабочего тормоза через клапан *42* правлого рабочего цилиндра *32*, затем доливают тормозную жидкость в бачки *8* до меток «MAX» и приступают к прокачке реверсного контура гидропривода тормозов.

Прокачка производится аналогично контуру переднего хода. Для этой цели используют педаль *22* тормоза реверсивного поста и удаляют воздух через клапаны *31*, *42* в той же последовательности, что и для гидропривода переднего хода.

При сдвинутом чехле корпуса главного цилиндра *20* реверса, контролируют уровень жидкости в компенсационной камере цилиндра и при необходимости доливают до уровня на 15–20 мм ниже верхней кромки корпуса (рис. 4.38).

В тракторах «Беларус» серий 900, 1000, 1200, 1500, 2000 без реверсивного поста управления прокачку гидропривода рабочих тормозов производят аналогичным методом через клапаны *12* (рис. 4.37) левого и правого рабочих цилиндров *11*, *11а* при сблокированных педалях *3*, *5* с помощью блокировочной планки *4*.

Свободный ход педали тормоза автомобилей при отрегулированных тормозных механизмах должен быть 4–8 мм. Ему соответствует зазор между толкателем и поршнем главного тормозного цилиндра 1,5–2,5 мм. При правильной регулировке и прокачке полностью нажатая педаль не должна опускаться более чем на половину хода.

Свободный ход педалей рабочих тормозов с гидростатическим приводом тракторов «Беларус» должен быть в пределах 4–8 мм, что соответствует зазору 0,6–1,3 мм между поршнем и толкателем каждого главного цилиндра переднего хода (фирмы *Meritor*). Свободный ход педали тормоза реверсивного поста должен составлять 6–12 мм.

После прокачки системы и регулировки свободного хода полный ход педалей должен быть 100–120 мм при усилии 270–300 Н на каждой педали или 550–600 Н при сблокированных педалях. Подрегулировку производят регулировочными болтами *9* (рис. 4.37) или вращением вилок *27*, *44* (рис. 4.38) тяг рабочих цилиндров *32*, *39* при отпущенных контргайках *28*, *43*. Полный ход педали тормоза реверсивного поста должен составлять 125–135 мм.

По требованиям современной нормативно-технической документации неодновременность начала торможения (боковой увод) не должен превышать 0,5 м. подрегулировку производят для отстающего рабочего тормоза левого или правого борта (регулировочным болтом или изменением длины тяг рабочих цилиндров).

Глава 6. ГИДРОПРИВОДЫ МОМ, ЗАДНИХ И ПЕРЕДНИХ НАВЕСНЫХ УСТРОЙСТВ (ЗНУ и ПНУ)

6.1. Общие сведения

Гидроприводы МОМ предназначены для управления переносом вращательного движения от трактора к агрегатируемым машинам.

Гидропривод МОМ трактора Т-150К автономный, встроен в редуктор МОМ и включает в себя насос НШ-6-Т с сетчатым фильтром-заборником, шариковый клапан плавного включения с рычажно-тросовым управлением

из кабины, плунжерный перепускной клапан и гидроподжимную муфту. Рабочую жидкость (моторное масло М-8В2 или М-8Б2) заливают до уровня контрольного отверстия с пробкой в задней стенке редуктора.

Рычаг управления гидроподъемной муфтой, расположенный в кабине, имеет два фиксируемых положения. При нижнем положении рычага шариковый клапан полностью открыт и пропускает все масло, подаваемое насосом, на слив под минимальным давлением. МОМ выключен.

Плавный поворот рычага в верхнее положение вызывает плавное закрытие шарикового клапана, увеличение давления масла в гидроподжимной муфте, включение МОМ и слив масла через перепускной клапан под давлением 1 МПа.

Гидропривод МОМ трактора К-701 объединен с гидроприводом коробки передач. Гидроподжимная муфта *9* (рис. 4.6) привода МОМ установлена между карданными валами и унифицирована с муфтами (фрикционами) *4* и *2*. Масло в нее поступает от насоса *3* через фильтры *5*, *22* и золотник *11*. Муфта соединяет или разъединяет передний и задний карданные валы. Плавное включение МОМ (ведомого вала редуктора) обеспечивается дросселированием потока масла в бустер гидроподжимной муфты *9* при плавном повороте золотника *11* рычагом из кабины.

6.1.1. Гидропривод МОМ тракторов «Беларус-1021, -1025, -1221, -1221В»

Гидропривод МОМ состоит из двухпозиционного крана *2* (рис. 4.39), управляемого рукояткой *1*; гидроцилиндра *7* двухстороннего действия, шток *8* которого соединен с помощью пальца с рычагом *9* валика *10* управления планетарным редуктором МОМ; маслопроводов *3*, *5* и *6*.

Напорный маслопровод *3*, связанный с гидросистемой трансмиссии, подает поток масла под давлением (1,0 ± 0,1)Мпа к полостям гидроцилиндра *7* через кран *2* и маслопроводы *6*.

В верхнем положении рукоятки *1* масло под давлением подается в поршневую полость гидроцилиндра. Шток *8* выдвигается и поворачивает валик *10*, включая пусковой ленточный тормоз планетарного редуктора. МОМ включен. Из штоковой полости гидроцилиндра масло выходит на слив в корпус трансмиссии по маслопроводу *5*.

В крайнем нижнем положении рукоятки *1* масло под давлением подается в штоковую полость гидроцилиндра, включая тормозную ленту выходного вала МОМ. МОМ выключен.

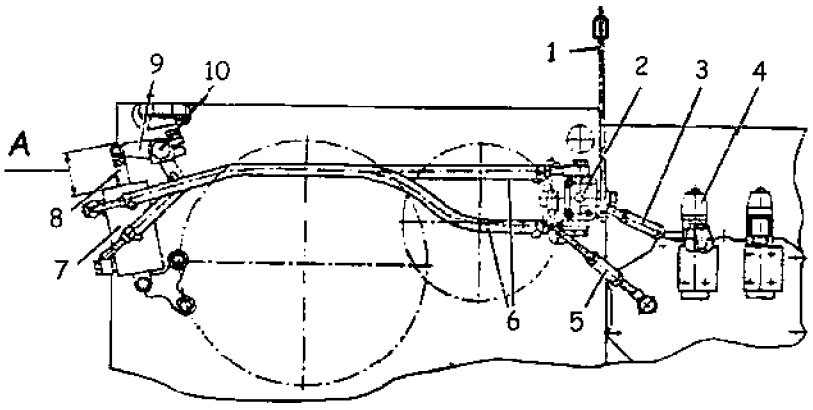


Рис. 4.39. Схема гидропривода МОМ: *1* – тяга; *2* – кран; *3* – маслопровод отбора масла; *4* – электрораспределитель привода ПВМ; *5* – маслопровод сливной; *6* – маслопроводы гидроцилиндра ВОМ; *7* – гидроцилиндр; *8* – шток; *9* – рычаг; *10* – валик управления тормозными лентами

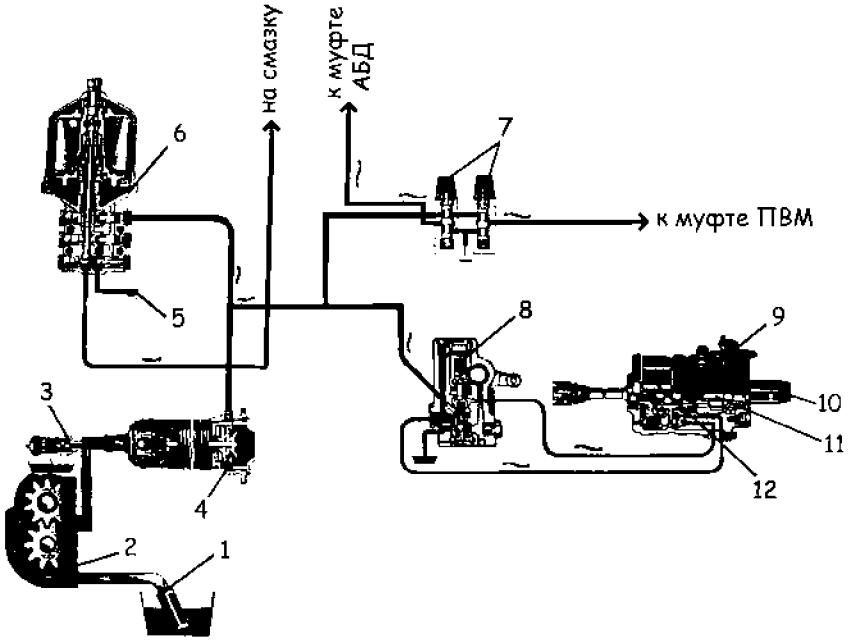


Рис. 4.40. Схема гидропривода МОМ («Беларус-1222, -1222, -1523, -2022»): *1* – фильтр-заборник; *2* – шестеренчатый насос; *3* – предохранительный клапан; *4* – фильтр сетчатый; *5* – смазка дифференциала заднего моста; *6* – фильтр-распределитель; *7* – электрогидрораспределители; *8* – гидрораспределитель или кран управления; *9* – фрикцион тормоза МОМ; *10* – выходной вал МОМ (ВОМ); *11* – редуктор МОМ; *12* – фрикцион МОМ

6.1.2. Гидропривод МОМ тракторов «Беларус-1222, -1523, -2022»

Гидропривод МОМ запитан от гидросистемы трансмиссии. Гидроподжимная муфта (фрикцион) *12* (рис. 4.40) привода МОМ смонтирована в корпусе *11* редуктора МОМ. Масло к муфте *12* подается от насоса *2* трансмиссии через фильтры *4*, *6* и кран *8*. Муфта включает или отключает редуктор МОМ, когда кран *8* открывает проход маслу под давлением к фрикциону или отводит масло из фрикциона на слив.

Гидросистема управления приводом МОМ состоит из крана управления *7* (рис. 4.41), пневмопереходника *9*, обеспечивающего плавное нарастание давления в маслопроводе *3* и, как следствие, плавное включение фрикциона привода МОМ; трубопроводов *3*, *4*, *13*, *14*. Масло под давлением (1,0 ± 0,1) МПа от гидросистемы трансмиссии (рис. 4.40) подводится к крану *7* по рукаву *11*.

В положении крана «Включено» происходит плавное нарастание давления в бустере фрикциона привода ВОМ. В положении крана «Выключено» происходит сброс давления в бустере фрикциона привода через сливной трубопровод *4* и одновременно подается масло под давлением к тормозу МОМ по трубопроводу *14*. Выходной вал МОМ останавливается.

При установке нового пневмопереходника обязательно снимают заглушку *16* и проверяют наличие пробки *10*.

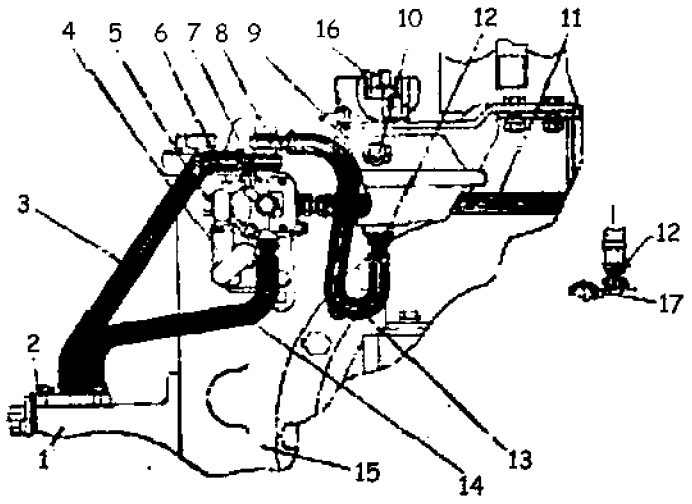


Рис. 4.41. Гидросистема плавного включения гидропривода МОМ: *1* – корпус МОМ; *2* – фланец; *3* – трубопровод от крана к фланцу; *4* – трубопровод сливной; *5*, *8* – болт поворотного угольника; *6* – кронштейн; *7* – кран; *9* – пневмопереходник; *10* – пробка; *11* – рукав нагнетательный; *12* – штуцер; *13* – трубопровод от крана к пневмопереходнику; *14* – трубопровод от крана к тормозу выходного вала МОМ; *15* – корпус заднего моста; *16* – заглушка штока пневмопереходника; *17* – корпус коробки передач

6.1.3. Гидропривод Мом тракторов «Беларус-2822ДЦ, -3022ДВ, -3022.1»

Гидропривод МОМ объединен с гидросистемой трансмиссии. Гидроподжимная муфта *МФ9* (рис. 4.7) установлена в корпусе заднего моста перед двухступенчатым редуктором МОМ, который позволяет получить двухскоростной независимый привод выходного вала МОМ (ВОМ). Масло в муфту поступает от насоса *Н1* через фильтры *Ф1*, *Ф2*, *Ф3* и *Ф4* и кран *Р10*. Для плавного включения ВОМ предусмотрен пневмопереходник *Б2*.

Кран *Р10* управляется рукояткой из кабины и имеет два положения:

1. «Включено» – крайнее верхнее положение. Масло под давлением подано в бустер фрикциона *МФ9*;

2. «Выключено» – крайнее нижнее положение. Фрикцион *МФ9* соединен со сливом. Фрикцион *МФ10* включен. Выходной вал МОМ (ВОМ) остановлен.

6.2. Гидроприводы задних и передних навесных устройств (ЗНУ и ПНУ)

Гидроприводы ЗНУ и ПНУ предназначены для управления переносом поступательного движения от трактора к агрегатируемым машинам, навешенным сзади и фронтально с использованием высотного, силового, позиционного или комбинированного способов регулирования глубины обработки почвы навесными машинами и привода их в транспортное положение.

Высотный способ основан на ограничении заглубления рабочих органов в почву опорными колесами навесной машины, регулируемыми по высоте относительно ее рамы. Такой способ, применяемый на большинстве отечественных сельскохозяйственных машин, осуществляется простым гидроприводом навесного устройства трактора.

Схемы навески машин на трактор при высотном способе регулирования разнообразны (рис. 4.42, *а–е*), требуют различного расположения гидроцилиндров, централизованного управления ими из кабины и обеспечиваются трехточечным раздельно-агрегатным гидроприводом.

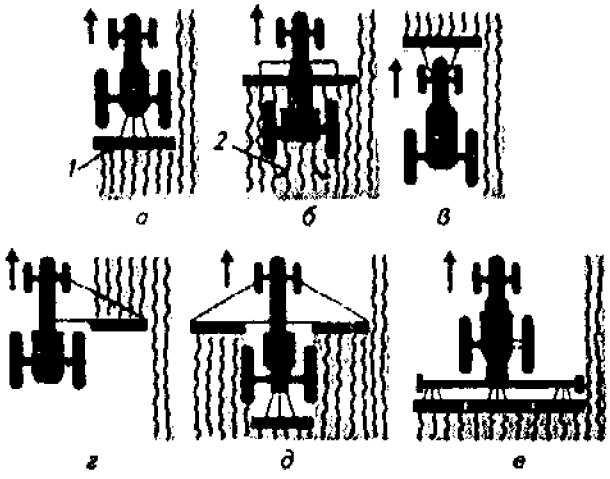


Рис. 4.42. Схемы навески машин: *а* – задняя; *б* – передняя; *в* – фронтальная; *г* – боковая; *д* – эшелонированная; *е* – шеренговая; *1* – навесная машина; *2* – рыхлящие лапы для заделывания следа задних колес трактора

6.2.1. Раздельно-агрегатный гидропривод ЗНУ с высотным регулированием прицепных и навесных машин

Такой привод применен на тракторах Т-150, К-701, ДТ-75МВ и на некоторых тракторах «Беларус» (по заказу). Он включает в себя бак *14* (рис. 4.43), насос *2* типа НШ или НШ-У, трехзолотниковый четырехпозиционный гидрораспределитель *5*, основной гидроцилиндр *6* привода механизма задней навески, металлические трубопроводы *1*, *3*, *9* и *11*, шланги *7* с запорными клапанами *8*.

Гидрораспределитель *5* конструктивно объединен с перепускным *4* и предохранительным (не показан) клапанами, установлен в кабине и обеспечивает параллельное питание от одного насоса *2* трех гидроцилиндров: основного *6*, выносных левого и правого (если установлены).

Три одинаковых шестибуртовых золотника *10* гидрораспределителя установлены с минимальным зазором в цилиндрические расточки чугунного корпуса и пересекают пять каналов и продольных полостей в нем. Зоны пересечения цилиндрических расточек с первым (по схеме слева) и третьим каналами корпуса через шесть трубопроводов *9* и шлангов *7* (на схеме показано по два) соединены с полостями трех гидроцилиндров; основного *6*, левого и правого выносных (на схеме не показаны).

Второй слева канал корпуса через трубопровод *3* постоянно соединен с насосом *2* и является напорным. Через калиброванное отверстие в плунжере перепускного клапана *4* напорный канал сообщен с пятым (правым) каналом управления.

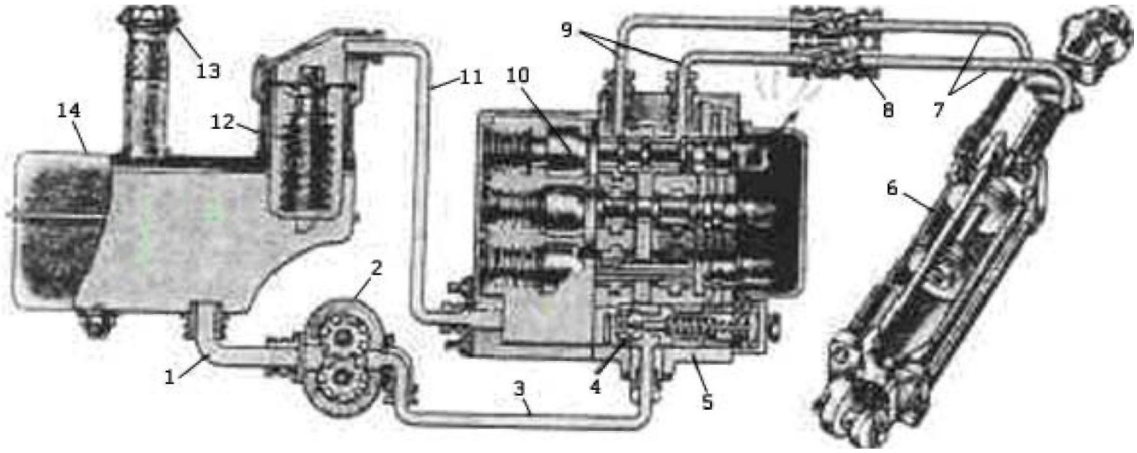


Рис. 4.43. Схема раздельно-агрегатного гидропривода навесного устройства трактора: *1*, *3*, *9*, *11* – металлические трубопроводы; *2* – масляный насос; *4* – перепускной клапан; *5* – гидрораспределитель; *6* – основной гидроцилиндр; *7* – шланги; *8* – запорные клапаны; *10* – золотник; *12* – фильтр сливной; *13* – сапун; *14* – масляный бак

Четвертый слева сливной канал корпуса постоянно соединен с полостями слива, а через протоки золотников *10*, канал управления и калиброванное отверстие в плунжере перепускного клапана *4* может соединяться со вторым (напорным) каналом.

Перепускной клапан *4* имеет гидромеханическое управление и открывается только при условии слива масла из его заплунжерной (по схеме правой) полости через канал управления, проточки во всех золотниках и сливной канал корпуса.

В нейтральном положении всех золотников *10* второй (слева) и третий их бурты отключают напорный клапан от каналов подъема и опускания, а пятая (слева) и четвертая проточки в золотниках совмещаются с каналами управления и слива. Поэтому гидроцилиндры выключены, перепускной клапан *4* открыт и основной поток масла циркулирует по контуру: бак *14* – всасывающий трубопровод *1* – насос *2* – напорный трубопровод *3* – напорный канал распределителя – открытый перепускной клапан *4* – сливная полость распределителя – сливной трубопровод *11* – сетчатый фильтр *12* – бак *14*.

Значительно меньшая часть масла из напорного канала сливается через гидролинию управления: калиброванное отверстие в плунжере клапана *4* – канал управления и пятые проточки золотников – канал слива и четвертые проточки золотников – сливная полость распределителя.

В положении «Подъем» первая слева проточка золотника соединяет канал опускания с полостью слива, третья проточка – напорный канал с каналом подъема, а пятый и шестой бурты золотника перекрывают каналы слива и управления. В таком положении на схеме показан правый (верхний) золотник, управляющий работой основного гидроцилиндра *6*.

Перекрытие буртами золотника каналов слива и управления вызывает выравнивание давления масла на плунжер клапана *4*. Под действием пружины перепускной клапан *4* закрывается, слив масла прекращается и насос *2* подает его в бесштоковую полость гидроцилиндра *6* под давлением, задаваемым сопротивлением навешенной машины подъему в транспортное положение. Из штоковой полости гидроцилиндра масло вытесняется поршнем через шланг *7*, трубопровод *9*, первую проточку золотника, сливной трубопровод *11* и фильтр *12* в бак *14*.

В положении «Принудительное опускание» первая слева проточка золотника соединяет канал опускания с напорным, третья проточка – канал подъема со сливным, а второй справа бурт золотника перекрывает канал управления. Это вызывает подачу масла насосом в штоковую полость и слив его из бесштоковой полости гидроцилиндра.

В положении «Плавающее» золотник *10* смещен максимально вправо, напорный канал отключен первым (слева) и вторым буртами золотника, а каналы опускания, подъема, слива и управления соединены с полостями слива проточками золотника. Это вызывает открытие перепускного клапана *4*, слив масла, подаваемого насосом *2*, в бак *14*, свободное перемещение поршня в гидроцилиндре *6* и обеспечивает копирование рельефа поля опорными колесами машины и заданную ими глубину обработки почвы.

Однако для высотного способа характерны низкая точность глубины обработки и отсутствие защиты трактора и агрегатируемой машины от перегрузки, например при обработке засоренных почв.

Ограничение в применении высотного регулирования связано также с неиспользованием массы орудия (машины) для увеличения сцепления и снижения буксования задних ведущих колес трактора при работах с максимальной мощностью.

6.2.2. Раздельно-агрегатный гидропривод ЗНУ с силовым и позиционным регулированием навесных машин и орудий

Силовой способ обеспечивает автоматическое обеспечение глубины обработки почвы с целью поддержания заданного тягового усилия на постоянном уровне.

При этом способе регулирования навесная машина не имеет опорных колес, удерживается в заданном положении гидроприводом навесного устройства и автоматически поднимается им при увеличении тягового сопротивления или опускается при его уменьшении.

Силовой способ регулирования обеспечивает достаточно надежную защиту трактора и агрегатируемой машины от тяговой перегрузки и наиболее эффектен при обработке засоренных почв однородной плотности с сильно волнистым рельефом.

Для реализации силового способа регулирования в навесном устройстве устанавливают *датчик силового регулирования,* а в гидропривод – *автоматический регулятор.* Такой гидропривод применяется на тракторах «Беларус» серий 800, 900, 1000, 1200. Раздельно-агрегатный гидропривод включает в себя: масляный бак *3* (рис. 4.44), шестеренчатый масляный насос *1*, трехзолотниковый четырехпозиционный гидрораспределитель *4*, силовой (позиционный) регулятор *11*, серьгу *20* и пружины *21* датчика силового регулирования, основной

(силовой) гидроцилиндр *18* привода навесного устройства, металлические трубопроводы *2*, *25*, *28,* дополнительный вывод *9* свободного слива (если установлен), правые боковые *10*, левые боковые *27* и левые задние *26* дополнительные выводы выносных гидроцилиндров и рукава высокого давления *14*.

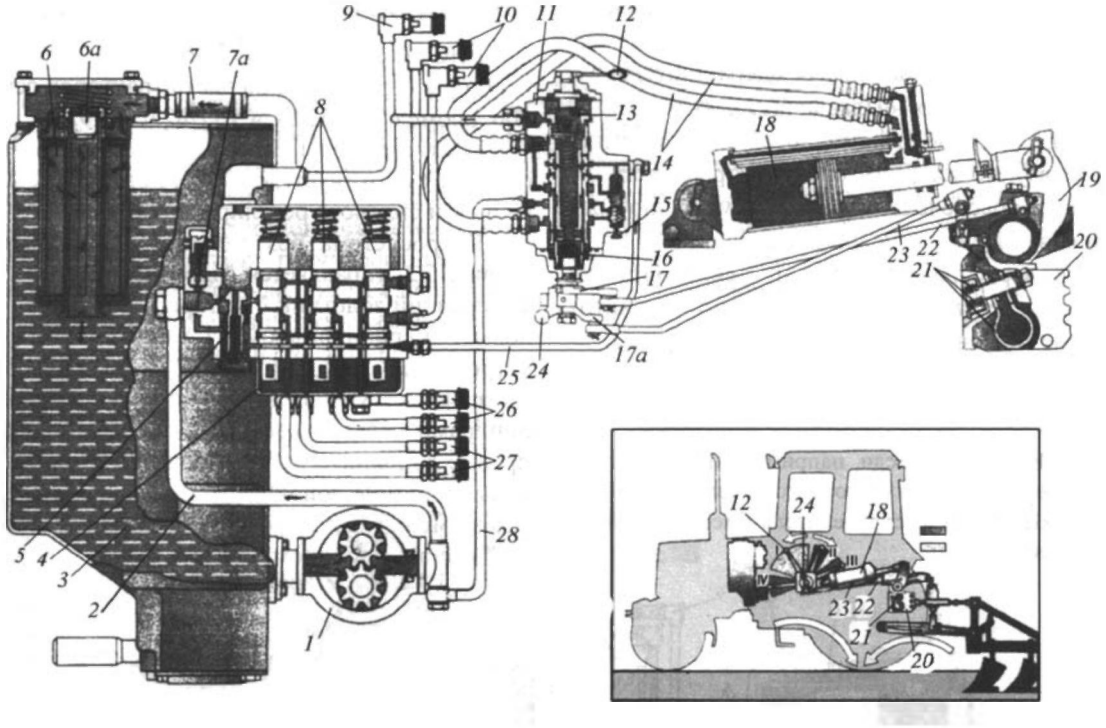


Рис. 4.44. Схема раздельно-агрегатного гидропривода навесного устройства с силовым (позиционным) регулятором: *1* – масляный насос; *2* – нагнетательный маслопровод к распределителю; *3* – масляный бак; *4* – распределитель; *5* – перепускной клапан; *6* – сливной масляный фильтр; *6а* – перепускной клапан фильтра; *7* – рукав сливной; *7а* – предохранительный клапан; *8* – золотники управления выносными гидроцилиндрами; *9* – дополнительный вывод свободного слива (если установлен); *10* – правые боковые дополнительные выводы; *11* – силовой (позиционный) регулятор; *12* – рычаг управления регулятором; *13* – винт управления гильзой регулятора; *14* – рукав высокого давления; *15* – маховичок регулировки скорости коррекции; *16* – винт управления золотником регулятора; *17* – рычаг регулятора позиционный; *17а* – рычаг регулятора силовой; *18* – силовой цилиндр; *19* – поворотный рычаг ЗНУ; *20* – серьга ЗНУ; *21* – пружины силового датчика; *22* – тяга позиционного регулирования; *23* – тяга силового регулирования; *24* – переключатель силового (позиционного) регулирования; *25* – маслопровод управления; *26* – левые задние дополнительные выводы; *27* – левые боковые дополнительные выводы; *28* – нагнетательный маслопровод к силовому регулятору. Положения рукоятки *12* (рычага управления регулятором); *I* – зона регулирования (например, регулирование глубины пахоты); *II* – транспортное положение; *III* – подъем в транспортное положение; *IV* – принудительное опускание

Давление в гидроприводе в пределах 18–20 МПа поддерживается встроенными в гидрораспределитель *4* перепускным *5* и предохранительным *7а* клапанами. Сброс давления и слив масла из нерабочих полостей гидроцилиндров осуществляется через вывод *9* и сливной рукав *7* в маслобак *3*, проходя через бумажный сменный фильтрующий элемент фильтра *6* с перепускным

клапаном *6а*. Гидрораспределитель *4* и регулятор *11* соединены параллельно с масляным насосом напорными маслопроводами *2*, *28*. Регулятор соединен с гидрораспределителем маслопроводом управления *25*.

Регулятор работает, если золотники *8* распределителя установлены в положение «Нейтраль» (как показано на рис. 4.44). Если одна из секций распределителя установлена в положение «Подъем» и рычаг *12* регулятора также в положение «Подъем», то *распределитель имеет приоритет перед регулятором.*

Регулятор *11* глубины обработки почвы установлен под полом кабины в зоне под сиденьем. Рукоятка *12* рычага управления регулятором расположена в кабине в зоне правого пульта управления и имеет полный набор необходимых операций: «Подъем в транспортное положение» (III); «Зона регулирования» (I); «Транспортное положение» или «Нейтраль» (II) и «Опускание» (IV).

Работа регулятора рассмотрена ниже. Перемещение рукоятки *12* через рычаг и винтовую пару изменяет положение гильзы регулятора, задавая режим настройки и регулирования.

Датчик силового регулирования ЗНУ представляет собой упругую опору центральной тяги *17* (рис. 4.45). Он состоит из поворотной серьги *16*, закрепленной пальцем *19* в кронштейне *20* поворотного вала *14*, пластинчатой *1* и четырех цилиндрических *4* пружин с болтом *15* и ограничителями их сжатия *2* и *3*. К серьге *16* приварен изогнутый рычаг *5*, который соединен пластиной *10* с коротким рычагом *6* переходного валика *9*. На втором конце валика установлен длинный рычаг *8*, соединенный тягой *7* с рычагом винта золотника регулятора.

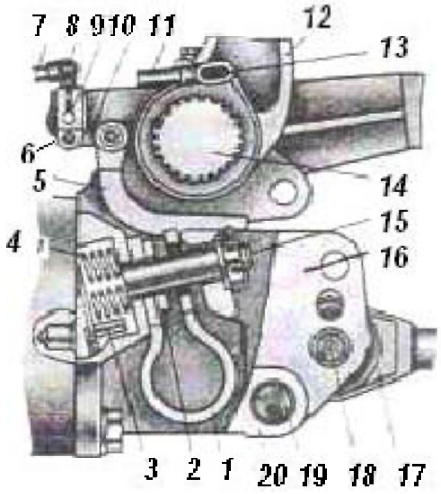


Рис. 4.45. Силовой и позиционный датчик ЗНУ тракторов «Беларус»: *1*, *4* – пружины; *2*, *3* – ограничители сжатия пружин; *5* – рычаг серьги; *6* – короткий рычаг; *7* – тяга силового регулирования; *8* – длинный рычаг; *9* – переходный валик; *10* – соединительная пластина; *11* – тяга позиционного регулирования; *12* – поворотный рычаг; *13* – штифт позиционного датчика; *14* – поворотный вал; *15* – болт; *16* – серьга; *17* – центральная тяга; *18*, *19* – пальцы; *20* – кронштейн поворотного вала

Тяговое сопротивление многих навесных машин вызывает усилия растяжения в нижних тягах и сжатия в центральной тяге механизма задней навески.

При увеличении тягового сопротивления машины тяга *17* дополнительно сжимается и, поворачивая серьгу *16* с рычагом *5* против хода часовой стрелки, дополнительно сжимает пластинчатую пружину *1*. Рычаг *5* серьги через пластину *10* и короткий рычаг *6* поворачивает переходный валик *9* и длинный рычаг *8* по ходу часовой стрелки. Этот поворот через тягу *7* передается регулятору и вызывает перемещение его золотника вправо.

При уменьшении тягового сопротивления машины сжатие центральной тяги *17* и пластинчатой пружины *1* уменьшается, серьга *16* поворачивается по ходу часовой стрелки и обеспечивает золотнику регулятора перемещение влево под действием пружины регулятора.

При работе регулятора в режиме силового (позиционного) регулирования гидрораспределитель Р80-3/4-11 выключен, т. е. золотники *10*, *12* (рис. 4.46) установлены в нейтральное положение как показано на схеме. Рабочая жидкость (моторное масло М-8$Г_{2к}$ (зимой), М-10$Г_2$, М-10$Г_{2к}$ (летом) или масло индустриальное «Бехем Староил» № 32 – всесезонное) подается насосом *1* из бака *2* в четыре кольцевые проточки корпуса *14* регулятора двумя потоками: управляющим и дополнительным.

Управляющий поток масла открывает стержневой обратный клапан *7* в калиброванном отверстии *8* плунжера перепускного клапана *6*, ограничивается им и через канал управления делителя и трубопровод малого сечения поступает к обратному клапану *16* регулятора.

Дополнительный поток, минуя распределитель, поступает к регулируемому вручную маховичком *17* крану скорости коррекции регулятора.

При отсутствии слива оба этих потока через обратный *21* и запорный *22* клапаны поступают в штоковую (подъемную) полость основного гидроцилиндра *23*, вызывая быстрый подъем навешенной машины, выглубление ее рабочих органов и уменьшение тягового сопротивления.

Полный слив подводимых потоков через радиальное отверстие в золотнике *18* и открытые правые радиальные отверстия в гильзе *15* вызывают резкое уменьшение подпора масла в штоковой полости гидроцилиндра *23* и слив из нее через открытый запорный клапан *22*, быстрое опускание машины, заглубление ее рабочих органов и увеличение тягового сопротивления.

Следовательно, для удержания навесной машины в определенном положении силовой регулятор должен непрерывно дросселировать подводимые

потоки масла на сливе, поддерживая требуемый его подпор в штоковой (подъемной) полости гидроцилиндра. Это достигается осевыми колебаниями золотника *18* относительно положения, показанного на схеме (рис. 4.46).

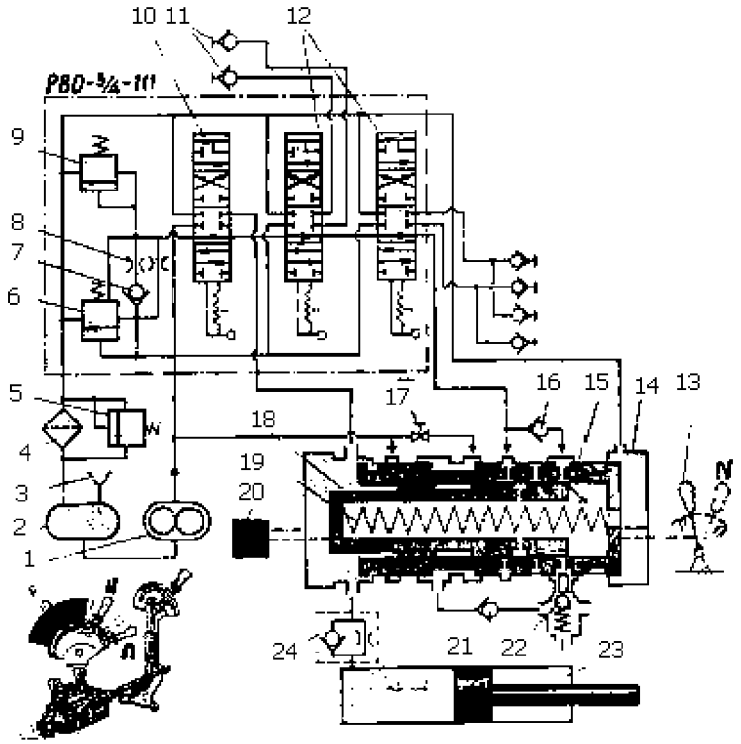


Рис. 4.46. Принципиальная схема гидропривода ЗНУ с силовым (позиционным) регулированием тракторов «Беларус»: *1* – насос НШ-32А-3; *2* – бак; *3* – маслозаливная горловина; *4* – фильтр; *5*, *9* – предохранительные клапаны; *6* – перепускной клапан; *7*, *16*, *21* – обратные клапаны; *8* – калиброванное отверстие; *10* – золотник управления основным гидроцилиндром; *11*, *22* – запорные клапаны; *12* – золотники управления выносными гидроцилиндрами; *13* – рукоятка; *14* – корпус регулятора; *15* – гильза; *17* – маховичок крана коррекции; *18* – золотник; *19* – пружина; *20* – датчик ЗНУ; *23* – основной гидроцилиндр; *24* – замедлительный клапан гидроцилиндра; *Р* – рабочее положение; *N* – нейтраль транспортного положения; *П* – подъем в транспортное положение

При увеличении тягового сопротивления машины золотник *18* под действием датчика *20* смещается вправо, прикрывая или полностью закрывая радиальные сливные отверстия – свои и гильзы *15*. Если при этом подача масла насосом не изменяется, то уменьшение слива вызывает пропорциональное увеличение подпора масла в штоковой полости гидроцилиндра, подъем машины и выглубление ее рабочих органов до тех пор, пока тяговое сопротивление не уменьшится до заданного. Такое срабатывание регулятора называют *автоматической коррекцией на подъем.*

При уменьшении тягового сопротивления машины золотник *18* под действием датчика *20* смещается влево, открывая радиальные сливные отверстия – свои и гильзы *15*. Увеличение слива подводимых потоков вызывает пропор-

циональное уменьшение подпора и слива масла из штоковой полости гидроцилиндра *23*. Опускание машины и заглубление ее рабочих органов до тех пор, пока тяговое сопротивление не увеличится до заданного. Такое срабатывание регулятора называют *автоматической коррекцией на опускание.*

Скорость коррекции подъема регулируют вручную, открывая его для увеличения скорости и прикрывая или полностью закрывая для уменьшения ее.

Основное преимущество силового способа регулирования – защита трактора и агрегатируемой машины от тяговых перегрузок – реализуется относительно редко и на засоренных почвах.

На полях с переменной плотностью применение силового регулирования ограничено из-за недопустимого изменения глубины обработки почвы.

Позиционный способ предназначен для удержания навесной машины в определенном положении относительно остова трактора независимо от тягового сопротивления и плавного изменения этого положения только при повороте рукоятки *13* управления гидроприводом.

Позиционное регулирование находит применение в основном с орудиями, рабочие органы которых находятся над поверхностью поля (например, косилки).

С почвообрабатывающими машинами такой способ регулирования хорошо подходит только для равнинного рельефа полей.

Принцип действия гидропривода при позиционном способе регулирования аналогичен силовому способу и активируется путем отключения от регулятора силового датчика и подключения к нему позиционного датчика с помощью переключателя *24* (рис. 4.44). При повороте переключателя в сторону регулятора золотник жестко соединяется с рычагом *17*, который через позиционную тягу *22* кинематически связывается с поворотным валом *14* (рис. 4.45) через штифт *13*. Датчик позиционного регулирования представляет собой поворотный рычаг *12* (рис. 4.45), соединенный пальцем со штоком основного гидроцилиндра, а штифтом *13* через паз наконечника позиционной тяги *11*, непосредственно эту тягу и рычаг – с винтом гайки-упора золотника *18* (рис. 4.46).

Машина удерживается в заданном положении тоже за счет подпора масла в штоковой полости гидроцилиндра *23* при частичном сливе подводимых потоков. Поэтому при включенном позиционном способе гильза *15* и золотник *18* занимают положение, показанное на схеме (рис. 4.46). Отличие данного способа от силового состоит в том, что смещение золотника *18* влево ограничено позиционной тягой, а вправо – длиной паза в ее наконечнике.

При повороте рукоятки *13* вперед (по схеме влево) гильза *15* перемещается вправо и открывает сливные радиальные отверстия – свои и золотника *18*.

Под действием силы тяжести и реакции почвы на рабочие органы машина опускается, поршень гидроцилиндра *23* перемещается назад (по схеме вправо) и через датчик смещает вправо золотник *18* вслед за гильзой *15*.

При повороте рукоятки *13* назад гильза *15*, а вслед за ней и золотник *18* под действием датчика перемещаются влево, обеспечивая уменьшение или прекращение слива масла и подъем машины.

Как было отмечено выше, при позиционном способе существенно проявляется зависимость глубины обработки почвы от рельефа.

6.2.3. Раздельно-агрегатный гидропривод ЗНУ с силовым, позиционным и смешанным регулированием агрегатируемых машин и орудий

Смешанное (комбинированное) регулирование применяется для работы трактора с почвообрабатывающими машинами с целью повышения равномерности глубины обработки на полях с переменной плотностью почвы, чего нельзя достичь в режиме только силового регулирования.

При смешанном регулировании в системе гидропривода используются сигналы обратной связи обоих датчиков – силового *33*, *35*, *36* (рис.4.47) и позиционного *31* регулирования.

Между датчиками и регулятором *14* установлен специальный механизм – смеситель сигналов *37*, который постоянно принимает сигналы обоих датчиков через систему тяг и рычагов и суммирует их в определенной пропорции, которая задается определенным положением рукоятки *23* управления смесителем. Положение рукоятки определяет оператор в зависимости от плотности и рельефа почвы. На выходе смесителя *37* в результате смешивания сигналов рычаг *38* повернется на определенный угол, переместит тягу *17* регулятора на определенную величину и повернет рычаг *15* регулятора.

Через винтовую пару регулятора произойдет аксиальное перемещение золотника настолько, чтобы обеспечить заданную глубину обработки почвы. Таким образом, в зависимости от почв и рельефа регулирование может быть ближе к силовому или ближе к позиционному, или в соотношении 50 : 50, т. е. в средней зоне между силовым и позиционным регулированием. Очевидно, что в процессе выполнения пробных гонов, например, на пахоте, можно добиться равномерности глубины пахоты в соответствии с агротехническими нормами.

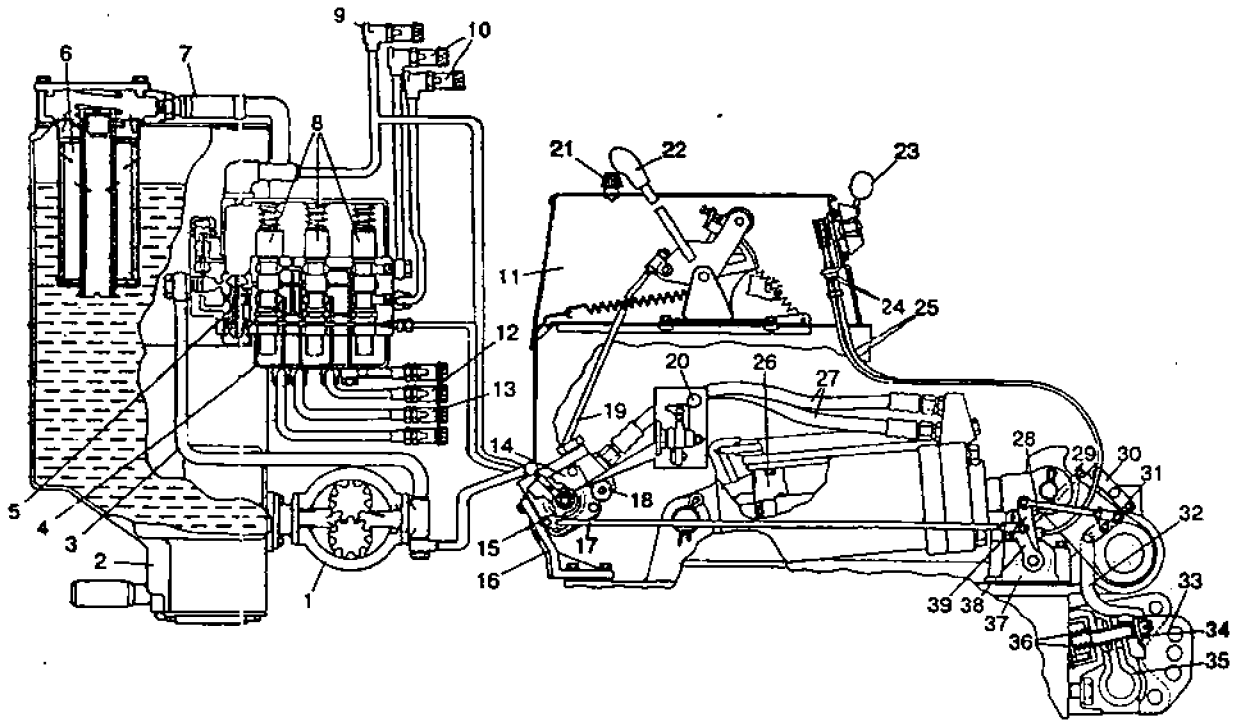


Рис. 4.47. Схема раздельно-агрегатного гидропривода ЗНУ с силовым, позиционным и смешанным регулированием (тракторы «Беларус-1025, -1221, -1221В»): *1* – масляный насос; *2* – масляный бак; *3* – нагнетательный маслопровод к распределителю; *4* – гидрораспределитель; *5* – перепускной (переливной) клапан; *6* – масляный фильтр; *7* – сливной маслопровод; *8* – золотники управления выносными цилиндрами; *9* – вывод свободного слива; *10* – боковые правые выводы; *11* – пульт управления; *12* – задние левые выводы; *13* – задние правые выводы; *14* – силовой регулятор; *15* – рычаг регулятора; *16* – кронштейн; *17* – тяга регулятора; *18* – маховичок регулировки скорости коррекции; *19* – тяга управления регулятором; *20* – рукоятка включения смесителя сигналов; *21* – упор регулирования; *22* – рукоятка управления регулятором; *23* – управление смесителем сигналов; *24* – болты регулировки длины тросов; *25* – тросы управления смесителем сигналов; *26* – цилиндр автономный; *27* – шланги цилиндра; *28* – тяга силового датчика; *29* – тяга позиционного датчика; *30* – двуплечий рычаг; *31* – позиционный датчик; *32* – поводок серьги центральной тяги механизма навески; *33* – серьга центральной тяги; *34* – регулировочная гайка силового датчика; *35* – пружина силового датчика (сжатия); *36* – пружина силового датчика (растяжения); *37* – смеситель сигналов; *38* – рычаг тяги регулятора; *39* – рычаг позиционного регулирования

6.2.3.1. Смеситель сигналов датчиков

Смеситель сигналов датчиков предназначен для смешивания в заданном соотношении сигналов силового и позиционного датчиков и передаче суммирующего сигнала регулятору.

Смеситель состоит из корпуса *1* (рис. 4.48), шлицевого вала *5* со свободно вращающимся на нем позиционным *9* и силовым *4* рычагами и суммирующего рычага *6*, передвигающегося по шлицевому валу *5* между рычагами *4* и *9*. Суммирующий рычаг *6* опирается на коромысло *7*, шарнирно

закрепленное на позиционном *9*, и силовом *4* рычагах. Перемещение суммирующего рычага *6* по шлицам вала *5* осуществляется рычагом *8*, управляемым через тросики *25* (рис. 4.47) рукояткой *23*, расположенной в кабине на пульте управления.

При перемещении суммирующего рычага *6* по шлицам вала *5* до упора в позиционный рычаг *9* поворот силового рычага будет вызывать качательные движения коромысла *7* вокруг шарнира на позиционном рычаге *9*, не передаваясь на суммирующий рычаг. Перемещение позиционного рычага *9* будет через суммирующий рычаг *6*, шлицевой вал *5* и рычаг *10* передаваться на регулятор – *включено позиционное регулирование*.

Аналогично при перемещении суммирующего рычага *6* до упора в силовой рычаг *4 включается силовое регулирование.*

При установке суммирующего рычага *6* в зоне между позиционным *9* и силовым *4* рычагами на регулятор через рычаг *10* будут передаваться перемещения как позиционного, так и силового рычага. В зависимости от положения суммирующего рычага на шлицевом валу будет обеспечено смешивание сигналов от обоих датчиков в различных соотношениях.

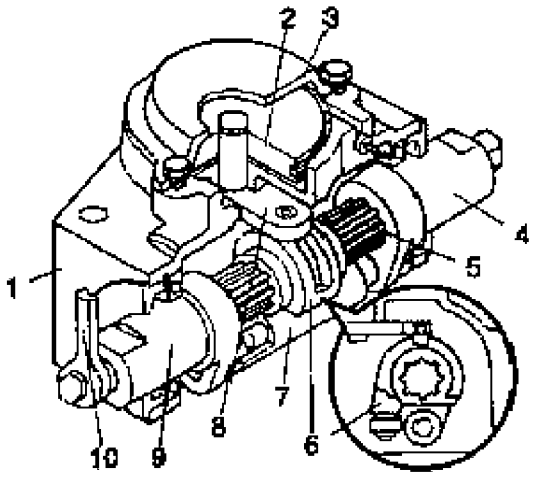


Рис. 4.48. Смеситель сигналов датчиков: *1* – корпус смесителя; *2* – маховик смесителя; *3* – крышка; *4* – силовой рычаг; *5* – валик смесителя; *6* – суммирующий рычаг; *7* – коромысло; *8* – рычаг управления сумматором; *9* – позиционный рычаг смесителя; *10* – рычаг тяги регулятора

6.2.4. Гидропривод ЗНУ с гидроподъемником «Беларус»

Тракторы «Беларус» серий 900, 1000 и 1200 (кроме «Беларус-1222, -1222В») могут иметь гидропривод с двумя основными гидроцилиндрами и регулятором-распределителем, встроенным в корпус гидроподъемника.

Гидравлическая система, обеспечивающая силовое позиционное и смешанное регулирование, состоит из масляного насоса *12* (рис. 4.49), секционного гидрораспределителя *14,* масляного бака с фильтром *1*, гидроподъемника *6* с двумя гидравлическими цилиндрами *7* и регулятором-распределителем *5*, присоединительной арматуры и органов управления. Для работы с внешними гидравлическими потребителями вместо распределителя типа Р80 используется секционный проточный распределитель RS-213 (Финляндия) или аналогичный ему секционный распределитель РП-70 (РБ).

Гидроподъемник снабжен конечным выключателем, который переводит гидравлический насос в фазу холостого хода в транспортном положении ЗНУ.

Это исключает необходимость перемещения рукоятки из положения «подъем» после окончания подъема ЗНУ, достаточно лишь установить ее в крайнее положение. Автоматическим регулированием охвачен полный ход ЗНУ, и зоной регулирования становится весь диапазон рукояток управления от упора до упора. Специальные положения рукояток «Подъем» и «Опускание» отсутствуют. В цилиндрах гидроподъемника применены специальные уплотнения, снижающие трение по цилиндрам при опускании ненагруженного ЗНУ, что позволяет ему опускаться под действием особенного веса или от легкого нажатия рукой. «Принудительного опускания» в системе не предусмотрено.

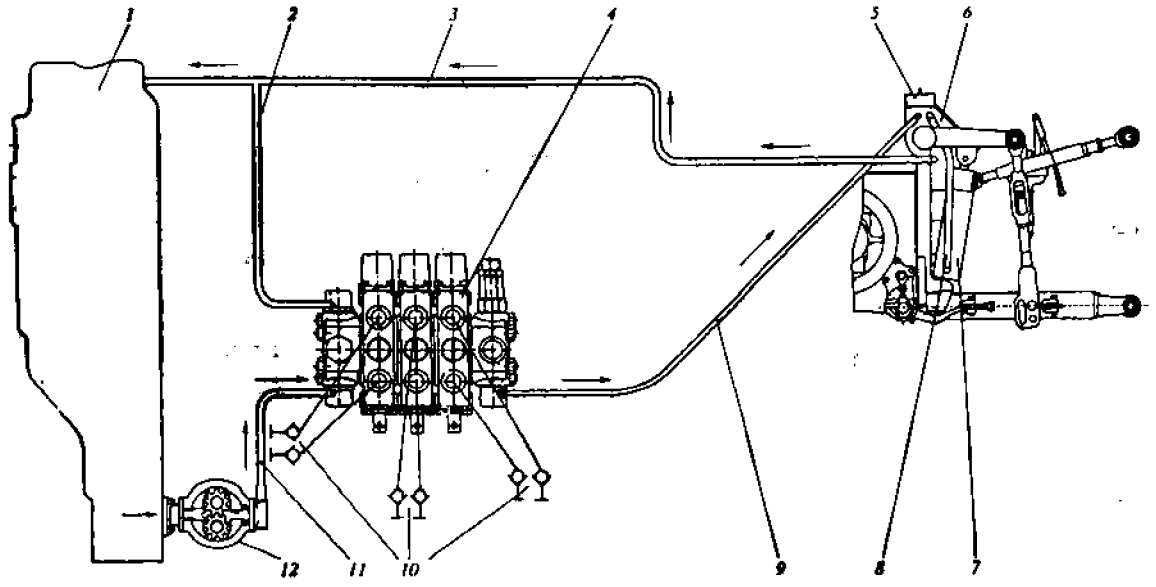


Рис. 4.49. Гидравлическая схема гидропривода с двумя основными силовыми гидроцилиндрами (гидроподъемник «Беларус»): *1* – масляный бак с фильтром; *2* – сливной маслопровод секционного распределителя; *3* – силовой маслопровод гидроподъемника; *4* – секционный проточный распределитель; *5* – регулятор-распределитель; *6* – гидроподъемник; *7* – гидроцилиндры; *8* – шланги гидроцилиндров; *9* – нагнетательный маслопровод гидроподъемника; *10* – выводы для выносных гидроцилиндров; *11* – нагнетательный маслопровод секционного распределителя; *12* – гидронасос

6.2.4.1. Секционный гидрораспределитель

Секционный гидрораспределитель проточного типа предназначен для управления выносными цилиндрами и представляет собой золотниково-клапанное устройство, с помощью которого обеспечиваются четыре позиции: «Нейтраль», «Подъем», «Опускание» и «Плавающее» (возможны трехпозиционные секции без позиции «Плавающее»). При установке золотников *3* (рис. 4.50) в «Нейтраль» (как показано на рисунке) поток масла от насоса поступает в переднюю крышку *5*, свободно проходит через все секции, попадает в заднюю крышку *2* и дальше – в гидроподъемник. Состояние гидросистемы (нейтраль, разгрузка насоса, подъем или опускание ЗНУ) определяется только позицией гидроподъемника.

При перемещении золотника *3* влево в позицию «Подъем» насос через золотник и обратный клапан *1* сообщается с камерой *А*, связанной с полостью подъема выносного цилиндра, а камера *Б*, связанная с полостью опускания цилиндра, через золотник сообщается со сливом, т. е. происходит подъем ЗНУ (орудия).

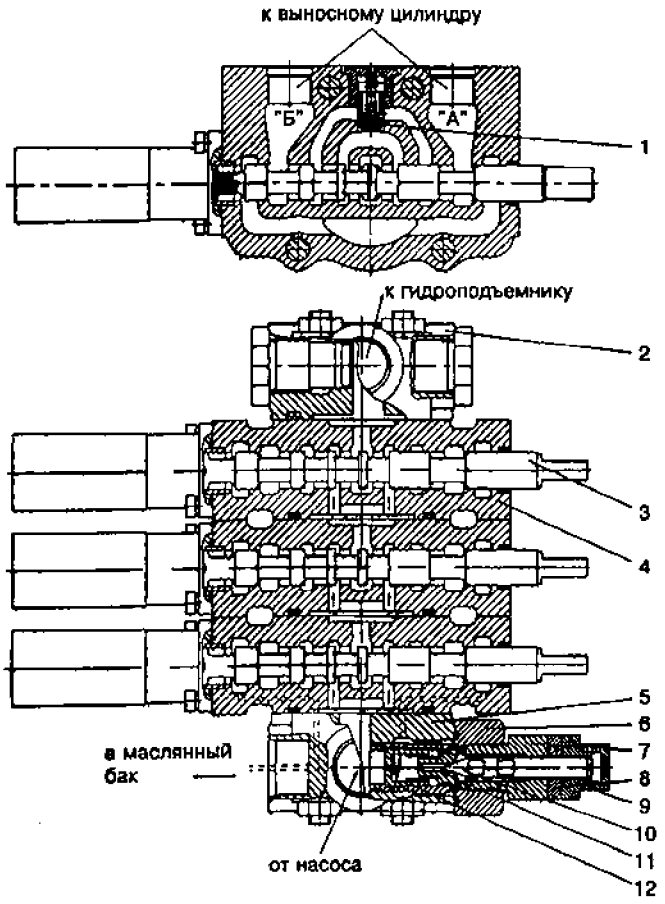


Рис. 4.50. Секционный гидрораспределитель РП-70 гидроподъемника «Беларус»: *1* – обратный клапан; *2* – задняя крышка; *3* – золотник; *4* – корпус секции; *5* – передняя крышка; *6* – корпус предохранительного клапана; *7* – штуцер; *8* – контргайка; *9* – колпачок; *10* – клапан-игла; *11* – седло; *12* – клапан; *А* – камера, связанная с полостью подъема гидроцилиндра; *Б* – камера, связанная с полостью опускания гидроцилиндра

Проход масла от насоса к гидроподъемнику перекрыт поверхностью золотника – на время установки золотника в позицию «Подъем» гидроподъемник отключен.

При перемещении золотника *3* от позиции «Нейтраль» вправо в позицию «Принудительное опускание» камера *Б* соединяется с насосом, а камера *А* – с баком, т. е. происходит опускание ЗНУ под давлением.

При перемещении золотника далее вправо в позицию «Плавающее» камера *Б* сообщается с баком, а камера *А* остается сообщенной с баком. Обе полости цилиндра сообщены между собой и одновременно с баком, т. е. система находится в плавающем положении.

Предохранительный клапан *10*, *12* расположен в передней крышке *5* и служит для защиты ГНС (включая гидроподъемник) от давлений выше 18,5–20,0 МПа.

6.2.4.2. Гидроподъемник и механизм управления

Входящие в гидроподъемник регулятор-распределитель *8* (рис. 4.50), два вертикально расположенных гидроцилиндра *3*, механизмы передач сигналов от датчиков (силового и позиционного) к регулятору-распределителю встроены в единый корпус *2* (моноблок), прикрепленный к задней стенке трансмиссии.

Управление гидроподъемником осуществляется из кабины трактора двумя рукоятками *13*, *14* связанными с гидроподъемником тросами *10*.

Манипулируя рукояткам в определенном порядке, можно без всяких переключений установить любой режим (силовой, позиционный, смешанный) работы МТА.

6.2.4.3. Устройство гидроподъемника

В режиме «Позиционного регулирования» управление гидроподъемником (рис. 4.52) производится через позиционный рычаг *13* (вперед – ниже, назад – выше), при этом, силовой рычаг *14* должен находиться в переднем положении.

Поворот рычага *13* через рычаг *17*, планку *24*, опорный позиционный рычаг *20* передается на упор *19* суммирующего рычага *21*, который через тягу *23*, поворачивает обойму *4* на валу *7* по часовой стрелке. Ролик обоймы *9*, двигаясь вверх, устанавливает золотник *10* в положение «Подъем». При подъеме

навески вал *7* навески поворачивается против часовой стрелки и датчиком *6* через позиционное звено *5* и планку *24* прекращает воздействие опорного рычага *20* на упор *19*. Соответственно через тягу *23* прекращается воздействие ролика *9* на золотник *10*, который под действием пружины *11* переместится вниз и установится в положение «Нейтраль» – подъем навески прекращается.

Обратное перемещение позиционного рычага *13* вызывает опускание навесного орудия до заданного положения.

Максимальный подъем навески ограничивается упором позиционного датчика *6* в ограничитель *22* обоймы *4*, которая, вращаясь в конце подъема, отводит ролик *9* от золотника *10* вниз.

В режиме «Силового регулирования» силовым рычагом *14* (рис. 4.52), устанавливается требуемая глубина обработки почвы (вперед – глубже, назад – мельче), а позиционным рычагом *13* производится подъем и опускание орудия.

При опускании орудия по мере его заглубления растет сила сопротивления почвы, которая, действуя через верхнюю тягу навесной системы, поворачивает серьгу *32* вокруг оси *27* и деформирует штоком *34* силоизмерительную пружину *38*. Движение штока *34* через тягу *30*, рычаги *28* и *2*, тягу *26* и планку *25* передается на опорный силовой рычаг *18*.

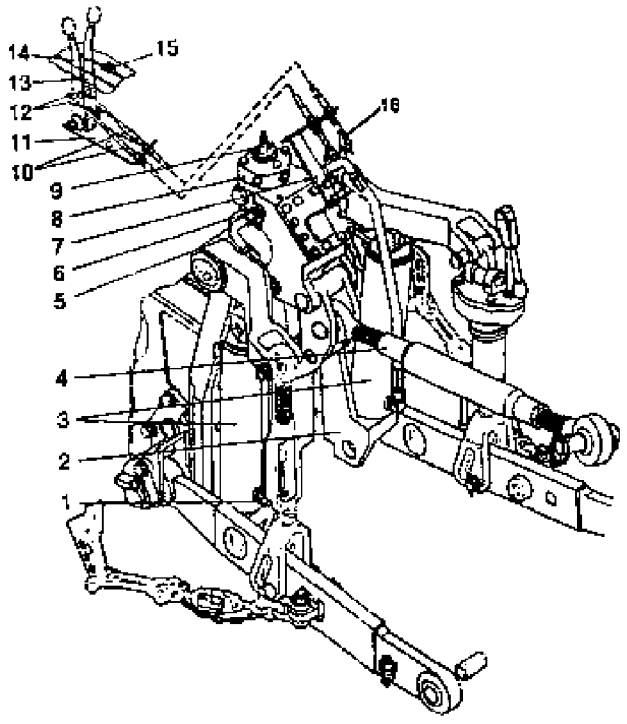


Рис. 4.51 Гидроподъемник «Беларус» и механизм управления: *1* – угольник; *2* – корпус гидроподъемника; *3* – гидроцилиндры; *4* – тяга верхняя; *5* – шланги гидроцилиндров; *6* – штуцеры; *7* – кронштейн тросов; *8* – регулятор-распределитель; *9* – толкатель; *10* – тросы; *11* – кронштейн; *12* – бонки; *13* – рукоятка позиционного регулирования (подъем-опускание); *14* – рукоятка силового регулирования (настройка глубины почвообработки); *15* – ограничитель хода рукоятки; *16* – рычаг позиционного регулирования

Опускание орудия происходит до выбора зазора между опорным силовым рычагом *18* и упором *19* суммирующего рычага *21*, после чего суммирующий рычаг через тягу *23*, обойму *4* и ролик *9* переместит золотник *10* вверх из положения «Опускания» в положение «Нейтраль» – глубина обработки установится в соответствии с положением, заданным рукояткой *14*.

При отклонениях от заданной глубины деформация пружины *38* приводит в движение золотник *10* из положения «нейтраль» в положение «подъем» или «Опускание», вызывающее перемещение гидроцилиндров *3* (рис. 4.51) в сторону исправления отклонений.

Режим «Смешанное регулирование» обеспечивается перемещением позиционного рычага *13* вперед, не доводя его до крайнего положения, ограничивая тем самым глубину обработки, заданную силовым рычагом *14*.

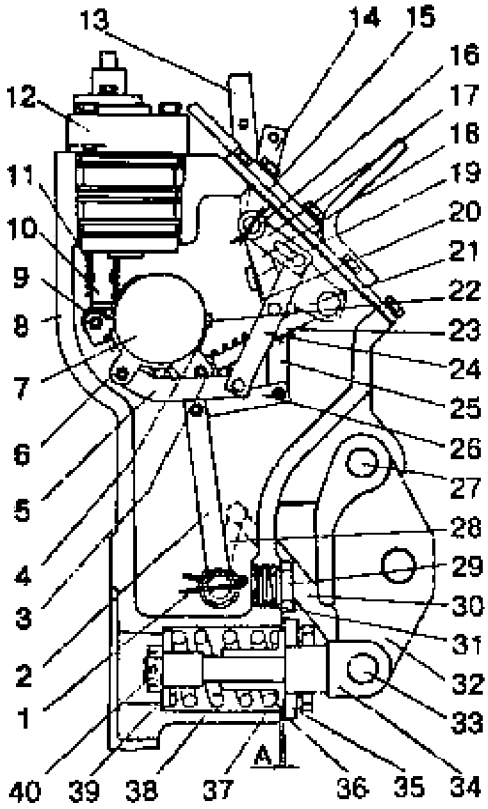


Рис. 4.52. Устройство гидроподъемника: *1* – шплинт; *2* – рычаг; *3* – рычаг суммирующего звена; *4* – обойма; *5* – звено позиционное; *6* – датчик (рычаг) позиционный; *7* – вал поворотный; *8* – корпус гидроподъемника; *9* – ролик суммирующего звена; *10* – золотник регулятора-распределителя; *11* – пружина возвратная; *12* – регулятор-распределитель; *13* – рычаг позиционного регулирования; *14* – рычаг силового регулирования; *15* – крышка; *16* – вал; *17* – рычаг; *18* – рычаг опорный силовой; *19* – упор суммирующего рычага; *20* – рычаг опорный позиционный; *21* – суммирующий рычаг; *22* – ограничитель; *23* – тяга; *24* – планка; *25* – планка; *26* – тяга; *27* – ось серьги; *28* – рычаг; *29* – пробка; *30* –тяга; *31* – кольцо уплотнительное; *32* – серьга; *33* – палец; *34* – шток; *35* – крышка; *36* – прокладка; *37* – втулка; *38* – пружина силоизмерительная; *39* – шайба; *40* – шплинт; *А* – зазор, заполняемый разрезными прокладками

6.2.4.4. Регулятор-распределитель

Регулятор-распределитель представляет собой золотниково-клапанное устройство, с помощью которого обеспечиваются три позиции в ЗНУ: «Нейтраль», «Подъем», «Опускание».

Регулятор-распределитель состоит из корпуса *1* (рис. 4.53), в расточках которого установлен перепускной клапан *2* (клапан разгрузки насоса). Внутри расточки перепускного клапана *2* установлен клапан отсечки *3*. Он состоит из корпуса *4*, в расточке которого установлен шариковый клапан *5* (шарик диаметром 5,556 мм). Для обеспечения герметичности клапан отсечки *3* устанавливается на резьбе, на клею. На боковой поверхности корпуса *4* клапана отсечки *3* выполнено дроссельное отверстие *7* для управления перепускным клапаном *2*. Пружина *6* клапана отсечки *3* опирается на направляющую втулку *8*, которая соединена с корпусом *4* с помощью штифта *9*. Перепускной клапан *2* поджат к седлу пружиной *10*, которая опирается в дно расточки пробки *11*.

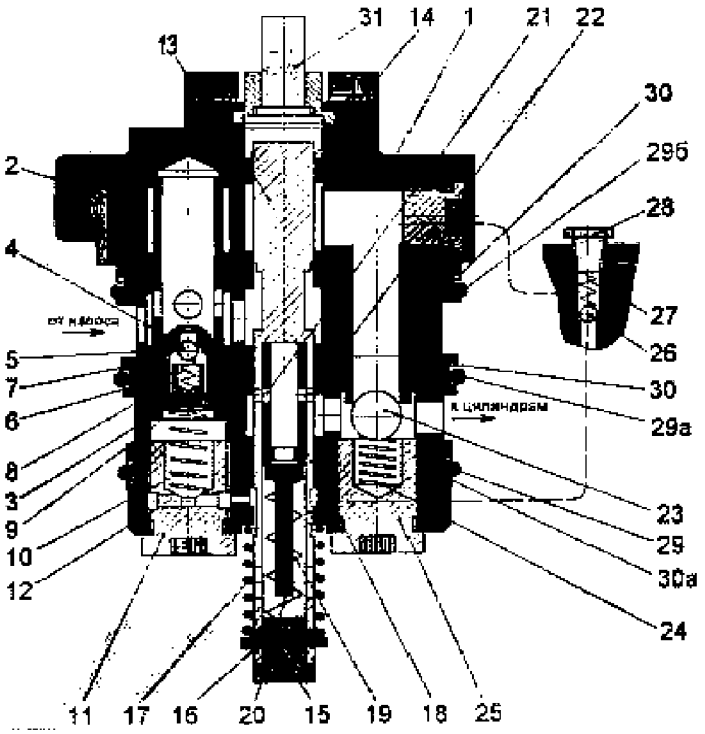


Рис. 4.53. Регулятор-распределитель: *1* – корпус; *2* – перепускной клапан; *3* – клапан отсечки; *4* – корпус клапана отсечки; *5* – шарик клапана отсечки; *6* – пружина клапана отсечки; *7* – дроссельное отверстие; *8* – втулка; *9* – штифт; *10* – пружина клапана разгрузки; *11* – пробка; *12* – отверстие; *13* – золотник управления; *14* – опорное кольцо; *15* – заглушка; *16* – штифт; *17* – пружина; *18* – клапан замедления; *19* – пружина клапана замедления; *20* – ограничитель клапана; *21* – отверстия клапана; *22* – отверстия золотника; *23* – противоусадочный клапан; *24* – пружина; *25* – пробка; *26* – уравновешивающий клапан; *27* – пружина; *28* – пробка; *29*, *29а* – резиновое кольцо 064-068-25-2-4 (2 шт.); *29б* – резиновое кольцо 068-072-25-2-4; *30* – фторопластовое кольцо 820-463402SA (2 шт.); *31* – толкатель

В пробке *11* выполнено сквозное боковое отверстие *12*; золотник *13* служит для управления ЗНУ. С одного конца на золотнике *13* выполнена канавка, в которой установлено опорное кольцо *14*, а с другого торца золотника выполнено сквозное отверстие, в которое установлена заглушка *15* со штифтом *16*. На штифт *16* опирается пружина *17*, которая устанавливает золотник *13* в крайнее нижнее положение, соответствующее позиции «Опускание». В расточке золотника *13* установлен клапан замедления *18*, поджатый пружиной *19* через упор *15* и ограничитель хода *20* клапана замедления *18*. В клапане замедления выполнены сквозные отверстия *21*, которые сообщены со сквозными отверстиями *22* в золотнике *13*.

Противоусадочный обратный шариковый клапан 23 (шарик диаметром 14,288 мм) поджат к своему седлу пружиной *24*, которая опирается на торец расточки пробки *25*.

Противоусадочный клапан *23* устраняет «проседание» ЗНУ с навешенной сельскохозяйственной машиной в начальный момент включения «Подъема», когда давление масла в гидросистеме еще не достигло величины, достаточной для подъема навешенной машины.

Уравновешивающий шариковый клапан 26 (шарик диаметром 5,556 мм) поджат к седлу пружиной *27* через коническую пробку *28*. Уравновешивающий клапан *26* соединяет канал управления с полостями цилиндров и обеспечивает подачу масла в гидроцилиндры именно под таким давлением, которое необходимо для поднятия навешенного груза ЗНУ. Кроме того, уравновешивающий клапан обеспечивает медленный (при необходимости) подъем ЗНУ (например, при навешивании сельскохозяйственной машины). Излишки масла сбрасываются на слив через перепускной клапан *2*, который работает в режиме саморегулирования.

В трех расточках цилиндрической наружной поверхности корпуса *1* установлены три резиновых уплотнительных кольца (*29*, *29а*, *29б*) и четыре защитных фторопластовых кольца (*30*, *30а*). Кольца не взаимозаменяемые между собой.

6.2.4.5. Позиции гидроподъемника

Позиция «Опускание» (полости цилиндров сообщены со сливом)

При отсутствии воздействия на золотник управления *13* (рис. 4.54), когда обе рукоятки управления ЗНУ (силовая и позиционная) находятся в крайнем переднем положении, он под действием пружины *17* устанавливается

в крайнее нижнее положение, и это положение золотника *13* соответствует позиции «Опускание». При таком положении золотника поток масла от питающего насоса через секционный проточный распределитель РП-70 (или *RS*-213 *Mita*) поступает в отверстие перепускного клапана *2* и далее через дроссельное отверстие *7* корпуса клапана отсечки *3* и отверстие *12* пробки *11*, сверление в корпусе *1*, проточку золотника управления *13* поступает на слив.

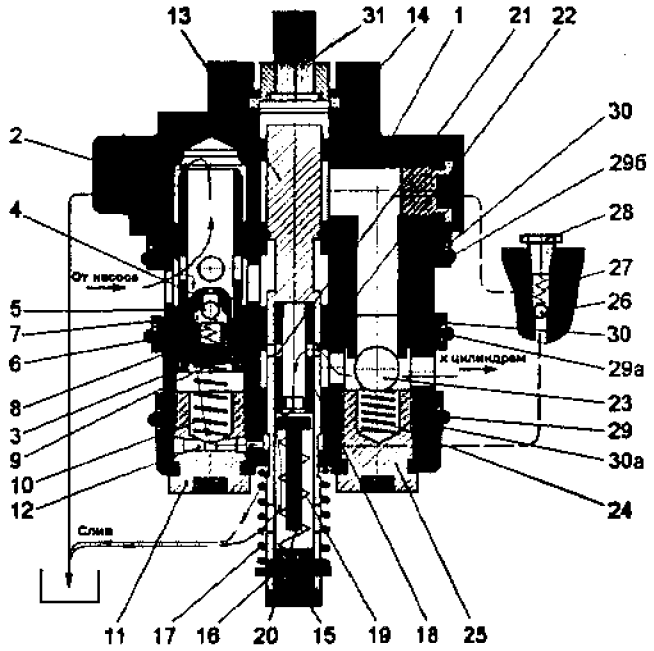


Рис.4.54. Позиция «Опускание»: *1* – корпус; *2* – перепускной клапан; *3* – клапан отсечки; *4* – корпус клапана отсечки; *5* – шарик клапана отсечки; *6* – пружина клапана отсечки; *7* – дроссельное отверстие; *8* – втулка; *9* – штифт; *10* – пружина клапана разгрузки; *11* – пробка;*12* – отверстие; *13* – золотник управления; *14* – опорное кольцо; *15* – заглушка; *16* – штифт; *17* – пружина; *18* – клапан замедления; *19* – пружина клапана замедления; *20* – ограничитель клапана; *21* – отверстия клапана; *22* – отверстия золотника; *23* – противоусадочный клапан; *24* – пружина; *25* – пробка; *26* – уравновешивающий клапан; *27* – пружина; *28* – пробка; *29*, *29а* – резиновое кольцо (2 шт.); *29б* – резиновое кольцо; *30* – фторопластовое кольцо (2 шт.); *31* – толкатель

Позиция «Нейтраль». При движении рукоятки управления позиционного регулирования назад (в промежуточное положение) золотник *13* (рис. 4.55) движется вверх, и как только перекрываются отверстия *22* золотника *13* расточкой корпуса *1*, масло в цилиндрах запирается, и механизм навески фиксируется в заданном положении. При этом управляющий поток рабочей жидкости перепускного клапана *2*, как и в позиции «Опускание» соединен со сливом через золотник *13*, поэтому перепускной клапан *2* открыт, и насос по-прежнему полностью разгружен.

Позиция «Подъем». При дальнейшем перемещении золотника управления *13* (рис. 4.56) вверх в позицию «Подъем» управляющий поток,

поступающий через дроссельное отверстие *7* клапана отсечки *3*, перекрывается от слива золотником управления *13*, и под действием пружины *10* перепускной клапан *2* закрывается.

При этом рабочая жидкость от насоса через кольцевую проточку золотника *13* и открытый противоусадочный обратный клапан *23* поступает в полости подъема цилиндров ЗНУ.

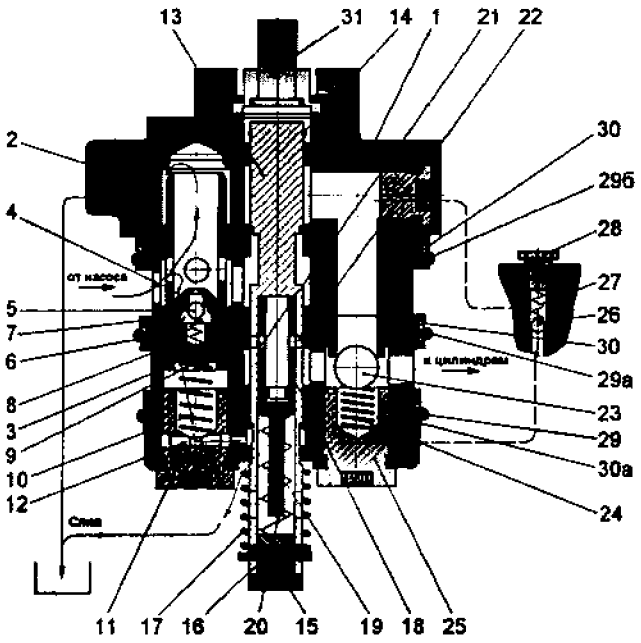


Рис. 4.55. Позиция «Нейтраль»: *1* – корпус; *2* – перепускной клапан; *3* – клапан отсечки; *4* – корпус клапана отсечки; *5* – шарик клапана отсечки; *6* – пружина клапана отсечки; *7* – дроссельное отверстие; *8* – втулка; *9* – штифт; *10* – пружина клапана разгрузки; *11* – пробка; *12* – отверстие; *13* – золотник управления; *14* – опорное кольцо; *15* – заглушка; *16* – штифт; *17* – пружина; *18* – клапан замедления; *19* – пружина клапана замедления; *20* – ограничитель клапана; *21* – отверстия клапана; *22* – отверстия золотника; *23* – противоусадочный клапан; *24* – пружина; *25* – пробка; *26* – уравновешивающий клапан; *27* – пружина; *28* – пробка; *29*, *29а* – резиновое кольцо (2 шт.); *29б* – резиновое кольцо; *30* – фторопластовое кольцо (2 шт.); *31* – толкатель

6.2.5. Гидропривод ЗНУ тракторов «Беларус» с гидравлическими сборочными единицами фирмы BOSCH

Тракторы «Беларус» в диапазоне мощностей от 130 («Беларус-1222, -1222В») до 300 л. с. («Беларус-3022ДВ, -3022ДЦ, -3022.1») имеют гидроприводы ЗНУ, укомплектованные гидравлическими сборочными единицами BOSCH (Германия). Такие гидроприводы отличаются наличием электронного управления с применением электронных силовых и позиционного датчиков, электронного блока управления и исполнительных электромагнитных клапанов,

входящих в *электронно-гидравлический регулятор.* Таким образом, ЗНУ управляется гидравлическим регулятором с помощью электромагнитов «Подъема» и «Опускания» по команде электронного блока, анализирующего сигналы электронных датчиков. Регулятор обеспечивает силовой, позиционный и смешанный способы регулирования, которые задаются потенциометрами на электронной панели управления в кабине оператора.

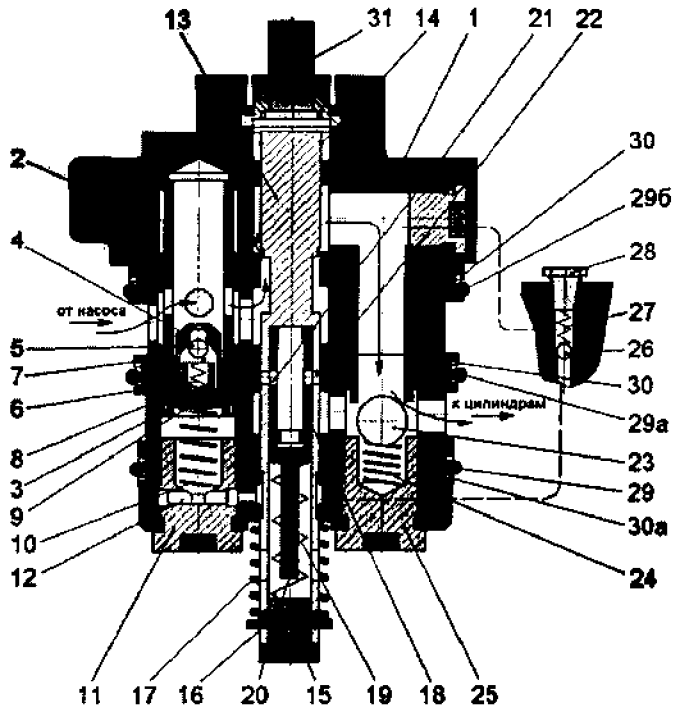


Рис. 4.56. Позиция «Подъем»: *1* – корпус; *2* – перепускной клапан; *3* – клапан отсечки; *4* – корпус клапана отсечки; *5* – шарик клапана отсечки; *6* – пружина клапана отсечки; *7* – дроссельное отверстие; *8* – втулка; *9* – штифт; *10* – пружина клапана разгрузки; *11* – пробка; *12* – отверстие; *13* – золотник управления; *14* – опорное кольцо; *15* – заглушка; *16* – штифт; *17* – пружина; *18* – клапан замедления; *19* – пружина клапана замедления; *20* –ограничитель клапана; *21* – отверстия клапана; *22* – отверстия золотника; *23* – противоусадочный клапан; *24* – пружина; *25* – пробка; *26* – уравновешивающий клапан; *27* – пружина; *28* – пробка; *29*, *29а* – резиновое кольцо (2 шт.); *29б* – резиновое кольцо; *30* – фторопластовое кольцо (2 шт.); *31* – толкатель

В качестве примера рассмотрим гидропривод ЗНУ тракторов «Беларус-1222, -1222В, -1523, -1523В» (130–150 л. с.), который включает в себя масляный бак *1* (рис. 4.57) со сливным фильтром *2* с тонкостью фильтрации 25 мкм, шестеренчатый насос *4* с приводом *3*, смонтированные с левой стороны корпуса сцепления и интегральный блок *5* BOSCH, состоящий из золотникового распределителя управления выносными гидроцилиндрами и регулятора с электромагнитным управлением навесным устройством (НУ). Гидравлические устройства соединены магистралями низкого давления *7* и *8*, нагнетание выполнено рукавом высокого давления *6*.

Интегральный блок BOSCH состоит из распределителя *3* (рис. 4.58) управления выносными гидроцилиндрами и регулятора *2* с электромагнитным управлением навесным устройством.

Гидрораспределитель *3* – трехсекционный, четырехпозиционный, проточный, фирмы BOSCH. Золотники 2-ой и 3-ей секций имеют фиксацию в позициях «Нейтраль» и «Плавающая». Золотник 1-ой секции имеет фиксацию и в позиции «Подъем», он снабжен устройством автоматического возврата из позиции «Подъем» в позицию «Нейтраль» при достижении заданного давления.

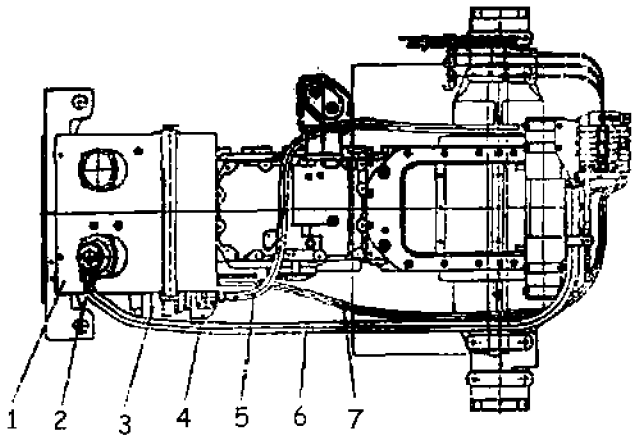


Рис. 4.57. Схема гидропривода ЗНУ тракторов «Беларус-1222, -1222В, -1523, -1523В»: *1* – масляный бак ГНС; *2* – фильтр сливной; *3* – привод масляного насоса; *4* – масляный насос; *5* – интегральный блок (гидрораспределитель и регулятор с электромагнитным управлением); *6* – нагнетательный маслопровод; *7* – маслопровод низкого давления; *8* – сливной маслопровод

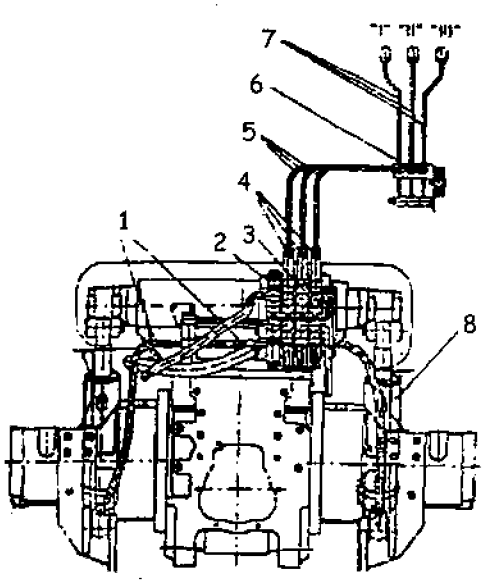


Рис. 4.58. Интегральный блок: *1* – рукава высокого давления; *2* – регулятор EHR-23 LS; *3* – гидрораспределитель; *4* – золотники (адаптеры); *5* – трос управления; *6* – кронштейн; *7* – рычаг управления; *8* – гидроцилиндр Ц90×250 (2 шт.); *I* – рычаг 3-го золотника; *II* – рычаг 2-го золотника; *III* – рычаг 1-го золотника

Выходные отверстия секций распределителя используются для задних выводов гидросистемы; в случае установки переднего навесного устройства гидроцилиндры запитываются от средней секции распределителя с использованием рукавов высокого давления (РВД).

Управление золотниками распределителя осуществляется тросами *5* двухстороннего действия, обеспечивающими управление золотниками распределителя *4* посредством рычагов управления *7*, которые установлены в пульте с правой стороны от сиденья водителя. Оплетка тросов закреплена с одной стороны гайками в кронштейне *6*, а с другой – в адаптерах *4* распределителя.

Перемещением рычага из «Нейтрали» вперед по ходу трактора осуществляется установка золотников в позиции «Опускание» и «Плавающая»; назад – в позицию «Подъем».

Система управления и регулирования навесным устройством включает в себя регулятор с электромагнитным управлением, позиционный датчик (индукционный датчик перемещения), силовой датчик (два силоизмерительных пальца), пульт управления, электронный блок и жгуты.

В настоящее время находятся в эксплуатации как тракторы с автономным регулятором типа EHR 4, так и с интегральным блоком BOSCH типа EHR-23LS, которые имеют конструктивные отличия, но выполняют одинаковые функции автоматического регулирования заданного режима работы.

Позиционный датчик индукционного типа управляется эксцентриком на поворотном валу ЗНУ.

Силовой датчик выполнен в виде двух силоизмерительных пальцев, служащих осями крепления нижних тяг ЗНУ к корпусу заднего моста.

6.2.5.1. Работа регулятора EHR 4 BOSCH

Позиция «Нейтраль». Электромагниты *3*, *13* (рис. 4.59) обесточены, и управляющий золотник *12* находится в нейтральном положении перепуска, соединяя магистраль нагнетания *P* со сливом *N*. Полости подъема гидроцилиндров *6* заперты клапаном *7* гидрозамка и противоударным клапаном *5*.

Позиция «Подъем». Запитан электромагнит *13* (рис. 4.60) и сердечник электромагнита сдвигает управляющий золотник *12* влево. Перепускной клапан *1* также сдвигается влево, отсоединяя нагнетательную магистраль *P* от сливной *N*. Поток масла под давлением от насоса *17* подается в полости подъема гидроцилиндров *6* через перепускной клапан *1*, золотник *12* и клапан *7*.

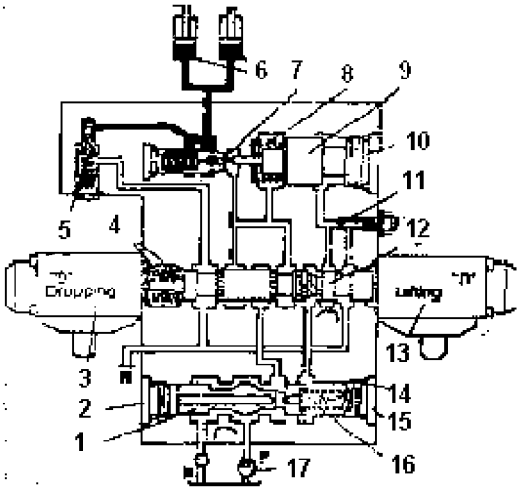


Рис. 4.59. Регулятор в положении «Нейтраль»: *1* – клапан перепускной; *2*, *10*, *15* – пробка; *3* – электромагнит опускания ЗНУ; *4* – пружины; *5* – противоударный клапан; *6* – гидроцилиндры ЗНУ; *7* – гидравлический замок (запорный клапан); *8* – пружина; *9* – толкающий клапан опускания; *11* – клапан давления опускания; *12* – золотник управления; *13* – электромагнит подъема ЗНУ; *14* – кольцо уплотнительное; *16* – пружина; *17* – масляный насос; *P* – нагнетательная магистраль; *N*, *R* – сливная магистраль; «*О*» – опускание; «*П*» – подъем

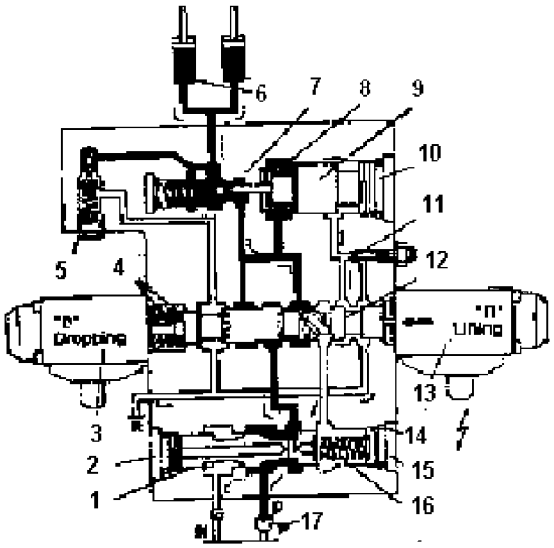


Рис. 4.60. Регулятор в положении «Подъем».
Подрисуночные надписи см. рис. 4.59.

Позиция «Опускание». Запитан электромагнит опускания *3* (рис. 4.61) и сердечник электромагнита сдвигает управляющий золотник *12* вправо. Поток масла под давлением настройки клапана *11* поступает под поршень клапана *9*, который перемещается влево и через толкатель открывает запорный клапан *7*. Масло из поршневых полостей гидроцилиндров *6* вытесняется в сливную магистраль *R* через открытый запорный клапан *7* и через управляющий золотник *12*. Шарик клапана *7* управляет потоком опускания для различных, по весу, навесных орудий.

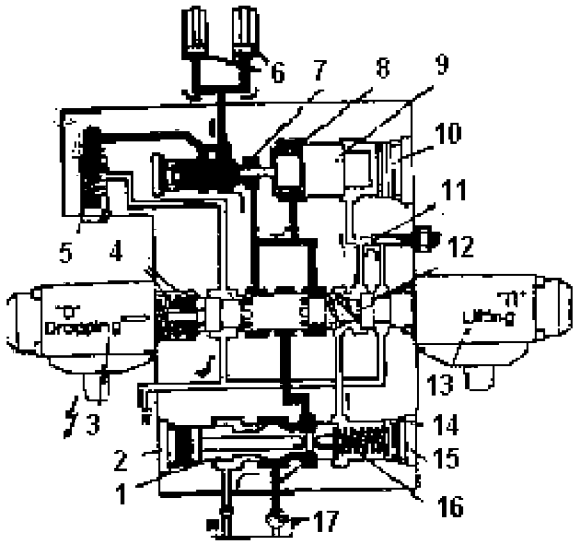


Рис. 4.61. Регулятор в положении «Опускание».
Подрисуночные надписи см. рис. 4.59.

6.2.6. Конструктивные особенности гидроприводов ЗНУ

Гидроприводы навесных устройств колесных и гусеничных тракторов имеют различную степень сложности и различаются давлением, подачей и мощностью масляного насоса, типом гидрораспределителя, числом гидроцилиндров и т. д.

Наибольшее число гидроагрегатов применено в гидроприводах ЗНУ тракторов «Беларус».

Следует отметить, что в энергонасыщенных тракторах «Беларус» мощностью 130–300 л. с. применены гидроприводы с электронно-гидравлическим управлением на базе гидравлических и электронных компонентов фирмы BOSCH (Германия).

6.2.6.1. Масляный бак

В качестве примера рассмотрим масляный бак гидропривода ЗНУ тракторов «Беларус» серий 500, 800, 900, 1000, 1200 («Беларус-1221, -1221В»).

Бак *9* (рис. 4.62) гидропривода ЗНУ трактора отлит из чугуна и использован как корпус для крепления гидроагрегатов. На нем установлены насос *10* с выключаемым приводом и распределитель *8* с рычажным механизмом управления.

Ведущий вал *13* насоса установлен на двух шариковых подшипниках и приводится во вращение зубчатым колесом *11*. Насос *10* включают, поворачивая

вверх фиксируемую рукоятку *1* при остановленном дизеле. Рукоятка через валик и вилку *12* перемещает зубчатое колесо *11* назад (на рисунке вправо) и вводит его в зацепление с промежуточным зубчатым колесом МОМ.

К задней стенке бака *9* и насосу *10* слева через уплотнительные прокладки присоединен всасывающий трубопровод, а к распределителю *8* и крышке фильтра *2* – сливной трубопровод.

В крышке бака расположены заливная горловина с резьбовой пробкой *5*, масломерная линейка *4* и сапун *6*, а в дне бака – пробка *14* сливного отверстия.

В сливном фильтре *2* применяется сменный бумажный фильтрующий элемент (БФЭ) с периодичностью замены 500 ч (первая) и 1000 ч (все последующие).

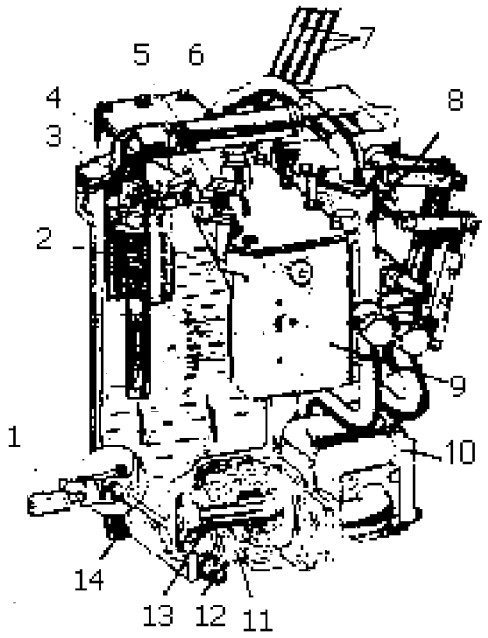


Рис. 4.62. Масляный бак с гидроагрегатами: *1* – рукоятка; *2* – фильтр; *3* – перепускной клапан; *4* – масломерная линейка; *5* – пробка маслозаливной горловины; *6* – сапун; *7* – рычаги управления золотниками распределителя; *8* – распределитель; *9* – бак; *10* – насос НШ-32-А; *11* – зубчатое колесо; *12* – вилка; *13* – ведущий вал; *14* – пробка сливного отверстия

Современные тракторы «Беларус» комплектуются автономными масляными баками гидропривода ЗНУ.

В тракторах раннего выпуска масляный бак был общим с ГОРУ. По требованиям безопасности современные тракторы имеют также автономные масляные баки ГОРУ. К баку гидропривода ЗНУ трактора К-701 подключена гидросистема рулевого управления, а в тракторах ДТ-75МВ и ДТ-175С гидроусилитель механизма выключения сцепления.

6.2.6.2. Гидрораспределители

Гидрораспределители, применяемые в гидроприводах ЗНУ тракторов, конструктивно подобны, но не являются взаимнозаменяемыми. Они могут быть двух- (Р75-22, Р75-42) и трехзолотниковыми (Р75-23, Р75-33, Р75-43, Р-80-23, Р150-23), трех- (Р75-43, Р80-23) и четырехпозиционными (Р75-22, Р75-23, Р75-33, Р150-23). Первое число (75, 80 или 150) в марке распределителя означает его пропускную способность (л/мин) при номинальном давлении 10 МПа, остальные цифры и буквы – конструктивный вариант.

Увеличение номинального давления с целью снижения металлоемкости гидропривода увеличивает пропускную способность распределителя, но требует совершенствования его конструкции.

Распределитель Р80-23Р отличается от распределителей типа Р75 и Р150 прежде всего номинальным давлением (16 МПа вместо 10 МПа) и приспособленностью к работе с регулятором.

В гидроприводах ЗНУ тракторов «Беларус» находят применение гидрораспределители следующих типов:

1. Р80-3/4-222$Г_г$.
2. Р80-3/4-111.
3. RS-213 (секционный по заказу).
4. РП-70 (секционный проточный производства РБ).

В распределителе Р80-23Р три одинаковых шестибуртовых золотника *2* (рис. 4.63) установлены с минимальным зазором в расточки корпуса *15*, фиксируются в положениях «Подъем» и «Опускание» и автоматически возвращаются в нейтральное положение.

Каждый золотник имеет осевое сверление в виде трех ступеней. Верхняя ступень малого диаметра сообщает радиальные отверстия *А* в верхнем (на рисунке) бурте с полостью над конусным клапаном *13*. В средней ступени нарезана резьба для гильзы *11*, а в нижней – для пробки крепления пружины *5*. Кольцевая щель между гильзой *1* и золотником уплотнена по верхнему торцу и через радиальные отверстия сообщена со второй его проточкой снизу.

В верхнюю часть гильзы установлен конусный клапан *13* с седлом *12* и пружиной *14*, а в нижнюю – бустер *10*. Полости над и под клапаном *13* сообщены с кольцевой щелью между гильзой *11* и золотником *2* через два радиальных отверстия в гильзе *11*: нижнее отверстие большего диаметра выходит в полость *Г* под клапаном, а верхнее меньшего диаметра (дроссель) – в полость над клапаном *13*.

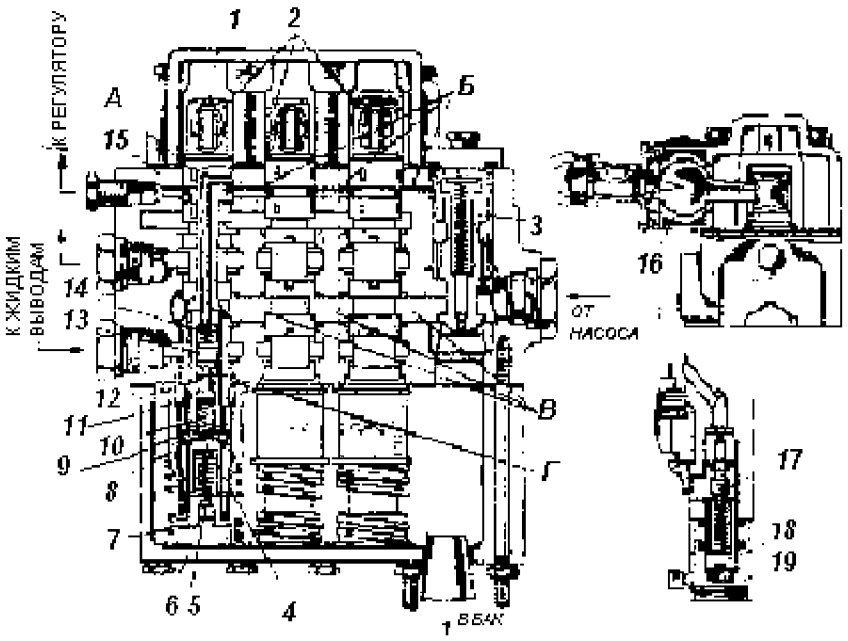


Рис. 4.63. Гидрораспределитель Р80-23Р**:** *1* – нижняя крышка; *2* – золотники; *3* – перепускной клапан; *4* – фиксатор; *5* – пружина фиксатора; *6* – верхняя крышка; *7* – пружина золотника; *8* – обойма фиксатора; *9* – шарик; *10* – бустер; *11* – гильза; *12* – седло клапана; *13* – конусный клапан; *14* – пружина клапана; *15* – корпус; *16* – рычаг; *17* – предохранительный клапан; *18* – регулировочный винт; *19* – колпачок; *А* – радиальное отверстие в золотнике; *Б* – канал управления; *В* – напорная полость; *Г* – полость под клапаном

В нижних радиальных отверстиях золотника установлены шарики *9*. Снаружи они закрыты обоймой *8*, а изнутри постоянно выталкиваются конусной частью фиксатора *4* под действием пружины *5*. Внутренняя поверхность обоймы *8* (цилиндрическая в средней части) имеет на концах профильные расточки для шариков *9*.

Золотник удерживается в нейтральном положении пружиной *7*. Ее верхняя тарелка упирается в бурт золотника, а нижняя – в пробку. Поэтому при перемещении золотника пружина *7* дополнительно сжимается, упираясь тарелкой в крышку *6* или в корпус *15* через обойму *8*.

В нейтральном положении золотников их радиальные отверстия *А* перекрыты верхним пояском корпуса *15*, верхние проточки совмещены с каналом *Б* управления, а вторые снизу проточки – с напорной полостью *В*. Конусный клапан *13* под действием пружины *14* и одинакового давления масла сверху и снизу плотно закрывает отверстие в седле *12* и пропускает масло к бустеру *10*. Перепускной клапан *3* при включенном регуляторе закрыт, а при выключенном – открыт.

В положении «Подъем» золотник смещен вниз (на рисунке не показано) и удерживается шариками *9*, зажатыми между профильным торцом расточки обоймы *8* и конической поверхностью фиксатора *4*. Отверстия *А* совмещены

с каналом *Б* управления, канал опускания через первую снизу проточку золотника – с полостью слива, а канал подъема – с напорной полостью *В*.

Из полости *В* через радиальные отверстия в золотнике, кольцевую щель и радиальные отверстия в гильзе *11* масло поступает в обе полости конусного клапана *13*, а из канала *Б* управления – к предохранительному клапану *17*. При открытии клапана *17* масло начнет вытекать из канала *Б* и благодаря дросселю гильзы *11* давление над клапаном *13* уменьшится по сравнению с давлением под ним (в полостях *В* и *Г*). Вследствие разности давлений пружина *14* сожмется, клапан *13* откроется и пропустит масло из кольцевой щели через большее отверстие в гильзе *11* и отверстие в седле *12* к бустеру *10*, который как толкатель переместит фиксатор *4* вниз. Освобожденные шарики *9* закатятся в радиальные отверстия, и золотник установится в нейтральное положение.

В положении «Опускание» золотник смещен вверх и тоже удерживается шариками *9*. Отверстия *А* совместятся с полостью крышки *1*, сообщая полость над клапаном *13* с полостью слива. Дроссель в гильзе *11* создает достаточный для открытия клапана *13* перепад давления при значительно меньшем давлении в полости *В* (2 МПа вместо 20 МПа).

Гидрораспределитель Р80-3/4-111 с гидрозамками тракторов «Беларус». Характерной отличительной особенностью гидрораспределителей такого типа является установка так называемых *гидрозамков* в полости подъема для исключения утечки масла по зазорам между золотниками и корпусом гидрораспределителя, что препятствует самопроизвольному опусканию орудия по причине износа гидрораспределителя.

Гидрораспределитель состоит из корпуса *28* (рис. 4.64), двух крышек *17*, *29*, золотников *30*, перепускного *6* и предохранительного *9* клапанов, рычагов управления *36*, гидрозамков *25* и уплотнений.

В положении «Нейтральное» золотник *30* удерживается пружиной *18* так что нагнетательный канал *А* отсоединен от полостей *К* и *Р*, сообщающихся с гидроцилиндром.

Полости *К* и *Р*, в свою очередь отсоединены от сливной полости *Е* нижней крышки и от сливного канала *В* соответственно.

Для того чтобы масло, находящееся под давлением в цилиндре, не перетекало по зазору между золотником и корпусом, в полости *Р* установлен гидрозамок. В нейтральном положении шарик *25* находится над выемкой в золотнике и под воздействием пружины *26* и давления в цилиндре опускается до контакта с пояском на седле *27*, перекрывая выход масла из подъемной полости цилиндра на слив.

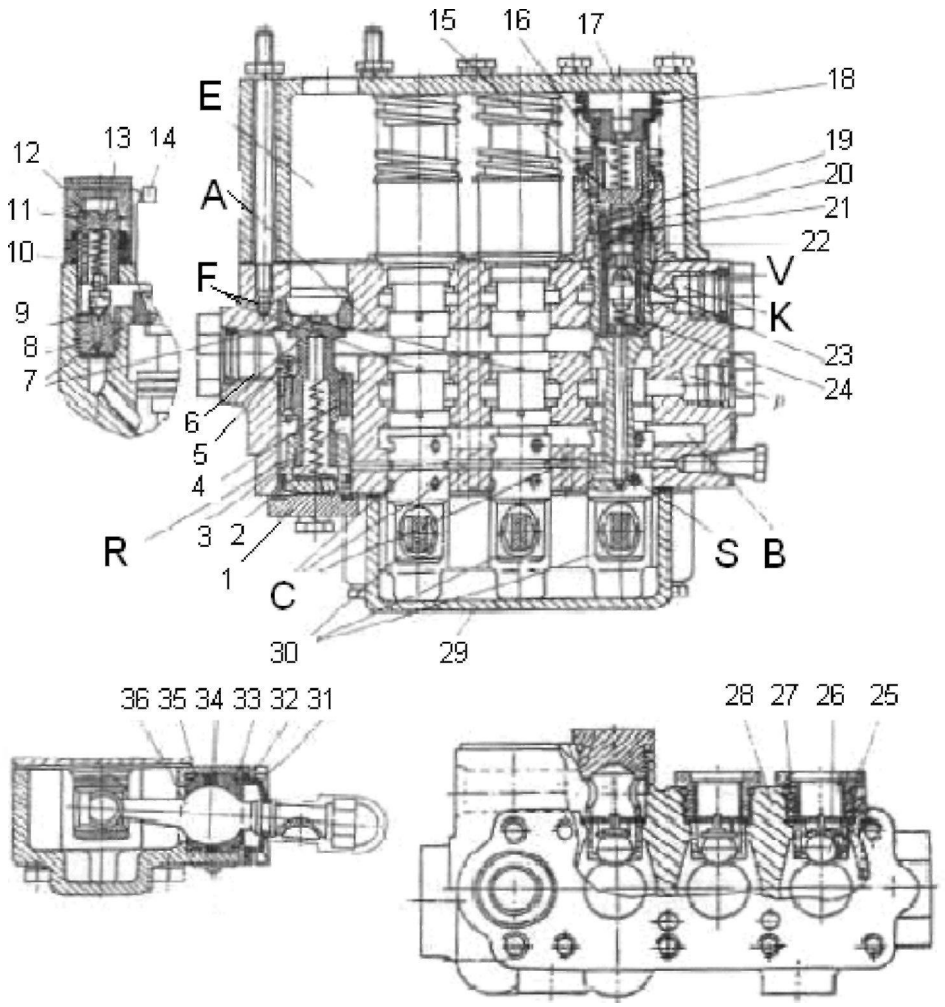


Рис. 4.64. Гидрораспределитель Р80-3/4-111 гидропривода ЗНУ тракторов «Беларус»: *1* – упор; *2* – пружина; *3* – направляющая; *4* – жиклерное отверстие; *5* – стержневой клапан; *6* – перепускной клапан; *7* – седло перепускного клапана; *8* – седло предохранительного клапана; *9* – игольчатый клапан; *10* – контргайка; *11* – колпачок; *12* – винт; *13*, *16*, *24* – пружина; *14* – пломба; *15* – фиксаторная втулка; *17* – крышка нижняя; *18* – пружина золотника; *19* – шарик фиксатора; *20* – обойма; *21* – толкатель; *22* – гильза; *23* – клапан бустера; *25* – шарик гидрозамка; *26* – пружина гидрозамка; *27* – седло гидрозамка; *28* – корпус; *29* – крышка верхняя; *30* – золотник; *31* – пыльник; *32* – крышка пыльника; *33*, *35* – вкладыш сферы; *34* – кольцо уплотнительное; *36* – рычаг; *A* – нагнетательный канал; *R* – поршневая полость; *C* – канал управления; *F* – выемка на кромке золотника; *B* – сливной канал; *K* – полость опускания; *V* – полость клапана бустера; *S* – отверстия радиальные в золотнике; *E* – сливная полость; *P* – подъемная полость

Масло, подаваемое насосом, направляется из нагнетательного канала *A* через открытый перепускной клапан *6* в полость *E* верхней крышки и далее в бак, обеспечивая разгрузку насоса.

Открытие перепускного клапана в нейтральном положении обеспечивается за счет соединения канала управления *C* через выточку на золотнике по трубопроводу с регулятором и далее со сливом в бак. Жиклерное отверстие *4* в поршневой части перепускного клапана *6*, оказывая сопротивление движению масла из нагнетательной полости *A* в поршневую полость *R* и далее

на слив, создает перепад давления, в результате чего в канале *A* давление больше, чем в полости *R*. Разница в давлении вызывает усилие, направленное вниз, большее, чем суммарное усилие от давления в полости *R* и пружины *2*, направленное вверх. В результате перепускной клапан *6* откроется.

В положении «Подъем» золотник соединяет канал *A* с подъемной полостью *P*, а полость *K* – со сливом *E*. Канал управления *C* перекрывается золотником и перетекание масла по жиклерному отверстию *4* клапана *6* прекращается, вследствие чего давление в надпоршневой и подпоршневой зонах выравнивается и усилием пружины *2* клапан *6* садится на седло *7*. Слив масла в бак прекращается, и оно по каналу *A* через отверстие *P* направляется в подъемную полость цилиндра сельхозорудия, отжимая от седла *27* шарик *25* гидрозамка. Из полости опускания цилиндра масло поступает в отверстие *S*, а затем по выточке в золотнике и через отверстия в обойме *20* фиксатора проходит в сливную полость *E* и далее в бак.

Перемещение поршня цилиндра на сельхозорудии происходит до тех пор, пока золотник находится в положении «Подъем». Если перемещение поршня цилиндра прекращается (упор поршня в крышку цилиндра), а золотник удерживается трактористом, срабатывает предохранительный клапан *9*, настроенный на перепуск масла через предохранительное устройство при давлении 18–20 МПа (180–200 бар).

При давлении выше настроенного клапан *9* отрывается от седла *8* и поршневая полость *R* перепускного клапана *6* соединится со сливом.

В результате возникшего перетекания масла через жиклерное отверстие *4* перепускного клапана, клапан *6* приподнимается и пропустит основной поток от насоса в верхнюю крышку на слив под давлением, на которое отрегулирован предохранительный клапан.

Если рукоятка управления трактористом не удерживается, срабатывает устройство автоматического возврата золотника в нейтральное положение. Возврат происходит при давлении на 0,5–1,0 МПа (5–10 бар) ниже давления предохранительного клапана следующим образом: масло под давлением поступает через отверстие *S* и осевой канал в полость *V* клапана бустера *23* и сдвигает вверх толкатель *21* и фиксаторную втулку *15*. Шарики *19* выйдут из проточки обоймы *20*, и золотник под действием пружины *18* установится в «Нейтраль».

В положении «Плавающее» золотник соединяет обе полости цилиндра *K* и *P* со сливом. Шарик *25* гидрозамка попадает на цилиндрическую часть золотника, отжимается от седла и не препятствует перетеканию через него

масла. Это позволяет поршню свободно перемещаться в цилиндре. Нагнетательный клапан *A* отсоединен золотником от полостей цилиндра *K* и *P*, а канал управления через проточку в золотнике сообщен со сливом (см. положение «Нейтральное»), таким образом масло, подаваемое насосом, через открытый перепускной клапан направляется в бак, обеспечивая разгрузку насоса.

В положении «Принудительное опускание» шарик *25* гидрозамка, как и в позиции «Плавающее», приподнят цилиндрической поверхностью золотника *30* и не препятствует проходу масла из полости подъема цилиндра. В положении «Принудительное опускание» золотник *30* соединяет канал *A* с полостью опускания *K*, а полость подъем цилиндра *P* – со сливом.

В остальном работа распределителя происходит аналогично работе при установке золотника в положение «Подъем». Распределитель позволяет регулировать поток масла, поступающий от насоса в исполнительный цилиндр, и, тем самым, замедлять или ускорять движения поршня. Изменение скорости движения поршня достигается дросселированием масла в выемках *F* на кромках золотников, в результате часть потока уходит на слив. Рукоятки при этом удерживаются в промежуточных положениях между позицией «Нейтральное» и рабочими положениями «Подъем» и «Принудительное опускание». Стержневой клапан *5* установлен для обеспечения работы регулятора. Назначение и работа клапана *5* описаны ниже (п. 6.2.6.3. «Силовой (позиционный) регулятор»).

6.2.6.3. Силовой (позиционный) регулятор

Силовой (позиционный) регулятор находит применение в гидроприводах ЗНУ двух типов:

– гидропривод с силовым и позиционным регулированием (тракторы «Беларус» серий 800, 900);

– гидропривод с силовым и позиционным и смешанным регулированием (тракторы «Беларус» серий 800, 900 (по заказу); серии 1000 и 1200 (1221)).

В корпусе *22* (рис. 4.65) расположена подвижная гильза *20*, а в ней золотник *19*. Гильза соединена с ходовой гайкой *3*, фиксированной от вращения выступами, заходящими в пазы корпуса *22*. Ходовая гайка *3* установлена на винте *1*, наружный конец которого связан с рукояткой управления. Золотник *19* упирается торцем в ходовую гайку *17* с тремя шариками на винтовых канавках между гайкой и винтом *16* и двумя шариками *12* на наружной поверхности гайки для ее фиксации от поворота в крышке *13*. Расположенная

внутри золотника пружина *18* поджимает гильзу *20* и золотник *19* соответственно к ходовым гайкам *3* и *17*.

В корпусе *22* находится обратный клапан *11*, запорный клапан *21* и клапан приоритета *7* с встроенным в него обратным клапаном *6*. Возвратная пружина *8* отжимает клапан приоритета *7* до упора в пробку *5*. В этом положении каналы *Д* (насос) и *Б* (полость подъема цилиндра) разобщены. При перемещении клапана приоритета *7* в сторону возвратной пружины каналы *Д* и *Б* соединяются. Перемещение ограничено упором *9*, положение которого регулируется маховичком *10*.

На наружном конце винта *16* жестко закреплен переключатель *15*, с помощью которого винт может блокироваться с рычагом *14*, *14а*, и далее через смеситель сигналов с датчиками регулирования. При вращении винта *16* против часовой стрелки ходовая гайка *17* выворачивается, толкая золотник *19* и сжимая пружину *18*.

При вращении винта по часовой стрелке ходовая гайка *17* заворачивается под действием пружины *18*, действующей через золотник *19*, перемещая его в обратную сторону. Поэтому, при автоматическом регулировании, датчики перемещают золотник *19* только в сторону пружины *18*, преодолевая ее сопротивление.

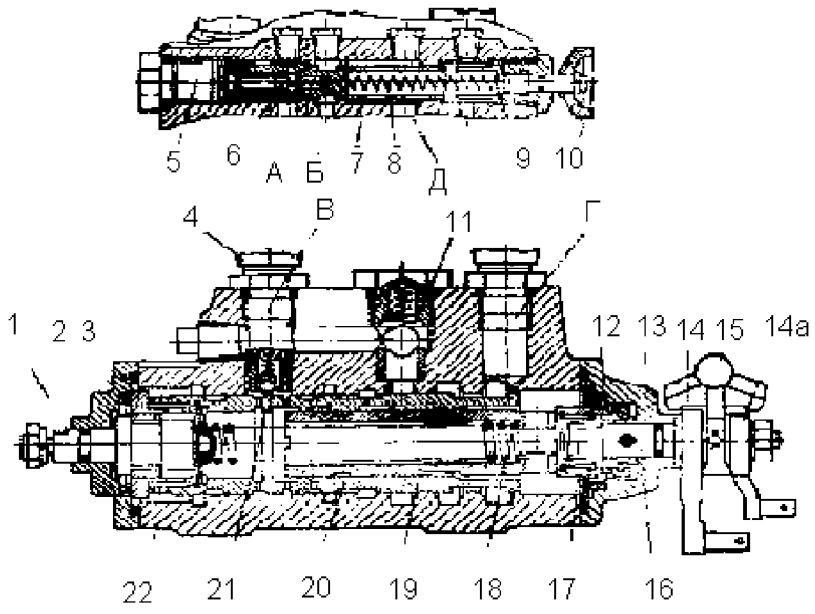


Рис. 4.65. Силовой (позиционный) регулятор: *1* – винтовая пара; *2* – кольцо стопорное; *3* – гайка ходовая; *4* – штуцер; *5* – пробка; *6* – клапан обратный; *7* – клапан приоритета; *8* – пружина; *9* – упор; *10* – маховичок; *11* – клапан обратный; *12* – шарики; *13* – крышка; *14* – рычаг позиционный; *14а* – рычаг силовой; *15* – переключатель; *16* – винтовая пара; *17* – гайка ходовая; *18* – пружина; *19* – золотник; *20* – подвижная гильза; *21* – клапан запорный; *22* – корпус; *А* – канал управления; *Б* – канал в полости подъема цилиндра; *В* – полость подъема; *Г* – полость опускания; *Д* – канал от насоса

Обратное движение золотника происходит под действием пружины, а датчики лишь освобождают золотник для этого перемещения. По этой причине люфты в шарнирах связей датчиков с золотником постоянно выбраны в одну сторону.

Регулятор сообщен напорным маслопроводом с насосом, сливным маслопроводом с баком, двумя шлангами с цилиндром и маслопроводом с каналом управления распределителя.

Работа регулятора в различных положениях рукоятки управления. При установке рукоятки в транспортное *положение «Нейтраль»* (рис. 4.66) канал управления *А* через гильзу *20*, золотник *19* и отверстие *24* сообщается со сливом, перепускной клапан распределителя открывается и насос разгружается (через распределитель сообщен со сливом). Полость подъема цилиндра *В* заперта запорным клапаном *21* и обратным клапаном *11* – навесное орудие удерживается в верхнем положении.

При установке рукоятки в транспортное положение «Подъем» (рис. 4.67) канал управления *А* перекрывается гильзой *20* от слива и перепускной клапан распределителя закрывается. Нагнетательный канал *Д* от насоса перекрывается в распределителе от слива и одновременно через гильзу, обратный клапан *11* сообщается с полостью подъема цилиндра *В* (полость опускания *Г* через гильзу *20*, внутреннюю полость золотника *19* и отверстие *24* сообщена со сливом) – происходит подъем орудия.

При установке рукоятки в положение «Принудительное опускание» (рис. 4.68) канал управления *А* перекрывается гильзой *20* от слива и перепускной клапан распределителя закрывается.

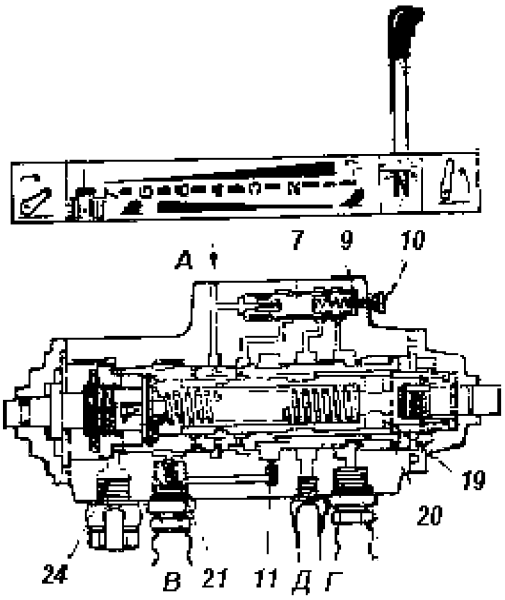


Рис. 4.66. Транспортное положение «Нейтраль»

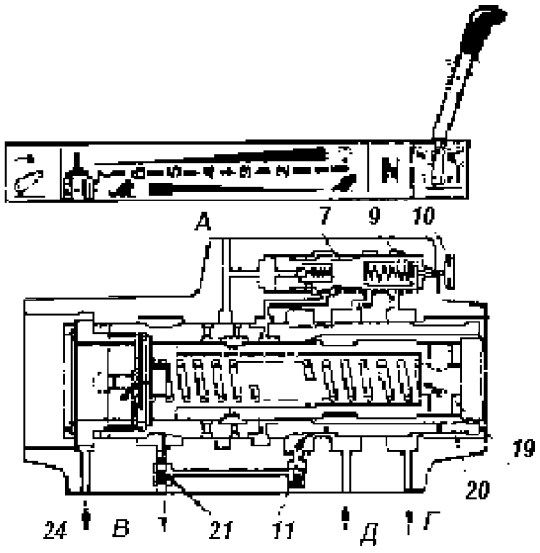


Рис. 4.67. Подъем в транспортное положение

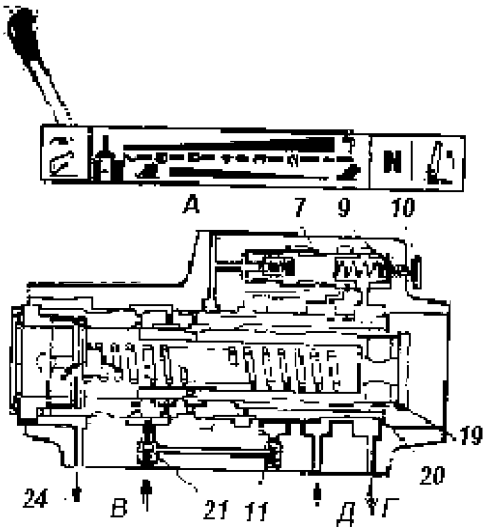


Рис. 4.68. Положение «Принудительное опускание»

Нагнетательный канал *Д* от насоса перекрывается в распределителе от слива и одновременно через гильзу сообщается с полостью опускания цилиндра *Г* (полость подъема через открытый запорный клапан *21*, отверстия в гильзе, золотник *19* и отверстие *24* сообщены со сливом) происходит опускание ненагруженного (без орудия) навесного механизма под давлением.

Рабочее положение «Нейтраль» (рис. 4.69). При установке рукоятки в позицию «Рабочее положение» канал управления *А* через гильзу *20*, золотник *19* и отверстие *24* сообщается со сливом, перепускной клапан распределителя открывается и насос разгружается (через распределитель сообщен со сливом). Полость подъема цилиндра *В* заперта золотником *19* и обратным клапаном *11* – навесное орудие удерживается в заданном рукояткой положении.

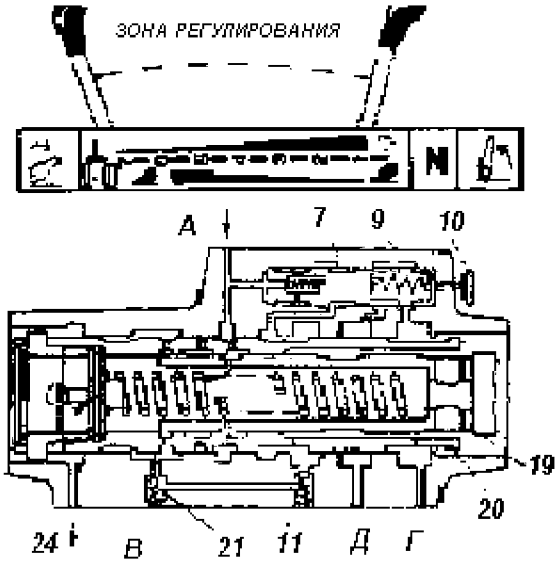


Рис. 4.69. Рабочее положение «Нейтраль»

Рабочее положение «Коррекция на опускание» (рис. 4.70). Золотник *19* датчиком сдвигается от положения «Нейтраль» вправо. Канал управления *А* остается сообщенным со сливом, перепускной клапан распределителя открыт, насос разгружен.

Полость подъема цилиндра через открытый запорный клапан *21*, золотник *19* и отверстие *24* сообщается со сливом, происходит вытеснение масла из полости подъема на слив, под действием массы орудия, т. е. коррекция на опускание.

Рабочее положение «Коррекция на подъем» (рис. 4.71). Золотник *19* датчиком сдвигается от положения «Нейтраль» влево. Канал управления *А* золотником *19* перекрывается от слива и перепускной клапан распределителя прикрывается, по-прежнему пропуская через себя часть потока от насоса на слив. Оставшаяся часть потока от насоса по нагнетательному клапану *Д* поступает к открытому в этом случае клапану приоритета *7*, далее через него и открытый обратный клапан *11* в полость подъема цилиндра *В* – происходит коррекция на подъем.

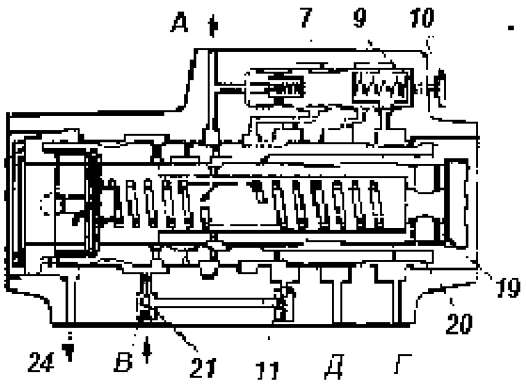


Рис. 4.70. Коррекция на опускание

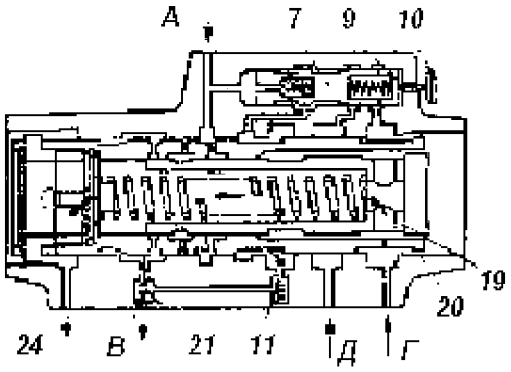


Рис. 4.71. Коррекция на подъем

Скорость коррекции зависит от настройки маховичка *10*. Чем больше повернут маховичок (по часовой стрелке), тем меньше ход клапана приоритета *7* до его упора в регулировочный винт *9*, а значит и меньше проход масла через клапан *7* от насоса *Д* к полости подъема цилиндра *В*. Соответственно, больше масла уходит через не полностью закрытый перепускной клапан распределителя на слив – происходит регулировка скорости перемещения поршня цилиндра при коррекции.

Особенности работы регулятора при позиционном способе регулирования. Для обеспечения четкости коррекции на подъем в перепускной клапан распределителя устанавливается стержневой клапан *5* (рис. 4.64) между надпоршневой (насосной) и поршневой (канал управления) полостями. При медленном самопроизвольном опускании навесного орудия и, соответственно, медленном закрытии перепускного клапана плавный рост давления происходит лишь до открытия стержневого клапана. В этот момент разница в давлениях в надпоршневой и подпоршневой полостях перепускного клапана резко уменьшается, и клапан закроется, а давление на насосе поднимается до значения, достаточного для выполнения коррекции.

6.2.6.4. Гидроцилиндры

Гидроцилиндры, применяемые в гидроприводах механизмов поворота и навески тракторов, как правило, поршневые двухстороннего действия. Они конструктивно подобны, но невзаимозаменяемы. Единый типоразмерный ряд гидроцилиндров, выпускаемых для гидроприводов тракторов, состоит из шести марок: Ц55, Ц75, Ц80, Ц100, Ц125, и Ц140. В этот ряд не входят гидроцилиндры Ц 36 и Ц 110, применяемые соответственно на самоходном шасси Т-16М и тракторе ДТ-75МВ. Буква «Ц» в марке означает цилиндр, а число – его внутренний диаметр (мм). В обозначении цилиндра, например Ц80-200-4,

указывают диаметр (80 мм) и ход (200 мм) поршня, а также рабочее давление: 2–14 МПа, 3–16 МПа, 4–20 МПа.

Для привода навесных устройств тракторов применяют один или два гидроцилиндра типа Ц: Ц75 (Т-25А); Ц90 (Т-40АМ); Ц100×200-3 («Беларус-800, -900»); Ц125 («Беларус-1021, -1025, -1221»; Т-150; ДТ-175С); два Ц125 (К-701; Т-130М); два Ц90×50×250 («Беларус-1222, -1523, -2022»); два 80×220 плунжерного типа (с гидроподъемником «Беларус») или Ц90×220 (2шт.); два Ц110×250 («Беларус-2822ДЦ, -3022ДВ, -3022.1»).

Гидроцилиндр Ц125 привода навесных устройств тракторов Т-150 и Т-150К шарнирно соединен бугелем *25* (рис. 4.72) с осью, закрепленной в задних кронштейнах рамы, а головкой штока *22* – с поворотным рычагом механизма навески. Такого же типоразмера гидроцилиндр для тракторов «Беларус-1021, -1025, -1221» имеет в задней крышке вместо бугеля проушину для соединения с пальцем, закрепленным на кронштейне заднего моста, а головкой штока – с рычагом поворотного вала ЗНУ.

Цилиндр состоит из трубчатого корпуса *23*, передней *13* и задней *24* крышек, поршня 3, закрепленного на штоке *22* гайкой *2*, маслопровода *6* с деталями его крепления, замедлительного клапана *9* и уплотнений. Задняя крышка *24* и фланец *21* приварены к корпусу, а передняя крышка *13* прикреплена к фланцу *21* болтами. Штуцера *26* и *27* для присоединения шлангов ввернуты в кронштейн *12*, прикрепленный двумя болтами к передней крышке. Кронштейн представляет собой штампованную стальную звездочку с центральным калиброванным отверстием и наружными зубцами, отогнутыми в сторону фаски маслопровода *6*. Передний конец маслопровода *6* вставлен в расточку кронштейна *12*, а наконечником и специальным (полым) болтом соединен с полостью задней крышки *24*.

Замедлительный клапан *9* установлен с осевым зазором между торцем маслопровода, имеющим внутреннюю фаску, и уступом расточки кронштейна *12*.

При подъеме навесного орудия (машины) масло поступает в бесштоковую полость через штуцер *27*, прижимает клапан *9* отогнутыми зубцами к торцу маслопровода, проходит через калиброванное отверстие и обтекает клапан. Поэтому гидравлическое сопротивление последнего мало.

При опускании навесного орудия (машины) масло вытесняется поршнем, прижимает клапан *9* плоской стороной к уступу расточки и проходит только через калиброванное отверстие. Так как гидравлическое сопротивление клапана велико, машина опускается плавно, без удара о почву.

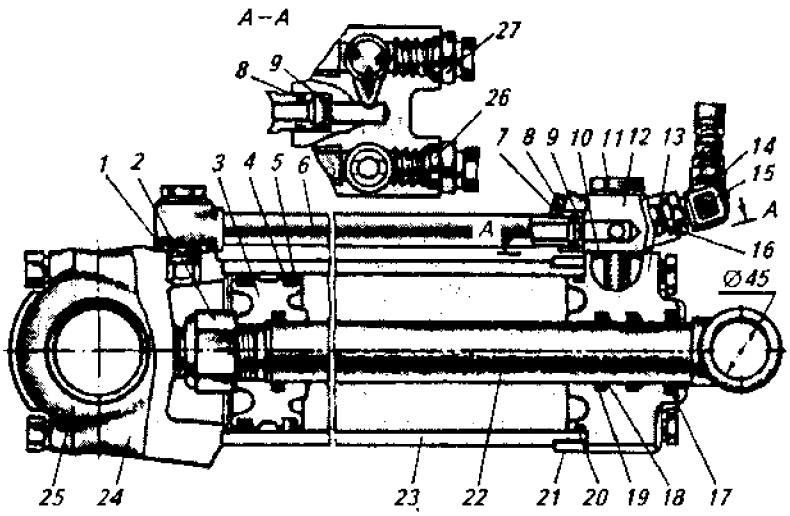


Рис. 4.72. Гидроцилиндр Ц125: *1*, *8*, *10*, *20* – уплотнительные кольца; *2* – гайка штока; *3* – поршень; *4* – защитное кольцо; *5* – уплотнительная манжета; *6* – маслопровод; *7* – заглушка; *9* – замедлительный клапан; *11* – болт; *12* – кронштейн; *13* – передняя крышка; *14* – штуцер; *15* – гайка штуцера; *16* – уплотнение штуцера; *17* – грязесъемная манжета; *18* – защитная шайба; *19*– уплотнение штока; *21* – фланец; *22* – шток; *23* – корпус; *24* – задняя крышка; *25* – бугель; *26*, *27* – штуцера над- и подпоршневой полостей цилиндра

Цилиндры гидроподъемника тракторов «Беларус» серий 800, 900, 1000, 1200 (кроме «Беларус-1222, -1222В») – бесштоковые (плунжерные) одностороннего действия. Диаметр цилиндров – 80 мм. Ход плунжера – 220 мм, ограничен при втягивании упором его в дно цилиндра, при вытягивании – упором стопорного кольца *2* (рис. 4.73) по внутреннему диаметру корпуса цилиндра.

На плунжере рядом с канавкой под стопорное кольцо *2* расположена монтажная, более глубокая канавка *А*. При разборке стопорное кольцо перебрасывается в монтажную канавку через подводящее отверстие *Б*, после чего плунжер вытягивается из корпуса цилиндра. Сборка производится в обратном порядке.

На плунжере расположены два направляющих кольца *4*, манжета *5* и грязесъемник *6*. В гидронавесной системе с гидроподъемником для повышения грузоподъемности могут использоваться поршневые цилиндры с рабочим диаметром 90 мм.

6.2.6.5. Гидравлическая арматура

Гидравлические линии (контуры) раздельно-агрегатных гидросистем имеют большую протяжность и включают в себя каналы и полости в гидроагрегатах, трубопроводы, шланги, соединительные и разные муфты с запорными клапанами, уплотнения. По назначению гидролинии делят на всасывающие, напорные (нагнетательные), сливные, дренажные и линии управления.

Металлические трубопроводы напорных гидролиний изготавливают из стальных бесшовных труб, рассчитанных на давление до 32 МПа. Их наконечники представляют собой ниппель, приваренный к трубе, и гайку, надетую на него, или приваренную втулку под специальный (полый) болт с металлическими уплотнительными прокладками (соединение «Банджо»).

Рукава высокого давления имеют многослойную конструкцию. Их камера из маслостойкой резины заключена в два слоя хлопчатобумажной или капроновой оплетки, между которыми расположена металлическая оплетка. Снаружи камера закрыта резиновым слоем и бандажом из прорезиненной ткани. Ниппель с накидной гайкой вставлен удлиненным хвостовиком в камеру и соединен с концом шланга опрессовкой наружной стальной муфты (втулки).

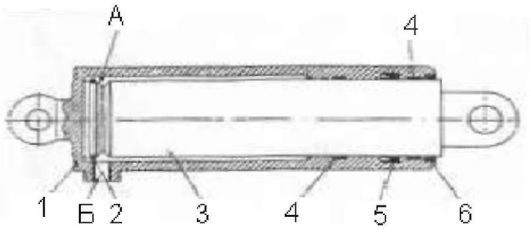


Рис. 4.73. Плунжерный цилиндр: *1* – корпус; *2* – кольцо стопорное; *3* – плунжер; *4* – кольцо направляющее; *5* – манжета; *6* – грязесъемник; *А* – монтажная канавка; *Б* – подводящее отверстие

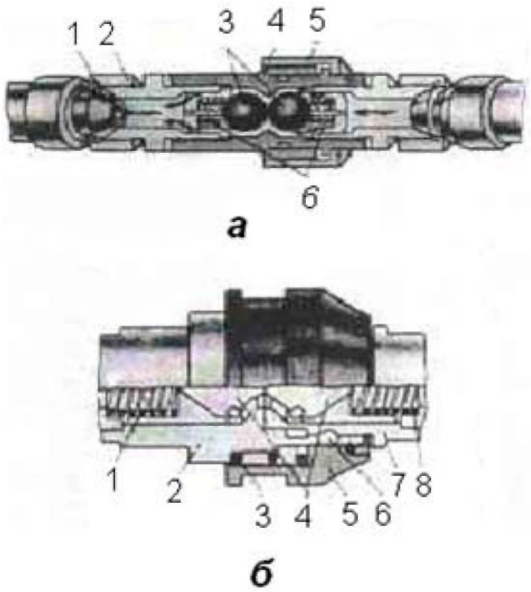


Рис. 4.74. Соединительные муфты: *а* – с накидной гайкой: *1* – штуцер шланга; *2*, *5* – накидные гайки; *3* – шарики запорных клапанов; *4* – полумуфты; *6* – пружины; *б* – быстро соединяемые (тракторы «Беларус»): *1*, *3*– пружины; *2* – наружная полумуфта; *4* – запорные клапаны; *5* – фиксатор; *6* – шарик; *7* – внутренняя полумуфта

Соединительные и разрывные муфты применяются для подключения выносных гидроцилиндров. Соединительная муфта состоит из двух полумуфт *4* (рис. 4.74, *а*), вставляемых одна в другую и стягиваемых накидной гайкой *5*. При заворачивании гайки шарики *3* прижимаются один к другому, отходят от седел полумуфт *4* и дополнительно сжимают пружины *6*. В результате образуются кольцевые щели для прохода рабочей жидкости.

Быстросоединяемые муфты находят применение в тракторах «Беларус». Их наружные полумуфты *2* (рис. 4.74, *б*) с фиксирующими шариками *6* установлены на выводах гидросистемы. Внутренние полумуфты *7* с фиксаторами *5* входят в комплект запасных инструментов и принадлежностей (ЗИП) трактора.

Полумуфту *7*, соединенную со шлангом, одной рукой вставляют в полумуфту *2* до касания с шариками *6*, а другой рукой перемещают фиксатор *5* в сторону полумуфты *2* до тех пор, пока шарики *6* не войдут в проточку фиксатора. Удерживая фиксатор *5*, и преодолевая сопротивление пружин *1*, вставляют полумуфту *7* до упора в полумуфту *2* и отпускают фиксатор *5*. Под действием пружины *3* он смещается вправо и выталкивает шарики *6* в канавку внутренней полумуфты *7*, а они надежно соединяют обе полумуфты.

Если через такие муфты подключить гидроцилиндр прицепной машины, то при ее случайном отсоединении от трактора произойдут разрыв шлангов и утечка большей части масла из гидросистемы.

Разрывные муфты предназначены для автоматического разъединения и запирания гидролиний при возникновении в них растягивающих (разрывных) усилий.

Чтобы быстро соединяемую муфту сделать разрывной, ей обеспечивают небольшое осевое перемещение, а фиксатор *5* вставляют наружной проточкой в вилку неподвижного кронштейна. При перемещении соединенной муфты относительно неподвижного кронштейна вправо полумуфта *2* сжимает пружину *3*, шарики *6* выкатываются в проточку фиксатора *5*, а пружины *1* выталкивают полумуфту *7* из полумуфты *2* и закрывают конические запорные клапаны *4*.

6.2.7. Возможные неисправности и техническое обслуживание

Неисправности гидроприводов навесных устройств тракторов проявляются, прежде всего, в замедлении подъема и самопроизвольном опускании навешенной машины.

При включенном насосе, нормальном уровне, температуре и вязкости масла в баке эти неисправности обычно обусловлены уменьшением подачи и давления масла из-за чрезмерных его утечек в насосе, распределителе, регуляторе и гидроцилиндре. Одна из причин утечек масла из напорной гидролинии в сливную – его загрязнение. Оно вызывает ускоренное изнашивание уплотнений и позиционных пар всех агрегатов, разуплотнение обратных и зависание перепускных клапанов, а также забивание сливного фильтра, перегрев и вспенивание масла. Большинство этих неисправностей устраняют при ремонте гидроагрегатов в специализированной мастерской, а сливной фильтр промывают при техническом обслуживании трактора.

Наибольшей вероятностью внесения загрязнений в гидроприводы является:

– ремонтные операции, включая замену гидравлических агрегатов и арматуры;

– операции отсоединения одних машин и присоединения других агрегатируемых машин, когда загрязнения вносятся через запорные устройства дополнительных выводов гидропривода;

– работа МТА в условиях сильной запыленности;

– работа с разбрасывателями минеральных удобрений.

Повышенные требования к чистоте гидравлических жидкостей предъявляют гидроприводы на базе гидравлических сборочных единиц фирмы BOSCH (тракторы «Беларус-1222, -1523, -2022, -2822ДЦ, -3022ДВ, -3022.1»). Это связано с применением прецизионно-точных гидравлических регуляторов, переключение которых в позиции «Подъем» и «Опускание» осуществляется по сигналам напряжения электронного блока управления. Исполнительные механизмы (электромагниты), принимающие сигналы и передвигающие гидравлические золотники имеют ограниченные по величине усилия страгивания, что неизбежно приводит к нарушению работы гидропривода (нет подъема, самопроизвольное опускание) из-за попадания загрязнений в зазоры между корпусом и золотниками и их подклинивания.

Большое значение имеет нормальная работа сапуна как воздушного фильтра масляного бака.

При работе гидропривода уровень масла в баке непрерывно изменяется. Это вызывает всасывание запыленного атмосферного воздуха через сапун в бак и обратное выталкивание его с большой скоростью.

Объем всасываемого воздуха растет с увеличением хода штока гидроцилиндра. Например, при работе трактора, «Беларус» серий 800, 900

с машинами, имеющими гидроцилиндры одностороннего действия с большим ходом штока, объемы разового (за один ход поршня) отбора масла из бака и всасываемого воздуха достигают 0,011 м^3. Кроме того гидроцилиндры ЗНУ должны иметь защищенные чехлами штоки и исправные замедлительные клапаны. При неисправном клапане сильно возрастает скорость опускания, растет разряжение в полости гидроцилиндра и подсос запыленного воздуха через уплотнения (например, верхней крышки гидроцилиндра (рис. 4.72).

В процессе эксплуатации необходимо систематически следить за состоянием сапунов масляного бака и гидроцилиндров (если установлены). Например, в масляном баке трактора «Беларус-3022.1» установлен импортный сапун со сменным фильтрующим элементом, который следует заменить новым через предписанный инструкцией по эксплуатации интервал времени (при проведении СТО).

Как отмечено выше в связи с применением импортных гидравлических устройств, необходимо также тщательно очищать полумуфты выводов гидросистемы и наконечники шлангов при подключении выносных гидроцилиндров, пробку маслозаливной горловины и масломерную линейку, залить в бак только чистое масло через пистолет с помощью заправочных средств. Следует поддерживать нормальный уровень масла в баке, особенно при работе трактора с машинами, имеющими гидроцилиндры одностороннего действия (стогометателями, самосвальными прицепами). При опущенной раме таких машин уровень масла в баке должен быть не ниже минимальной метки на масломерном стержне или масломерном стекле. Доливку или замену масла следует производить при втянутых штоках гидроцилиндров. В противном случае будет иметь место переполнение масляного бака с возможностью повреждений бака при опускании машины.

При недостаточном уровне возникают подсос воздуха, кавитация во всасывающей полости насоса и вспенивание масла.

Если в гидроприводах навесных устройств тракторов с отечественными комплектующими допустимо применение моторных масел (М-8Г$_{2к}$, М-10Г$_{2к}$, М-10Г$_2$) и индустриальных масел ИГП-30 (летом), ИГП-18 (зимой), то для тракторов «Беларус-1222, -1523, -2022, -2822ДЦ, -3022ДВ, -3022.1» с гидравлическими сборочными единицами фирмы BOSCH *регламентируется применение только индустриальных масел Bechem Staroil* № 32; *Addinol Hydrauklikol* HLP-32 и в качестве дублирующих масел: ИГП-18 (зимой) и МГЕ-46В (летом).

Глава 7. ГИДРОПОДЪЕМНИКИ КУЗОВОВ ПЛАТФОРМ АВТОМОБИЛЕЙ-САМОСВАЛОВ И САМОСВАЛЬНЫХ ПРИЦЕПОВ

7.1. Общие сведения

Гидроподъемник кузова автомобиля-самосвала или самосвального прицепа предназначен для поворота кузова на одну из трех его сторон на угол до 60° с предварительным подъемом или без него.

Кузова большинства автомобилей-самосвалов опрокидываются (поворачиваются) только назад без предварительного подъема, а у автомобиля САЗ-3502 – с предварительным подъемом. Кузова автомобилей-самосвалов сельскохозяйственного назначения (МАЗ-555142, ГАЗ-САЗ-53Б, ЗИЛ-ММЗ-554М, КамАЗ-55102) опрокидываются без предварительного подъема на любую из трех сторон: направо, налево или назад.

Самосвальные кузова тракторных прицепов опрокидываются на любую из трех сторон или только направо (налево) с помощью телескопического гидроцилиндра, подключаемого к выводам гидропривода ЗНУ трактора.

7.2. Механизм подъема платформы автомобиля-самосвала МАЗ-5551А2 (Евро-3) с односторонней разгрузкой

Подъемный механизм автомобиля-самосвала гидравлический с пневматическим дистанционным управлением (рис. 4.75). Механизм обеспечивает подъем платформы до угла (47–50)°, ее опускание, остановку в промежуточном положении, автоматическое ограничение угла подъема, встряхивание груженой платформы в конце подъема для лучшего ссыпания груза и автоматическое несрабатывание механизма при перегрузке автомобиля. Кроме того, обеспечивается управление открыванием и закрыванием заднего борта платформы.

Управление механизмом подъема платформы производится из кабины водителя с помощью пневмораспределительного крана *8* (рис. 4.75, *а*).

Гидроподъемник включает в себя телескопический трехступенчатый гидроцилиндр *1* (рис. 4.75, *а*) одностороннего действия, шарнирно соединенный с платформой (не показана), масляный насос *12* с пневматически включаемым приводом от коробки передач через коробку отбора мощности *13*, четырехпозиционный пневматический кран управления *8*, пневмогидравлический клапан

управления *19* с предохранительным клапаном *2*, золотником *3* и клапаном *4*, воздухопроводы *14*, *15*, *16* и маслопроводы *5*, *6*, *10*.

При повороте рукоятки крана управления в положение *II* («Подъем») (рис. 4.76) сжатый воздух под давлением не менее 550 кПа через подвод *II* (рис. 4.75) подается к пневмокамере коробки отбора мощности и вводит в зацепление шестерню привода насоса *12* с промежуточным валом коробки передач.

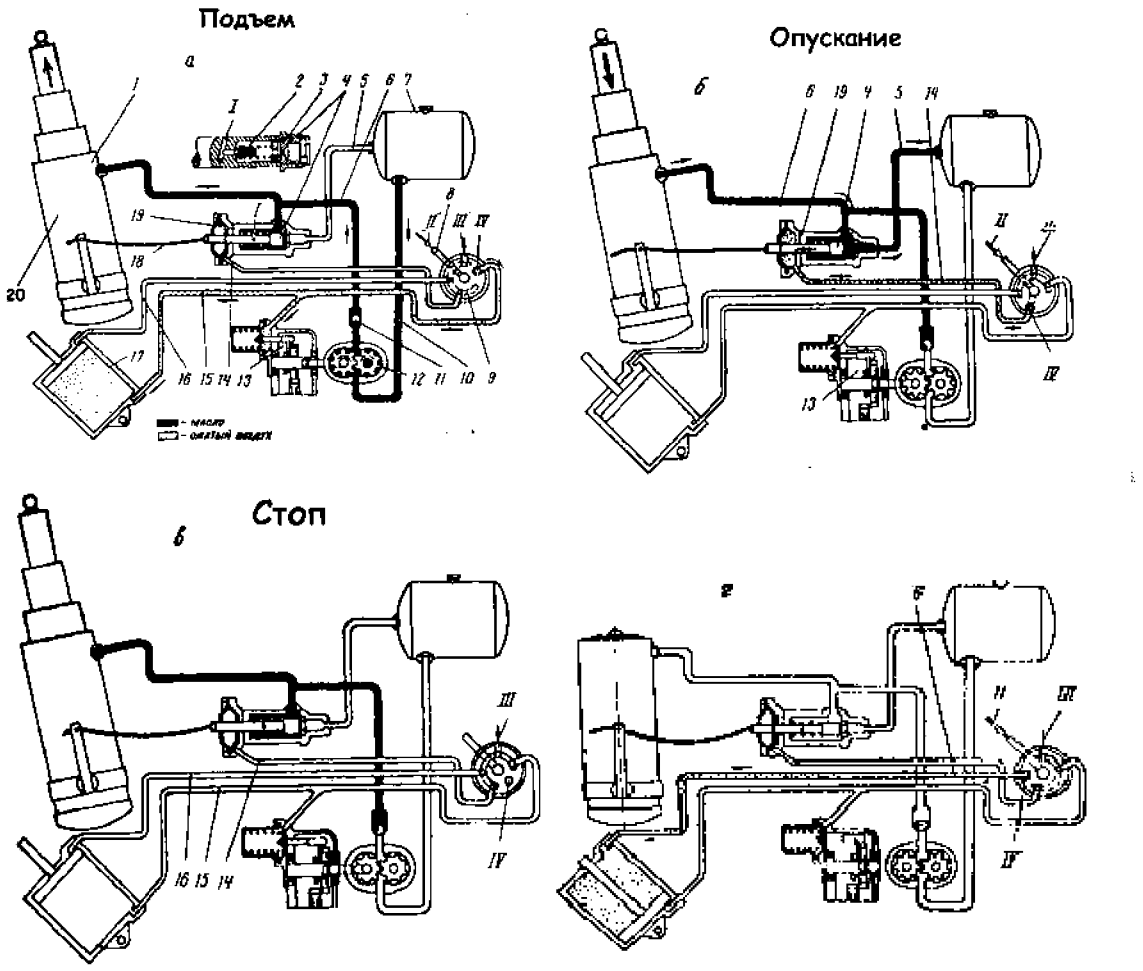


Рис. 4.75. Схема работы механизма подъема платформы: *1* – цилиндр; *2* – клапан предохранителя; *3* – золотник; *4* – клапан; *5*, *6*, *10* – маслопроводы; *7* – бак масляный; *8* – кран пневморас-пределительный; *9* – канал соединительный; *11* – клапан обратный; *12* – насос масляный; *13* – коробка отбора мощности; *14*, *15*, *16* – воздухопроводы; *17* – пневмоцилиндр управления запорами заднего борта; *18* – тросик клапана управления; *19* – клапан управления; *20* – рычаг привода тросика; *I* – клапан предохранительного устройства клапана управления; *II* – подвод воздуха к крану; *III* – канал вывода воздуха в атмосферу; *IV* – воздухоподводящее отверстие золотника; *а* – подъем платформы; *б* – опускание платформы; *в* – положение «Стоп»; *г* – транспортное положение

Насос *12* подает масло из бака *7* в гидроцилиндр *1* через открытый обратный клапан *11* при закрытом клапане *4*. Происходит выдвижение плунжеров гидроцилиндра и подъем платформы. Давление масла в конце хода

выдвижения плунжеров гидроцилиндра ограничивается клапаном *2*. Максимальный угол подъема платформы регулируется тросом *18*, соединенным с поворотным рычагом *20*. Для остановки подъема платформы в любом промежуточном положении необходимо установить рукоятку крана управления в положение *III* («Стоп») (рис. 4.76). Как видно на рис. 4.75, *в* подвод воздуха прекращается под давлением к пневмокамере управления насосом и под действием возвратной пружины шестерня привода насоса выводится из зацепления с шестерней КП. Закрывается обратный клапан *11* и, поскольку клапан *4* остается закрытым, прекращается подъем платформы и запертый объем масла не позволяет платформе опускаться.

При повороте рукоятки крана управления в положение *IV* («Опускание») (рис. 4.76) воздух под давлением по воздуховоду *14* (рис. 4.75, *б*) подается к пневмокамере клапана управления *19*. Происходит открытие клапана *4* и при выключенном насосе *12* масло из гидроцилиндра *1* сливается в бак *7* под действием веса платформы через открытый клапан *4*.

7.2.1. Управление механизмом подъема платформы

Подъем платформы осуществляется на ровной площадке из кабины водителя с помощью пневмораспределительного крана *8* (рис. 4.74, *а*). Перед подъемом платформы необходимо при работающем двигателе убедиться, что давление воздуха в пневмосистеме не ниже 550 кПа (если манометр показывает меньше 550 кПа, то следует предварительно подкачать воздух). Подъем платформы надо производить в следующем порядке:

1. Выключить сцепление.
2. Повернуть рукоятку крана (рис. 4.76) в положение «Подъем» (*II*).

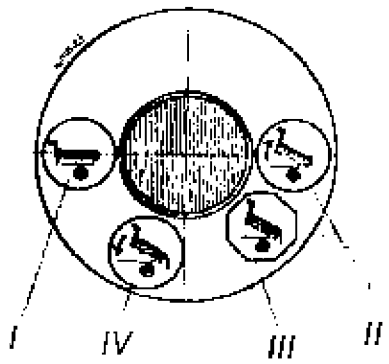


Рис. 4.76. Положения рукоятки крана управления механизмом подъема платформы автомобиля – самосвала МАЗ: *I* – транспортное положение; *II* – подъем платформы; *III* – положение «Стоп»; *IV* – опускание платформы

3. Плавно отпустить педаль сцепления, увеличивая одновременно подачу топлива.

4. Наблюдая в заднее окно, регулировать скорость подъема платформы, плавно изменяя обороты двигателя.

В конце подъема начнется встряхивание платформы. Частоту встряхивания можно регулировать изменением оборотов двигателя. Обороты двигателя при подъеме платформы следует поддерживать в пределах 1200–1500 об/мин.

Для опускания порожней платформы (рис. 4.76):

1. Выключить сцепление.

2. Повернуть рукоятку крана *IV* «Опускание» (рис. 4.75, *б*).

3. После опускания платформы перевести рукоятку крана в положение *I* «Транспортное» (рис. 4.74, *г*).

При необходимости остановки платформы в промежуточном положении в процессе подъема или опускания достаточно перевести рукоятку крана в положение *III* «Стоп» (рис. 4.75, *в*).

Запрещается движение автомобиля с поднятой платформой во избежание поломки ее кронштейнов и повреждения рабочих поверхностей труб гидроцилиндра.

Запрещается опускать платформу неразгруженной.

7.3. Механизм подъема платформы автомобиля-самосвала МАЗ-555142 с трехсторонней разгрузкой

Схема механизма подъема платформы автомобиля показана на рис. 4.77. Управление механизмом подъема платформы прицепа производится из кабины водителя аналогично механизму автомобиля подъема платформы автомобиля-самосвала.

Для подъема платформы прицепа, разгрузка которого рекомендуется до разгрузки автомобиля для сохранения тяговых характеристик автомобиля необходимо:

– подготовить платформу к разгрузке на выбранную сторону, заперев с этой стороны опоры платформы и освободив опоры с противоположной стороны (рис. 4.78), для чего вынуть запорный штырь *4* и поместить его в свободное отверстие кронштейна на надрамнике;

– вынуть стопорный палец *2* из кронштейна *3* с выбранной стороны разгрузки;

– открыть запоры борта с выбранной стороны разгрузки рукояткой *1*;

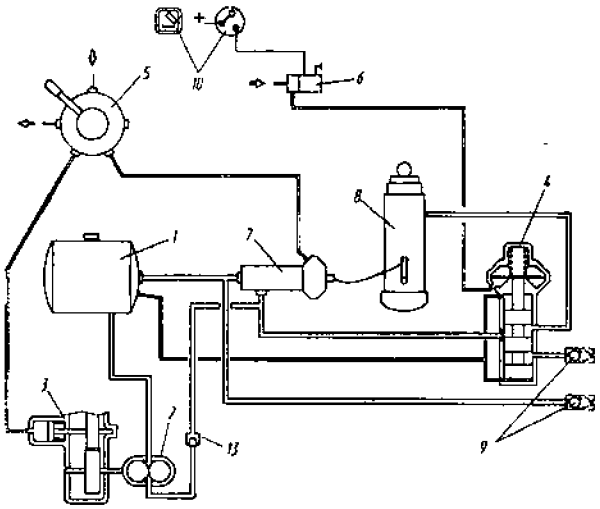


Рис. 4.77. Схема механизма подъема платформы автомобиля-самосвала МАЗ-555142 с трехсторонней разгрузкой: *1* – бак масляный; *2* – насос шестеренчатый; *3* – коробка отбора мощности; *4* – гидрораспределитель; *5* – кран пневмораспределительный; *6* – электропневмоклапан КЭМ-07; *7* – клапан управления подъемом платформы автомобиля; *8* – гидроцилиндр подъема платформы автомобиля; *9* – муфта соединительная; *10* – выключатель управления подъемом платформы прицепа (автомобиля); *11* – клапан обратный

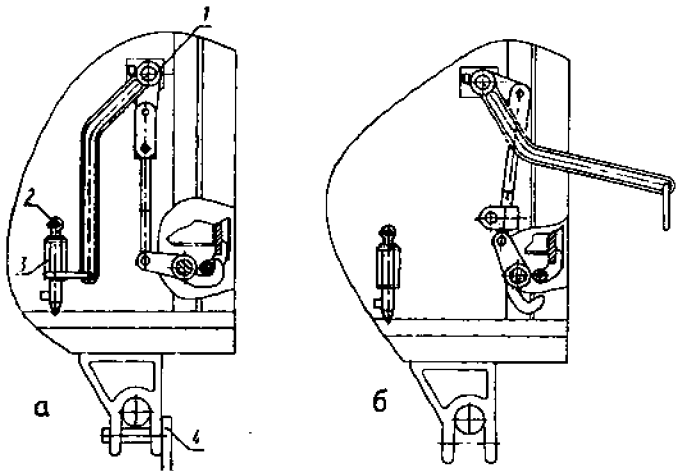


Рис. 4.78. Положение рукоятки запора бокового борта платформы:
1 – рукоятка; *2* – стопорный палец; *3* – кронштейн; *4* – штырь запорный;
а – закрытое положение (движение от себя); *б* – открытое положение (движение на себя)

– нажатием выключателя управления на щитке приборов перевести золотниковый гидрораспределитель в положение «Управление платформой прицепа» включением электропневмоклапана *6* (рис. 4.77).

Для подъема и опускания платформы автомобиля необходимо выключить выключатель на щитке приборов, т. е. перевести золотниковый гидрораспределитель в положение «Управление платформой автомобиля», предварительно убедившись в правильности освобождения запоров платформы и бортов.

Допускается медленное самопроизвольное опускание платформы со скоростью, при которой складывание гидроцилиндра не превышает 40 мм в минуту.

ВНИМАНИЮ ВОДИТЕЛЯ!

1. Выполняйте только поочередную разгрузку прицепа и автомобиля из-за ограниченного объема масляного бака. Перед подъемом платформы строго следите за обеспечением состояния открытия соответствующих запоров платформы и борта.

2. Без открытия запоров подъем запрещается. Запрещается опрокидывание платформы автомобиля назад при сцепленном прицепе.

3. Начинать движение с поднятой платформой автомобиля или прицепа не допускается. Перед началом движения все четыре опоры платформы должны быть зафиксированы запорными штырями *4* (рис. 4.77), а борта должны быть закрыты (проверить наличие стопорных пальцев *2* в кронштейнах *3*). Все работы на раме при поднятой платформе производить только при установленном страховом упоре.

4. При эксплуатации автомобиля (автопоезда) по автомобильным дорогам в условиях сельскохозяйственного производства эксплуатационные скорости должны понижаться до величины, обеспечивающей безопасную эксплуатацию (в том числе устойчивость автомобиля, автопоезда). Масса перевозимого груза при этом не должна превышать 8000 кг.

5. При ежедневном осмотре автомобиля необходимо убедиться в наличии стопорения поворотной вилки задней опоры надрамника.

В случае длительного отсутствия эксплуатационного режима – открывания-закрывания запорного механизма бортов платформы или при систематической разгрузке автомобиля на одну сторону требуется периодическое открывание-закрывание запорного механизма с противоположной стороны для поддерживания его работоспособности.

7.4. ГИДРОПОДЪЕМНИК ПЛАТФОРМЫ АВТОМОБИЛЯ-САМОСВАЛА ГАЗ-САЗ-53Б

Гидроподъемник включает в себя телескопический гидроцилиндр *1* (рис. 4.79) одностороннего действия, шарнирно соединенный с рамой и надрамником кузова *2*, гидронасос *7*, с выключаемым приводом от коробки передач через коробку отбора мощности, кран управления с обратным *6*, сливным *4* и предохранительным клапанами *5*, бак *11* с фильтром *13* и предохранительным клапаном *12*, арматуру.

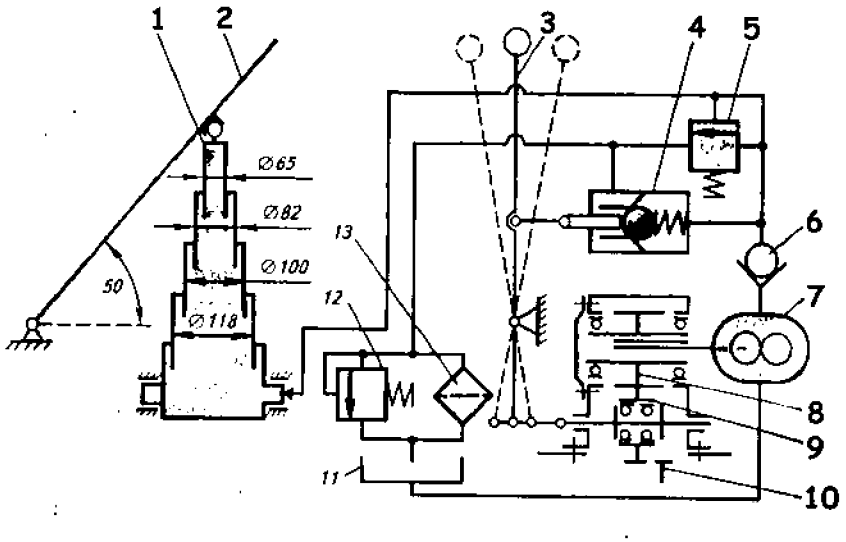


Рис. 4.79. Схема гидроподъемника платформы автомобиля самосвала ГАЗ-САЗ-53Б: *1* – телескопический гидроцилиндр; *2* – кузов; *3* – рычаг управления; *4* – сливной клапан; *5*, *12* – предохранительные клапаны; *6* – обратный клапан; *7* – насос типа НШ-32; *8* – промежуточное зубчатое колесо; *9* – подвижное зубчатое колесо; *10* – зубчатое колесо промежуточного вала коробки передач; *11* – бак; *13* – фильтр

Рычаг *3* управления фиксируется в трех положениях: переднем (по схеме правом), среднем и заднем. При повороте рычага управления в заднее положение зубчатое колесо *9*, находящееся в постоянном зацеплении с промежуточным зубчатым колесом *8*, перемещается вместе с осью и входит в зацепление с зубчатым колесом *10* промежуточного вала коробки передач. Шлицевой вал насоса *7*, постоянно соединенный со шлицевой ступицей зубчатого колеса (вала) *8*, начинает вращаться.

Насос *7* всасывает масло из бака *11* и подает его через обратный клапан *6* в гидроцилиндр *1*, поскольку сливной клапан *4* закрыт.

Внутри корпуса *9* (рис. 4.80) *телескопического гидроцилиндра* концентрично расположены четыре выдвижных звена – плунжеры *10*, *11*, *12*, *13*. Корпус и плунжеры изготовлены из стали *45*, их рабочие поверхности закалены с помощью ТВЧ до твердости не менее 50 HRC, хромированы и отполированы.

На корпусе надета и приварена цапфа для шарнирного соединения гидроцилиндра с нижней опорой. Верхняя шаровая опора приварена к четвертому (центральному) плунжеру *13*, закрытому снизу заглушкой. На нижней части корпуса *9* нарезана резьба, на которую навернуто днище *18* с уплотнительным кольцом *14* и пробкой *19* для слива отстоя.

На наружной поверхности нижней части плунжеров выполнены бурты, а на внутренних поверхностях корпуса *9*, первого *10*, второго *11* и третьего *12* плунжеров – две ступени, одна канавка в нижней части для стопорных колец

15, *16*, *17* и по две канавки в верхней части для грязесъемников *1*, *2*, *3*, *4* и уплотнительных колец *5*, *6*, *7*, *8*. Стопорные кольца *15*, *16*, *17* через бурты препятствуют перемещению плунжеров вниз, а бурты и ступени надежно ограничивают их выдвижение.

Масло в полость днища *18* подводятся через канал в цапфе и канавки в бурте первого плунжера.

Под давлением масла плунжеры гидроцилиндра *1* (рис. 4.79), начиная с первого (диаметром 118 мм) и кончая четвертым (диаметром 65 мм), выдвигаются на 762 мм, вызывая поворот кузова назад на угол 50°, направо или налево – на угол 48°. Давление в конце хода ограничивает предохранительный клапан *5*, перепускающий из напорной гидролинии насоса *7* в сливную гидролинию и бак *11* поток масла до 40 л/мин под давлением 7,5–8,0 МПа.

Чтобы остановить кузов в любом промежуточном положении, необходимо перевести рычаг *3* в среднее положение. Кузов опускают, поворачивая рычаг *3* вперед.

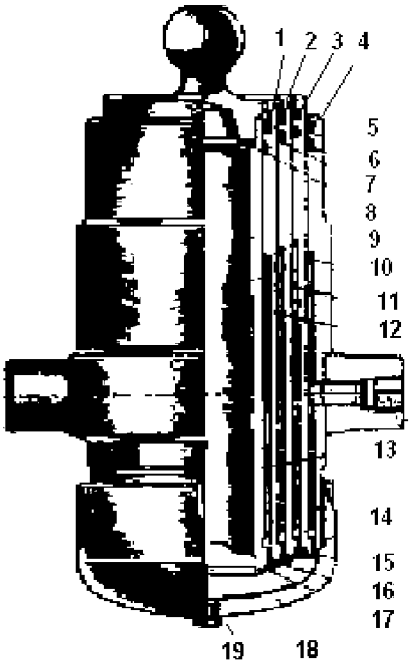


Рис. 4.80. Телескопический цилиндр автомобиля ГАЗ-САЗ-53Б:
1, *2*, *3*, *4* – грязесъемники; *5*, *6*, *7*, *8*, *14* – уплотнительные кольца; *9* – корпус;
10, *11*, *12*, *13* – плунжеры; *15*, *16*, *17* – стопорные кольца; *18* – днище; *19* – сливная пробка

7.5. Гидроподъемник платформы автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-554М

Гидроподъемник состоит из пятиступенчатого телескопического гидроцилиндра *1* (рис. 4.81) одностороннего действия с общим ходом 1055 мм,

двухзолотникового распределителя Р75-22, крана *2*, насоса *10* с выключаемым приводом от коробки передач через коробку отбора мощности, бака *17* с фильтром *16* и клапаном *15*, арматуры.

Гидроцилиндр *1* цапфами корпуса и сферической опорой пятого плунжера установлен в рамку, шарнирно закрепленную в надрамнике. Общий ход гидроцилиндра обеспечивает опрокидывание кузова назад на угол 50° и оказывается излишним при опрокидывании в стороны на такой же угол. Ограничение хода обеспечивает кран *2* с приводом от коромысла *3*, закрепленного на цапфе рамки. При опрокидывании кузова в стороны коромысло *3* одним из регулируемых толкателей нажимает через шток на шарик соответствующего сливного клапана и отводит его от седла, а открытый клапан обеспечивает слив потока масла до 40 л/мин под давлением 10 МПа.

Распределитель Р75-22 установлен под полом, а рычаги управления его золотниками *6* и *7* выведены в кабину. Золотник *7* и вывод от него с полумуфтой *4* предназначены для управления четырехступенчатым гидроцилиндром прицепа ГКБ-819, буксируемого автомобилем.

Устройство и работа распределителей типа Р75 рассмотрены в главе 6. В данном гидроприводе он включен по наипростейшей схеме, обусловленной односторонним действием гидроцилиндров.

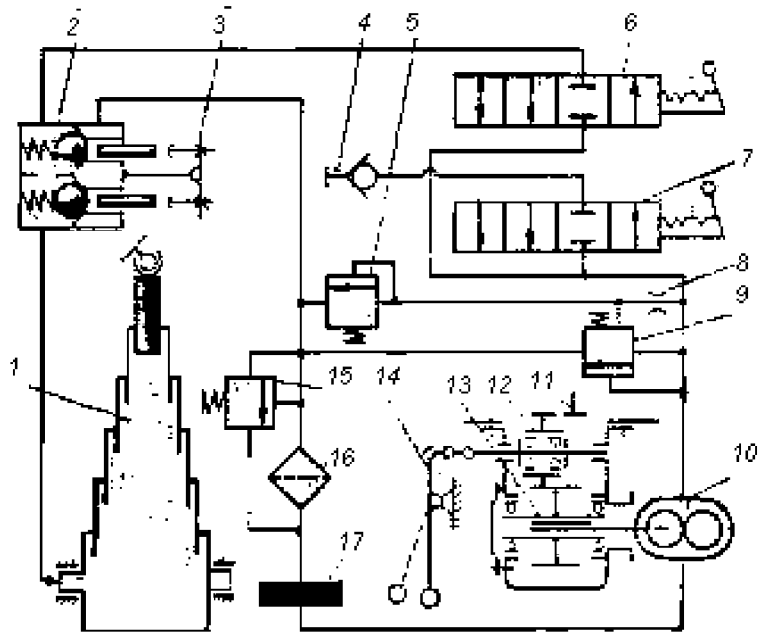


Рис. 4.81. Схема гидроподъемника платформы автомобиля-самосвала ЗИЛ-ММЗ-554М: *1* – телескопический гидроцилиндр; *2* – кран ограничения бокового наклона кузова; *3* – коромысло; *4* – полумуфта; *5* – предохранительный клапан распределителя; *6*, *7* – золотники управления гидроподъемниками соответственно автомобиля и прицепа; *8* – калиброванное отверстие; *9* – перепускной клапан распределителя; *10* – насос типа НШ-32; *11*, *12*, *13* – зубчатые колеса; *14* – рычаг управления коробкой отбора мощности; *15* – предохранительный клапан фильтра; *16* – фильтр; *17* – бак

7.6. Неисправности и техническое обслуживание

Неисправности и техническое обслуживание гидроподъемников кузова автомобилей-самосвалов в основном те же, что и у гидроприводов гидронавесных систем тракторов.

При первом ТО-1 и далее через одно ТО-2 необходимо проверить положение передней опоры-направляющей на 2-й поперечине рамы автомобиля относительно гнезда направляющей на 1-й поперечине платформы, а также следует убедиться в отсутствии зазоров между резиновыми опорами платформы и лонжеронами рамы.

Гнездо направляющей на платформе должно своими боковыми наклонными поверхностями равномерно садиться на обе боковые поверхности направляющей опоры под действием массы незагруженной платформы.

В случае несоосности опоры и гнезда необходимо опустить болты крепления опоры и сместить ее по необходимости в пределах овальных отверстий. Резиновые опоры платформы при этом должны устанавливаться на полки лонжеронов рамы без зазоров. В случае выявления зазоров необходимо устранить их путем установки прокладок между резиновой опорой и кронштейном на платформе. Толщина прокладок не должна превышать величину зазоров.

При эксплуатации механизма подъема платформы следует руководствоваться следующими рекомендациями:

1. Во избежание несчастных случаев при необходимости работы под платформой самосвала стопорить платформу откидным упором (наличие груза в платформе недопустимо).

2. Не перегружать самосвал сверх установленной нормы и следить за равномерным распределением груза по платформе, не допуская перегрузки передней части.

3. Регулярно производить смазку всех сочленений и узлов согласно химмотологической карте.

4. Заменить масло в гидросистеме после первых 500 подъемов платформы. В дальнейшем замену масла производить каждый сезон. При каждой замене масла промывать в дизтопливе и продувать сжатым воздухом фильтрующие элементы масляного фильтра бака.

5. В процессе эксплуатации телескопического гидроцилиндра может возникнуть необходимость его разборки для замены уплотнительных манжет (колец) или направляющих полуколец и гильз. Для этой цели следует снять гидроцилиндр с автомобиля, отвернуть нижнюю крышку и аккуратно извлечь

из корпуса выдвижные трубы. Для удаления изношенной гильзы вынуть запирающее ее стопорное кольцо, после чего гильза легко извлекается из трубы. При замене уплотнительных манжет (колец) обратить внимание на состояние направляющих полуколец. При износе полуколец более чем на 0,3–0,5 мм по толщине, их необходимо заменить. При сборке цилиндра необходимо следить за тем, чтобы стопорные кольца были аккуратно заправлены в свои канавки во избежание вырыва гильз во время подъема платформы.

6. При каждой смене масла рекомендуется вывертывать пробку в днище гидроцилиндра для спуска воды, которая может проникать в гидросистему. Как показывает опыт эксплуатации, попадающая в гидросистему вода собирается в цилиндре, замерзает в зимнее время, и образовавшийся внутри цилиндра лед препятствует полному опусканию платформы, что может вызвать серьезные поломки цилиндра.

7. Периодически следует проверять работу клапана управления. На износ седла обычно указывает замедленный подъем платформы, а в случае разрыва диафрагмы при впуске в рабочую полость камеры сжатый воздух будет с характерным шипением выходить наружу.

Просачивание масла через дренажное отверстие в корпусе клапана указывает на износ или повреждение правого уплотнительного кольца клапана. Выход воздуха через отверстие свидетельствует об износе или повреждении левого кольца.

При разборке клапана категорически запрещается нарушать регулировку предохранительного устройства, т. е. завертывать или вывертывать пробку.

8. При эксплуатации автомобиля-самосвала необходимо периодически проверять состояние и правильность регулировки тросика *6* (рис. 4.82) клапана управления *7*.

Тросик не должен иметь перегибов, а при подъеме и опускании платформы должен без заеданий перемещаться в отверстии регулировочного болта *5*.

При правильно отрегулированном механизме подъема платформы свободный ход тросика *6* выбирается при угле подъема платформы 50–3°, после чего тросик натягивается и открывает перепускной клапан. При этом последняя выдвижная труба гидроцилиндра *1* должна входить примерно на 250–350 мм, величина стрелы прогиба страховочного троса *3* должна быть в пределах 100–240 мм (рис. 4.82).

Если при полностью поднятой платформе и натянутом тросике угол подъема платформы не соответствует 50–3°, то следует произвести регулировку свободного хода тросика в такой последовательности:

– поднять платформу на угол, достаточный для установки страховочного упора. Установить страховочный упор и опустить на него платформу;

– отвернуть контргайку *8* регулировочного болта *5* тросика и вывернуть его из рычага *4* до предела;

– поднять платформу на угол 50–3°, установить рукоятку пневмораспределительного крана в положение «Стоп» и надежно подпереть платформу специальным упором;

– завернуть регулировочный болт *5* в рычаг до полного выбора свободного провисания тросика и законтрить его контргайкой;

– отрегулировать величину прогиба страховочного троса в пределах 100–240 мм;

– приподняв платформу снять специальный упор. Опустить платформу. При повторном подъеме проверить правильность регулировки угла подъема;

– в конце подъема может происходить встряхивание платформы. Отсутствие встряхивания не является браковочным признаком.

Порядок регулировки механизма подъема платформы самосвала с трехсторонней разгрузкой аналогичен приведенному выше.

При этом следует помнить, что угол подъема платформы при задней разгрузке должен быть 50–3°, регулировка производится регулировочным болтом *5* (рис. 4.83) тросика *6*; угол подъема платформы при боковой разгрузке должен быть 53–6°; регулировка производится болтом *2* тросика *3*.

Внимание! Все работы на раме при поднятой платформе производите только при установленном страховочном упоре. Запрещается движение автомобиля с поднятой платформой.

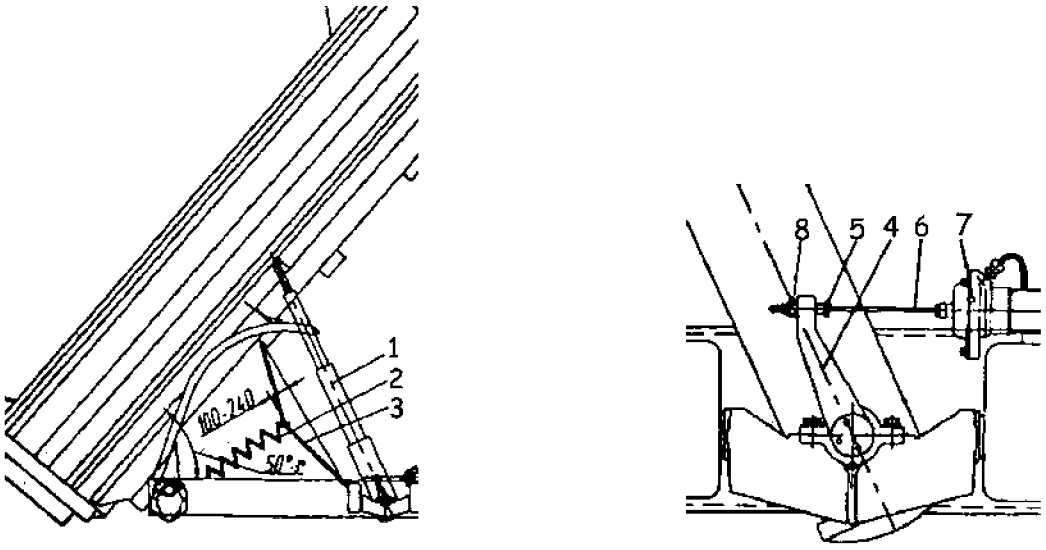


Рис. 4.82. Регулировка механизма подъема платформы автомобиля-самосвала МАЗ с задней разгрузкой: *1* – гидроцилиндр подъема платформы; *2* – пружина страховочного троса; *3* – страховочный трос; *4* – рычаг привода клапана; *5* – болт регулировочный; *6* – тросик клапана управления; *7* – клапан управления; *8* – кронштейн

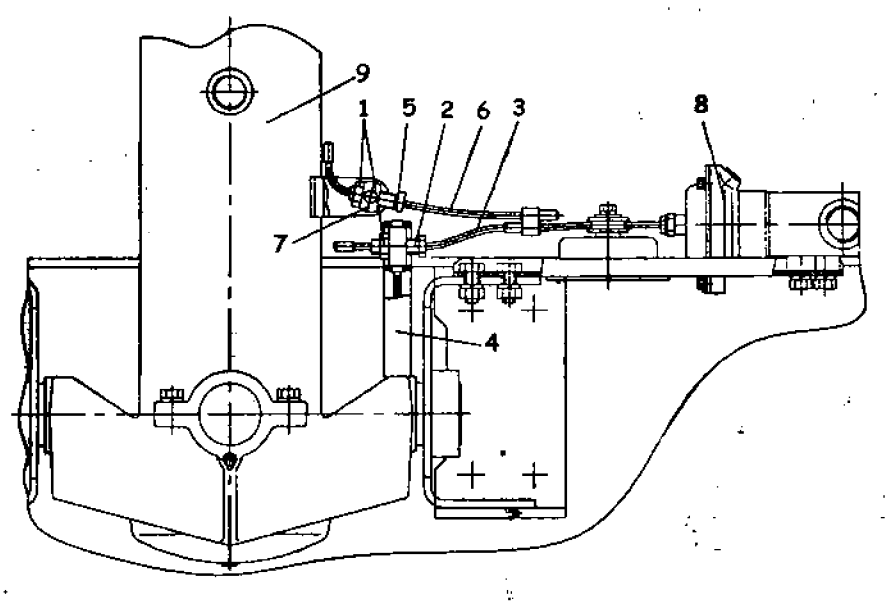


Рис. 4.83. Регулировка механизма подъема платформы автомобиля-самосвала МАЗ-555142 с трехсторонней разгрузкой: *1* – контргайка; *2*, *5* – болт регулировочный; *3*, *6* – тросик клапана управления; *4* – рычаг привода клапана; *7* – кронштейн; *8* – клапан управления; *9* – телескопический гидроцилиндр

Контрольные вопросы и задания

1. Для чего предназначены и как работают гидроприводы сцепления автомобилей МАЗ и КамАЗ, гидроприводы сцепления тракторов «Беларус» с гидроусилителем и без гидроусилителя?

2. Каковы основные особенности гидропривода трактора К-701?

3. Объясните устройство гидросистемы трансмиссии трактора «Беларус-3022ДВ» и его модификаций.

4. Для чего предназначен гидродинамический трансформатор трактора ДТ-175С, автомобиля самосвала БелАЗ-548А и как он работает?

5. Объясните принцип действия гидроусилителя рулевого механизма тракторов «Беларус» с МТЗ-80.1, МТЗ-82.1, и автомобилей МАЗ.

6. Как работает гидроусилитель рулевого механизма автомобилей КамАЗ?

7. Объясните работу гидрообъемного рулевого управления тракторов «Беларус-1221.2, -1221.3», реверсивных тракторов «Беларус-1221В, -1523В».

8. Для чего предназначен и как работает насос-дозатор?

9. Для чего предназначен и как работает гидровакуумный усилитель тормозного привода автомобилей ГАЗ?

10. Объясните устройство и работу тормозного гидропривода тракторов «Беларус-822.3, -922.3».

11. Как работает комбинированный гидростатический тормозной привод тракторов «Беларус-2022В, -2022.3В»?

12. Объясните назначение и работу гидропривода МОМ тракторов «Беларус-1222, -1523, -2022».

13. Как работает раздельно-агрегатный гидропривод ЗНУ с силовым, позиционным и смешанным регулированием тракторов «Беларус»?

14. Объясните назначение, устройство и работу гидропривода ЗНУ с гидроподъемником «Беларус».

15. Как работает гидропривод ЗНУ тракторов «Беларус» с гидроузлами BOSCH?

16. Каковы отличительные особенности гидроприводов ЗНУ с силовым (позиционным) регулятором и гидроприводом ЗНУ с гидроузлами BOSCH?

17. Как осуществляется высотное, силовое, позиционное и смешанное регулирование?

18. Как работает гидроподъемник платформы автомобилей МАЗ, ГАЗ и ЗИЛ?

19. Как обеспечить безопасную и надежную работу автотракторных гидроприводов?

20. Каковы главные особенности эксплуатации тракторов, оснащенных импортными гидроузлами?

Раздел 5. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Глава 1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Автотракторное электрооборудование предназначено для получения и использования электрической энергии на тракторах и автомобилях с целью повышения их безопасности, надежного функционирования двигателя, трансмиссии, ходовой части и гидравлического оборудования, автоматизации рабочих процессов и улучшения условий труда водителя и комфортных условий для пассажиров.

Автотракторное электрооборудование включает в себя следующие системы и устройства:

– электроснабжение (одну или две аккумуляторные батареи (АКБ) и генераторную установку);

– электростартерный пуск двигателя внутреннего сгорания (АКБ, электростартер, реле управления и устройства для облегчения пуска двигателя);

– зажигание для обеспечения пуска двигателя с искровым зажиганием (свечи, катушку, прерыватель-распределитель, датчик-распределитель, транзисторный коммутатор, добавочный резистор, высоковольтные провода и наконечники);

– освещение, звуковую и световую сигнализации (фары дорожные, фары рабочие, светосигнальные фонари, реле управления и т. д.);

– электронные системы управления составными частями трактора и автомобиля;

– информацию и контроль технического состояния агрегатов трактора и автомобиля (датчики и указатели, тахоспидометр, монитор, сигнальные (контрольные) лампы и пр.);

– электропривод (электродвигатели, моторедукторы, мотонасосы в системах стеклоочистки, отопления, вентиляции, предпускового подогрева двигателя, в стеклоподъемниках, блокировки дверей и др.);

– коммутационные, защитные устройства и электропроводку (выключатели, переключатели, реле, контакторы, блоки предохранителей, панели и разъемы).

Дальнейшее совершенствование электрооборудования тракторов и автомобилей связано с широким применением электроники и микропроцессоров, обеспечивающих автоматизацию и оптимизацию рабочих процессов, снижение токсичности отработавших газов, повышение безопасности движения и производительности труда. Постоянное увеличение количества и мощности потребителей диктует рост мощности источников электроэнергии. От технического состояния электрооборудования в значительной мере зависит надежность и производительность тракторов и автомобилей.

Глава 2. СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

2.1. Аккумуляторные батареи (АКБ)

2.1.1. Общие сведения

Аккумуляторная батарея преобразует постоянный электрический ток, подводимый от внешнего источника, в энергию активной массы разнополюсных электродов и электролита, а их энергию – в постоянный электрический ток потребителей.

По назначению аккумуляторные батареи делят на *стартерные*, *стационарные*, *авиационные*, *тяговые* и др.

По составу электролита и электродов аккумуляторные батареи бывают *свинцово-кислотные* и *щелочные* (железоникелевые, кадмиево-никелевые, серебряно-цинковые).

По конструктивно-функциональному признаку АКБ могут быть обычной конструкции – в моноблоке с ячеечными крышками и межэлементарными перемычками *6* (рис. 5.1, *а*) над крышками *7*; АКБ в моноблоке с общей крышкой *7* (рис. 5.1, *б*, *в*, *г*) и межэлементарными перемычками под крышкой *7* (рис. 5.1, *б*, *в*, *г*) и батареи необслуживаемые – с общей крышкой. Термин «необслуживаемые» означает лишь, что АКБ такого типа не требуют проверки

электролита и его доливки в течение всего периода эксплуатации, но не исключается необходимость их периодической подзарядки.

Основным потребителем тока, который определяет тип аккумуляторной батареи на тракторах и автомобилях, является стартер.

Требуемые свойства стартерной аккумуляторной батареи: приспособленность к разрядке током силой 1000 А и более, малое внутреннее сопротивление, высокая надежность в условиях реальной эксплуатации машин, малые габаритные размеры, масса и стоимость. Такими свойствами пока обладают только свинцово-кислотные батареи – старейшие химические источники тока (первая батарея создана Планте в 1860 г.).

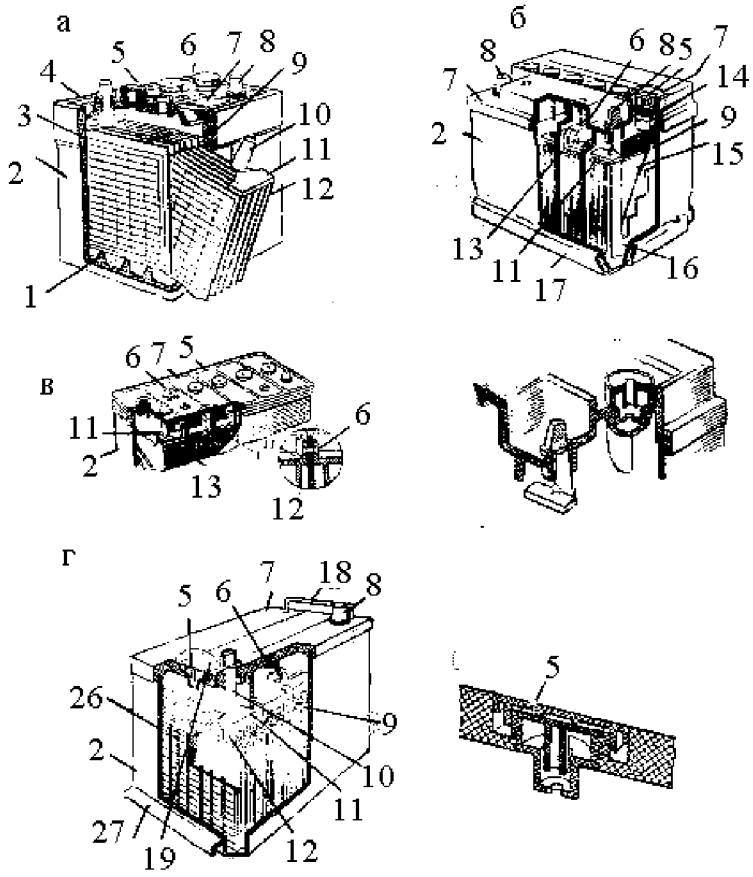


Рис. 5.1. Стартерные АКБ: *а* – в моноблоке с ячеечными крышками и межэлементными перемычками над крышками; *б*, *в*, *г* – с межэлементными перемычками через перегородки; *1* – опорные призмы моноблока; *2* – моноблок; *3* – полублок отрицательных электродов; *4* – баретка; *5* – пробка; *6* – межэлементная перемычка; *7* – крышка; *8* – полюсный вывод; *9* – сепаратор; *10* – борн; *11* – мостик; *12* – полублок положительных электродов; *13* – перегородка моноблока; *14* – индикатор уровня электролита; *15* – положительный электрод; *16* – отрицательный электрод; *17* – выступ моноблока; *18* – ручка; *19* – планка

Свинцово-кислотная АКБ, являясь химическим источником энергии, представляет собой совокупность реагентов (окислителя и восстановителя) и электролита. Окислителем является $PвO_2$ (диоксид свинца) положительного

электрода, а восстановителем – свинец губчатый *Рв* отрицательного электрода. Электролитом служит водный раствор серной кислоты H_2SO_4. В процессе токообразующей реакции восстановитель отдает электроны и окисляется, а окислитель восстанавливается.

Химические реакции в автотракторном свинцовом АКБ описываются уравнением:

$$PbO_2 + H_2SO_4 + Pb \underset{\text{заряд}}{\overset{\text{разряд}}{\rightleftarrows}} 2PbSO_4 = 2H_2O. \qquad (18)$$

Поскольку содержание в электролите H_2SO_4 и плотность электролита при разряде уменьшаются, то о степени разряженности АКБ судят по плотности электролита:

$$\Delta C_р = \frac{100(\rho_з - \rho_{25})}{\rho_з - \rho_р}, \qquad (19)$$

где $\Delta C_р$ – степень разряженности, %;

$\rho_з$ и $\rho_р$ – плотность электролита соответственно полностью заряженного и полностью разряженного АКБ при 25 °С, г/см^3;

ρ_{25} – измеренная плотность электролита, приведенная к 25 °С, г/см^3.

В стартерных АКБ собранные в полублоки *3* и *12* (рис. 5.1, *а*) положительные *15* и отрицательные *16* пластины размещены в отдельных ячейках моноблока *2*. Положительных пластин обычно на одну меньше, чем отрицательных. Разнополярные пластины (электроды) в блоках разделены сепараторами *9*. В обычных АКБ предусмотрены ячеечные крышки *7*. Заливочные отверстия в крышках закрыты пробками *5*. Межэлементные перемычки *6* расположены над крышками. Токоотводами служат полосные выводы *8*. В АКБ может быть предусмотрен предохранительный щиток.

Положительные и отрицательные пластины представляют собой решетки *11* (рис. 5.2), заполненные пастой. Решетки отливают из свинцово-сурь-мянистого сплава, содержащего 94–96 % свинца, 4–6 % сурьмы и 0,2 % мышьяка. Для приготовления паст применяют свинцовый порошок, серную кислоту, промышленную воду и добавки: ингибиторы (α-ОНК, борную кислоту) и расширители (сернокислый барий, сажу, дубитель БНФ) – в пасту отрицательных пластин для уменьшения их саморазряда и усадки активной массы; укрепители (полипропилен, перхлорвинил, фторопласт) – в пасту положительных пластин для уменьшения оплывания активной массы. После нанесения пасты на решетки пластины прессуют, сушат, заряжают и еще раз сушат.

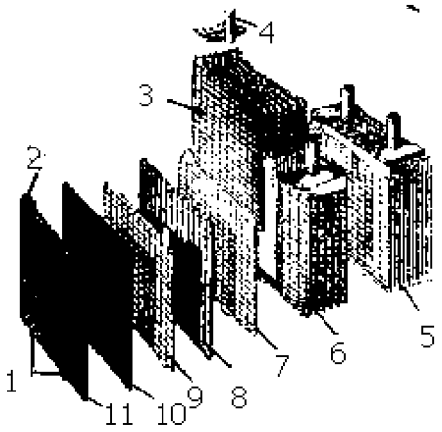


Рис. 5.2. Устройство блоков АКБ: *1* – ножки; *2* – ушко; *3*, *6* – полублоки однополюсных пластин; *4* – баретка; *5* – блок АКБ; *7* – отрицательная пластина; *8*, *10* – сепаратор; *9* – положительная пластина; *11* – решетка

При сборке аккумуляторных батарей однополюсные пластины припаивают ушками *2* к мостику баретки *4*, разнополюсные полублоки вставляют один в другой и разделяют сепараторами. Одинарные сепараторы из мипласта (желтого цвета) или мипора (светло-коричневого цвета) устанавливают ребристой стороной к положительным пластинам, а комбинированные сепараторы (со стекловойлоком) – к отрицательным пластинам.

Собранные блоки *5* вставляют в отсеки моноблока *2* (рис. 5.1, *а*) закрывают перфорированными щитками и крышками *7* с герметичными пробками *5*, уплотняют борны (штыри) бареток *4*, припаивают к ним межэлементные перемычки *6* и полюсные выводы, заливают крышки *7* мастикой и проверяют аккумуляторы на герметичность.

Срок хранения герметичных сухозаряженных батарей без электролита не должен превышать трех лет. *Сухозаряженными* называют аккумуляторные батареи, после изготовления которых большая часть пасты состоит из диоксида свинца на положительных и губчатого свинца на отрицательных пластинах. Стартерные батареи выпускают в основном сухозаряженными.

Ввод в действие новой сухозаряженной батареи включает следующие операции.

Приготовление электролита. Важнейшие требования к выполнению этой операции: обеспечение чистоты применяемых материалов и посуды, соблюдение правил техники безопасности.

Растворение серной кислоты в дистиллированной воде сопровождается выделением большого количества теплоты. Поэтому электролит готовят в специальной посуде (фарфоровой, эбонитовой, пластмассовой), выдерживающей быстрый нагрев. Чтобы исключить закипание воды на поверхности

кислоты и их разбрызгивание, *кислоту вливают тонкой струйкой в воду* (но не наоборот!), осторожно перемешивая электролит стеклянной палочкой.

После остывания электролита его плотность должна быть примерно на 0,02 г/см^3 меньше плотности, при которой планируется эксплуатировать аккумуляторную батарею. В зависимости от климатических условий зоны и места установки батареи на машине рекомендуемая плотность электролита должна быть 1,25–1,31 г/см^3.

Разгерметизация аккумуляторов необходима для их вентиляции при работе. Это операция заключается в удалении уплотнительных элементов. В противном случае возможен взрыв выделяющегося гремучего газа (смеси двух объемов водорода и одного объема кислорода).

Заливают электролит кружкой через воронку. Уровень его должен быть на 10–15 мм выше щитка.

Выдержка в течение 3 ч необходима для заполнения электролитом пор сепараторов и активной массы, а также для контроля степени заряженности отрицательных пластин. Если после 3 ч выдержки плотность уменьшилась не более чем на 0,02 г/см^3, отрицательные пластины заряжены нормально. Однако и в этом случае батарею не следует устанавливать на машину без проведения первой зарядки и «тренировочных» циклов разрядка-зарядка.

Первую зарядку выполняют для компенсации саморазряда батареи при ее сборке и хранении без электролита. Сила тока первой зарядки и последующих «тренировочных» циклов указана в инструкции по эксплуатации батареи. При отсутствии инструкции силу тока задают равной $^1/_{20}$ номинального заряда (емкости). Время зарядки зависит от качества изготовления и времени хранения батареи. Признаки конца зарядки: интенсивное газовыделение во всех аккумуляторах, неизменное их напряжение и постоянная плотность электролита в течение 3 ч.

«Тренировочные» циклы необходимы для доведения заряда до номинального или близкого к нему. Номинальным зарядом батареи $Q_н$ принято называть количество электричества (емкость) в ампер-часах (1 А·ч = 3600 Кл), которое она должна отдавать потребителям при разрядке током, численно равным 0,05 $Q_н$, в течение 20 ч до напряжения наихудшего («отстающего») аккумулятора 1,75 В при температуре электролита 25 °С. Номинальный заряд указывают в условном обозначении батареи, но получают его в лучшем случае при четвертом цикле разрядка-зарядка.

Доводка плотности электролита до строго одинакового значения во всех аккумуляторах батареи необходима для уменьшения ее самозаряда

в процессе эксплуатации. Плотность электролита изменяют добавлением в него дистиллированной воды (уменьшение плотности) или электролита плотностью 1,4 г/см^3 (увеличение плотности).

Нейтрализация наружной поверхности необходима для устранения замыкания полюсных выводов отдельных аккумуляторов и батареи через разлитый на ней электролит. Для этого надо ввернуть пробки в заливные горловины, протереть насухо поверхность чистой ветошью, затем ветошью, смоченной 10%-м раствором кальцинированной соды или нашатырного спирта, после чего опять протереть насухо.

Такой ввод в действие и соблюдение зарядно-разрядного баланса – основные условия, обеспечивающие долговечную и безотказную работу аккумуляторной батареи.

Заряд $Q_р$, отданный батареей потребителям за какое-то календарное время, должен составлять примерно 85 % заряда $Q_з$, полученного от генератора за то же время. В этом и заключается зарядно-разрядный баланс аккумуляторной батареи.

Заряд $Q_р$ пропорционален силе $I_р$ разрядного тока и времени $t_р$ разрядки батареи потребителями, а заряд $Q_з$ – силе $I_з$ зарядного тока и времени $t_з$ зарядки батареи генератором. Эти показатели – случайные величины, зависящие от многих эксплуатационных факторов. В частности, сила $I_р$ разрядного тока зависит от мощности включенных потребителей, а сила $I_з$ зарядного тока – от разности напряжений $U_г$ генератора и $U_{а.з}$ батареи.

В процессе зарядки аккумуляторной батареи генератором ее напряжение увеличивается с переменной и неуправляемой скоростью до напряжения генератора, а разность напряжений $U_г - U_{а.з}$ и сила $I_з$ зарядного тока стремятся к нулю. Поэтому единственная возможность поддержания зарядно-разрядного баланса аккумуляторной батареи на машине – своевременная регулировка напряжения генератора на оптимальное значение. Однако выполнить эту регулировку можно только на основе знаний конструкции генераторных установок и неисправностей аккумуляторных батарей. Кроме этого необходимо учитывать место установки батареи на машине (под капотом, на раме), климатические условия и время использования машины в течение суток.

2.1.2. Основные характеристики АКБ

Емкость АКБ или отдельного аккумулятора равна отдаваемой ими электроэнергии, измеряемой в ампер-часах (А·ч). Емкость зависит от температуры

и разрядного тока ($I_р$). Она уменьшается при увеличении разрядного тока и снижении окружающей температуры (особенно при отрицательных значениях).

Номинальная емкость К20 – это измеряемая в А·ч емкость, которая указывается изготовителем и определяется в режиме двадцатичасового разряда полностью заряженной батареи. Величину тока разряда ($I_р$) рассчитывают по формуле:

$$К\ 20 : 20\ ч.$$

Напряжение на выводах АКБ при этом должно оставаться на уровне не ниже 10,5 В. Например, разрядный ток батареи емкостью 88 А·ч должен быть равен:

$$I_р = 88\ А·ч : 20\ ч = 4,4\ А.$$

Таким образом, батарея номинальной емкостью 88 А·ч должна отдавать ток силой 4,4 А в течение 20 ч при напряжении на выводах выше 10,5 В.

Ток холодной прокрутки (пусковой ток). Этот параметр характеризует способность АКБ обеспечивать пуск двигателя в холодное время года. Это указываемый изготовителем ток, который может отдавать новая, полностью заряженная АКБ при температуре минус 18 °С в течение установленного нормативом времени. Напряжение при этом не должно падать ниже установленного нормативного значения.

Номинальное напряжение АКБ равно произведению номинального напряжения аккумулятора на число аккумуляторов в АКБ. В соответствии со стандартом номинальное напряжение свинцово-кислотного аккумулятора равно 2 В, поэтому у АКБ из шести аккумуляторов оно должно составлять 12 В.

Напряжение начала газовыделения – напряжение АКБ, при котором начинается интенсивное выделение газов. Обычно оно составляет более 14,4 В на клеммах АКБ или 2,4 В на выводах аккумулятора.

2.1.3. Конструктивные особенности АКБ

Аккумуляторные батареи обозначают цифрами и буквами на стенке бака, межэлементном соединении или общей крышке. Например, сокращение 6СТ-75ЭМ означает: стартерная (СТ) свинцово-кислотная аккумуляторная батарея из шести (первая цифра) последовательно соединенных аккумуляторов с номинальным зарядом (емкостью) 75 А·ч (число после дефиса), общей крышкой (буква А), необслуживаемой, залитой электролитом и полностью заряженной АКБ (буква З), эбонитовым баком (буква Э) и сепараторами из мипласта (буква М).

Батарею, предназначенную для эксплуатации в тяжелых условиях, обозначают ТСТ вместо СТ, бак из асфальтопековой пластмассы – буквой П, из термопласта – Т, сепараторы из мипора – буквой Р, а комбинированные из мипора или мипласта со стекловолокном – РС или МС. Несухозаряженную батарею обозначают буквой Н, например 6СТ-75ТМСН. Указывают также товарный знак завода-изготовителя и дату выпуска батареи.

На тракторах с пусковыми двигателями и большинстве автомобилей применяют одну батарею типа 6СТ с номинальным напряжением 12 В и емкостью 45, 55, 60, 75 или 90 А·ч.

На тракторах «Беларус» серий 500, 800, 900, 1000 устанавливают две АКБ 6СТ-88, которые могут быть соединены параллельно в системе пуска 12 В или последовательно в системе пуска 24 В, причем напряжение бортовой сети остается на уровне 12 В.

Установка АКБ на тракторы «Беларус» серии 1000 (6СТ-88) и «Беларус» серии 2000 (6СТ-120) показана на рис. 5.3. Две АКБ 6В1 и 6В2 расположены Г-образно спереди трактора перед масляным радиатором дизеля.

На энергонасыщенные тракторы «Беларус» серий 1200, 1500, 2000, 2500, 2800, 3000 устанавливают две АКБ 6СТ-120, соединенные последовательно и работающие на стартер 24 В при пуске дизеля, причем питание потребителей остается на уровне 12 В.

На рис. 5.4 в качестве примера показана установка двух АКБ на тракторы «Беларус-1523, -1523В». АКБ имеют боковое левостороннее расположение в средней части трактора.

На тракторе К-701 установлены две АКБ 6СТ-182ЭМ, которые переключают с параллельного (12 В) на последовательное (24 В) соединение при пуске для использования стартера 24 В. При работе напряжение бортовой сети равно 12 В.

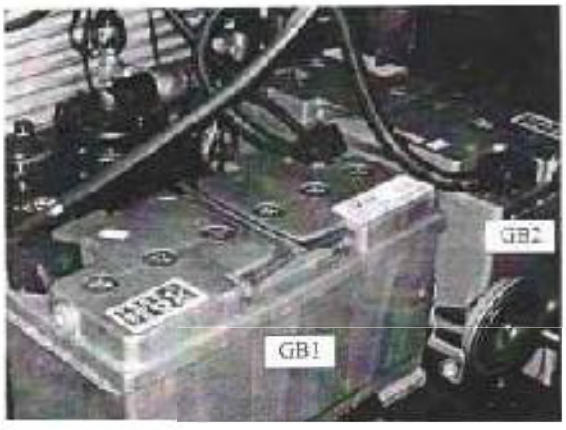


Рис. 5.3. Установка двух АКБ 6СТ-88 на тракторе «Беларус-1021, -1025»:
GB1, GB2 – обозначение АКБ на схемах электрических соединений

Рис. 5.4. Установка двух АКБ 6СТ-120 на тракторе «Беларус-1523, -1523В»: GB1, GB2 – обозначение АКБ, принятое для схем электрических соединений

На автомобили ВАЗ устанавливают батарею 6СТ-55П. Она имеет неразборный моноблок (бак с шестью герметичными отсеками и приваренной общей крышкой) из прозрачного полипропилена, сепараторы из поливинилхлорида и внутренние соединения аккумуляторов через герметизируемые отверстия в перегородках бака. Аналогичны по конструкции батареи 6СИ-75А для грузовых автомобилей ГАЗ и 6СТ-190А для грузовых автомобилей с дизельным силовым агрегатом (МАЗ, КамАЗ).

АКБ состоит из моноблока *7* (рис. 5.5), единой крышки *1*, пробок *5* из пластических материалов, межэлементных перемычек *3* через перегородки *4*. Предусмотрены крепежные выступы *9* в нижней части моноблока и переносное устройство с ручками *6*. Конструкция этих батарей позволяет уменьшить расход дефицитного свинца и массу батареи, однако они не ремонтопригодны и требуют строгого соблюдения правил эксплуатации. В противном случае срок служб аккумуляторной батареи не увеличится, а уменьшится.

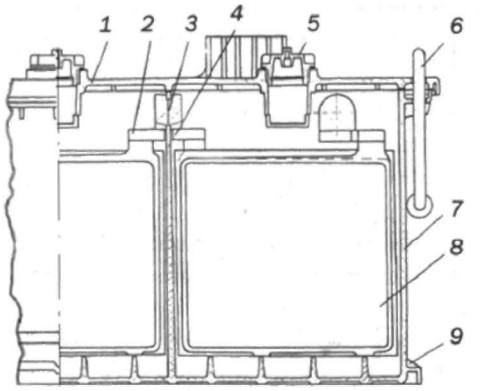


Рис. 5.5. Стартерная АКБ 6СТ-190А грузовых автомобилей (МАЗ, КамАЗ): *1* – крышка; *2* – мостик; *3* – межэлементная перемычка; *4* – перегородка моноблока; *5* – пробка; *6* – ручка переносного устройства; *7* – моноблок; *8* – блок электродов; *9* – выступы моноблока

В серийных свинцово-кислотных батареях при длительных (10 и 20 ч) режимах разрядки используется около половины активной массы, а при стартерном режиме (продолжительность 3 и 5 мин) – только 4–10 % активной массы. В связи с этим ведутся работы по созданию высокопористых пластин скелетного типа с химически стойкими волокнистыми материалами в активной массе, совершенствуется конструкция решеток и сепараторов.

Например, решетки положительных пластин можно изготовлять из титана, покрытого диоксидом свинца, или дырчатого винипласта, армированнного свинцовым сплавом, а решетки отрицательных пластин – из освинцованных алюминия, меди, титана, армированного винипласта. Перспективные материалы для сепараторов – юмикрон, винипор, поровинил, асбодревкартон и др. С целью улучшения конструкции можно заменить положительные пластины дырчатым винипластом. При этом исключается замыкание положительных и отрицательных пластин.

В редко обслуживаемых батареях решетки изготовляют из малосурьмянистых сплавов (1,5–2,5 % сурьмы) с легирующими добавками. При этом напряжение интенсивного газовыделения повышается на 0,3 В по сравнению с обычными батареями.

Основная причина высокой трудоемкости технического обслуживания аккумуляторной батареи на машине – уменьшение уровня электролита из-за электролиза воды при напряжении на один аккумулятор около 2,4 В. Устанавливая пластины в сепараторы-конверты на укороченные призмы или ровное дно моноблока, увеличивают уровень электролита над пластинами и длительность работы аккумуляторов до добавления дистиллированной воды.

В стартерных железоникелевых батареях типа СЖНТ электролитом служит водный раствор щелочи KOH плотностью 1,23–1,25 г/см^3 с добавкой 18–20 г на 1 л раствора моногидрата лития L_iOH. Их электроды изготовляют в виде таблеток, на которые напрессовывают активную массу. В заряженном состоянии активная масса положительного электрода состоит из смеси графита с гидратом закиси никеля, а отрицательного электрода – из порошка чистого железа (Fe). Таблетки с положительной и отрицательной активной массой собирают в один столб и разделяют сепараторами из капроновой ткани. Электролит в химической реакции не участвует и служит только проводником тока. Поэтому для контроля заряженности батареи измеряют ее напряжение.

Поскольку в железоникелевом аккумуляторе ЭДС равна 1,38 В, то в батарею номинальным напряжением 12 В устанавливают и последовательно соединяют девять аккумуляторов. Масса щелочных батарей типа СЖНТ несколько

больше, чем свинцово-кислотных. Например, масса батареи 9СЖНТ-60 с номинальным зарядом 60 А·ч составляет 39,5 кг, а свинцово-кислотной 6СТ-68 – 30 кг. Долговечность батарей типа СЖНТ в несколько раз больше и при повышении напряжения бортовой сети на 10 % не уменьшается, а увеличивается.

Разрабатывают также батареи других типов и электрохимические генераторы, иногда называемые топливными элементами.

Разработаны и выпускаются *АКБ глубокого разряда*, в которых для дополнительной защиты активной массы ($PвO_2$) от освежения сепараторы имеют стекловолокнистые слои из микропористого нетканого материала в виде переплетающихся между собой сверхтонких стекловолокон. Они очень *хорошо впитывают и удерживают электролит*, одновременно выполняя функции сепараторов.

В АКБ заливается только то количество электролита, которое могут впитать стекловолокна. Поэтому в АКБ такого типа при повреждении корпуса АКБ, например, при аварии трактора или автомобиля, нет пролива электролита. Срок эксплуатации такой АКБ примерно в два раза выше, чем стандартной батареи.

Разновидностью батареи глубокого разряда является *АКБ с гелеобразным электролитом.* В электролит этих АКБ добавляется *кремниевая кислота*, превращающая электролит в гель, и *фосфорная кислота*, повышающая циклическую стойкость АКБ и способность к восстановлению после глубокого разряда. В таких АКБ образующиеся при заряде-разряде H_2 и O_2 не покидают ячейки батареи и реагируют между собой с образованием H_2O, что значительно снижает газообразование.

Разработан *электрохимический генератор* (*ЭХГ*) – преобразователь химической энергии топлива (водорода и кислорода) в электрический ток, но не через теплоту, а непосредственно. Его КПД вдвое больше, чем у дизеля. Водородно-воздушные ЭХГ испытывают на электромобилях. Однако их еще необходимо совершенствовать: заменить дорогостоящие (платина, серебро) катализаторы, увеличить срок службы, запас хода и надежность. Пока же запас хода электромобиля не превышает 150 км, а пробег до замены ЭХГ – 100 тыс. км.

2.1.4. Размещение АКБ на тракторе и автомобиле

АКБ размещают под капотом двигателя легкового автомобиля, за кабиной под кузовом или под сиденьем в кабине грузовых автомобилей. В семействе тракторов «Беларус» АКБ размещают спереди трактора под маской капота, в аккумуляторном отсеке сзади кабины, сбоку трактора в зоне подножки.

К АКБ должен быть предусмотрен свободный доступ для осмотра и обслуживания. Методы закрепления АКБ различны и зависят от типа батарей. Их крепят рамкой сверху, планкой за верхнее ребро по диагонали АКБ или по части периметра, за выступы из пластмасс в нижней части моноблока. **Недопустимо** крепление с упором в боковые стенки моноблока из-за возможности его разрушения.

АКБ должна размещаться как можно ближе к стартеру с целью уменьшения длины стартерного кабеля и падения напряжения. «Массовый» провод должен крепиться к двигателю или жесткой раме. Не допускается крепление «массового» провода к тонкостенной части кабины (менее 1,2 мм) или крылу автомобиля, а также на окрашенную поверхность без применения специальных шайб. Желательно подсоединять отрицательный вывод АКБ к корпусу («массе») трактора и автомобиля через выключатель АКБ (выключатель «массы»).

2.1.5. Срок хранения и службы АКБ

Значительная часть выпускаемых автотракторных АКБ изготавливается в сухозаряженном состоянии, т. е. с отформированными и заряженными электродами. Максимальный срок хранения сухозаряженных свинцовых АКБ не должен превышать трех лет. При этом должны выполняться определенные требования и условия хранения (герметизация внутренней полости каждого аккумулятора; температура помещения не ниже минус 50 °С; ежемесячная проверка плотности электролита; контрольно-тренировочные циклы заряда-разряда и др.).

Сроки службы АКБ зависят от интенсивности эксплуатации трактора и автомобиля, уровня регулируемого напряжения генераторной установки, силы разрядного тока и относительной продолжительности разряда, температуры окружающей среды и электролита, уровней вибрации.

Минимальный срок службы АКБ в эксплуатации считается до момента снижения емкости ниже 40 % от номинальной. Минимальный срок службы АКБ обычной конструкции с общей крышкой должен составлять 1 год при пробеге не более 150 тыс. км или 2 года при пробеге не более 90 тыс. км.

Минимальный срок службы необслуживаемых АКБ – 3 года при наработке не более 100 тыс. км пробега.

Минимальный срок службы не залитой электролитом АКБ должен составлять 3 года.

Гарантийный срок эксплуатации составляет 18 месяцев (1,5 года) со дня ввода АКБ в эксплуатацию. Гарантийная наработка – 2500 ч или 60 тыс. км пробега в пределах гарантийного срока эксплуатации. Стартерные свинцово-кислотные АКБ могут работать 4–5 лет, выдерживая 300–400 циклов зарядки-разрядки. Однако такая долговечность возможна при соблюдении четырех основных условий:

1) чистоты электролита и наружной поверхности батареи;

2) оптимальной и одинаковой во всех аккумуляторах плотности электролита;

3) зарядно-разрядного баланса при эксплуатации;

4) регулярной компенсации саморазряда подзарядкой при длительном хранении.

2.1.6. Возможные неисправности АКБ

В большинстве случаев появление неисправностей связано с нарушениями правил эксплуатации и технического обслуживания АКБ или с их непосредственным повреждением. К неисправностям, которые выявляются при внешнем осмотре, относятся: трещины и сколы в моноблоках и крышках, повреждение пробок, окисление, механический износ или излом полюсных выводов.

Неисправности, которые не могут быть выявлены при внешнем осмотре, относятся к внутренним неисправностям:

– коррозия решеток положительных выводов;

– оплывание и выпадение активной массы;

– деформация (коробление);

– короткое замыкание;

– отрыв электродов;

– повышенный саморазряд.

Неисправности, связанные с коррозией решеток положительных выводов, составляют 42 % от общего числа неисправностей. 95 % неисправностей связаны с оплыванием $PвO_2$ и коротким замыканием нижних кромок электродов.

1. Быстрый разряд АКБ и недостаточная частота прокручивания коленчатого вала двигателя стартером при пуске происходит из-за длительного включения потребителей при неработающем двигателе, ускоренного саморазряда (грязь на крышке и выводах, короткое замыкание между электродами в результате выпадения активной массы, заполнение АКБ недистил-

лированной водой или грязным электролитом), сульфатации электродов вследствие длительного хранения, неисправности генераторной установки.

2. Систематический перезаряд из-за повышенного напряжения генератора или короткого замыкания в одном из аккумуляторов проявляется в систематическом уменьшении уровня электролита и необходимости его доливки дистиллированной водой. Перезаряд ускоряет коррозию решеток и оплывание активной массы положительных пластин, значительно сокращая срок службы батареи. Например, при увеличении напряжения генератора на 10–12 % выше оптимального срок службы батареи уменьшается в 2–2,5 раза.

3. Коррозия решеток и оплывание активной массы положительных пластин взаимосвязаны. Литая свинцово-сурьмянистая решетка окисляется серной кислотой на разную глубину: кристаллы свинца – на меньшую, а межкристаллические прослойки с примесями – на большую. При зарядке батареи генератором и одновременном электролизе воды сульфатная пленка решетки преобразуется в недостаточно прочный диоксид свинца увеличенного объема. Основная активная масса разрыхляется и оплывает на дно бака, а решетки корродируют на все большую глубину и разрушаются. Мелкодисперсные частицы диоксида свинца в электролите придают ему светло-коричневый оттенок. Они проникают в поры мипластового сепаратора, образуют в нем мостики-спайки между разнополюсными пластинами и ускоряют саморазряд.

4. Систематический недозаряд из-за пониженного напряжения генератора проявляется в уменьшении плотности электролита и ухудшении работы потребителей, особенно стартера. Недозаряд батареи на машине, а также ее хранение без систематической подзарядки вызывают сульфатацию – образование плохорастворимых кристаллов сульфата свинца на поверхности и внутри активной массы пластин. Сульфатации также способствуют повышенная плотность электролита при вводе батареи в действие и его загрязнение органическими примесями. Эти примеси, адсорбируясь на поверхности кристаллов сульфата свинца, служат одной из причин затрудненной зарядки сульфатированной батареи обычным зарядным током 0,05–0,1 $Q_н$.

5. Выплескивание электролита через вентиляционные отверстия в пробках происходит из-за повышенного уровня электролита в аккумуляторах, повышенного зарядного тока, отсутствия отражательной пластины в пробке, короткого замыкания разнополярных электродов.

6. Амперметр показывает большой зарядный ток при номинальном уровне регулируемого напряжения из-за короткого замыкания разнополярных электродов.

7. Емкость АКБ понижается из-за сульфатации электродов, ускоренного саморазряда, малой плотности электролита, разрушения электродов вследствие короткого замыкания при длительном перезаряде, пониженного уровня электролита.

2.1.7. Техническое обслуживание АКБ

АКБ обслуживают при вводе в действие, в процессе эксплуатации тракторов и автомобилей и при хранении.

Ввод в действие сухозаряженных батарей рассмотрен ранее. При установке батареи на машину полюсные выводы и наконечники проводов зачищают абразивной бумагой зернистостью 60–80, смазывают техническим вазелином или смазкой «Литол-24», надевают наконечник на полюсные выводы, затягивают болтовые соединения, еще раз смазывают их, закрывают батарею крышкой и крепят. *Постоянное натяжение проводов или их закрутка недопустимы*.

В процессе эксплуатации при каждом ТО-1 проводится внешний осмотр, очистка поверхности АКБ, проверка крепления, а при необходимости измерение уровня электролита. Поверхность АКБ должна быть чистой. Электролит, попадающий на поверхность батареи, удаляют ветошью, смоченной в растворе нашатырного спирта или в 10 % растворе кальцинированной соды. Не менее двух раз в месяц необходимо проверять плотность контакта наконечников проводов с полюсными выводами, чистоту вентиляционных отверстий пробок и надежность крепления АКБ. Полюсные выводы и наконечники проводов смазывают техническим вазелином.

При каждом ТО-2, а при необходимости и при ТО-1, проводят проверку уровня и плотности электролита.

Уровень электролита постепенно уменьшается вследствие испарения воды и в результате электролиза воды на кислород и водород и их испарении. Методы проведения проверок различны для разных типов АКБ.

В батареях с непрозрачными корпусами (моноблоками) уровень электролита измеряют стеклянной трубкой диаметром 6–8 мм и длиной 100–120 мм (рис. 5.6). Трубку опускают вертикально в заливочное отверстие до упора в предохранительный щиток. Верхний конец трубки закрывают пальцем и вынимают ее из аккумулятора. Нормальным считается уровень, когда высота столбика в трубке находится в пределах 10–15 мм.

В АКБ с прозрачными моноблоками уровень электролита в каждом аккумуляторе можно легко проконтролировать через стенки моноблока.

Обычно на боковых поверхностях моноблока имеются две метки (приливы), соответствующие максимальному (MAX) и минимальному (MIN) уровням электролита.

Уровень электролита можно определить световым индикатором, вставляемым в заливочное отверстие аккумулятора.

Индикатор в виде прозрачного тела *3* (рис. 5.7) имеет призматическую светоотражательную поверхность *4*. На эту поверхность свет падает через плоскую поверхность *1*. Когда уровень электролита в аккумуляторе в пределах нормы (между *A* и *B*), поверхность *4* находится в электролите и свет, проходящий по стержню *3*, расплывается. Если уровень электролита ниже линии *B*, световой поток от поверхности *1* отражается от призматической поверхности и увеличивает освещенность поверхности *1*.

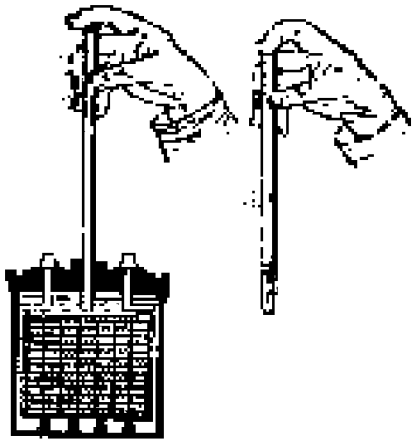


Рис. 5.6. Измерение уровня электролита в АКБ с непрозрачным моноблоком

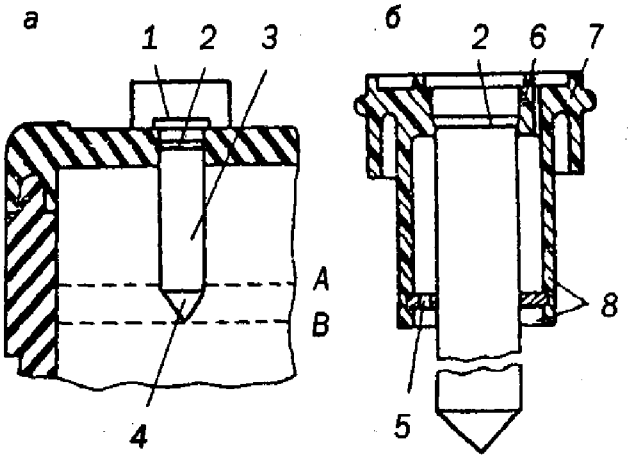


Рис. 5.7. Световой индикатор уровня электролита: *а* – установка в аккумуляторе; *б* – конструкция; *1* – плоская поверхность стержня; *2* – кольцеобразный выступ для закрепления стержня в пробке; *3* – стержень; *4* – светоотражательная призматическая поверхность; *5*, *6* – вентиляционные отверстия; *7* – пробка; *8* – защитный пояс, предохраняющий стержень от попадания на него электролита

Конструктивно световой индикатор выполняют в виде резиновой или пластмассовой пробки *7*, вставляют в заливочное отверстие аккумулятора.

Один раз в три месяца и при ухудшении пуска двигателя проверяют степень разряженности АКБ по плотности электролита (табл. 5.1). Ориентировочно можно принять, что при изменении плотности на 0,01 г/см^3 степень заряженности изменяется на 6,25 % (при сроке службы до 75 % от установленного для АКБ).

Таблица 5.1

Определение разряженности батареи
по величине измеренной плотности

Плотность электролита полностью заряженной батареи, г/см^3	Плотность электролита, г/см^3, при степени разряженности батареи, %	
	25	50
1,30	1,26	1,22
1,28	1,24	1,20
1,26	1,22	1,18
1,24	1,20	1,16
1,22	1,18	1,14

Плотность измеряют денсиметром *3* (рис. 5.8, *а*), помещенным в стеклянную пипетку *2*, или плотномером (рис. 5.8, *б*). При измерении плотности полость пипетки или плотномера заполняется электролитом с помощью груши *1*. Плотность отсчитывается по шкале на уровне поверхности электролита. Цена шкалы денсиметра 0,01 г/см^3. При использовании плотномера плотность определяют по последнему из всплывших поплавков, против которого на корпусе *6* находится надпись значения плотности.

АКБ, степень разряженности которых больше 50 % летом и 25 % зимой, должны быть сняты с трактора или автомобиля и заряжены в стационарных условиях.

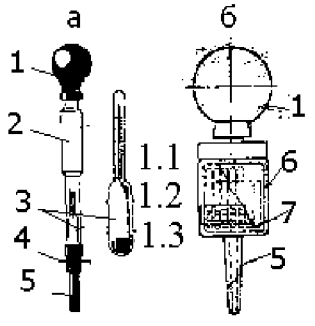


Рис. 5.8. Приборы измерения плотности электролита: *а* – денсиметр с пипеткой; *б* – плотномер; *1* – резиновая груша; *2* – пипетка; *3* – денсиметр; *4* – резиновая пробка; *5* – пластмассовая трубка (наконечник); *6* – прозрачный корпус; *7* – пластмассовые поплавки

Для быстрой оценки технического состояния каждого аккумулятора АКБ применяют аккумуляторные пробники Э107 и Э108.

Аккумуляторный пробник Э108 для АКБ с межэлементными перемычками над крышкой показан на рис. 5.9. Пробник имеет три нагрузочных резистора из нихрома, две контактные гайки *6*, вольтметр *1* с двухсторонней шкалой, что не требует соблюдения полярности при измерениях. Различное включение позволяет проверять разные АКБ с пределами емкостей 45–105, 105–150 и 150–190 А·ч. При измерении острия контактных ножек *5* плотно прижимаются к выводам АКБ, чтобы проколоть свинцовую оксидную пленку на выводах. Время подключения нагрузки должно быть не более 5 с, чтобы избежать перегрева резисторов.

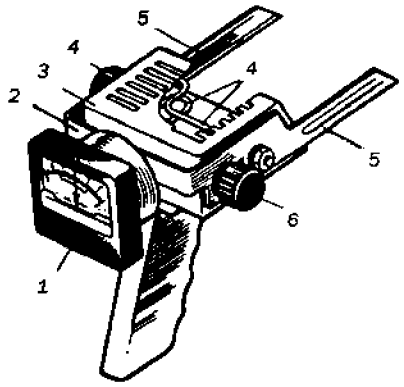


Рис. 5.9. Аккумуляторный пробник Э108: *1* – вольтметр; *2* – кронштейн; *3* – корпус; *4* – нагрузочный резистор; *5* – контактная ножка; *6* – контактная гайка

Если напряжение исправного и заряженного аккумулятора отличается от напряжения других аккумуляторов на 0,1 В или падает ниже 1,4 В, то АКБ нуждается в зарядке в стационарных условиях или в ремонте.

Для проверки работоспособности 12-вольтных АКБ с межэлементными перемычками под крышкой применяют пробник Э107. Прибор имеет вольтметр, резисторы, контактную ножку положительного вывода и гибкий изолированный щуп отрицательного вывода.

2.2. Генераторные установки

2.2.1. Общие сведения

Генераторная установка состоит из электрогенератора и регулятора напряжения, обеспечивая питанием электропотребителей бортовой сети трактора и автомобиля и заряжая их АКБ при работающем двигателе.

Напряжение в бортовой сети трактора и автомобиля должно быть стабильным в широком диапазоне изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя и нагрузок.

Стабильность напряжения обеспечивается *регулятором* и является главным условием надежной работы АКБ и других потребителей, особенно электронных. Превышение напряжения приводит к перезаряду АКБ и последующему выходу ее из строя, а пониженное напряжение вызывает недозаряд АКБ.

Следует отметить, что увеличение напряжения на 10 % сверх номинального снижает срок службы ламп накаливания на 50 %. Генераторные установки рассчитаны на номинальное напряжение 14 и 28 В. Напряжение 28 В характерно для тракторов и автомобилей с дизелями. На некоторых дизельных автомобилях (ЗИЛ-5301, ЗИЛ-4331) применяется двухуровневая система: 14 В непосредственно на генераторе для электроснабжения потребителей бортовой сети, 28 В – на выходе трансформаторно-выпрямительного блока для подзарядки АКБ.

В системе электроснабжения тракторов «Беларус» с напряжением стартерного пуска 24 В также применяется генератор 14 В, питающий потребители бортовой сети, тогда как напряжение 28 В для зарядки второй АКБ подается от автономного электронного преобразователя напряжения, работающего по принципу трансформации.

Генераторные установки выполняются по однопроводной схеме, в которой отрицательный полюс системы соединен с корпусом («массой») трактора и автомобиля.

Генераторная установка питает бортовую сеть постоянным током, но поскольку, как известно, преобразование механической энергии в электрическую возможно с помощью переменного тока, в современных тракторах и автомобилях широко применяются индукторные и вентильные генераторы переменного тока.

2.2.2. Автотракторные генераторы

Преобразование механической энергии, которую генератор получает от двигателя через ременной привод, в электрическую происходит, как в любом генераторе, в соответствии с явлением электромагнитной индукции, которое состоит в том, что при изменении магнитного потока, пронизывающего замкнутую катушку, в ней индуцируется электрический ток. У генератора

постоянного тока такие катушки располагают в пазах вращающегося якоря, а у генератора переменного тока – в пазах неподвижного статора, соединяя их в трех-, пяти- или семифазную обмотку статора по схеме многоугольника или звезды.

Магнитный поток, пронизывающий обмотку статора генератора переменного тока, создается постоянным магнитом (Г46, Г3О3В, ГТ1А) или обмоткой возбуждения, которая может быть вращающейся или неподвижной. Возможны два варианта изменения магнитного потока: по величине и направлению, что обеспечивается *в щеточной конструкции вентильного генератора* (рис. 5.10) или только по величине, что характерно для *индукторного бесщеточного генератора* (рис. 5.11). В сущности, генераторы состоят из стальных участков и *обмоток возбуждения*, в которых при протекании тока создается магнитный поток, и *обмоток статора*, в которых при изменении этого потока возникает электрический ток.

Обмотка возбуждения питается от АКБ или от самого генератора, который работает на *самовозбуждении.* В этом случае его первоначальное напряжение создается за счет остаточного магнитного потока от стальных частей ротора даже при отсутствии тока в обмотке возбуждения. При работе генератора напротив катушек обмотки статора устанавливается то южный, то северный полюса ротора, при этом изменяется направление магнитного потока, пронизывающего катушку, что вызывает появление в ней переменного напряжения. Частота f (Гц) этого напряжения зависит от частоты вращения ротора n и числа пар полюсов p генератора:

$$f = \frac{p \cdot n}{60}. \tag{20}$$

Поскольку почти все автотракторные генераторы имеют шесть пар полюсов и учитывая, что частота тока (Гц) в обмотке статора в 10 раз меньше частоты вращения (мин$^{-1}$) ротора генератора и с учетом передаточного числа i ременной передачи от двигателя к генератору, можно выразить частоту переменного тока через частоту вращения коленчатого вала двигателя $n_{\text{дв}}$:

$$f = 0,1 n_{\text{дв}} \cdot i. \tag{21}$$

Следовательно, по частоте переменного тока генератора можно измерять частоту вращения коленчатого вала двигателя. Это реализуется в электрических тахоспидометрах, которые подключаются к выводу обмотки статора.

В автомобильных трехфазных вентильных щеточных генераторах обмотка возбуждения *7* (рис. 5.10) и охватывающие ее клювообразные наконечники *10* установлены на валу ротора *13* и образуют многополюсный электромагнит. При его вращении соседние пары полюсов одновременно располагаются напротив зубцов-сердечников катушек *8* одной фазы и пронизывают их магнитным потоком, переменным по значению и направлению. Изменение магнитного потока по значению обусловлено колебанием зазора и магнитного сопротивления между клювами наконечников *10* и зубцами статора *9*, а изменение по направлению – чередованием полюсов ротора.

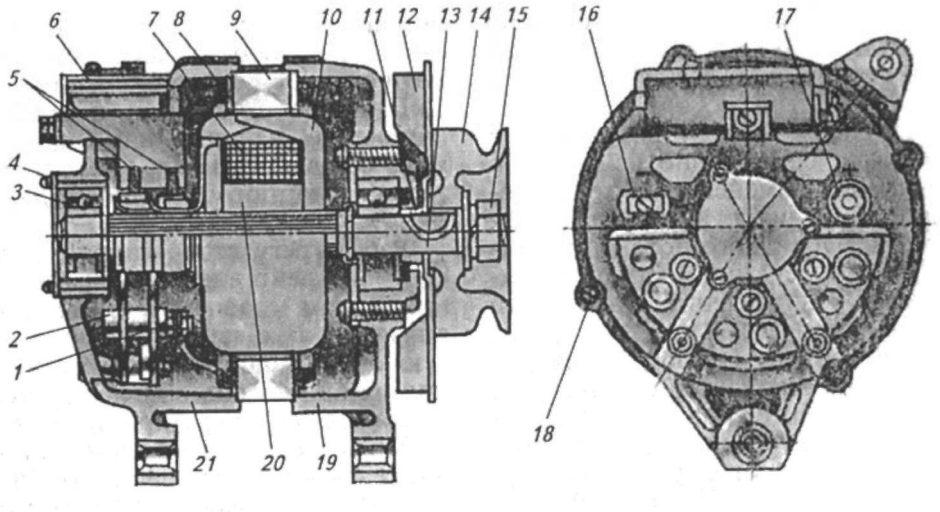


Рис. 5.10. Вентильный трехфазный щеточный генератор: *1*, *16*, *17* – клеммы; *2* – выпрямительный блок; *3* – шариковый подшипник; *4*, *18* – винты; *5* – щетки; *6* – щеткодержатель с ИРН; *7* – обмотка возбуждения; *8* – катушка обмотки статора; *9* – статор; *10* – клювообразные наконечники ротора; *11*, *20* – втулки; *12* – крыльчатка вентилятора; *13* – вал ротора; *14* – шкив; *15* – гайка; *19*, *21* – крышки

Щеточный узел – это пластмассовая деталь, в которой установлены щетки *5* – медно-графитные или электрографитные – размером 5×8×18 мм и 6×6,5×13 мм. Щеткодержатель *6* выполнен в одном блоке с интегральным регулятором напряжения (ИРН). Выпрямительный блок *2* состоит из пластин-теплоотводов с запрессованными или припаянными диодами.

В тракторных трехфазных индукторных бесщеточных генераторах обмотка возбуждения *12* (рис. 5.11) неподвижна. Ее сердечник состоит из неподвижной стальной втулки *13*, закрепленной на стальной крышке *11*, и вращающегося ротора с шестилучевым пакетом пластин *21* из электротехнической стали и втулкой *25*. Стальная передняя крышка *11*, втулка индуктора *13* и втулка ротора *25* составляют магнитопровод потока от неподвижной обмотки возбуждения *12* к втулке ротора *25*.

При вращении ротора часть его лучей располагается напротив зубцов-сердечников катушек одной фазы и пронизывает их магнитным потоком по цепи: втулка *13* – крышка *11* – пакет пластин статора *10* и его зубцы – лучи пакета *21* пластин ротора – вал *16* – втулка *13*. Перекрытие зубцов статора и лучей ротора непрерывно изменяется. Это вызывает изменение сопротивления магнитной цепи, а, следовательно, и значения магнитного потока, пронизывающего сердечники и катушки данной фазы. Направление магнитного потока не изменяется.

Бесщеточные генераторы обладают повышенной надежностью и долговечностью, т. к. у них отсутствует щеточно-контактный узел, подверженный износу и загрязнению, а обмотка возбуждения неподвижна.

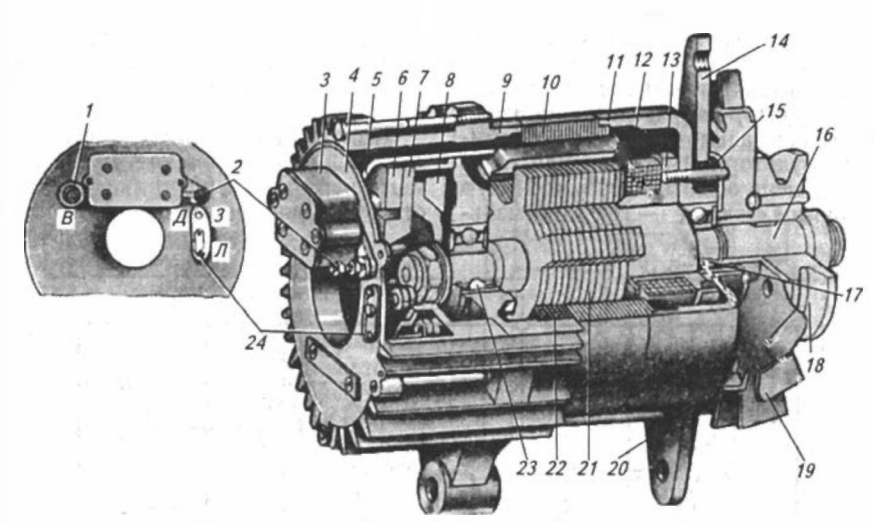


Рис. 5.11. Трехфазный индукторный бесщеточный генератор 15.3701: *1*, *2* – плюсовые выводы выпрямителей; *3* – кожух ИРН, резисторов и конденсатора; *4* – крышка выпрямительного блока; *5* – вывод фазной обмотки; *6* – теплоотвод выпрямительного блока; *7* – корпус выпрямительного блока; *8*, *19* – крыльчатка; *9* – задняя крышка; *10* – пакет пластин статора; *11* – передняя крышка; *12* – обмотка возбуждения; *13* – втулка индуктора; *14*, *20* – кронштейны; *15* – крышка подшипника; *16* – вал ротора; *17*, *23* – шариковые подшипники; *18* – шкив; *21* – пакет пластин ротора; *22* – катушка фазной обмотки; *24* – пластина переключателя посезонной регулировки напряжения; *25* – втулка ротора

Однако такие генераторы имеют большую массу и габариты. В настоящее время намечается тенденция установки индукторных генераторов на легковых автомобилях ВАЗ.

В качестве примера рассмотрим принципиальную схему трехфазной генераторной установки. Обмотки *1*, *2*, *3* (рис. 5.12, *а*) трех фаз статора соединены в «звезду», токи и напряжения фаз в которых смещены на 120 электрических градусов.

В генераторах большой мощности часто применяют соединения обмоток типа «треугольник», в которых фазные токи в 3 раза меньше линейных,

а при меньших токах обмотки можно наматывать более тонким проводом, что дает технологический выигрыш.

Выпрямитель содержит шесть силовых полупроводниковых диодов *4*, три из которых (*VD1, VD2* и *VD5*) своими анодами соединены с выводом «+» генератора, а катоды трех диодов (*VD2, VD4* и *VD6*) – с выводом «–» («массой»).

На рис. 5.12 пунктиром показаны диоды *VD7, VD8* дополнительного плеча выпрямителя для повышения мощности генератора. Это плечо запитывается от нулевой точки «звезды».

В вентильном генераторе диоды выпрямителя *4* не проводят ток от АКБ *5* к обмотке статора, поэтому отпадает необходимость в реле обратного тока, что упрощает схему генераторной установки. Выпрямленное напряжение U_d, как видно из диаграммы на рис. 5.12, *б* имеет пульсирующий характер. АКБ *5* служит фильтром, сглаживающим напряжение, но при этом ток является пульсирующим.

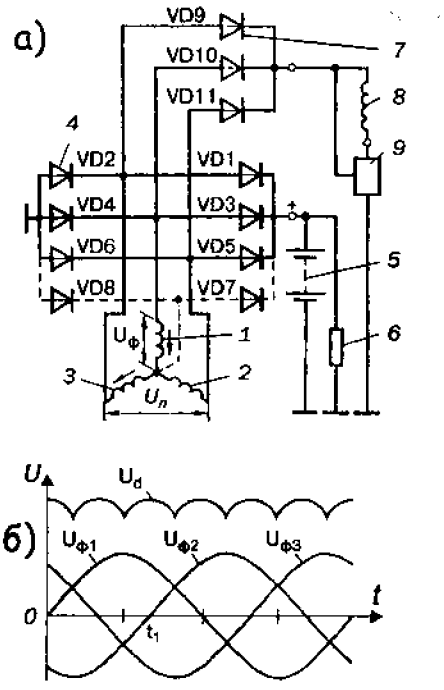


Рис. 5.12. Принципиальная схема трехфазной генераторной установки (а) и диаграммы напряжений (б): $U_{ф1}$, $U_{ф2}$, $U_{ф3}$ – фазные напряжения 1-ой, 2ой и 3-ей обмоток статора; $U_л$ – линейное напряжение; U_d – выпрямленное напряжение; *1*, *2*, *3* – обмотки трех фаз статора; *4* – диоды силового выпрямителя; *5* – аккумуляторная батарея; *6* – нагрузка; *7* – диоды выпрямителя обмотки возбуждения; *8* – обмотки возбуждения; *9* – регулятор напряжения

При длительной стоянке автомобиля возможна разрядка АКБ на обмотку возбуждения *8*, поэтому в некоторых моделях автомобильных генераторов обмотку возбуждения подсоединяют к дополнительному выпрямителю *7*

с диодами *VD9, VD10* и *VD11*. Аноды этих диодов соединены с выводом *Д*. На обмотку возбуждения в этом случае подается только напряжение от генератора через выпрямитель *7* и плечо выпрямителя *4* с диодами *VD2*, *VD4* и *VD6*. Ток в обмотке возбуждения значительно меньше, чем ток отдаваемый генератором в нагрузку. Поэтому в качестве диодов *VD9, VD10* и *VD11* применяются малогабаритные слаботочные диоды на ток не более 2 А.

Использование дополнительного выпрямителя имеет и негативную сторону, что связано с самовозбуждением генератора. Генератор может самовозбудиться при наличии в нем остаточного магнитного потока и довольно низком сопротивлении цепи возбуждения. Поэтому для появления напряжения в рабочем диапазоне частот вращения его ротора в схеме используется контрольная лампа HL, обеспечивающая надежное возбуждение генератора. Лампа мощностью 2–3 Вт обеспечивает прохождение в обмотку возбуждения небольшого тока для возбуждения генератора при низких частотах вращения ротора.

2.2.3. Регуляторы напряжения

Регулятор напряжения предназначен для поддержания напряжения бортовой сети в заданных пределах на всех режимах работы при изменении частоты вращения ротора генератора, электрической нагрузки и температуры окружающей среды. Он также может выполнять дополнительные функции по защите элементов генераторной установки от аварийных режимов и перегрузки, автоматически включать в бортовую сеть цепь обмотки возбуждения или систему сигнализации аварийных режимов работы генераторной установки. Все регуляторы напряжения, включая и зарубежные модели, стабилизируют напряжение изменением тока возбуждения. Напряжение генератора определяется тремя факторами:

– частотой вращения ротора генератора;

– силой тока, отдаваемого генератором в нагрузку;

– величиной магнитного потока, создаваемой током обмотки возбуждения.

Увеличение силы тока в обмотке возбуждения увеличивает магнитный поток и с ним напряжение генератора и наоборот – снижение тока возбуждения уменьшает напряжение. Если напряжение возрастает или уменьшается, регулятор соответственно уменьшает или увеличивает ток возбуждения, приводя напряжение в установленные пределы.

Рассмотрим блок-схему регулятора напряжения, приведенную на рис. 5.13. Регулятор *1* содержит измерительный элемент *5*, элемент сравнения *3*

и регулирующий элемент *4*. Измерительный элемент воспринимает напряжение U_d генератора и преобразует его в сигнал $U_{изм}$, который в элементе 3 сравнивается с эталонным значением $U_{эт}$. Если величина $U_{изм}$ отличается от $U_{эт}$, на выходе измерительного элемента появляется сигнал U_o, который активизирует регулирующий элемент, изменяющий ток в обмотке возбуждения так, чтобы вернуть напряжение к эталонным (заданным) значениям.

Таким образом, к регулятору напряжения *1* должно быть подведено напряжение генератора *2* или напряжение от другого участка бортовой сети, где необходима его стабилизация, например, от АКБ, а также должна быть подсоединена обмотка возбуждения генератора. При расширении функций регулятора растет число подсоединений в схему.

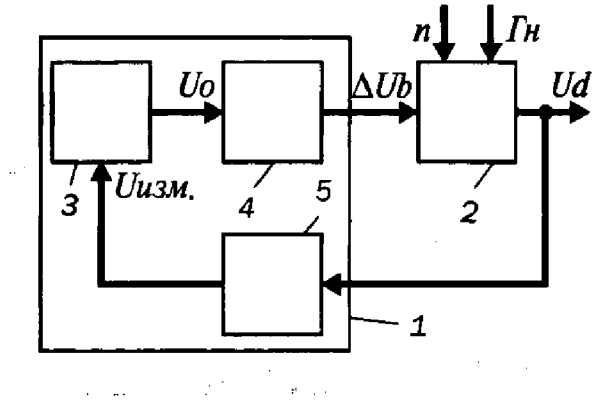


Рис. 5.13. Блок-схема регулятора напряжения: *1* – регулятор; *2* – генератор; *3* – элемент сравнения; *4* – регулирующий элемент; *5* – измерительный элементный элемент

2.2.3.1. Схемы регуляторов напряжения

Развитие конструкций и схем регуляторов обусловлено стремлением сделать регулятор как можно более компактным, чтобы он занимал меньше места при его монтаже в генераторе, увеличить число выполняемых им функций, например, кроме стабилизации напряжения, сигнализировать о работоспособности генераторной установки, предотвращать разряд АКБ при неработающем двигателе, а также повысить качество выходного напряжения.

Рассмотрим этапы развития схем и конструкций регуляторов, представляющие познавательный и исторический интерес:

1. Вибрационные (РР24, РР25, РР380) и контактно-транзисторные реле регуляторы (РР362-Б, РР385-Б).

2. Бесконтактно-транзисторные регуляторы (РР350, РР-356, 201.3701).

3. Интегральные регуляторы напряжения (ИРН) типа Я112А, Я112Б, Я120Б, Я120АТ, Я112А1, Я112В1, Я120М1.

Все регуляторы являются регуляторами дискретного действия, переключающими цепь обмотки возбуждения из одного состояния в другое при напряжениях генератора U_{max} и U_{min}.

Контактно-транзисторный реле-регулятор РР385-Б (рис. 5.14)

Чувствительным элементом реле-регулятора является обмотка электромагнитного реле, а эталонной (опорной) величиной напряжения – сила напряжения, противодействующая силе притяжения электромагнита. Пружина обеспечивает размыкание контактов *К1.2* и замыкание контактов *К1.1*. Катушка *К1* этого реле непрерывно питается током от выпрямителя *UZ* генератора, через входной диод *VD7*, ускоряющий резистор *R4* и резистор температурной компенсации *R1*. Она намагничивает сердечник реле и притягивает его якорек, размыкая контакты *К1.1* и замыкая *К1.2*.

При напряжении генератора $U_{эт}$ ($U_г$) $< U_{max}$ сила тока в катушке *К1* и намагниченность сердечника реле недостаточны для дополнительного натяжения пружины и замыкания контактов *К1.2*.

При разомкнутых контактах *К1.2* и любом состоянии контактов *К1.1* база *Б* транзистора *VT* через резистор *R6* соединена с клеммой «–», а эмиттер *Э* через входной диод *VD7* – с клеммой «+» выпрямителя *UZ*. Поскольку такое соединение источника тока с переходом эмиттер-база транзистора типа *р-n-р* является прямым, то через него течет ток управления и открывает переход эмиттер-коллектор.

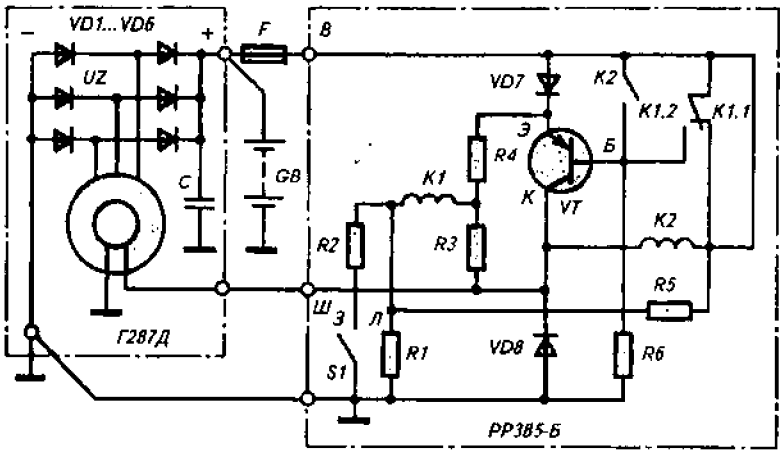


Рис. 5.14. Принципиальная схема генератора Г287Д с реле-регулятором РР385-Б

Сопротивление открытого перехода эмиттер-коллектор незначительно, и через него течет ток возбуждения генератора по цепи: клемма «+» выпря-

мителя *UZ* – предохранитель *F* – клемма *B* реле-регулятора – диод *VD7* – переход эмиттер-коллектор транзистора *VT* – клемма *Ш* – обмотка возбуждения генератора – клемма «масса» – клемма «–» выпрямителя *UZ*. Сила тока возбуждения, магнитный поток в статоре, напряжение генератора и сила тока в катушке *K1* увеличиваются.

Когда напряжение генератора достигнет U_{max}, контакты *K1.2* замкнутся и соединят базу *Б* транзистора непосредственно с «+» выпрямителя *UZ*. Эмиттер Э тоже соединен с клеммой «+», но через входной диод *VD7*, на котором постоянно создается падение напряжения от тока катушки *K1*. Такое соединение источника тока с переходом эмиттер-база транзистора типа *p-n-p* является обратным. Он быстро закрывается, сопротивление перехода эмиттер-коллектор резко увеличивается, превышая в десятки раз сопротивления параллельных ему резисторов *R3* и *R4*. Это вызывает резкое уменьшение силы тока в обмотке возбуждения, магнитного потока в статоре, напряжения генератора $U_г$, силы тока в катушке *K1* и ее магнитного потока.

При напряжении генератора $U_{эт}(U_г) = U_{min}$ контакты *K1.2* под действием пружины электромагнитного реле размыкаются и транзистор открывается. Сила тока в обмотке возбуждения увеличивается, а напряжение генератора достигает U_{max} еще при разомкнутых контактах *K1.1*. Контакты *K1.2* замыкаются, и процесс повторяется.

Бесконтактно-транзисторный регулятор 201.3702 (рис. 5.15)

Чувствительным элементом электронного регулятора напряжения является входной делитель напряжения. С входного делителя напряжение поступает на элемент сравнения, где роль эталонного (опорного) напряжения $U_{эт}(U_г)$ обычно играет напряжение стабилизации стабилитрона – полупроводникового диода, которому свойственна стабильность падения напряжения на нем при изменениях в несколько раз протекающего через него тока. Напряжение $U_г$ генератора *G* (Г250 или 32.3701) поддерживает стабилитрон *VD1*, соединенный через резистор *R5* делителя с клеммами «–» и «+» выпрямителя *UZ*.

При закрытом стабилитроне *VD1* входной транзистор *VT1* и управляющий транзистор *VT3* закрыты, а выходной составной транзистор *VT4 – VT5* открыт и пропускает через себя, клеммы *Ш* и выключатель *S* ток, в обмотку возбуждения от выпрямителя *UZ* или аккумуляторной батареи *GB*. Ток возбуждения порождает магнитный поток индуктора и вызывает увеличение напряжения генератора $U_г$ и в шунтирующей его цепи делителя: резистор *R5* – стабилитрон *VD1*. При $U_г = U_{max}$ стабилитрон *VD1* открывается («пробивается») и пропускает через себя ток базы входного транзистора *VT1* по цепи: клемма «+» –

резисторы *R4*, *R3* – переход база-эмиттер транзистора *VT1* – стабилитрон *VD1* – клемма «–» – «масса». Транзистор *VT1* открывается и через свой переход коллектор-эмиттер пропускает ток базы транзистора *VT3* по цепи: клемма «+» – переход эмиттер-база транзистора *VT3* – резистор *R7* – переход коллектор-эмиттер транзистора *VT1* – стабилитрон *VD1* – клемма «–» – «масса». Транзистор *VT3* открывается и своим переходом эмиттер-коллектор шунтирует переход база-эмиттер составного транзистора *VT4 – VT5*, вызывая его закрытие, прерывание тока в обмотке возбуждения и возникновение ЭДС и тока самоиндукции в ней. Поскольку обмотка возбуждения вместе с диодом *VD3* образует замкнутый («гасящий») контур и обладает сопротивлением, то возникающий в ней ток самоиндукции быстро преобразуется в тепловой поток, вызывая резкое уменьшение напряжения генератора и закрытие («запирание») стабилитрона *VD1*. При напряжении $U_г = U_{min}$ входной *VT1* и управляющий *VT3* транзисторы закрываются, а выходной (составной) транзистор *VT4 – VT5* открывается, ток и магнитный поток в обмотке возбуждения резко увеличиваются, вызывая увеличение напряжения генератора $U_г$ до U_{max}. Стабилитрон *VD1* открывается, и описанные выше процессы повторяются.

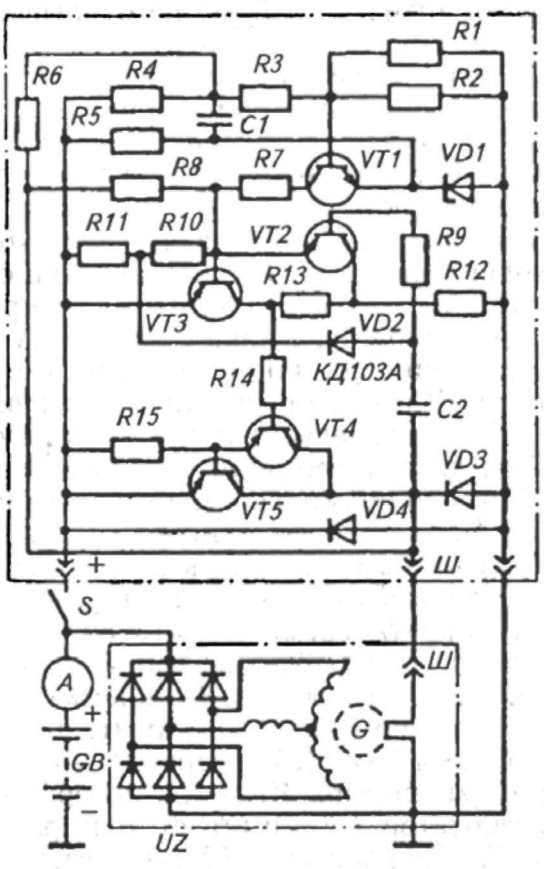


Рис. 5.15. Принципиальная электрическая схема генератора 32.3701 с регулятором напряжения 201.3702

Ускорение процессов перехода транзисторов *VT3*, *VT4* и *VT5* из одного состояния в другое (открытого в закрытое и наоборот), а также их защиту от перегрузки при коротком замыкании клемм *Ш* и «–» обеспечивает транзистор *VT2*, управляемый конденсатором *C2* через резистор *R9* и диод *VD2*.

При закрытии составного транзистора *VT4 – VT5* конденсатор *C2* заряжается (током самоиндукции) по цепи: обмотка возбуждения генератора *G* (источник кратковременного тока самоиндукции) – «масса» – клемма «–» аккумуляторной батареи *GB* – клеммы «+» (через амперметр *A* и включатель *S*) – резисторы *R11*, *R10* – переход эмиттер-база транзистора *VT2* – резистор *R9* – конденсатор *C2* – штепсельные разъемы *Ш*. Транзистор *VT2* открывается и пропускает ток по цепи: клемма «+» – резисторы *R11*, *R10* – переход эмиттер-коллектор транзистора *VT2* – резистор *R12* – штепсельный разъем «–» – выпрямитель *UZ*. Этот ток создает положительную разность потенциалов на базо-эмиттерном переходе транзистора *VT3*, ускоряет его открытие и закрытие составного транзистора *VT4 – VT5*. Когда составной транзистор *VT4 – VT5* открывается, ранее заряженный конденсатор *C2* разряжается по цепи: диод *VD2* – резистор *R11* – переход эмиттер-коллектор транзистора *VT5*. При этом на переход база-эмиттер транзистора *VT3* действует отрицательная разность потенциалов, ускоряющая его закрытие и открытие составного транзистора *VT4 – VT5*.

Интегральный регулятор Я112Б (рис. 5.16, *а*). Напряжение генератору тоже задает делитель, а поддерживает стабилитрон *VD1*.

Делитель напряжения, включающий в себя резисторы *R1* и *R5* в одном плече и регулируемый резистор *R8* – в другом, постоянно питается током от пятифазного двухполупериодного выпрямителя *UZ2*. Сопротивления плеч делителя подобраны так, что при напряжении генератора U_{max} стабилитрон *VD1* открывается, а при U_{min} закрывается. Транзисторы *VT2* и *VT3* образуют составной транзистор, общей базой которого служит база транзистора *VT2*, а общим эмиттером – эмиттер транзистора *VT3*.

Когда стабилитрон *VD1* закрыт, тока в цепи управления транзистором *VT1* нет, так как его база и эмиттер через резисторы соответственно *R9* и *R10* соединены с «массой».

При закрытом транзисторе *VT1* база составного транзистора через резистор *R3* и клеммы *Б* и *В* соединена с клеммой «+» выпрямителя *UZ2*, а эмиттер составного транзистора через резистор *R10* и «массу» – с клеммой «–». По этой цепи течет ток управления. Составной транзистор открыт, сопротивление его перехода коллектор-эмиттер минимально, и через этот переход, резистор *R10*, «массу», один из диодов *VD6–VD10*, одну из фазных обмоток,

один из диодов *VD3–VD5* и обмотку *L* течет однополупериодный ток возбуждения генератора. Сила тока в обмотке возбуждения, магнитный поток статора и напряжение генератора увеличиваются. Растет сила тока в делителе и увеличивается падение напряжения на его плечах.

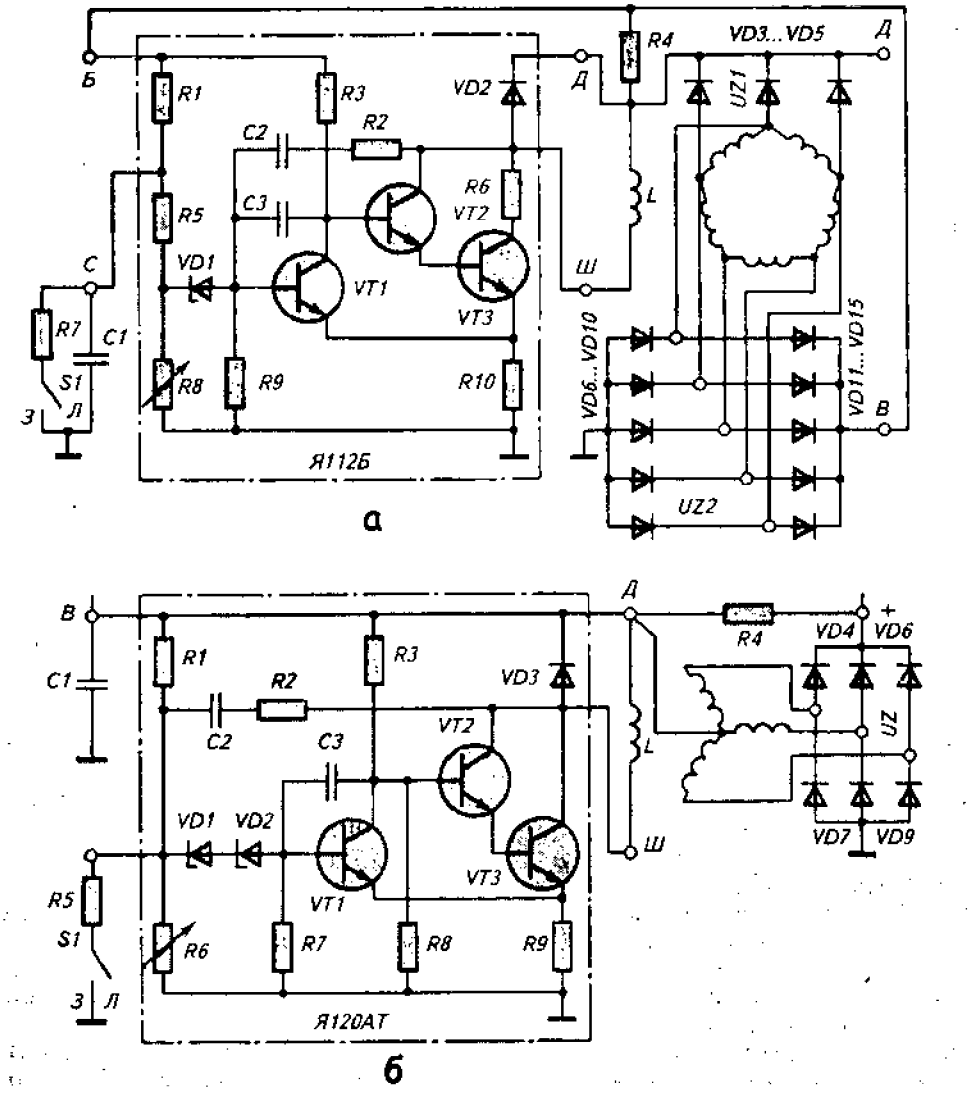


Рис. 5.16. Принципиальная электрическая схема генераторов с интегральными регуляторами напряжения (ИРН): *а* – 15.3701 с ИРН Я112Б; *б* – Г237А с Я120АТ

Когда напряжение генератора достигнет U_{max}, положительная разность потенциалов на участке стабилитрон *VD1* – резистор *R9* достигнет напряжения стабилизации, стабилитрон откроется, пропуская ток увеличивающейся силы при постоянном напряжении и соединяя базу транзистора *VT1* через резисторы *R5* и *R1*, клеммы *Б* и *В* с клеммой «+» выпрямителя *UZ2*. Поскольку эмиттер транзистора *VT1* через резистор *R10* постоянно соединен с клеммой «–» выпрямителя, то при открытом стабилитроне *VD1* транзистор *VT1* тоже открывается и через его переход коллектор-эмиттер соединяются база и эмиттер

составного транзистора. Последний закрывается, сила тока в обмотке возбуждения, магнитный поток статора и напряжение генератора уменьшаются. Снижаются также сила тока в делителе и падение напряжения на нем.

При напряжении генератора U_{min} стабилитрон *VD1* и транзистор *VT1* закрываются, а составной транзистор открывается и напряжение генератора опять увеличивается до U_{max}.

Интегральный регулятор Я120АТ (рис. 5.16, *б*). Напряжение генератору Г273А тоже задает делитель, образованный резисторами *R1* и *R6*, а поддерживают напряжение стабилитроны *VD1*и *VD2*, соединенные последовательно. Делитель постоянно питается током от трехфазного двухполупериодного выпрямителя *UZ* через резистор *R4*. Поэтому напряжение на делителе меньше номинального напряжения генератора, равного 28 В.

При $U_г < U_{max}$ стабилитроны *VD1* и *VD2* и транзистор *VT1* закрыты. Поскольку при закрытом транзисторе *VT1* база составного транзистора через резисторы *R3* и *R4* соединена с клеммой «+» выпрямителя *UZ*, а его эмиттер через резистор *R9* – с клеммой «–», то по этой цепи течет ток управления составным транзистором. Последний открыт, сопротивление его перехода коллектор-эмиттер минимально, и через этот переход, резистор *R9*, один из диодов *VD7–VD9*, одну из фазных обмоток, их среднюю точку, клемму *Д* и обмотку *L* течет однополупериодный ток возбуждения напряжением до 14 В. Сила тока в обмотке возбуждения и делителе, магнитный поток статора, напряжение генератора и падение напряжения на плечах *R1* и *R6* делителя увеличиваются.

Когда напряжение генератора достигнет U_{max}, стабилитроны *VD1* и *VD2* открываются, соединяя базу транзистора *VT1* через резисторы *R1* и *R4* с клеммой «+» выпрямителя *UZ*.

Поскольку эмиттер транзистора *VT1* через резистор *R9* постоянно соединен с клеммой «–» выпрямителя, то при открытых стабилитронах транзистор *VT1* тоже открывается и через его переход коллектор-эмиттер соединяются база и эмиттер составного транзистора. Составной транзистор закрывается. Сила тока в обмотке возбуждения, магнитный поток статора и напряжение генератора уменьшаются.

При напряжении генератора U_{min} стабилитроны *VD1*, *VD2* и транзистор *VT1* закрываются, а составной транзистор *VT2–VT3* открывается и напряжение генератора опять увеличивается до U_{max}.

В настоящее время вибрационные реле-регуляторы и контактно-транзисторные регуляторы полностью заменены электронными транзисторными

регуляторами напряжения, которые выполняются в основном встроенными в генератор, они неразборны и ремонту не подлежат. Тем не менее, выпускается серия малогабаритных регуляторов напряжения для размещения вне генератора.

Современные электронные ИРН можно разделить на две группы: регуляторы традиционного схемного исполнения с частотой переключения, меняющейся с изменением режима работы генератора и регуляторы со стабилизированной частотой переключения, работающие по принципу широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Применение ШИМ стало возможным с развитием электроники и позволяет повысить качество стабилизации напряжения и исключить влияние на ИРН внешних факторов.

Примером регулятора напряжения с ШИМ является регулятор Я212А11Е, который аналогичен регулятору FL14U4C фирмы BOSCH (Германия). Он изготовлен по гибридной технологии в металлостеклянном корпусе. Основой регулятора является микросхема, выполненная на кристалле кремния. Схема содержит входной делитель *A1* (рис. 5.17), усилитель-интегратор *A3*, источник опорного напряжения *A5*, бистабильный триггер *A6* и выходной усилитель *A7*. В регуляторе вне микросхемы расположено балластное сопротивление параметрического стабилизатора источника питания микросхемы и токоограничивающее сопротивление *R2*, выходной транзистор *VT1* и гасящий диод *VD1*.

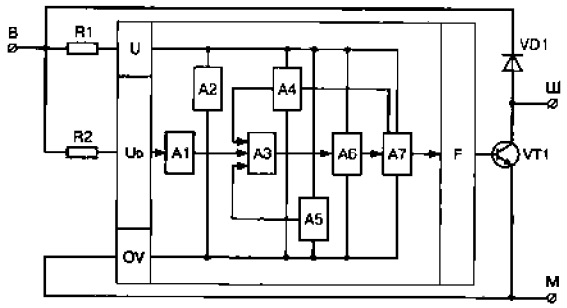


Рис. 5.17. Схема интегрального регулятора напряжения Я212А11Е со стабилизированной частотой переключения

Работа регулятора. Выпрямленное напряжение генератора U_D через выходной делитель *A1* подается на инвертирующий вход усилителя-интегратора *A3*, где сравнивается с опорным напряжением $U_г$. Если напряжение генератора находится на номинальном уровне, схема выдает через бистабильный триггер *A6* и выходной усилитель *A7* сигнал переключения выходного транзистора *VT1* с равным временем открытого и закрытого состояния. Чем больше отключение напряжения генератора от номинального уровня, тем

больше или меньше время заряда (разряда) конденсатора-интегратора *A1*. Напряжение на конденсаторе фиксируется бистабильным триггером *A6*, заставляющим через усилитель *A7* выходной транзистор *VT1* длительнее находится в открытом или закрытом состоянии. Через компаратор *A4* обратной связи на инвертирующий выход *A3* подается добавочное напряжение.

Таким образом ИРН осуществляет компенсацию в цепи обмотки возбуждения *с фиксированной частотой* в пределах от 460 Гц до 2,5 кГц (в зависимости от настройки регулятора). Стабилизация же напряжения, как и в традиционной схеме ИРН, происходит за счет изменения относительного времени включения обмотки возбуждения в цепь питания с соответствующим изменением средней величины тока в ней.

2.2.4. Конструктивные особенности генераторных установок

Автотракторные генераторы обозначают двумя или тремя числами, которые отделены точками. Например, 462.3701.11. Первое число 462 означает модель (46) и модификацию (2) этой модели, второе – группу электрооборудования (37) и подгруппу генераторов (01), а третье – индекс конструктивных изменений по сравнению с исходной моделью генератора. Индексы 10, 11, 12 и т. д. означают, что данный генератор не является взаимозаменяемым с первоначально установленным.

Конструкцию генераторов постоянно совершенствуют прежде всего с целью повышения удельной мощности и надежности, уменьшении расхода дефицитных материалов, трудоемкости изготовления и технического обслуживания. Примером такого совершенствования служат индукторные генераторы Г304, Г306, 13.3701 и 46.3701.

Генератор Г304 имеет две параллельные катушки возбуждения, неподвижно закрепленные в стальных крышках – магнитопроводах с двух сторон статора. Трехфазный двухполупериодный выпрямитель расположен на передней крышке рядом с крыльчаткой, а выводы фаз, обмотки возбуждения и выпрямленного тока – на задней крышке. Двустороннее возбуждение не давало значительного увеличения мощности при большом расходе меди и стали, а принятая компоновка выпрямителя и выводов требовала укладки проводов внутри статора (генераторы Г304 и Г306) или снаружи его (генератор 13.3701).

В результате отказа от двухстороннего возбуждения (генератор Г306) сокращен расход меди и стали, а при размещении трехфазного одно- и двух-

полупериодного выпрямителей в задней крышке из алюминиевого сплава и при внутренне вентиляции (генератор 46.3701) улучшены условия работы диодов, упрощена укладка проводов, уменьшена вероятность коротких замыканий и увеличена мощность на 75 %.

По организации системы охлаждения генераторы можно разделить на два типа: *традиционной конструкции*, с вентилятором на приводном шкиве, и *компактной конструкции*, с двумя вентиляторами у торцевых поверхностей полюсных половин ротора (генератор 9422.3701 автомобиля ВАЗ-2110 и 26.3771 автомобилей АЗЛК). Генератор компактной конструкции фирмы BOSCH показан на рис. 5.19. Характерной особенностью компактных генераторов является компоновка щеточного узла, выпрямительного блока и регулятора напряжения в одном блоке, закрепленном на задней крышке под пластмассовым кожухом. В первом случае охлаждающий воздух засасывается вентилятором через вентиляционные окна в крышке со стороны контактных колец щеточного генератора или через окна со стороны ИРН и задней крышки индукторного бесщеточного генератора (рис. 5.18, *а*). В компактном щеточном генераторе (рис. 5.18, *б*) воздух засасывается двумя вентиляторами через вентиляционные отверстия в обеих крышках.

Отличительной особенностью компактных генераторов является наличие вентиляционных отверстий в крышках и усиленное оребрение.

По общей компоновке щеточные вентильные генераторы разделяются на генераторы со щеточным узлом внутри генератора и генераторы с наружным щеточным узлом, закрытым специальным пластмассовым кожухом. В таких генераторах контактные кольца ротора имеют малый диаметр для прохождения через внутренний диаметр подшипника задней крышки. Это повышает ресурс работы щеток.

Выпрямительные блоки автотракторных генераторов представляют собой либо пластины-теплоотводы (радиаторы) *1*, *2* (рис. 5.20, *а*, *б*), в которые запрессовываются или к которым припаиваются силовые диоды *3*, либо это сильно оребренные корпуса *1*, *2* (рис. 5.20, *в*) к которым припаиваются таблеточного типа.

Выпрямительные блоки используют *диоды* на максимально допустимые токи 20, 25 и 35 А или *стабилитроны*. Их применяют в ИРН с микросхемой на монокристалле кремния или использованием *полевых транзисторов.*

Диоды и стабилитроны с диаметром 12,77 мм в модификациях с анодом или катодом на корпусе для запрессовок и соответственно в отрицательный и положительный теплоотводы.

Подшипниковые узлы генераторов – радиальные шарикоподшипники закрытого типа с одноразовой смазкой. Типоразмеры шарикоподшипников: 6 – 180605К1С9, 6 – 180603К2С9Ш1, 6 – 180503К2С9Ш и др.

Привод генератора осуществляется клиновым или поликлиновым ремнем через шкив (одно- или двухручьевой), посаженный на вал ротора. Качество питания потребителей током, в том числе и АКБ, зависит от передаточного числа ременной передачи. Из условий обеспечения долговечности ремня передаточное число для клиновидных ремней обычно не превышает 2,5 (ВАЗ-2,04; ГАЗ-21029 – 2, 40; ЗИЛ-431410 – 1,82).

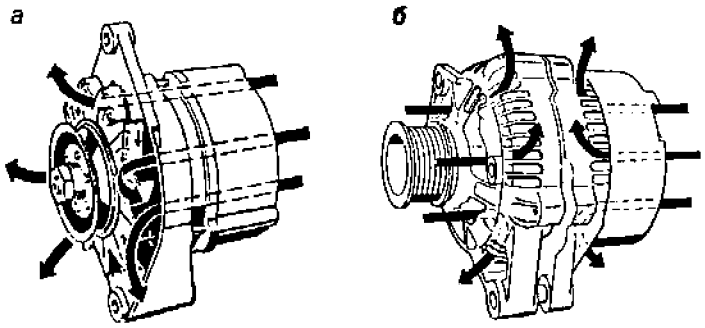


Рис. 5.18. Схемы движения охлаждающего воздуха в генераторах:
а – генераторы традиционной конструкции;
б – компактные генераторы

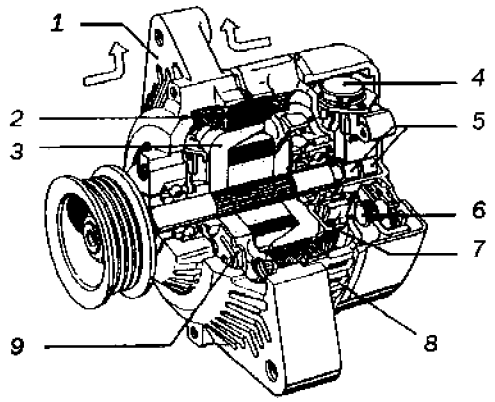


Рис. 5.19. Генератор компактной конструкции фирмы BOSCH:
1, *8* – крышки; *2* – статор; *3* – ротор; *4* – регулятор напряжения;
5 – контактные кольца; *6* – выпрямитель; *7*, *9* – вентиляторы

Поликлиновые ремни допускают передаточное число до 3,0. Они широко применяются для совместного привода генератора, компрессора кондиционера, насоса охлаждающей жидкости и т. д. Клиновидный ремень, требующий большого угла охвата шкивов, надежно работает лишь при индивидуальном приводе.

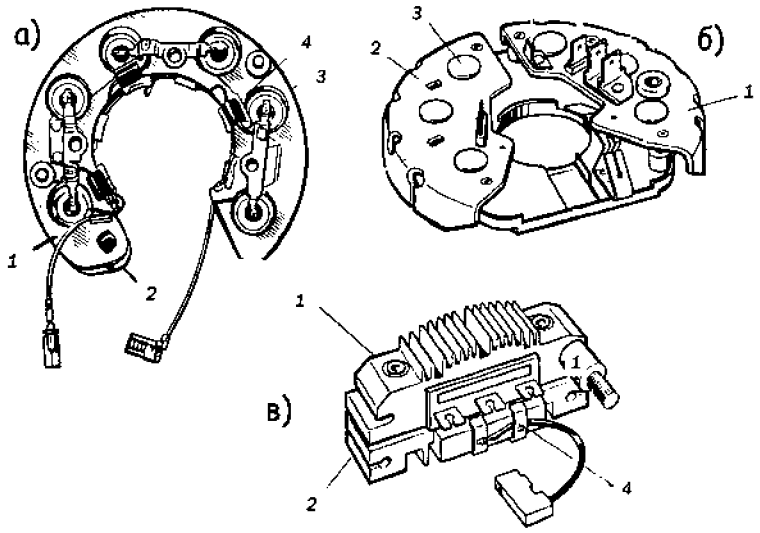


Рис. 5.20. Выпрямительные блоки генераторов: *а* – блок БВП 11-60 генератора 37.3701; *б* – блок генераторов BOSCH; *в* – блок генераторов *Nippon Denso*; *1*, *2* – теплоотвод (радиатор); *3* – выпрямительный диод; *4* – резистор

2.2.4.1. Генераторные установки тракторов «Беларус»

Тракторы «Беларус» могут быть укомплектованы как индукторными бесконтактными, так и щеточными генераторами.

Индукторные бесконтактные генераторы нижеперечисленных типов применяются на тракторах мощностью от 80 до 200 л. с. (серии 800, 900, 1000, 1200, 1500, 2000):

1. Г9695.3701-1 (одноручьевой шкив, 1150 Вт, 14 В).

2. Г9635.3701-1 (двухручьевой шкив, 1150 Вт, 14 В).

Тракторы мощностью от 80 до 350 л. с., сертифицированные по TIER-2 и TIER-3, используют щеточные генераторы следующих типов:

1. AAN 5506 (2 кВт, 14 В) – для серий 800, 900, 1000, 1200 и AAN 5594 (2 кВт, 14 В) – для серий 1200, 1500, 2000 (производства ОАО «Искра», Словения).

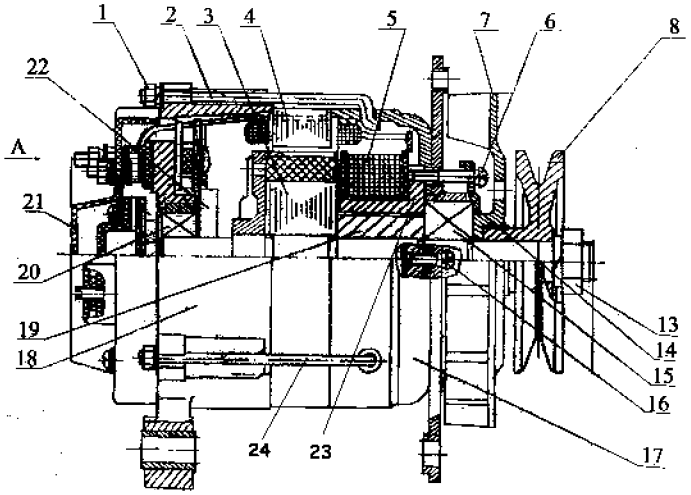
2. *Delco Remy* – 22S1 (2 кВт, 14 В, «Беларус-3022ДВ»).

3. AAN 5122 (2 кВт, 14 В, «Беларус-2822ДЦ, -3022ДЦ»).

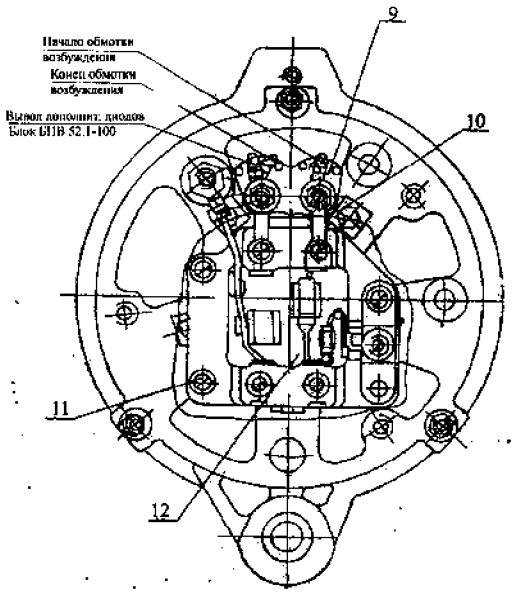
Дизели Д-262, -263 производства ОАО «ММЗ» мощностью 300 л. с. также используют щеточные генераторы AAN 5594 – 2 кВт, 14 В («Искра», Словения).

В качестве примера рассмотрим устройство и работу индукторных генераторов Г9635.3701-1 и Г9695.3701-1, которые отличаются только шкивами роторов.

Индукторный генератор (рис. 5.21) представляет собой бесконтактную пятифазную электрическую машину с односторонним электромагнитным возбуждением, с протяжной вентиляцией и встроенным выпрямителем и регулятором напряжения.



Вид А



(М 2 : 1)

Рис. 5.21. Индукторный генератор Г9635.3701-1 (Г9695.3701-1) тракторов «Беларус»: *1* – гайка М5; *2* – болт стяжной, *3* – ротор; *4* – статор; *5* – катушка возбуждения; *6* – винт М5×26; *7* – вентилятор; *8* – шкив; *9* – изолятор; *10* – изолятор фазный; *11* – винт М4×16; *12* – регулирующее устройство; *13* – гайка М16; *14* – крышка подшипника; *15*, *20* – шарикоподшипники; *16* – винт М5×14,5; *17* – крышка передняя; *18* – крышка задняя; *19* – втулка ротора; *21*– крышка регулирующего устройства; *22* – выпрямительный блок; *23* – индуктор; *24* – стяжной болт

Статор *4* генератора шихтованный, из листовой стали, имеет десять зубцов (полюсов), на которых закреплены катушки фазных обмоток. Каждая катушка выполнена из тридцати витков провода ПЭТ200-2-1.18 ТУ 16-505, 937-76. Фазные обмотки, состоящие из двух последовательно соединенных катушек, соединены в пятиугольник. Выводные концы имеют наконечники для подключения к выпрямителю.

Ротор *3* генератора представляет собой вал с напрессованным пакетом, шихтованным из листовой стали, и фланцем из алюминиевого сплава.

Пакет имеет шесть зубцов (полюсов), между которыми расположены постоянные магниты, залитые в алюминиевом фланце.

Передняя крышка *17* стальная, штампованная с приваренным фланцем, на котором имеются две лапы, одна для крепления генератора, другая – для регулировки натяжения приводного ремня.

Крышка на торцовой части имеет вентиляционные отверстия для прохода воздуха, на цилиндрической части три отверстия для установки стяжных болтов.

Внутри крышки крепится катушка возбуждения *5*, содержащая 520 витков провода ПЭТВ-2-0,8 ТУ 16-705.110-79 или ПЭДТ-180-0,8 ТУ 16-705.264-82.

Начало и конец катушки возбуждения выведены гибкими монтажными проводами с наконечниками.

Задняя крышка *18* литая, из алюминиевого сплава, имеет лапу для крепления генератора и в торцовой части вентиляционные отверстия.

На торцовой части крышки *18* расположены регулирующее устройство *12*, конденсатор, выводы для подключений катушки возбуждения, вывод для подключения генератора к нагрузке, вывод фазы.

Шкив *8* генератора чугунный, литой.

Ротор *3* генератора посажен на шарикоподшипники *15*, *20* закрытого типа с одноразовой смазкой.

Выпрямительный блок *22* и регулирующее устройство *12* составляют сборочную единицу полупроводникового выпрямительного блока БПВ 52.4.3-100 или БПВ 52.4.6-100. Выпрямительное устройство состоит из дисков силового и дополнительного выпрямителей. Силовые диоды запрессованы в теплоотводы (радиаторы), которые являются выходными выводами силового выпрямителя. Теплоотвод положительной полярности соединен с выводом «+» генератора, а теплоотвод отрицательной полярности соединен с корпусом генератора. Выводы силовых диодов, не соединенные с теплоотводами, соединены *шинами по два в пятифазную мостовую схему выпрямления*. К шинам присоединяются фазные обмотки статора.

Диоды дополнительного выпрямителя для питания катушки возбуждения, смонтированы на пластмассовом основании, закрепленном на теплоотводе положительной полярности.

Регулирующее устройство *12* закрывает пластмассовая крышка *21*, в которой предусмотрены отверстия для винта *5* (рис. 5.22, *а*) переключателя посезонной регулировки напряжения (если установлен) и выводов: «+», «Д», «~» генератора.

Регулирующее устройство включает в себя ИРН (рис. 2.52, *а*, *б*), конденсатор и резистор. С помощью выводов *1*, *2*, *3*, *4* ИРН подключается к схеме генератора. Вывод *4* соединяется с корпусом генератора.

Винт *5* (рис. 5.22, *а*) имеет два положения «З» (зима) «Л» (лето). При вращении винта переключателя по часовой стрелке до упора (положение «З») винт упирается контактной площадкой в шину.

Регулирующее устройство, приведенное на рис. 5.22, *б* переключателя посезонной регулировки напряжения не имеет. Изменение напряжения осуществляется автоматически в зависимости от температуры охлаждающей среды генератора.

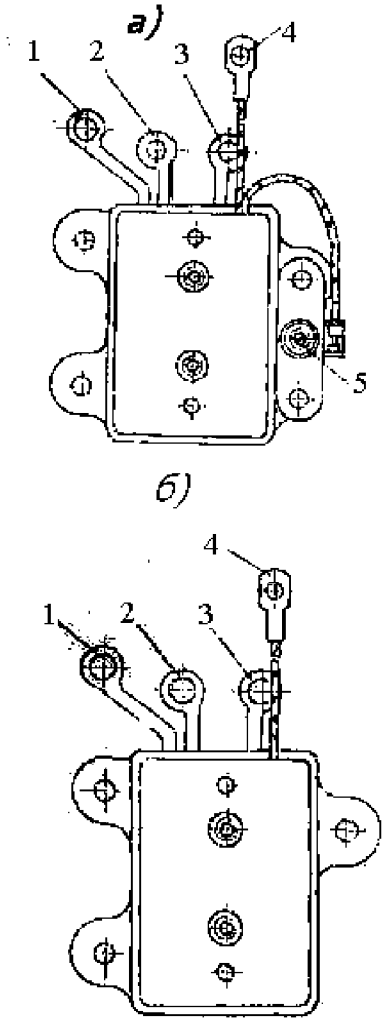


Рис. 5.22. Интегральные регуляторы напряжения блока полупроводниковых выпрямителей: *а* – ИРН с переключателем посезонной регулировки напряжения; *б* – ИРН с автоматической температурной регулировкой напряжения; *1* – вывод «+»; *2* – вывод «Д»; *3* – вывод «Ш»; *4* – вывод «М»; *5* – винт ППР напряжения

Работа генератора и его подключение к схеме электрического оборудования тракторов «Беларус». При вращении ротора в фазных обмотках *L2–L6* (рис. 5.23) генератора под действием поля постоянных магнитов

и катушки возбуждения *L1*, переменное напряжение, которое выпрямляется при помощи силового (основного) выпрямителя, состоящего из диодов *V1–V10*, и через вывод «+» поступает в нагрузку.

Дополнительный выпрямитель, состоящий из диодов *V11–V14*, предназначенный для питания катушки возбуждения *L1*, подключен к выводу «Д». Питание цепи возбуждения от дополнительного выпрямителя исключает возможность разряда аккумуляторной батареи через катушку возбуждения *L1* при неработающем двигателе.

Регулирование напряжения генератора осуществляется изменением величины тока возбуждения при помощи регулирующего устройства *E1*.

В регулирующем устройстве *E1* подключение резистора переключателем посезонной регулировки в положении «З» (зима) увеличивает напряжение генератора. Конденсатор предназначен для улучшения качества регулирования напряжения при работе генератора без аккумуляторной батареи.

На выводе фазы «~» относительно корпуса генератора формируются импульсы напряжения с частотой в герцах численно равной 0,1 частоты вращения ротора в об/мин.

Конденсатор *C1*, устанавливаемый в модификациях генератора с выводом фазы, предназначен для подавления электрических помех.

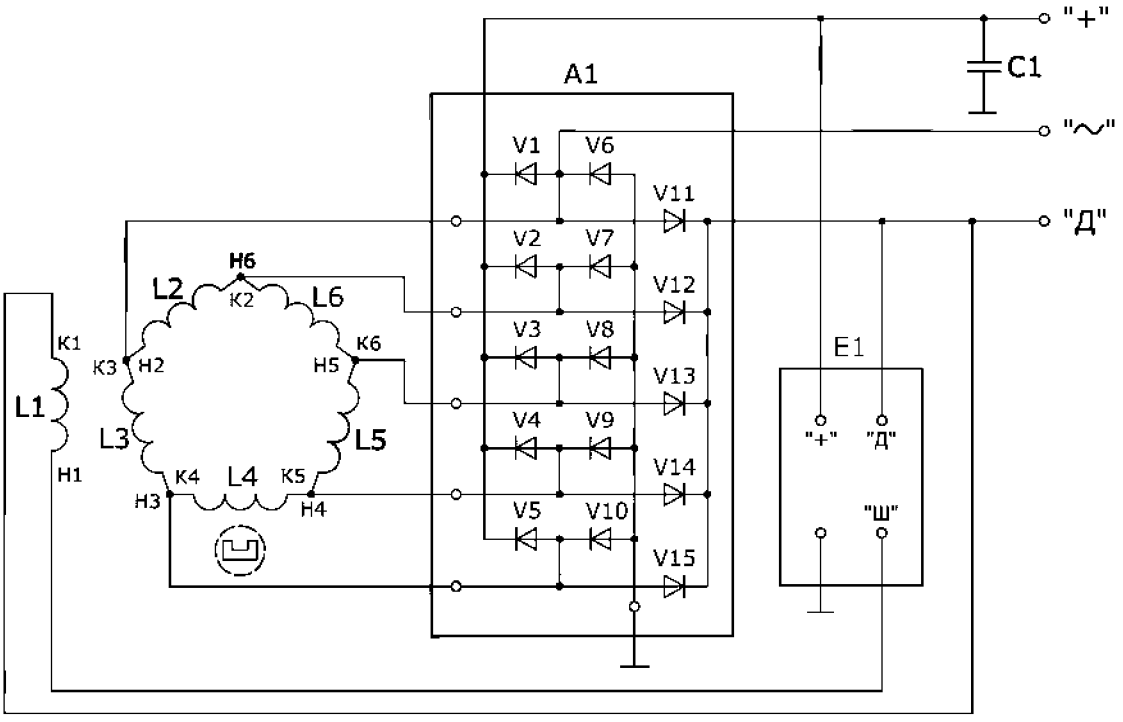


Рис. 5.23. Электрическая схема индукторного генератора Г9635.3701-1, Г9695.3701-1: *A1* – выпрямитель блока БВП52.4.6-100; *C1* – конденсатор; *E1* – регулятор напряжения 7901.3702Г3; *L1* – катушка возбуждения; *L2–L6* – обмотка фазная; *V1–V10* – диоды илового выпрямителя; *V11–V15* – диоды дополнительного выпрямителя

Подключение генератора к схеме электрооборудования тракторов. Вывод «+» генератора подключается к цепям нагрузки и аккумуляторной батарее.

Вывод *«Д»* генератора подключается к цепи реле блокировки стартера.

Вывод «~» генератора подключается к цепи тахометра.

Как было отмечено выше, тракторы «Беларус» могут комплектоваться генераторами щеточного типа. В этой связи, рассмотрим особенности современного щеточного компакт-генератора AAN 5122 (рис. 5.24) фирмы «Искра», Словения. Генератор имеет мощность 2 кВт, напряжение 14 В и максимальный (выпрямленный) ток нагрузки 150 А.

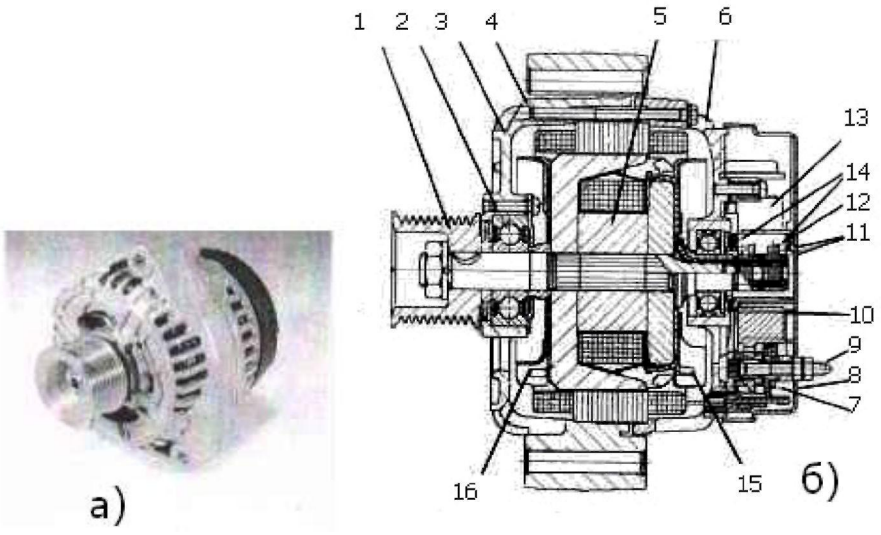


Рис. 5.24 Щеточный генератор AAN 5122 трактора «Беларус-1523.3»: *а* – внешний вид; *б* – устройство генератора: *1* – шкив; *2* – передний опорный подшипник; *3* – передняя крышка; *4* – статор с обмотками; *5* – ротор; *6* – задняя крышка; *7* – выпрямительный блок с диодами; *8* – защитная пластмассовая крышка; *9* – выводные шпильки (контакты +В, –В, W, **D+**); *10* – задний опорный подшипник; *11* – контактные кольца конца обмотки возбуждения; *12* – щетки; *13* – щеткодержатель с регулятором напряжения; *14* – резиновые прокладки; *15*, *16* – вентилятор охлаждения статора

Встроенный регулятор напряжения в одном блоке с выпрямителем *7* и щеткодержателем *13* закрыт герметичной пластмассовой крышкой *8*. Генераторы этого типа имеют воздушное охлаждение, осуществляемое с помощью двух внутренних вентиляторов *15*, *16*, закрепленных на роторе *5* спереди и сзади, обдувая воздухом обмотки статора. Закрытые контактные кольца *11* ротора *5* увеличивают срок службы щеток *12*, даже на высокой частоте вращения ротора. Двенадцатиполюсный статор с обмотками 4 и залитыми катушками обеспечивает улучшенное охлаждение, низкий уровень шума и высокие выходные характеристики. Выпрямительный блок с запрессованными

диодами «Зенера» имеет высокое вибросопротивление и защиту от бросков напряжения. Основной особенностью таких генераторов, отличающих их от индукторных генераторов серии Г964.3701, является:

– наличие вращающейся обмотки возбуждения и соответственно щеток, что позволили увеличить отдаваемую мощность генератора;

– необходимость подпитки обмотки возбуждения до запуска (щеточные генераторы, как правило, не обладают свойством самовозбуждения).

Для подпитки обмотки возбуждения до запуска (щеточные генераторы, как правило, не обладают свойством самовозбуждения) устанавливается дополнительное сопротивление *R1* (50 Ω, 2 Вт) (рис. 5.25).

Перед запуском дизеля напряжение с выключателя стартера и приборов *SA9* поступает через сопротивление *R1* на клемму «Д» генератора и далее на обмотку возбуждения (эти элементы соединены последовательно), напряжение при этом на клемме «Д» составляет примерно 0,8–0,9 В. После запуска дизеля обмотка возбуждения начинает вращаться и в работу вступает регулятор напряжения, обеспечивая выходное напряжение генератора в пределах 13,8–15 В.

Важно! Во избежание выхода из строя реле регулятора не допускается проверять работоспособность генератора снятием клемм АКБ или отключением выключателя «массы» на работающем дизеле.

2.2.4.2. Применяемость генераторных установок на грузовых автомобилях

На грузовых автомобилях (МАЗ, КамАЗ) находят применение щеточные генераторы с номинальным напряжением 28 В мощностью в пределах 800–1250 Вт (4,2 кВт для самосвалов БелАЗ). Модель генератора определяется комплектацией автомобиля:

1. Г273В, 1702.3771, 3232.3771 (МАЗ).
2. 1702.3771 (АвтоКрАЗ).
3. 1322.3771 или Г273В2 (МоАЗ-7505, МАЗ для запасных частей).
4. 1702.3771 (АЗ «Урал»).

Все вышеперечисленные установки состоят из трехфазных синхронных генераторов переменного тока (с максимальным током нагрузки 45–60 А) со встроенным ИРН, помехоподавляющим конденсатором (2,2 мкФ) и щеткодержателем, с протяжной вентиляцией.

Генераторы могут иметь устройство посезонной регулировки напряжения «зима-лето» (Г-273В2) или автоматическую регулировку напряжения в зависимости от окружающей температуры (1322.3771, 1702.3771, 3232.3771).

2.2.5. Схема энергоснабжения современных тракторов «Беларус»

На тракторах «Беларус» различных моделей применяется система энергоснабжения с номинальным напряжением бортовой сети 12 В и системой пуска 24 В с двумя АКБ, соединенными последовательно с помощью размыкателя силовой цепи *Q51* (рис. 5.25). В цепи заряда установлен предохранитель *F3* (60 А).

Согласно схеме, приведенной на рис. 5.25, зарядка первой батареи *GB1* и энергоснабжение всей бортовой сети происходит от индукторного генератора *G1* с номинальным напряжением 14 В, а для зарядки второй (дополнительной) батареи *GB2*, подключенной последовательно с помощью размыкателя силовой цепи *QS1*, используется преобразователь напряжения *UZ1* – электронного устройства, работающего по принципу трансформации напряжения.

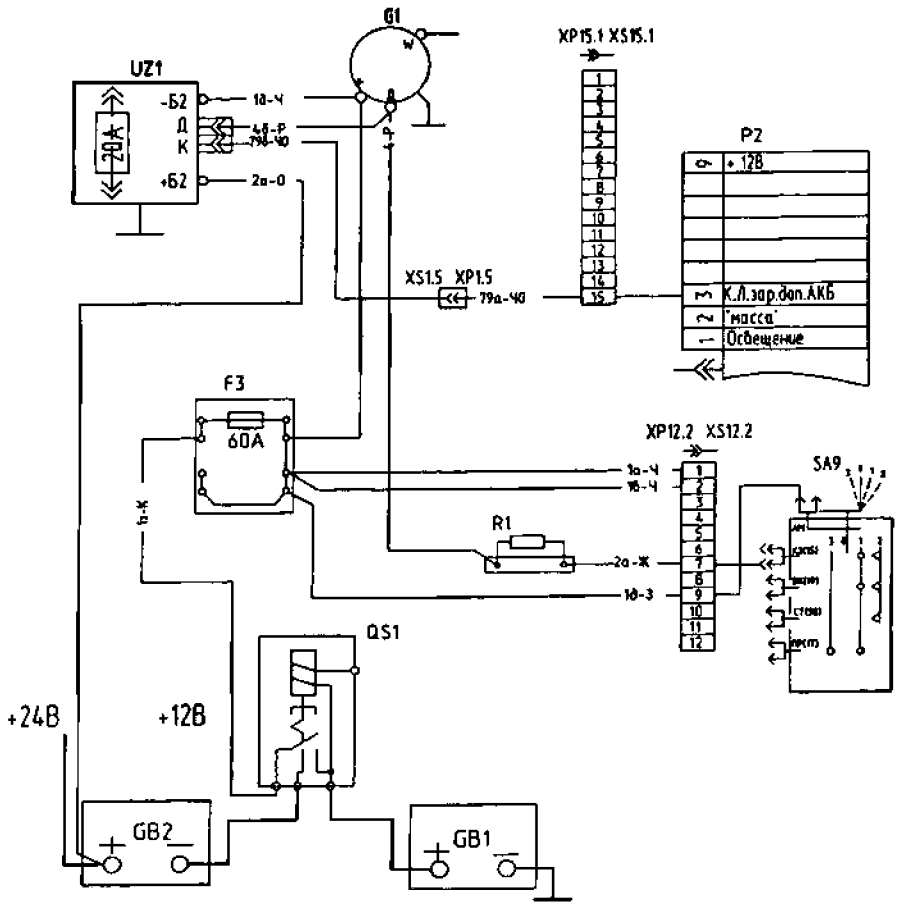


Рис. 5.25. Модернизированная электронная схема энергоснабжения тракторов «Беларус»: *UZ1* – преобразователь напряжения 191.3759-01; *F3* – блок предохранителей БП 11; *R1* – сопротивление дополнительное СДФ-3[1]; *P2* – комбинация приборов АР72.3801[1], АР72.3801-01 для тракторов «Беларус-1025, -1221», АР71.3801-01 для тракторов «Беларус-80» и модиф.; *G1* – генератор AAN5506[1]/Г9695.3701-1

Применение на тракторах «Беларус» схемы (рис. 5.25), при которой аккумуляторы постоянно соединены последовательно и использование преобразователя напряжения для зарядки второго аккумулятора обеспечивает ряд преимуществ:

– отсутствие коммутации в силовой цепи питания стартера;

– стабильная и прогнозируемая зарядка обоих аккумуляторов, как первого, так и второго, в сравнении со схемой с переключателем напряжения, поскольку электронное устройство обладает стабильными параметрами в процессе работы;

– позволяет осуществлять визуальный контроль над состоянием системы электроснабжения;

– простой монтаж с меньшим количеством проводов и контактов.

Внешний вид преобразователя напряжения показан на рис. 5.26, а подключение к схеме энергосбережения и обозначение выводов на рис. 5.25.

Преобразователь напряжения *UZ1* является электронным устройством, предназначенным для зарядки второго аккумулятора *GB2* путем преобразования и регулирования зарядного напряжения, его работа основана на принципе трансформации напряжения.

Напряжение, поступающее с вывода «+» генератора *G1* (рис. 5.25) на клемму «*-Б2*» преобразователя (13,2–15,2 В), преобразуется в выходное напряжение на клемме «*+Б2*» (26–29 В относительно минусовой цепи трактора). Если замерить напряжение непосредственно на клеммах второй АКБ *GB2* или между клеммами «*-Б2*» и «*+Б2*», то получим разность выходного и входного напряжений преобразователя равную 13,5–14,5 В и достаточную для зарядки второй АКБ.

Рис. 5.26. Установка преобразователей напряжения на тракторах «Беларус»

При этом зарядный ток второй АКБ, обеспечиваемый преобразователем (в цепи «*+Б2*») при входном и выходном напряжении 13,6 В, составляет не менее 10 А (потребляемый ток преобразователем составляет величину, примерно в два раза большую), постепенно понижаясь до минимально потребляемого батареей по мере ее зарядки.

Время зарядки второго аккумулятора зависит от степени его разрядки.

Важно! Стабильная работа преобразователя зависит от наличия хорошей минусовой цепи на корпусе преобразователя.

Защита преобразователя при внештатных ситуациях:

1) установка предохранителя на ток 20 А в цепи «*+Б2*» в корпусе преобразователя;

2) работа преобразователя блокируется до поступления на него напряжения с клеммы «*Д*» генератора (напряжение, появляющееся только после запуска двигателя), не происходит преобразования напряжения;

3) при повышении входного напряжения до 15,4–16 В и температуры преобразователя до +125 °С преобразователь также блокируется.

Для диагностики работоспособности системы электроснабжения на щитке приборов трактора установлены следующие элементы:

1) указатель напряжения с диапазоном шкалы 10–16 В предназначен для контроля состояния заряженности аккумуляторной батареи *GB1* и работоспособности генератора *G1*;

2) контрольная лампа (светодиод красного цвета), установленная в корпусе указателя напряжения и связанная с клеммой «К» преобразователя, загорается при снижении тока зарядки в цепи «*+Б2*» преобразователя до 0,5 А и ниже.

Алгоритм работы контрольной лампы следующий:

1. До запуска, при работе приборов, контрольная лампа светится – это свидетельствует о целостности цепи контроля «К» и готовности преобразователя к работе (в цепи «*+Б2*» ток не проходит).

2. После запуска дизеля в цепи «*+Б2*» начинает протекать зарядный ток, и контрольная лампа гаснет, что подтверждает зарядку АКБ *GB2*.

2.2.6. Возможные неисправности в системе электроснабжения

1. Нет напряжения в бортовой электросети после включения выключателя массы *QS1*.

Проверьте:

– исправность предохранителя F3 (рис. 5.25);

– контакты в местах подключения проводов к полюсным выводам АКБ;

– исправность цепи от АКБ до предохранителя *F3*.

2. Нет зарядки АКБ после запуска дизеля.

Проверьте:

– состояние привода ремня (ремней) привода генератора и натяжение ремня (ремней); если необходимо, отрегулируйте;

– исправность предохранителя *F1*;

– указателем напряжения величину регулируемого напряжения генератора (рис. 5.27), которое должно быть в пределах 14,2–15,2 В;

– надежность контактов в цепи от генератора до указателя напряжения. Проверку следует проводить при номинальной частоте вращения коленчатого вала дизеля и включенных рабочих фарах (передних и задних).

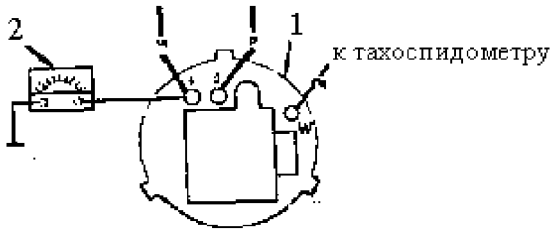


Рис. 5.27. Схема проверки величины регулируемого напряжения:
1 – генератор G1; *2* – указатель напряжения

3. АКБ (GB1 и GB2) систематически недозаряжаются.

Проверьте:

– техническое состояние АКБ;

– надежность контактов в местах подсоединения проводов от генератора до АКБ, исключив возможное повышение сопротивления из-за ослабления их крепления или окисления.

Несоответствие напряжение генераторной установки оптимальным значениям обусловлено неисправностью АКБ, падением напряжения в цепи «генератор – сеть – АКБ» и нарушением параметров ИРН.

4. Напряжение генератора недопустимо увеличивается с ростом частоты вращения ротора, включенные лампы накаливания перегорают. Такая неисправность возможна при постоянно открытых выходных транзисторах: *VT* (рис. 5.14), составном *VT4–VT5* (рис. 5.16) или *VT2–VT3* (рис. 5.16). Постоянное открытие этих транзисторов может быть обусловлено обрывом цепи катушки *K1* (рис. 5.14) или делителя и стабилитрона (рис. 5.15 и 5.16).

5. Напряжение генератора равно нулю или не превышает 5 В при номинальной частоте вращения коленчатого вала. Основные причины: разрыв цепи обмотки возбуждения, короткое замыкание *p-n* перехода стабилитрона.

Разрыв цепи обмотки возбуждения может быть обусловлен пробоем выходных транзисторов, ослаблением и окислением разъемных соединений, износом и зависанием щеток (в автотракторных щеточных генераторах).

Короткое замыкание *p-n* перехода стабилитрона происходит под действием недопустимой силы тока в его цепи из-за скачкообразного увеличения напряжения в электрической сети. Последнее возможно при выключении «массы» аккумуляторной батареи или ином разрыве цепи нагрузки генератора во время работы двигателя. Повышенное напряжение и пробой стабилитрона возможны также при включении в бортовую сеть внешнего зарядного устройства с целью подзарядки неотключенной батареи.

Кротокозамкнутый стабилитрон имеет малое сопротивление в обоих направлениях. Он вызывает малое постоянное открытие транзистора *VT1* (рис. 5.16), запирание транзисторов *VT2*, *VT3* и отсутствие тока в обмотке возбуждения генератора.

Причиной невозбуждения старых установок, работающих с контктно-транзисторными реле-регуляторами РР385-Б, может быть срабатывание реле защиты при замыкании клеммы *Ш* (рис. 5.14) или иного участка цепи до катушки *К2* на «массу».

При исправной цепи возбуждения катушка *К2* постоянно питается током от выпрямителя *UZ* через последовательно соединенную с ней обмотку возбуждения генератора. Сила тока в этой цепи недостаточна для намагничивания сердечника и замыкания контактов *К2* реле защиты.

Замыкание на «массу» обмотки возбуждения или соединительных проводов вызывает включение катушки *К2* под полное напряжение бортовой сети, увеличение силы тока и замыкание контактов *К2*. База *Б* транзистора *VT* через замкнутые контакты *К2* соединяется с клеммой «плюс» источника тока, и транзистор запирается. Он остается запертым до тех пор, пока замыкание на «массу» не будет устранено.

Если замыкание на «массу» прерывается с большой частотой, то реле защиты срабатывать не успевает и транзистор выходит из строя – пробивается током недопустимой силы при разомкнутых контактах *К2*.

6. На тракторах «Беларус» и других заводов-изготовителей с системами электроснабжения 12 и 24 В и преобразователем напряжения (рис. 5.25) не заряжается дополнительная АКБ GB2.

Проверьте:

– исправность минусовой цепи преобразователя напряжения *UZ1*, который должен иметь надежную «массу»;

– исправность и надежность крепления предохранителя на корпусе преобразователя напряжения ПН-191-375901; при перегоревшем предохранителе (20 А) загорается контрольная лампа вольтметра в комбинации приборов *P2*;

– крепление проводов к клеммам.

Наиболее полную и правильную информацию о работоспособности генераторной установки может дать вольтметр с пределами измерений до 20–40 В (для установок с номинальным напряжением 14 и 28 В). При полностью включенных фарах и средней частоте вращения коленчатого вала двигателя напряжение генератора между выводом «+» и «массой» должно быть в пределах 13–15 В (26–30 В при номинальном напряжении 28 В). Низкое напряжение может быть вызвано отказом как генератора, так и ИРН, высокое – отказом ИРН или повышенным падением напряжения в цепи регулятора. Причиной низкого напряжения может быть слабое натяжение приводного ремня.

2.2.7. Техническое обслуживание

Современные генераторные установки требуют минимального обслуживания при строгом соблюдении правил эксплуатации, связанных с наличием в них полупроводниковых компонентов:

1. Не допускается отключение или отсоединение АКБ при работающем двигателе. В противном случае это приведет к появлению пикового напряжения и повреждению полупроводниковых приборов (диодов, транзисторов, стабилитронов).

2. Не допускается отсоединение электропроводов при работающем двигателе и включенных переключателях.

3. Не допускается подсоединение к бортовой сети тракторов и автомобилей источников электроэнергии обратной полярности («плюс» на «массе»). Что возможно при попытке запуска двигателя от бустерной АКБ.

4. Не допускаются любые проверки в схеме генераторной установки с подключенным источником повышенного напряжения.

5. При проведении на тракторе и автомобиле сварочных работ клемма «масса» сварочного аппарата должна быть соединена со свариваемой деталью. Провода, ведущие к генератору, регулятору напряжения и электронным блокам (если установлены) следует отключить. Электронные блоки следует демонтировать с машины.

При ЕТО следует проверять, обеспечивает ли генераторная установка заряд АКБ при работающем двигателе. При нормальной работе вольтметр

должен показывать напряжение 13–15 В (стрелка прибора находится в зеленой зоне), лампа контроля заряда АКБ должна погаснуть.

При ТО-1 следует проверять натяжение приводного ремня генератора. Прогиб нормально натянутого ремня при нажатии на середину ветви тестером должен составлять при усилии 40 Н у автомобилей МАЗ, КамАЗ – 15–22 мм, ГАЗ-33021 – 8–10 мм, ВАЗ – 10–15 мм, у тракторов «Беларус» серий 500, 800, 900 – 15–22 мм, серий 1000, 1200, 1500, 2000 – 13–18 мм. Слабо натянутый ремень проскальзывает при передаче момента от двигателя к генератору и происходит чрезмерный износ ремня и шкивов привода. В результате нарушается работа всей системы электроснабжения из-за снижения напряжения генератора. Чрезмерное натяжение ремня сокращает срок службы шарикоподшипников генератора и самого ремня.

При ТО-2 необходимо очистить генератор от пыли и грязи, проверить и подтянуть крепление проводов на клеммах, крепление самого генератора и подтянуть стяжные болты.

Через одно ТО-2 проверяют высоту щеток щеточных генераторов, состояние контактных колец и подшипников.

При сезонном техническом обслуживании (СТО) у генераторов, имеющих переключатель посезонной регулировки напряжения (ППР), производят перевод ППР в летнее и в зимнее положение «З» осенью. Такой переключатель имеется в генераторах Г-273В (МАЗ, КамАЗ), Г9635.3701-1, Г9695.3701-1 (тракторы «Беларус»).

Глава 3. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

3.1. Общие сведения

Система электрического пуска включает в себя одну или две аккумуляторные батареи, электрифицированные средства подготовки к пуску, стартер, коммутационную аппаратуру и электрическую сеть. Поскольку основным пусковым устройством является электростартер, систему пуска называют **системой электростартерного пуска**. Электростартер надежен в работе,

обеспечивает дистанционное управление и позволяет автоматизировать процесс пуска двигателей с помощью электротехнических устройств.

Основным требованием, предъявляемым к системе электростартерного пуска, является преодоление пускового момента сопротивления M_n и обеспечение вращения коленчатого вала двигателя с угловой скоростью ω_n, достаточной для образования и воспламенения рабочей смеси в цилиндрах. Для этой цели хорошо подходит электродвигатель стартера, который преобразует постоянный ток мощностью IU во вращательное движение $M_я\omega_я > M_п\omega_п$.

Пуск без подготовки двигателя наиболее удобен и прост, но требует применения высококачественного топлива и масла, вызывает их перерасход, повышает токсичность отработавших газов и уменьшает долговечность двигателя.

Полная подготовка двигателя к пуску заключается в прогреве всех его механизмов, систем и подаче масла под давлением в неподвижные сопряжения деталей. Однако при этом необходимо применять аккумуляторные батареи с чрезмерно большим зарядом (емкостью). Поэтому на большинстве тракторов и автомобилей двигатель пускают без подготовки или после частичной подготовки за счет других источников энергии (раздел 2, глава 7).

При хранении машин в закрытом помещении (гараже) применяют коллекторные средства подготовки двигателей к пуску (циркуляционные и электрические подогреватели охлаждающей жидкости и масла).

Источником энергии в системах электрического пуска является стартерная свинцовая АКБ – химический источник тока; поэтому в электростартерах используют *электродвигатели постоянного тока*. Характеристики стартерного электропривода с электродвигателями постоянного тока последовательного или смешанного возбуждения хорошо согласуются со сложным характером нагрузки, создаваемой при пуске поршневым двигателем. Схемы систем электростартерного пуска имеют незначительные отличия. В системах управления стартером предусмотрены: *электромагнитные тяговые реле, дополнительные и реле блокировки*, обеспечивающие дистанционное включение, автоматическое отключение стартера от АКБ после пуска двигателя и предотвращения повторного включения стартера при работающем двигателе.

3.2. Схема включения стартера

Стартерный электродвигатель *12* (рис. 5.28) получает питание от аккумуляторной батареи *GB* через замкнутые контакты *2* тягового реле электромагнитного типа при включенном выключателе *S* приборов и стартера. При

замыкании контактов дополнительного реле и реле блокировки (на схеме не показаны) втягивающая *3* и удерживающая *4* обмотки тягового реле подключаются к АКБ (*GB*). Якорь *5* тягового реле притягивается к сердечнику электромагнита и с помощью штока *6* и рычага *7* механизма привода вводит шестерню *10* в зацепление с зубчатым венцом *11* маховика двигателя. В конце хода якоря *5* контактная пластина *2* замыкает силовые контактные болты *1* и стартерный электродвигатель *12*, получая питание от АКБ, приводит во вращение коленчатый вал двигателя.

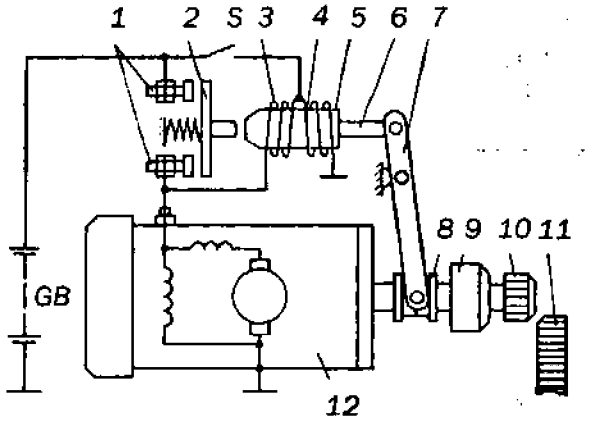


Рис. 5.28. Схема включения стартера: *1* – контактный болт; *2* – подвижный контактный диск; *3*, *4* – соответственно втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле; *5* – якорь тягового реле; *6* – шток; *7* –рычаг привода; *8* – поводковая муфта; *9* – муфта свободного хода; *10* – шестерня привода; *11* – зубчатый венец маховика; *12* –стартерный электродвигатель; *S* – выключатель; *GB* – аккумуляторная батарея

После пуска двигателя муфта свободного хода *9* предотвращает передачу вращающего момента от маховика к валу якоря электродвигателя. Шестерня привода остается в зацеплении с венцом маховика до тех пор, пока замкнуты контактные болты *1*. При размыкании выключателя *S* втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле подсоединяются к АКБ последовательно через контактные болты. Так как число витков у обоих обмоток одинаково и по ним при последовательном соединении проходит один и тот же ток, обмотки при разомкнутом выключателе *S* создают два равных, но противоположно направленных магнитных потока. Сердечник электромагнита размагничивается, возвратная пружина перемещает якорь *5* реле в исходное нерабочее положение и выводит шестерню из зацепления с зубчатым венцом маховика. При этом размыкаются и силовые контактные болты *1*.

Недостатком систем электростартерного пуска с дистанционным управлением является большое количество элементов и необходимость применения сложных конструкций стартеров. Однако их использование

позволяет уменьшить длину силовых электроцепей стартерного электродвигателя и тягового реле, уменьшить продолжительность пуска, расход энергии на пуск и тем самым увеличить срок службы аккумуляторной батареи и стартера.

По способу управления различаются стартеры *с непосредственным и дистанционным управлением, механическим и электромагнитным включением.*

В современных системах электростартерного пуска с дистанционным управлением и электромагнитным включением применяют следующую номенклатуру электромагнитных реле: тяговое, дополнительное, стартера, блокировки, переключения АКБ и соединения их с «массой».

В системах электростартерного пуска энергия АКБ расходуется на питание на следующих потребителей:

1) управление предпусковым подогревателем охлаждающей жидкости (двигатели ЗМЗ-53-11, ЗИЛ-508.10, ЯМЗ-240БМ, КамАЗ-740);

2) управление стартером;

3) питание электроспирального подогревателя всасываемого воздуха и стартера при пуске (двигатель Д-21-А1);

4) питание электофакельного подогревателя всасываемого воздуха и стартера (двигатели Д-243, Д-245 и их модификации, ЯМЗ-238БЕ2, ЯМЗ-238ДЕ, КамАЗ-740);

5) питание штифтовых свечей накаливания предпускового подогрева всасываемого воздуха и стартера при пуске (дизели Д-245 S2, S3A, Д-260.1 S2, S3A и их модификации; дизели DEUTZ тракторов «Беларус-2822ДЦ», «Беларус-3022ДЦ»);

6) питание электропривода насоса предпусковой прокачки масла (двигатель ЯМЗ-240БМ).

3.3. Система электростартерного пуска

Электростартерный пуск по схеме «стартер – пусковой двигатель – двигатель силового агрегата» находит применение на многих колесных и гусеничных тракторах («Беларус-80.1Л, -82.1Л», ДТ-75МВ, Т-150, Т-150К, ДТ-175С, Т-4А, Т-130М). В этих системах предпусковую подготовку и пуск дизеля силового агрегата обеспечивает пусковой двигатель (раздел 2, глава 7), запуск которого осуществляется без подготовки электростартерной системой пуска малой мощности.

3.4. Система электростартерного запуска пускового двигателя П-10УД

Схема системы пуска включает в себя аккумуляторную батарею *GB* (рис. 5.29, *а*) емкостью 55–66 А·ч, выключатель «массы» *S1*, стартер *M* (СТ362) и выключатель *S2*, расположенный на щитке приборов.

Электродвигатель *M* стартера состоит из неподвижного статора *16* (рис. 5.29, *б*) с четырьмя катушками *15* обмотки возбуждения, вращающегося якоря *17* с обмоткой и коллектором *11*, неподвижного щеткодержателя с четырьмя торцовыми щетками *12* и *14*. Вал якоря *22* вращается в двух бронзографитовых втулках, запрессованных в крышках *13* и *21*.

Силовую электрическую цепь стартера образуют контактные болты *9* и *10*, замыкаемые диском *8*, обмотка возбуждения, разделенная на две ветви по две последовательно соединенные катушки *15*, две изолированные щетки *12*, обмотки якоря *17* и щетки *14*, соединенные с «массой».

Все элементы цепи изготовлены из меди, кроме щеток *12* и *14* (они медно-графитовые). Эта цепь обеспечивает преобразование постоянного тока мощностью *IU* во вращательное движение якоря мощностью $M_я\omega_я \le 0{,}5$ кВт.

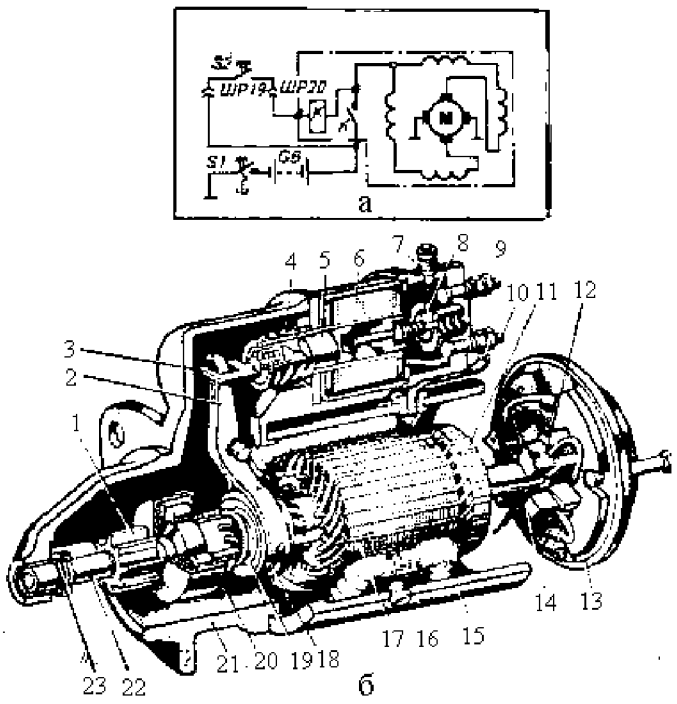


Рис. 5.29. Схема электрическая принципиальная электростартерного пуска (а) и стартер СТ362 (б): *1* – ведущее зубчатое колесо; *2* – двуплечий рычаг; *3* – серьга; *4, 19* – пружины; *5* – сердечник; *6* – катушка тягового реле; *7, 9, 10* – болты; *8* – контактный диск; *11* – коллектор; *12, 14* – щетки; *13, 21* – крышки; *15* – катушка обмотки возбуждения; *16* – статор; *17* – якорь; *18, 20* – муфты; *22* – вал якоря; *23* – упорное кольцо

Механизм привода, предназначенный для односторонней передачи вращательного движения от якоря к коленчатому валу дизеля, состоит из ведущего зубчатого колеса *1*, соединенного с валом якоря *22* через роликовую муфту *20* свободного хода, двуплечего рычага-вилки *2* и муфты *18* с буферной пружиной *19*.

Тяговое реле предназначено для включения механизма привода и силовой цепи. Он представляет собой электромагнит с одной катушкой *6*, сердечником *5*, центральным магнитным упором и периферийным магнитопроводом.

Выключатель *S2* управляет тяговым реле, замыкая цепь его катушки *K*: «+» аккумуляторной батареи *GB* – ШР19 – выключатель *S2* – ШР20 – изолированный болт *7* – катушка *6* (*K*) – зажим (контактный болт) *10* – катушка обмотки возбуждения *15* – щетки *12* – коллектор *11* – обмотка якоря *17* – коллектор *11* – щетки *14* – клемма «масса» – выключатель *S1* – «–» батареи *GB*.

Под действием магнитного поля катушки *6*, замыкаемого через сердечник *5*, магнитопровод, магнитный упор и зазор, сердечник *5* втягивается, сжимает возвратную пружину *4*, через серьгу *3* поворачивает рычаг *2*, включая механизм привода, а затем через шток перемещает контактный диск *8*, замыкая силовую цепь.

Стартеры *с электромеханическим перемещением* ведущего зубчатого колеса *1* с помощью тягового реле, рычага *2* и муфты *18* получили наибольшее распространение. Это же справедливо и для роликовой муфты *20* свободного хода, предотвращающей разнос якоря стартера после пуска двигателя. Роликовые муфты бесшумны в работе, технологичны и способны передавать большие крутящие моменты. Они малочувствительны к загрязнениям и не требуют регулировок при эксплуатации.

Храповая муфта свободного хода находит применение в приводных механизмах, передающих большой вращательный момент при сравнительно небольших габаритных размерах.

При включении стартерного электродвигателя наружная ведущая обойма *2* (рис. 5.30) муфты свободного хода вместе с якорем поворачивается относительно еще неподвижной обоймы *1*, выполненной как одно целое приводной шестерней. Ролики *11* под действием прижимных пружин *9* с толкателями *10* и сил трения между обоймами и роликами перемещаются в узкую часть клиноводного пространства и муфта заклинивает. Вращение от вала якоря передается ведущей обойме *2* через шлицевое соединение. После запуска двигателя частота вращения ведомой обоймы с шестерней *1* превышает частоту вращения

ведущей обоймы *2*, ролики *11* переходят в широкую часть клиноводного пространства между обоймами. Муфта расклинивается, и вращение от венца маховика не передается якорю стартера.

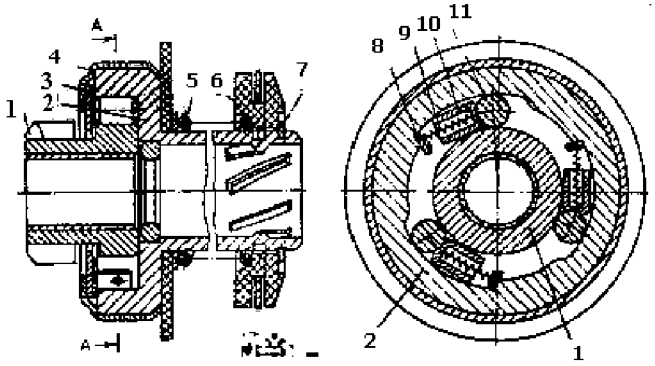


Рис. 5.30. Приводной механизм с роликовой муфтой свободного хода: *1* – ведомая обойма с шестерней привода; *2* – наружная ведущая обойма; *3* – держатель пружин; *4* – кожух муфты; *5* – буферная пружина; *6* – поводковая муфта; *7* – стопорное кольцо; *8* – держатель пружины; *9* – пружина; *10* – толкатель; *11* – ролик

3.5. Система электростартерного пуска двигателя ЗМЗ-53-11 с пусковым зажиганием

Система пуска (рис. 5.31) состоит из аккумуляторной батареи *GB* (6СТ-75А), стартера СТ230-А, дополнительного реле РС507-Б и выключателя (замка) зажигания ВК330. Дополнительное реле РС507-Б предназначено для дистанционного управления тяговым реле стартера СТ230-А и резистором СЭ107 катушки зажигания Б114 с целью разгрузки контактов выключателя ВК330.

При повороте ключа зажигания в нефиксируемое положение *II* контакты *АМ*, *КЗ* и *СТ* замыкаются, включая систему зажигания и цепь управления стартером: «+» батареи *GB* – указатель тока *РА* – контакты *АМ* и *СТ* – клемма *К* – катушка *К1* – клемма *К* – клемма «масса» – «–» батареи *GB*. Под действием магнитного потока катушки *К1* сердечник притягивает якорек, контакты которого последовательно соединяют клемму *Б* с клеммами *С* и *КЗ* дополнительного реле.

При замыкании клемм *Б* и *С* выключается цепь тягового реле: «+» батареи *GB* – указатель тока *РА* – клеммы *Б* и *С* – клемма тягового реле – удерживающая катушка *К2.1* – клемма «масса» и втягивающая катушка *К2.2* – контактный болт тягового реле – силовая цепь электродвигателя *М* стартера (катушки обмотки возбуждения, щетки – обмотки якоря – щетки – «масса») – «–» батареи *GB*.

Постоянный ток в обмотке возбуждения и якоря преобразуется во взаимодействующие магнитные поля и вращательное движение якоря мощностью $M_я\omega_я \leq 1$ кВт (рис. 5.32). Сила тока I якоря пропорциональна напряжению $U_а$ аккумуляторной батареи и обратно пропорциональна ее внутреннему сопротивлению $r_а$ и сопротивлению $R_{ст}$ силовой цепи стартера.

При полном торможении якоря коленчатым валом двигателя его угловая скорость $\omega_я = 0$, а сила потребляемого тока $I_{к.з.}R_э$, в электродвигателе стартера и крутящий момент $M_я$ якоря максимальные.

На холостом ходу, когда зубчатое колесо механизма привода выведено из зацепления с зубчатым венцом маховика, крутящий момент $M_я = 0$. Обратная ЭДС $E_я$, индуцируемая в обмотках якоря (как в генераторе постоянного тока), максимальная, противоположная действующему со стороны батареи напряжению $U_э$ на электродвигателе и обуславливает минимальную силу потребляемого тока $I_х$. При этом угловая скорость $\omega_я$ максимальная и у стартеров с последовательным соединением катушек обмотки возбуждения может быть недопустимо большой (до 800 рад/с).

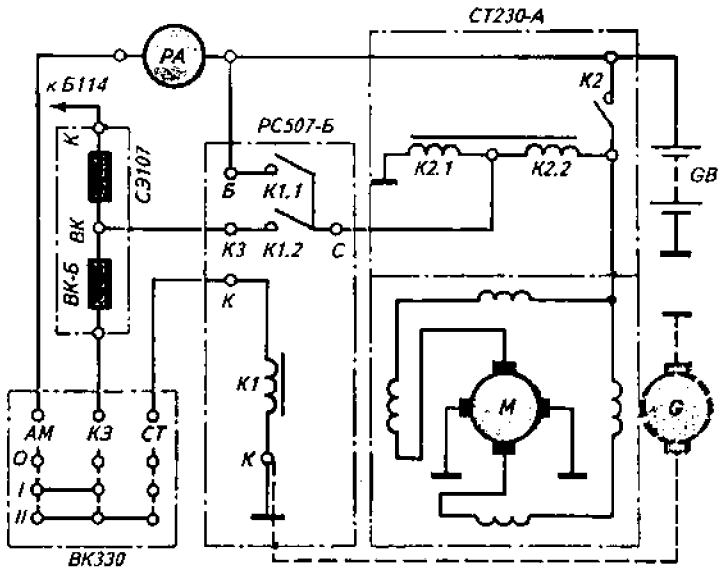


Рис. 5.31. Схема электрическая принципиальная системы пуска двигателя ЗМЗ-53-11

При максимальной мощности $M_я\omega_я$ сила тока, потребляемого стартером, примерно равна половине силы тока короткого замыкания $I_{к.з.}$, соответствующего режиму полного торможения. На расчетном режиме, соответствующем наиболее тяжелым условиям пуска, силу тока принимают равной 0,67 $I_{к.з.}$. При этом мощность стартера меньше максимальной только на 12 %, а крутящий момент $M_я$ больше примерно на 60 %.

Передаточное число между коленчатым валом двигателя и якорем выбирают из интервала 8–10 для дизелей и 13–16 для двигателей с искровым зажиганием.

Автоматическое выключение стартера после пуска и невозможность его включения при работе генератора обеспечиваются включением катушки *К1* (рис. 5.31) дополнительного реле по двум основным схемам.

Схема 1. Встречное включение аккумуляторной батареи *GB* и генератора постоянного тока *G* (показано штриховой линией) через катушку *К1* обеспечивает ее питание под разностью напряжений $U_а$ и $U_г$. При пуске, когда напряжение генератора $U_г = 0$, катушка *К1* оказывается под полным напряжением аккумуляторной батареи $U_а$ и обеспечивает замыкание контактов *К1.1*, включающих цепь катушек *К2.1* и *К2.2* тягового реле. При напряжении генератора $U_г > 6$ В сила тока в катушке недостаточна и пружина дополнительного реле размыкает контакты *К1.1*, выключая цепь удерживающей катушки *К2.1*.

Соединенные клеммы «+» бортовой сети и клеммы *Д* (рис. 5.16, *а*) генератора 13.3701, 15.3701 или 46.3701 с катушкой дополнительного реле РС502 тоже обеспечивает встречное включение и питание его катушки разностью напряжений через открытый составной транзистор *VT2–VT3* регулятора напряжения.

Схема 2. Катушка дополнительного реле включается через нормально замкнутые контакты реле блокировки *РБ1* (машины ЗАЗ-968, Т-25А, МТЗ-80) или 111.3747 (трактор МТЗ-100), размыкаемые при работе генератора.

Примечание. Упомянутые выше реле блокировки *РБ1* и 111.3747 применялись в тракторах «Беларус МТЗ-80, -82» и МТЗ-100, -102 прежних выпусков.

Схемы электростартерного пуска дизелей современных тракторов «Беларус», имеющих новые обозначения моделей и новые обозначения комплектующих изделий электрических схем, рассмотрены ниже.

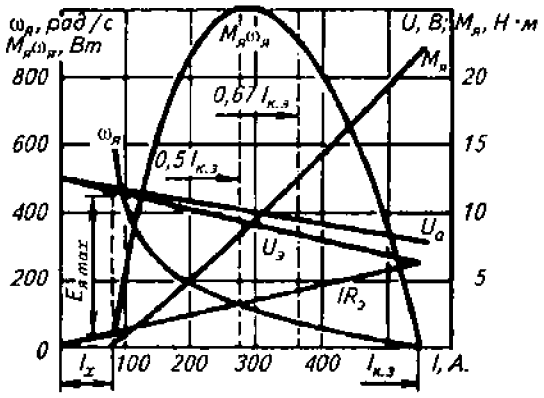


Рис. 5.31. Рабочие характеристики электродвигателя стартера СТ130 (АКБ 6СТ-90ЭМ; $t_{окр}$ = +20 °С): $I_х$ – сила тока при холостом ходе; $I_{к.з.}$ – сила тока при полном торможении якоря; $U_а$ – напряжение аккумуляторной баптареи; $U_э$ – напряжение на электродвигателе; $IR_э$ – падение напряжения в электродвигателе; $E_я$ – ЭДС якоря; $ω_я$ – угловая скорость якоря; $M_я$ – крутящий момент якоря; $M_я ω_я$ – мощность стартера

3.6. Система электростартерного пуска дизеля Д-245 трактора «Беларус МТЗ-100»

Принципиальная электрическая схема пуска дизеля со стартером 24.3708 и электрофакельным подогревателем ЭПФ-8101500 тракторов «Беларус МТЗ-100, -102» прежних выпусков приведена на рис. 5.33.

Электрофакельный подогреватель средств облегчения пуска дизеля обеспечивает подогрев всасываемого в цилиндры воздуха за счет теплоты сгорающего дизельного топлива, подаваемого самотеком из автономного топливного бачка через электромагнитный клапан *YA* на раскаленную спираль *EK*.

При положении *1* выключателя приборов и стартера *S4* (ВК316-Б) ток предварительного нагрева спирали *EK* идет по цепи: «+» аккумуляторной батареи *GB* – клемма *Б* дополнительного реле *K2* (РС502) – клемма «+» выключателя *S4* – клемма *С* – спираль контрольного элемента ПД50-В – добавочный резистор СЭ50-В – спираль *EK* – «масса» – выключатель *S2* (ВК 318-Б) «массы» – «–» батареи *GB*.

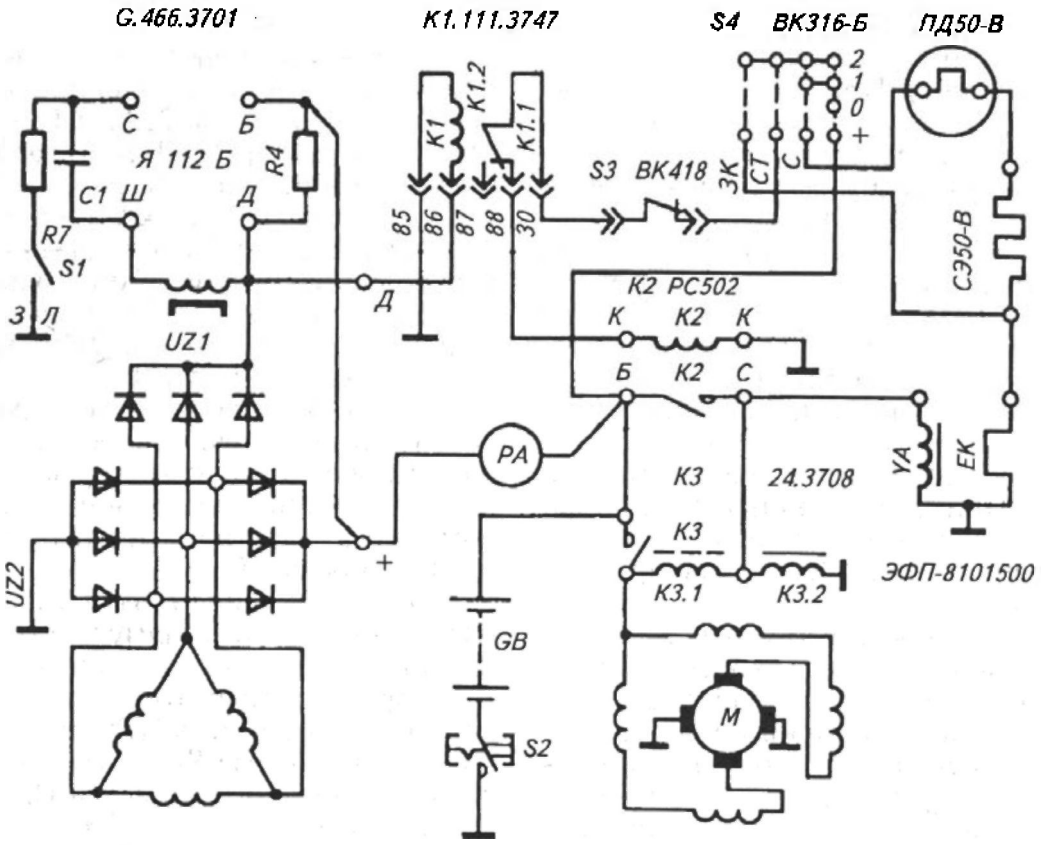


Рис. 5.33. Принципиальная электрическая схема системы пуска дизеля Д-245

После нагрева спирали контрольного элемента до малинового цвета ключ выключателя *S4* поворачивают в положение *2*. При этом все клеммы («+», *С*, *СТ*, *3К*) выключателя *S4* соединяются через его контакты.

Если рычаг переключения диапазонов коробки передач установлен в нейтральное положение, то контакты выключателя *S3* пуска замкнуты и через них проходит ток в катушку *К2* дополнительного реле *К2* по цепи: «+» батареи *GB* – клемма *Б* реле *К2* – клемма «+» выключателя *S4* – контакты и клемма *СТ* выключателя *S4* – контакты *S3* (ВК418) – ШР30 реле *К1* блокировки (111.3747) – контакты *К1.1* – ШР88 – катушка *К2* дополнительного реле *К2* (РС502) – «масса» – выключатель *S2* «массы» – «–» батареи *GB*. Под действием магнитного поля катушки *К2* якорек притягивается, контакты *К2* дополнительного реле РС502 замыкаются и включают тяговое реле *К3* стартера и электромагнит *YA* клапана подогревателя. Тяговое реле *К3* срабатывает, включает механизм привода и силовую цепь стартера: «+» батареи *GB* – контакты *К3* – обмотка возбуждения – изолированные щетки – обмотка якоря – неизолированные щетки – «масса» – выключатель *S2* – «–» – батареи *GB*. Одновременно с выключателем стартера выключатель *S4* соединяет клемму *К3* с клеммой «+» и выключает из цепи спирали *ЕК* контрольный элемент ПД50-В и добавочный резистор СЭ50-В, шунтируя их. Это компенсирует охлаждение спирали *ЕК* вытекающим дизельным топливом и всасываемым воздухом и повышает надежность воспламенения топливно-воздушной смеси во впускном трубопроводе.

После первых вспышек топлива в цилиндрах дизеля частота вращения коленчатого вала быстро увеличивается, генератор *G* (466.3701) системы энергоснабжения начинает работать и питать цепь реле *К1* блокировки: «+» однополупериодного выпрямителя *UZ1* – клемма *Д* генератора *G* – ШР86 – катушка *К1* – ШР85 – «масса» – выпрямитель *UZ2* – обмотка статора – «–» выпрямителя *UZ1*. Под действием магнитного поля катушки *К1* якорек реле *К1* блокировки притягивается, контакты *К1.1* размыкаются, выключая цепь катушки *К2* дополнительного реле и не позволяя включить его и стартер при работе двигателя.

В системе электрического пуска напряжением 24 В при номинальном напряжении бортовой сети 12 В применяют стартер 24 В и две аккумуляторные батареи типа 6СТ-85 или 6СТ-90, соединяемые переключателем 8632.2 последовательно при пуске и параллельно при работе дизеля Д-245.

Аналогичная схема применена на тракторе К-701 и комбайне СК-5А.

В современных тракторах «Беларус» переключатели аккумуляторных батарей с последовательного соединения при пуске (24 В) на параллельное

(12 В) при работающем дизеле не находят применения в силу недостатков, присущих коммутаторам силовых цепей (подгорание и залипание контактов, быстрый износ и частые отказы в работе).

Как отмечено выше (см. 2.2.5 «Схема энергоснабжения современных тракторов «Беларус»), широко применяется схема, в которой АКБ постоянно соединены последовательно, обеспечивая напряжение пуска 24 В, а напряжение бортовой сети 12 В обеспечивает генератор.

Зарядка АКБ напряжением 24 В обеспечивается электронным преобразователем напряжения *UZ1* (191. 3759-01) (рис. 5.26).

3.7. Система электростартерного пуска дизеля ЯМЗ-240Б автосамосвалов БелАЗ

Система обеспечивает наиболее полную предпусковую подготовку и надежный пуск при температуре окружающего воздуха минус 35 °С и ниже. Ее работа включает в себя следующие основные процессы:

1. *Включение выключателя* «массы» *К1* (рис. 5.34) обеспечивает прохождение тока по цепи: «+» батареи *GB1* – указатель тока *PA* – предохранитель *F2 – ШР30* – контакты *К6.1 – ШР88* реле *К6* блокировки – выключатель *S1* – катушка *К1* – «–» батареи *GB1*. Сердечник выключателя *К1* втягивается, замыкает контакты *К1* и фиксируется во включенном положении, а контрольная лампа *HL* загорается.

2. *Подогрев топлива* в горелке системы предпускового обогрева дизеля осуществляет спираль *ЕК3*, включаемая в цепь: «+» батареи *GB1*– указатель тока *PA* – предохранители *F1* и *F3* – выключатель *S6* – спираль *ЕК3* – «масса» контакты *К1* – «–» батареи *GB1*.

3. *Воспламенение топлива в горелке* обеспечивает спираль *ЕК1* свечи накаливания, включаемая в цепь: «+» батареи *GB1* – указатель тока *PA* – предохранители *F1* и *F3* – переключатель *S5* (положение *I*) – контрольный элемент *ЕК2* – спираль *ЕК1* – «масса» – контакты *К1* – «–» батареи *GB1*.

4. *Привод нагнетателя* (крыльчаток подачи воздуха в горелку и насоса прокачки жидкости в системе охлаждения) осуществляет электродвигатель *М3*, включенный в цепь: «+» батареи *GB1* – указатель тока *PA* – предохранители *F1* и *F3* – переключатель *S5* (положение *II*) – электродвигатель *М3* – «масса» – контакты *К1* – «–» батареи *GB1*. При этом спираль *ЕК1* выключена, а топливовоздушная смесь нагнетается в пламя горелки до тех пор, пока температура жидкости в системе охлаждения не достигнет 80 °С.

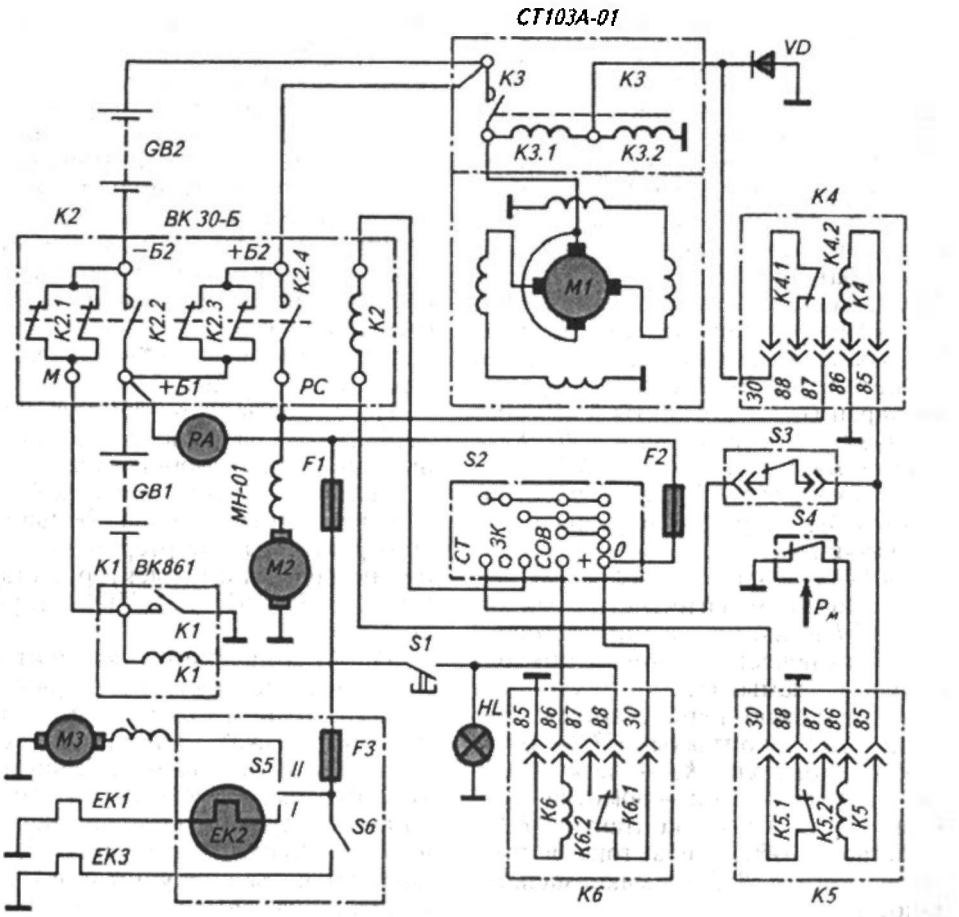


Рис. 5.34. Принципиальная электрическая схема системы пуска дизеля ЯМЗ-240Б

5. *Привод насоса предпусковой прокачки масла* в смазочной системе обеспечивает электродвигатель *М2* (МН-01), включенный в цепь последовательно соединенных через контакты *К2.2* и *К2.4* батарей *GB1* и *GB2*. Предварительное размыкание контактов *К2.1*, *К2.3* и последующее замыкание контактов *К2.4*, *К2.2* осуществляются электромагнитом переключателя *ВК30-Б*, катушка *К2* которого включается в цепь: «+» батареи *GB1* – указатель тока *РА* – предохранитель *F2* – клеммы «+» и *С* выключателя *S2* (положение *II*) – катушка *К2* – *ШР30* – контакты *R5.1* – *ШР88* реле *К5* блокировки – «масса» – контакты *К1* – «–» батареи *GB1*.

6. *Включение дополнительного реле К4* осуществляют поворотом ключа выключателя *S2* из положения *II* в положение *III* при включенной передаче (замкнутых контактах *S3*) и давлении масла в смазочной системе дизеля не менее 0,15 МПа, вызывающем размыкание контактов *S4* датчика. Ток течет по цепи: «+» батареи *GB1* – указатель тока *РА* – предохранитель *F2* – клеммы «+» и *СТ* выключателя *S2* – выключатель *S3* – *ШР85* – катушка *К4* – *ШР86* реле *К4* – «масса» – контакты *К1* – «–» батареи *GB1*.

Под действием магнитного поля катушки *К4* якорек дополнительного реле *К4* замыкает контакты *К4.2*, включая через них цепь тягового реле стартера: «+» батареи *GB1* – контакты *К2.2* – батарея *GB2* – контакты *К2.4* – *ШР87* – контакты *К4.2* – *ШР30* реле *К4* – втягивающая катушка *К3.1* (через электродвигатель *М1* стартера и удерживающая катушка *К3.2* – «масса» – контакты К1 – «–» батареи *GB1*.

Под действием магнитного поля катушек *К3.1* и *К3.2* сердечник тягового реле *К3* включает механизм привода стартера и замыкает контакты *К3*, включая силовую цепь стартера: «+» батареи *GB1* – контакты *К2.2* – батарея *GB2* – контакты *К3* – щетки – обмотка якоря – щетки – обмотка возбуждения – «масса» – контакты *К1* – «–» батареи *GB1*. Сила тока в этой цепи достигает 825 А, максимальная мощность – 9,5 кВт. Реле *К5* замыкаются его контакты *30* и *87* и ток подается к выводам тягового реле стартера *М2* (типа AZF 4617, Словения или 5404.3708-10, БАТЭ, г. Борисов, РБ). Срабатывает тяговое реле, замыкаются его силовые контакты и питание напряжением 24 В подается по цепи: «+» *GB2* – силовой провод *5е* – замкнутые контакты тягового реле стартера *М2* статорные обмотки – «масса» – «–» батареи *GB1*.

После запуска дизеля работает генератор *G1* (Г9695.3701 1, и напряжение 14–15 В подается через провод *4-Р*, колодку *ХТ1* провод *4о-Р* и *4б-Р* на клемму щеточный, Словения) и напряжение 14–15 В подается через провод *4-Р*, колодку *ХТ1*, г. Гродно, РБ или AAN 5594, индукторный, «Радиоволна», *85* катушки реле блокировки стартера *К4*.

Под действием магнитного поля катушки при прохождении тока по цепи: клемма *85* – катушка – клемма *86* – провод *7е – Г* – «масса» – размыкается контакт *88* реле *К4* и обесточивается катушка реле *К5*, которая была запитана через замкнутый контакт *88*. Размыкаются контакты реле *К5*, обесточиваются контакты тягового реле стартера и последний отключается.

3.8.1. Система облегчения пуска дизеля со свечами накаливания предпускового подогрева

В качестве средств облегчения пуска дизелей с турбонаддувом, сертифицированных по Европейским экологическим нормам (*Tier*-2 и *Tier*-3А) используются свечи накаливания *А2* (рис. 5.36) штифтового типа, установленные в головке цилиндров дизеля.

В цепь управления свечами накаливания *А2* включены: *контрольная лампа* ⟲ средств облегчения пуска в блоке контрольных ламп Н*G1* в щитке

приборов, *реле свечей накаливания K1 и блок свечей накаливания KT1*. Электромагнитное реле *K1* – силовое реле, предназначенное для коммутации силовой цепи свечей накаливания. Номинальное напряжение обмотки реле 12 В и имеет полярность. Через контакты реле подключаются свечи на 24 В. Электронный блок свечей накаливания *KT1* – основной компонент схемы, управляющий силовым реле *K1* и контрольной лампой ω в блоке контрольных ламп H*G1*. Блок *KT1* управляет режимом работы свечей, информирует оператора сигналами контрольной лампы, контролирует работоспособность системы и отслеживает аварийные ситуации.

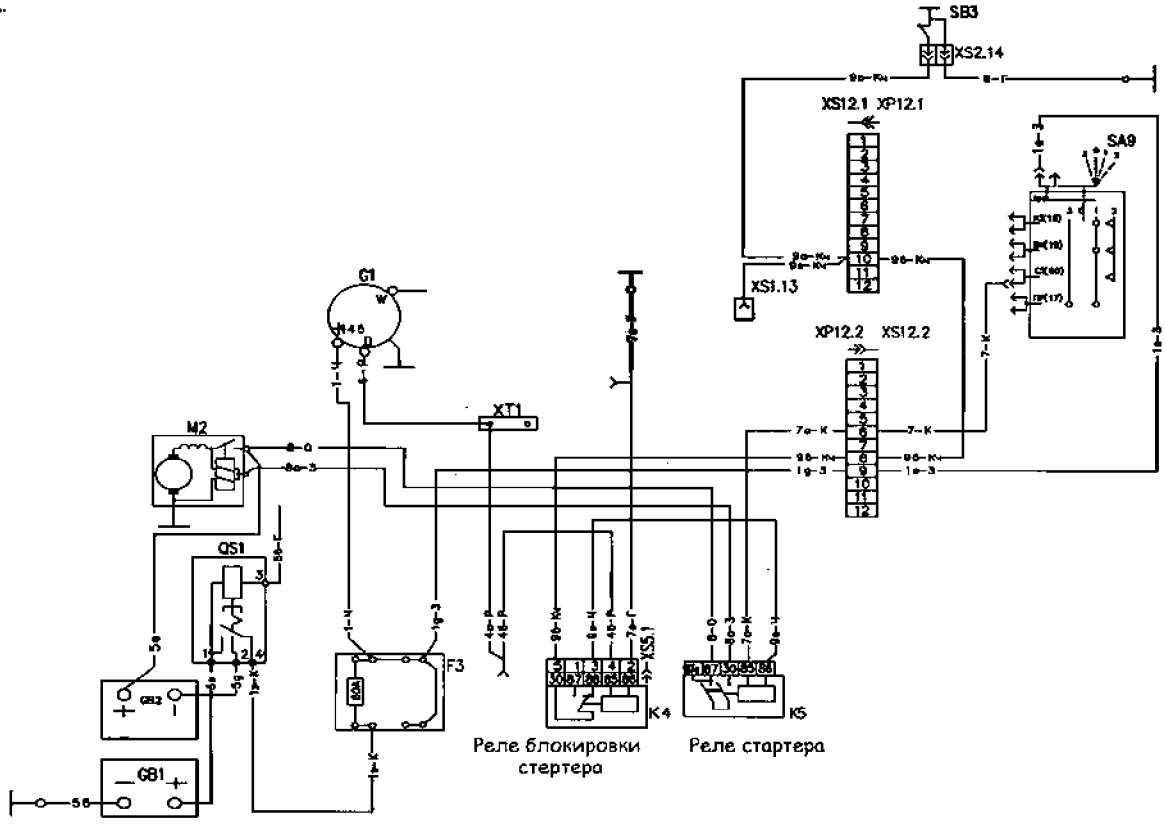


Рис. 5.35. Принципиальная электрическая схема системы пуска 24 В без средств облегчения пуска (тракторы «Беларус-1222, -1523, -2022»): *GB1*, *GB2* – аккумуляторная батарея (12 В; 120 А· ч); *QS1* – размыкатель силовой цепи; *M2* – стартер 24 В; *G1* – генератор; *F3* – блок предохранителей; *K4* – реле блокировки стартера; *K5* – реле стартера; *SB3* – выключатель блокировки запуска; *SA9* – выключатель стартера и приборов; *XP12*, *XS12* – разъем; *XT1* – колодка стартера; *K5* – реле стартера; *SB3* – выключатель блокировки запуска; *SA9* – выключатель стартера и приборов; *XP12*, *XS12* – разъем; *XT1* – колодка

Включение свечей накаливания осуществляется выключателем стартера и приборов *SA9* путем поворота ключа в положение *I*. В этом положении ток напряжением 12 В от батареи *GB1* (на схеме не показана, рис. 5.35) подается по цепи: «+» батареи *GB1* – контакты *1* и *4* размыкателя *QS1* (рис. 5.35) – блок предохранителей *F3* – колодка *XP12.2* и *XS12.2* – вывод *AM* вы-

ключателя *SA9* (рис. 5.36) – вывод *К3* (*15*) – провод *2а* – Ж – колодка *XP12.2* и *XS12.2* – колодка *XT1* – провод *2в – Ж* – вывод *5* блока свечей накаливания *КТ1* и на вывод *85* реле свечей накаливания *К1* – катушка нормально – разомкнутого реле *К1* – вывод *86* – провод *15б – К4* – выходная клемма *2* блока *КТ1* – «масса» (вывод *6*) *КТ1*. Под действием магнитного поля катушки замыкаются контакты *30* и *87* реле *К1* и ток с напряжением 24 В от «+» батареи *GB2* и замкнутые контакты реле *К1* подается по двум проводам с встроенными предохранителями *FU2* и *FU3* (25 А) к двум группам свечей накаливания *А2* по три свечи в каждой группе. В то же время ток напряжением 24 В в подается к выводу *7* («свеча») блока *КТ1* по проводу *15з – Ч*. Идет процесс разогрева свечей и горит контрольная лампа в блоке *HG1*, ток к которой подается с вывода *3* (контроль) блока *КТ1*. По истечении 20 с, когда свечи разогреваются до рабочей температуры, лампа переходит на мигающий режим по алгоритму работы блока *КТ1*, сигнализируя о готовности системы к пуску.

При повороте ключа выключателя *SA9* в положение *II* (*СТ*) включается стартер для пуска дизеля. Загорается контрольная лампа пуска, сигнализируя об исправности системы пуска. После пуска дизеля контрольная лампа должна погаснуть.

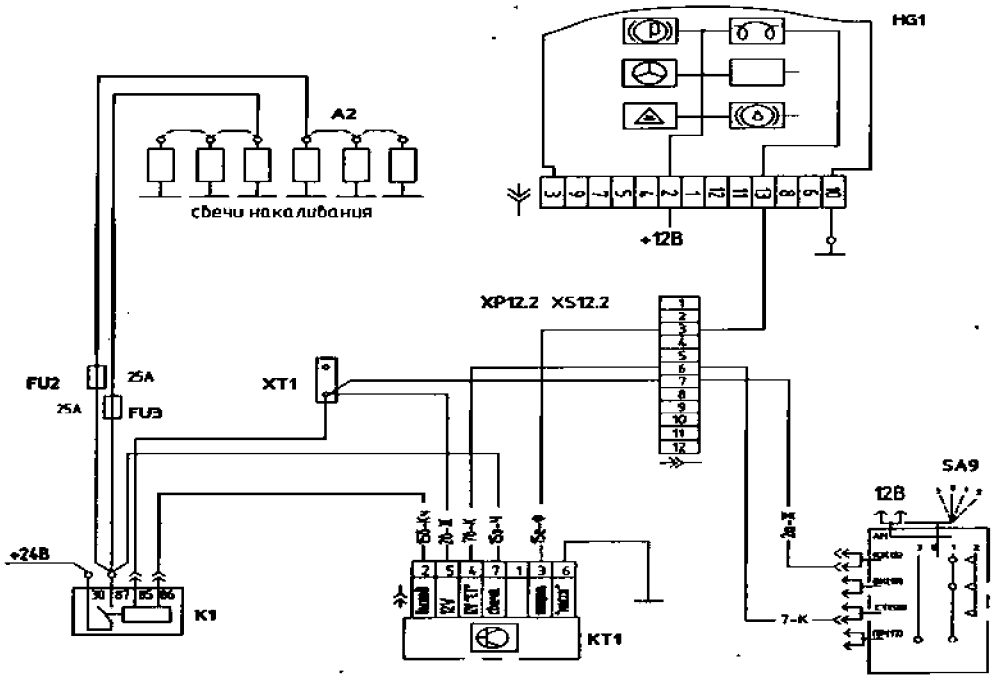


Рис. 5.36. Схема системы облегчения пуска тракторов «Беларус-1222.3, -1523.3, -2022.3»: *А2* – свеча накаливания типа 11 720720 (23 В); *К1* – реле свечей накаливания типа 161.3777; *КТ1* – блок свечей накаливания МУСН; *HG1* – блок контрольных ламп АР 10.3803; *SA9* – выключатель стартера и приборов; *XT1*, *XP12.2* и *XS12.2* – колодки

3.8.1.1. Режимы работы системы предпускового подогрева

Возможны следующие режимы работы системы:

1. Запуск двигателя без включения свечей накаливания. Данный режим запуска рекомендуется при окружающей температуре выше +5 °С.

Достигается путем перевода ключа выключателя стартера и приборов *SA9* из положения *I* (включены приборы) в положение *2* (запуск) менее чем за 2 с.

В этом случае свечи накаливания не включаются (контрольная лампа не загорается).

2. Запуск двигателя с включением свечей накаливания.

Достигается задержкой ключа выключателя стартера и приборов в положении *I* на 2 с, до включения на щитке приборов контрольной лампы средств облегчения запуска, что сигнализирует о включении свечей накаливания.

Дальнейшие действия оператора таковы:

– ожидание в период непрерывного свечения контрольной лампы (фиксированный отрезок времени, в течение которого идет разогрев свечей накаливания);

– при переходе лампы в прерывистый режим с частотой 1 Гц необходимо произвести запуск дизеля (начало времени прерывистой работы лампы сигнализирует о разогреве свечей накаливания, отрезок времени фиксирован);

– при отсутствии запуска в указанный период (прерывистая работа лампы), свечи и контрольная лампа отключаются автоматически;

– при запуске дизеля контрольная лампа выключается, однако свечи накаливания остаются включенными еще 3 мин при работающем двигателе (штатный режим). Суммарное время работы свечи за один цикл – до 240 с.

3.8.2. Система пуска 12 В с предпусковым электрофакельным подогревателем (тракторы «Беларус» серий 800, 900, 1000)

Питание 12 В на стартере *М3* (рис. 5.37), имеющего номинальное напряжение 12 В, обеспечивается от двух *параллельно соединенных* АКБ *GB1* и *GB2* по 12 В каждая. Процесс пуска дизеля и электрические приборы системы пуска аналогичны показанным на схеме системы пуска 24 В (рис. 5.35). Питание на тяговое реле стартера подается после замыкания (включения) *QS4*, *SA11* и установки ключа выключателя *SA6* в положение *II* (*СТ*) с клеммы *87* реле стартера *К7*, а автоматическое отключение стартера после запуска дизеля обеспечивает реле *К6* при поступлении напряжения с клеммы *Д* генератора *G1* на клемму *85* реле *К6* при 650–750 об/мин коленчатого вала дизеля.

Рассмотрим систему предпускового подогрева воздуха, всасываемого в цилиндры дизеля с помощью электрофакельного подогревателя. Она состоит из следующих составных частей: клавишного переключателя *SA13*, расположенного в щитке приборов и используемого при пуске для включения и разогрева спирали ЭФП; электронного блока контроля подогревателя *КТ2* и электромагнитного реле ЭФП (*К11*); контрольной лампы *EL*, работу которой контролирует и определяет блок *КТ1*; добавочного сопротивления *К2*.

Блок *КТ1* предназначен контролировать разогрев спирали ЭФП и с помощью контрольной лампы *EL* сигнализировать оператору о готовности системы ЭФП к пуску дизеля. Реле *К11* с нормально-разомкнутыми контактами работает параллельно с реле *К7* и замыкается при установке выключателя *SA6* в положение *II*, а замкнутые контакты *87* и *30* шунтируют добавочное сопротивление *R2*, включенное последовательно в цепь спирали ЭФП.

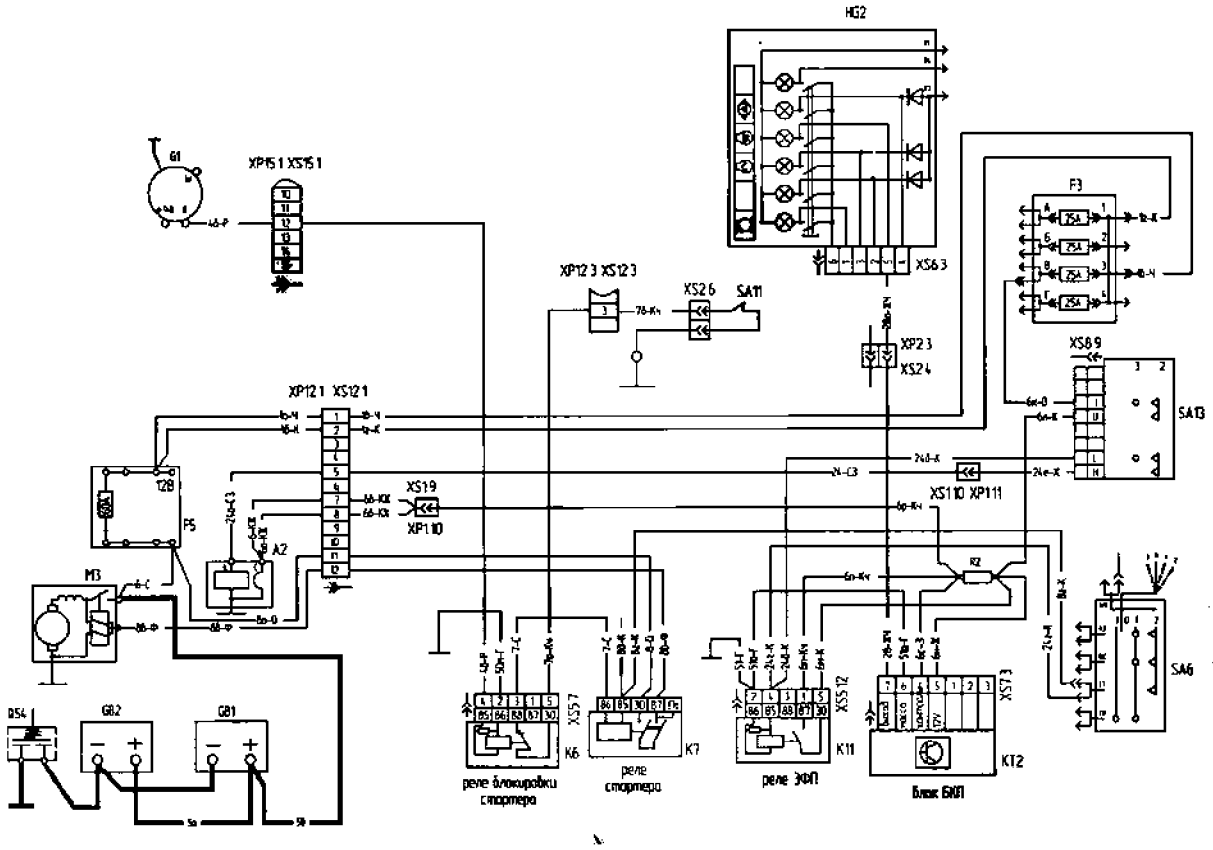


Рис. 5.37. Электрическая схема системы пуска 12 В с предпусковым электрофакельным подогревателем («Беларус» серий 800, 900, 1000): *QS4* – выключатель «массы» (1212.3737-04); *GB1*, *GB2* – АКБ 12 В, 88 А·ч; *M3* – стартер, 12 В (74.3708 или AZT 3385); *A2* – электрофакельный подогреватель ЭФП – 8101500Е11; *G1* – генератор (Г9695.3701-1); *XP12.1*, *XP15.1*, *XS19*, *XP12.3*, *XS2.6*, *XS1.10*, *XP1.11* – колодки; *SA11* – выключатель блокировки пуска (ВК12 – 31); *К6* – реле блокировки стартера (90.3747); *К7* – реле стартера (738.3747 – 30); *К11* – реле электрофакельного подогревателя (90.3747); *КТ2* – блок контроля подогревателя (БКП – 1); *R2* – добавочное сопротивление (СДО.06); *SA6* – выключатель стартера и приборов (1202.3704 – 03); *SA13* – переключатель (П147М); *F3* – блок предохранителей (БП – 6); *F5* – блок предохранителей (БП11); *HG2* – блок контрольных ламп (БКЛ 3803 – 03); *EL* – контрольная лампа готовности ЭФП к пуску

Особенности работы схемы управления ЭФП (*A2*) состоят в следующем:

1. Включение спирали ЭФП осуществляется клавишным выключателем (*SA12*) на щитке приборов. Путь тока в цепи спирали следующий: выводы «+» батарей *GB1* и *GB2* при замкнутых контактах *QS4* – вывод тягового реле стартера *M3* – провод *6 – С* – предохранитель *F5* – колодка *XP12.1* или *XS12.1* – провод *1в – Ч* – предохранитель *F3* (25А) – провод *6к – О* переключатель *SA13* – провод *6л – К* – добавочное сопротивление *R2* – провод *6р – Кч* – колодка *XS1.9* – вывод *С* (спираль) ЭФП (*A2*).

2. Последовательно в цепь спирали ЭФП включено добавочное сопротивление *R2*.

3. Реле ЭФП (*K11*) при замыкании контактов *30* и *87* (когда ключ выключателя – *SA6* находится в положении *II* (*СТ*) шунтирует добавочное сопротивление. Обмотка реле включена в цепь параллельно реле стартера *K7* и работает с ним в одном режиме.

4. Одновременно с разогревом спирали ЭФП загорается контрольная лампа в блоке контрольных ламп *HG2* на щитке приборов (*EL* на рис. 5.37). Питание на лампу подается от клеммы *7* блока *KT1* (провод *28-Жч*). Непрерывное горение лампы свидетельствует о процессе разогрева спирали ЭФП.

5. После перехода работы контрольной лампы из непрерывного в мигающий режим оператор должен производить пуск дизеля, установив ключ *SA6* в положение *II* и продолжая удерживать включенным переключатель *SA13*. При включении стартера ток с клеммы *СТ SA6* подается к клапану ЭФП (вывод *К*) по цепи: вывод *СТ SA6* – провод 24г – *К* – клемма *4* реле *K11* – провод *24д – К* – клемма *L SA13* – клемма *«Н» SA13* – провод *24е – Ж* – колодка *XS1.10* или *XP1.11* – клемма *5* колодки *XP12.1* или *XS12.1* – провод *24а – С3* – клемма *К* ЭФП (клапан).

Электромагнитный клапан открывается, топливо поступает во впускной коллектор дизеля и воспламеняется от предварительно нагретой спирали ЭФП. Одновременно замыкаются контакты реле ЭФП *K11* и из цепи спирали ЭФП исключается добавочное сопротивление *R2*, что позволяет компенсировать падение напряжения на спирали ЭФП, происшедшее в связи с включением стартера.

После пуска дизеля автоматически отключаются стартер и реле. Добавочное сопротивление обратно включается в цепь спирали ЭФП, защищая ее от перегорания в связи с повышением напряжения в цепи после начала работы генератора.

Для выхода дизеля на стабильный режим работы возможна работа ЭФП после автоматического выключения стартера за счет удерживания переключателя *SA13* во включенном состоянии и выключателя стартера в положении *II* (*СТ*).

3.9. Конструктивные особенности приборов электростартерного пуска

Автотракторные стартеры различаются габаритными и присоединительными размерами, степенью герметизации, конструкцией якоря, статора, тягового реле и механизма привода. Значительная сила потребляемого тока вызывает необходимость изготовления всех элементов силовой цепи из медных проводников большого сечения, надежного их соединения и защиты от агрессивной среды.

Необходимо помнить, что стартеры потребляют токи большой силы (≈ 300 А) и рассчитаны *на кратковременные режимы работы.* Продолжительность непрерывной работы стартера не должна превышать 10–20 с ввиду возможного перегрева обмоток и нарушения электрического контакта в местах соединений. Повторное включение стартера должно быть через 1–2 мин.

Надежность стартеров существенно зависит от надежности конструкции щеточно-коллекторного узла, предназначенного для питания током вращающейся обмотки якоря. Широкое применение находят стартеры с цилиндрическим коллектором (СТ212–А, 7402.3708, AZJ 3381, AZJ 3385, AZF 4617, 5404.3708-10). Некоторые стартеры имеют торцовый коллектор (СТ221, СТ362, 24.3708, 29.3708).

Цилиндрический коллектор 6 (рис. 5.38) состоит из профильных медных пластин, «ласточкин хвост» которых зажат двумя конусными кольцами и гайкой на стальной втулке с буртом. Пластины изолированы одна от другой радиальными, коническими и цилиндрической прокладками. В пазы выступов («петушков») пластин вставлены, зачеканены и пропаяны концы одновитковых секций обмотки якоря *2*.

Обмотка якоря изготовлена из прямоугольного медного привода марки ПММ и уложена в пазы пакета, собранного из штампованных пластин и напрессованного на вал *15*. Для предотвращения выброса обмотки из пазов под действием центробежной силы на ее лобовые части наложены три изолированных бандажа *26* из проволоки.

Щетки *4* медно-графитовые с добавкой свинца. Они имеют прямоугольное сечение, вогнутый цилиндрический торец одинаковой кривизны с коллектором и установлены попарно в стальные штампованные щеткодержатели. Два щеткодержателя изолированы от задней крышки *5* корпуса *1*, а два соединены с ней. Каждая щетка имеет два гибких медных канатика с наконечниками. У положительных щеток канатики изолированы и соедине-

ны с обмоткой возбуждения *3*, а у отрицательных щеток они оголены и соединены винтами с «массой».

Надежность скользящего контакта щеток с коллектором обеспечивается чистотой, достаточной площадью сечения и высотой щеток, а также свободным их перемещением под действием спиральных пружин (силой 8–20 Н). Поскольку толщина щеток не должна превышать удвоенной толщины пластины коллектора, то с увеличением мощности ширину щеток, длину коллектора и габаритную длину стартера приходится увеличивать.

Торцовый коллектор 11 (рис. 5.29, *б*) изготовлен неразборным на пластмассовой основе. Его медные секторные пластины имеют плоскую контактную поверхность, а щетки *12* и *14* прижимаются к ней цилиндрическими пружинами. Применение торцового коллектора в стартере 24.3708 и 29.3708 позволило значительно уменьшить его габаритную длину и расход меди по сравнению со стартером СТ212-А.

В эксплуатации стартеры подвержены воздействию влаги, масла и грязи. Поэтому конструкции некоторых стартеров предусматривают защиту внутренней полости стартера.

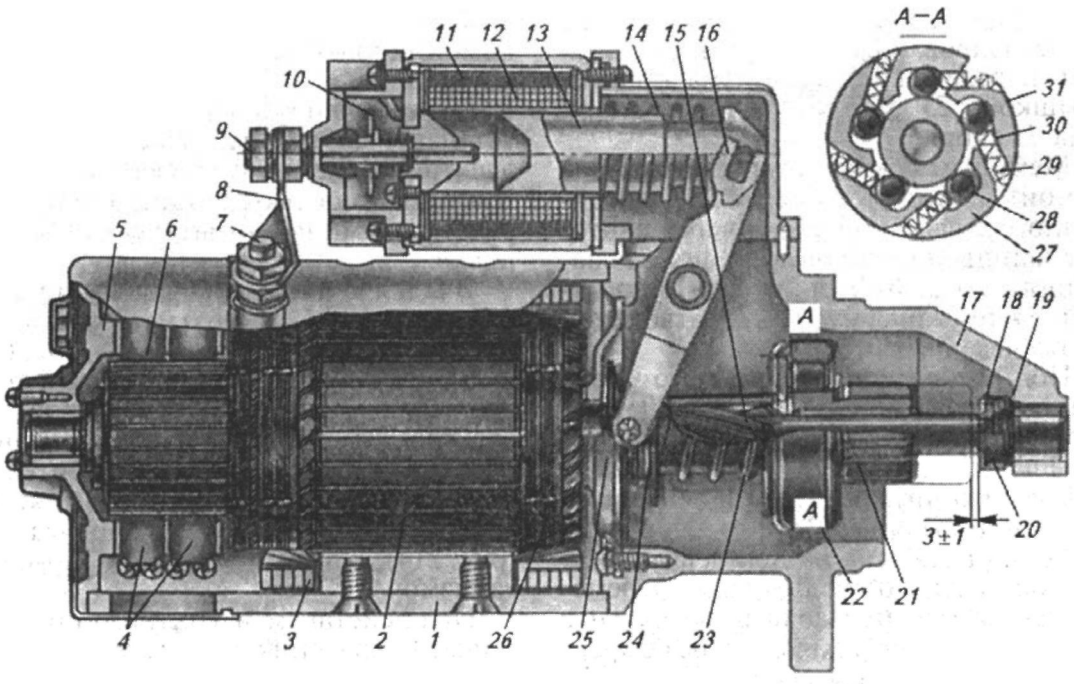


Рис. 5.38. Устройство стартера СТ212–А: *1* – корпус; *2* – якорь; *3* – катушка обмотки возбуждения; *4* – щетки; *5*, *17*, *25*, *31* – крышки; *6* – коллектор; *7*, *9* – контактные болты; *8* – пластина; *10* – контактный диск; *11* – удерживающая катушка; *12* – втягивающая катушка; *13* – сердечник; *14*, *23*, *29* – пружины; *15* – вал якоря; *16* – двуплечий рычаг; *18* – упорное полукольцо; *19* – шайба; *20* – обойма; *21* – ведущее зубчатое колесо; *22* – муфта свободного хода; *24* – муфта отводки; *26* – бандаж; *27* – наружная обойма; *28* – ролик; *30* – плунжер

Примером может служить герметизация стартера СТ142 автомобилей КамАЗ. Попадание в стартер и тяговое реле загрязнений, влаги и масла исключается установкой резинового сильфона защиты тягового реле, а также резиновых манжет для защиты щеточно-коллекторного узла и резиновых шайб для герметизации мест вывода обмоток тягового реле. Большинство же стартеров, в том числе СТ212-А (рис. 5.38) и 5404.3708 (рис. 5.39), не герметизировано, хотя электродвигатель и отделен от механизма привода крышкой *25* промежуточной опоры вала якоря *15* (рис. 5.38) и корпусом редуктора *18* (рис. 5.39).

Механизм привода стартера СТ212-А состоит из зубчатого колеса *21*, соединенного с валом *15* якоря через винтовые шлицы и роликовую муфту свободного хода *22*, буферной *23* и возвратной *14* пружин, муфты отводки *24* и двуплечего рычага *16*.

Под действием магнитного поля втягивающей *12* и удерживающей *11* катушек сердечник *13* тягового реле перемещается влево до упора, сжимая возвратную пружину *14* и поворачивая двуплечий рычаг *16*. Муфта отводки *24* свободно посажена на шлицевую втулку муфты свободного хода *22*, перемещается вправо под действием пальцев нижней вилки рычага *16* и через буферную пружину *23* перемещает муфту *22* и зубчатое колесо *21*. Если торцы зубьев колеса *21* упираются в торцы зубьев венца маховика и не входят с ним в зацепление, то муфта *24* перемещается по втулке и сжимает буферную пружину *23*, обеспечивая перемещение сердечника *13* и включение силовой цепи.

Когда диск *10* замкнет силовую цепь стартера, якорь *2* через спиральные шлицы вала и шлицевую втулку повернет наружную обойму *27*. Последняя, помогая пружинам *29* с плунжерами *30*, закатит ролики *28* в узкую часть пазов, заклинив хвостовик зубчатого колеса *21*, а сжатая буферная пружина *23* через муфту *22* введет его в зацепление с зубчатым венцом маховика. Ролики *28* будут передавать вращение вала *15* якоря зубчатому колесу *21* до тех пор, пока его хвостовик ведомый, а наружная обойма *27* ведущая. Когда угловая скорость зубчатого колеса *21* превысит угловую скорость якоря *2*, оно станет ведущим по отношению к роликам *28* и, постоянно выкатывая их в широкую часть клиновых пазов, не будет передавать вращение наружной обойме *27* и валу якоря.

Кроме рассмотренной выше наиболее распространенной роликовой плунжерной муфты, в автотракторных стартерах применяют бесплунжерную роликовую (стартер СТ230) и храповую (стартер СТ142) муфты, а также комбинированный привод (стартер СТ103А-01).

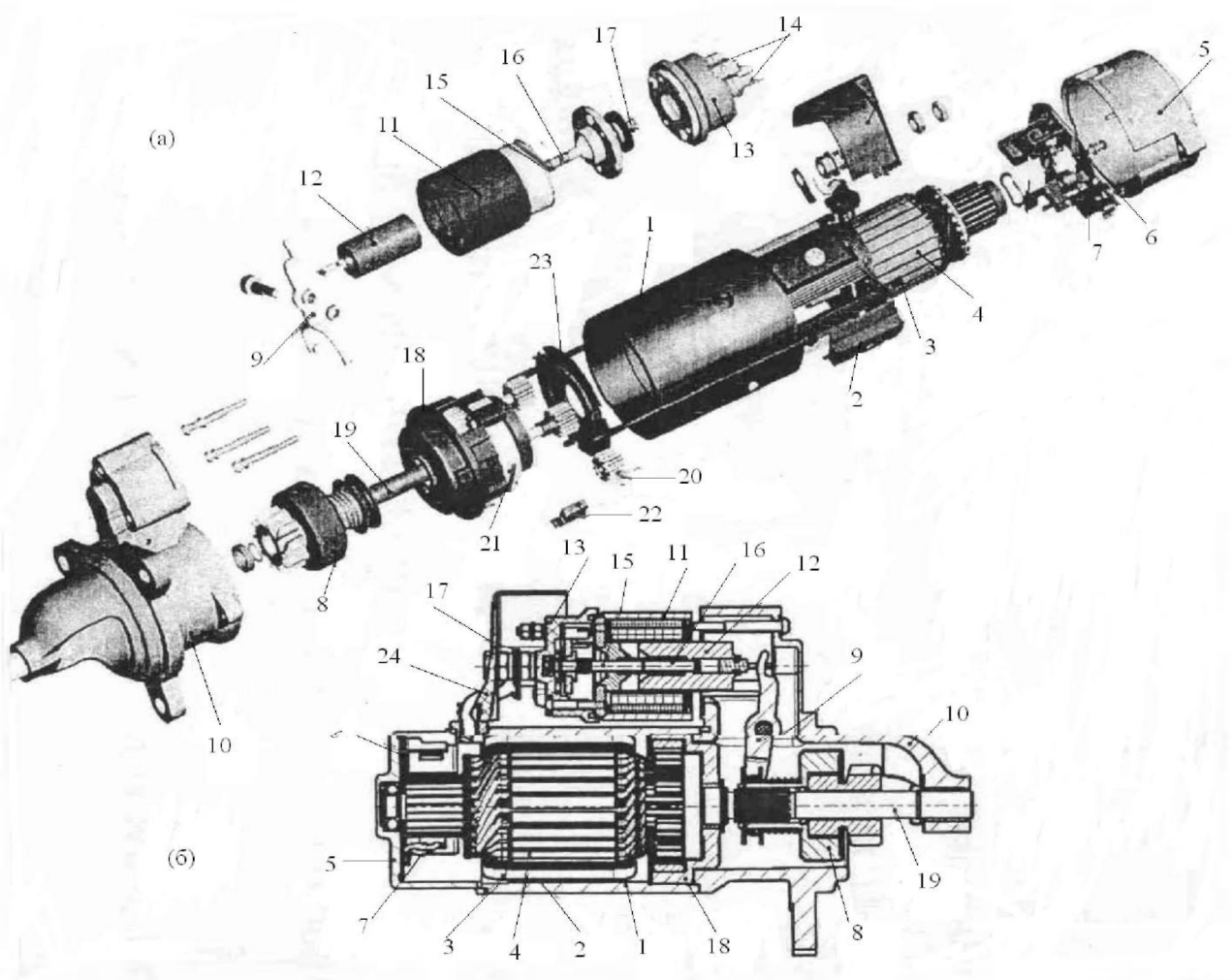


Рис. 5.39. Стартер 5404.3708-10 с планетарным понижающим редуктором: *а* – стартер в разобранном виде; *б* – стартер в разрезе; *1* – корпус; *2* – полюс магнита; *3* – катушка возбуждения; *4* – якорь; *5* – крышка со стороны коллектора; *6* – траверса; *7* – щетка; *8* – привод; *9* – рычаг; *10* – крышка со стороны привода; *11* – тяговое реле; *12* – якорь реле; *13* – крышка реле; *14* – контактные болты; *15* – плунжер; *16* – пружина возвратная; *17* – пружина размыкания контактов; *18* – корпус планетарного редуктора; *19* – вал-водило с осями; *20* – сателлит; *21* – коронная шестерня; *22* – демпфер; *23* – крышка; *24* – кожух защитный

Автотракторные стартеры с понижающим редуктором. В целях снижения общей массы, уменьшения расхода цветных металлов и повышения мощности находят все большее применение стартеры со встроенными понижающими редукторами, как цилиндрическими с внешним зацеплением, так и планетарными. В качестве примера рассмотрим стартер 5404.3708-10 с планетарным понижающим редуктором, который устанавливается в системе пуска 24 В дизелей энергонасыщенных тракторов «Беларус» серий 1200, 1500, 2000, а также в системе пуска дизелей Д-262, Д-263 мощностью 300 л. с., которыми могут комплектоваться тракторы «Беларус-3022» и другие машины.

Планетарный редуктор, встроенный между приводом *8* (рис. 5.38) и валом якоря *4* электродвигателя, состоит из коронной шестерни *21* с внутренними

зубьями, закрепленной в корпусе *18* планетарного редуктора. Корпус зафиксирован между корпусом *1* стартера и крышкой *10* со стороны привода. В подшипнике корпуса *18* вращается водило с осями сателлитов *20*, причем водило выполнено как одно целое с валом привода, которое называется валом-водилом *19*. Солнечная шестерня жестко посажена на вал якоря *4* и при включении стартера вращается вместе с якорем, передовая вращение трем сателлитам *20*, которые, будучи в зацеплении с зубьями коронной шестерни *21*, обкатываются по ним вместе с осями сателлитов и вращают вал-водило привода.

Передаточное число редуктора обычно составляет 3–5. Коронная шестерня обычно изготавливается из пластмассы типа «Полиамид–66», иногда с добавками графита или методом порошковой металлургии. Сателлиты, прессованные из порошкового материала, вращаются на осях в подшипниках скольжения или в игольчатых подшипниках. В энергонасыщенных тракторах «Беларус» находят также применение редукторные стартеры AZF 4617 фирмы «Искра» (Словения) и *Prestolite* M105P3028SE (Англия).

Электромагнитные реле с нормально замкнутыми или нормально разомкнутыми контактами находят широкое применение практически во всех современных системах пуска с целью дистанционного управления системами и автоматической блокировки.

Выключатель аккумуляторных батарей соединяет клеммы «–» батарей *GB1* и *GB2* (рис. 5.34) с «массой» или отключает от нее. Выключатель ВК861 состоит из электромагнита напряжением питания 12 В (выключатель ВК860 рассчитан на напряжение 24 В), управляемого кнопкой *S1* из кабины, корпуса *10* (рис. 5.40), контактного и запорного механизмов.

Под действием магнитного поля катушки *9* сердечник *17* электромагнита втягивается, сжимая возвратную пружину *7*, и через ввернутый в него шток *8* перемещает вниз стержень *4* с подпружинными контактными пластинами *14* и *15*. Искрогасящая *15*, а затем и основная *14* пластины, сжимая свои пружины, соединяют плоские головки *2* контактных болтов *1*, а через них и провода – «минусы» батарей с «массой».

После перемещения фиксатора *11*, установленного в стержне *4*, через перемычку *13* неподвижного основания *5* его пружина *6* выдвигается и удерживает стержень *4* в нижнем положении. Шток *8* и сердечник выключенного электромагнита под действием пружины *7* возвращаются в верхнее положение.

При повторном включении электромагнита нажатием кнопки в кабине бурт штока *8* нажимает на верхний конец рычага *12*, который, поворачиваясь

против хода часовой стрелки, своей закругленной частью *3* утопляет фиксатор *11*. Стержень *4* под действием пружин контактного устройства (на рисунке не показаны) перемещается вверх на величину зазора *A* и упирается в шток *8*, а фиксатор *11* – в перемычку *13*, но не снизу, а изнутри. После выключения электромагнита стержень *4* перемещается вслед за штоком *8* и отводит от головок *2* основную пластину *14* с меньшей, а искрогасящую пластину *15* с большей скоростью.

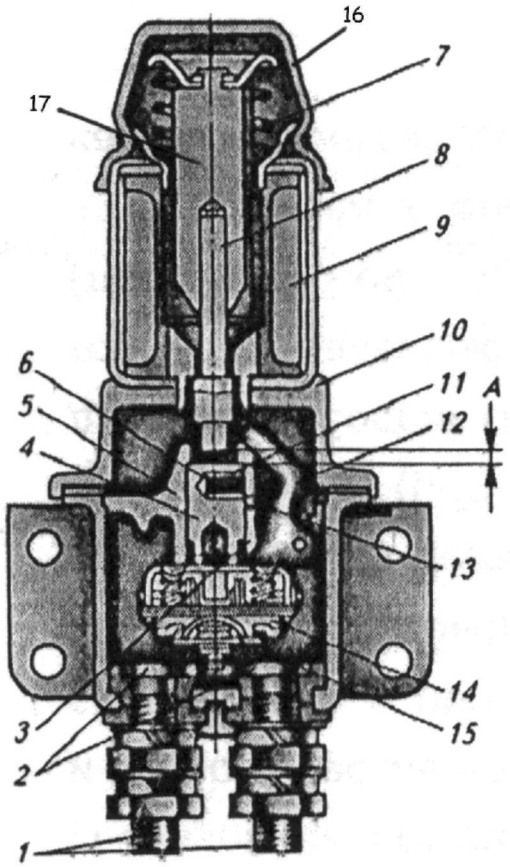


Рис. 5.40. Выключатель аккумуляторных батарей ВК861: *1* – контактные болты; *2* – головки болтов; *3* – часть рычага закругления; *4* – стержень; *5* – основание корпуса; *6*, *7* – пружины; *8* – шток; *9* – катушка; *10* – корпус; *11* – фиксатор; *12* – рычаг; *13* – перемычка основания корпуса; *14* – основания пластины; *15* – искрогасящая пластина; *16* – резиновый колпачок; *17* – сердечник

При включении вручную выключателя резко нажимают через резиновый колпачок *16* на сердечник *17* электромагнита и плавно отпускают, а при включении − плавно нажимают и резко отпускают выключатель.

Переключатель аккумуляторных батарей в выключенном состоянии (рис. 5.34) соединяет батареи *GB1* и *GB2* параллельно через контакты *K2.1* и *K2.3*, а во включенном состоянии – последовательно через контакты *K2.2* и *K2.4*.

Катушка *7* (рис. 5.41) электромагнита включается в сеть через два изолированных зажима *6*. Под действием ее магнитного поля сердечник *8* в сборе с текстолитовым штоком *11*, медными изолированными *4* и подпружиненными *5* контактными дисками перемещается вниз.

Сначала диск *11* размыкает четыре пары серебряных нормально замкнутых контактов *12*, затем диск *5* замыкает плоскую головку *9* контактного болта *13* (*РС*) с такой же головкой, соединенной с зажимом *14* (*+Б*$_2$), а при максимальной скорости перемещения диск *4* замыкает плоские головки *3* болтов *1* (зажимов *+Б*$_1$ и *Б*$_2$).

Надежность соединения диском *4* зажимов *+Б*$_1$ и *–Б*$_2$, а диском *5* зажимов *РС* и *+Б*$_2$ обеспечивается расположением головок *3* и *9* в одной плоскости, чистотой контактных поверхностей, достаточной жесткостью верхней пружины и прочностью затяжки гаек.

Выключатель аккумуляторных батарей QS1 типа ВК1212.3737-06, установленный вне кабины, показан на рис. 5.42. Выключатель *QS1*, установленный в кабине трактора, имеет обозначение ВК1212.3737-05.

Как показано на рис. 5.25 и 5.35, выключатель *QS1* выполняет роль размыкателя силовой цепи двух АКБ *GB1* и *GB2*, соединенных последовательно, в системах пуска 24 В современных энергонасыщенных тракторов «Беларус» серий 1200, 1500, 2000, 2800, 3000. При включении *QS1* обе АКБ *GB1* и *GB2* постоянно соединены последовательно по следующей цепи (рис. 5.35): «+» батареи *GB1* – провод *5е* – клемма *1* и клемма *2 QS1* – провод *5д* – «–» батареи *GB2*. Такая схема, *когда АКБ постоянно соединены последовательно*, подавая на стартер *М2* напряжение 24 В, при пуске обеспечивает важное преимущество *отсутствия коммутации напряжения в силовой цепи питания стартера*, что имеет место в схеме с переключателем 12 В или 24 В (рис. 5.41).

После пуска дизеля обе АКБ остаются соединенными последовательно, а напряжение 12 В бортовой сети поддерживается генератором *G1*, который заряжает батарею *GB1* (12 В). На дополнительную АКБ *GB2* подается зарядное напряжение 24 В с вывода *+Б2* преобразователя напряжения *UZ1* – электронного устройства, преобразующего и регулирующего зарядное напряжение (рис. 5.25 и рис. 5.26).

Тяговые реле стартеров различаются магнитодвижущей силой (МДС), числом (одна или две) и обмоточными данными катушек, наличием (РС130) или отсутствием (РС230, РС212) дополнительного контакта, конструкцией большинства деталей.

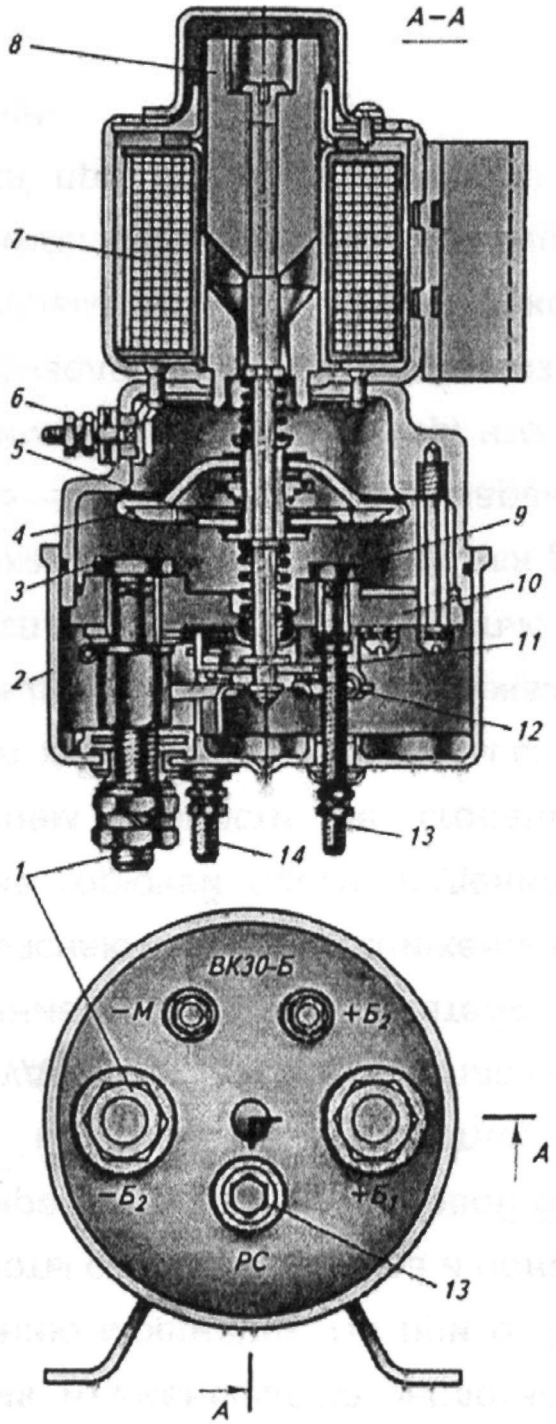


Рис. 5.41. Переключатель аккумуляторных батарей ВК30-Б: *1*, *13* – контактные болты; *2* – крышка; *3*, *9* – головки болтов; *4*, *5* – контактные диски; *6* – зажим; *7* – катушка; *8* – сердечник; *10*, *11* – текстолитовые диски; *12* – серебряные контакты, *14* – зажим

При включении цепи втягивающей *12* (рис. 5.38) и удерживающей *11* катушек их магнитные потоки складываются и замыкаются по цепи: цилиндрический стальной кожух и его крышка – конический стальной упор – воздушный зазор – цилиндрический стальной сердечник – зазор (латунная втулка минимальной толщины) – кожух. Под действием магнитного поля, замыкаемого

через уменьшающийся воздушный зазор, сердечник *13* ускоренно перемещается влево и, воздействуя через шток, пружины и изоляционную втулку на медный диск *10*, замыкает (с максимальной скоростью) плоские головки медных болтов *9*. После этого втягивающая катушка *К3.1* (рис. 5.33) выключается (шунтируется).

Автоматическое выключение катушки *К2* и размыкание контактов дополнительного реле вызывают последовательное включение втягивающей *К3.1* и удерживающей *К3.2* катушек через замкнутые еще контакты *К3*. Поскольку направление намотки катушек *К3.1* и *К3.2* противоположное, а число витков одинаковое, то их суммарный магнитный поток равен нулю и сердечник *13* (рис. 5.38) под действием возвратной пружины *14* ускоренно перемещается вправо, обеспечивая размыкание силовых контактов с достаточной скоростью.

Электрофакельный подогреватель устанавливают во впускной коллектор четырехцилиндровых дизелей стандартного исполнения (Д-242, Д-243, Д-244 и Д-245) для подогрева воздуха за счет теплоты предварительно нагретой (до 950 °С) спирали *10* (рис. 5.43) и воспламеняемого от нее дизельного топлива.

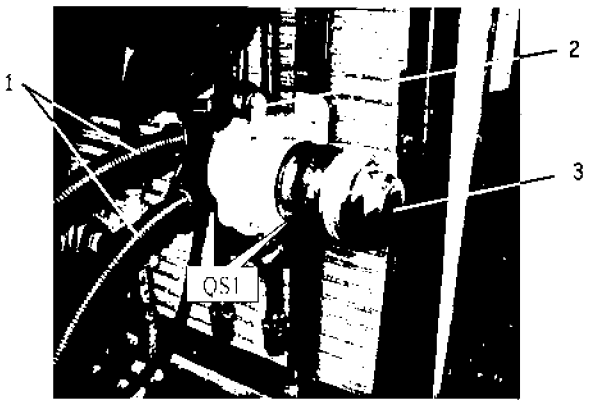


Рис. 5.42. Установка выключателя АКБ вне кабины трактора «Беларус-1025»:
1 – силовые кабели батарей; *2* – клемма провода дистанционного включения АКБ;
3 – кнопка ручного включения (выключения)

Спираль *10* включена в сеть через «массу» (левый конец) и зажим *4*, а катушка *7* электромагнитного клапана *8* – через «массу» и зажим *12*. Подвижной клапан-сердечник *8* прижимается к седлу корпуса *9* пружиной *6*. Под действием магнитного поля катушки *7* он поднимается вверх до упора в штуцер *5* и открывает выход топливу на спираль *10*.

Схема подключения и работа ЭФП рассмотрены ранее в п. 3.8.2.

Дозированная подача топлива (не более 12 $см^3$/мин) обеспечивается дозатором *2* (рис. 5.43), состоящим из войлочных дисков поджатых гайкой *3*. ЭФП эффективен для облегчения пуска дизеля в диапазоне температур от +4 °С до минус 20 °С.

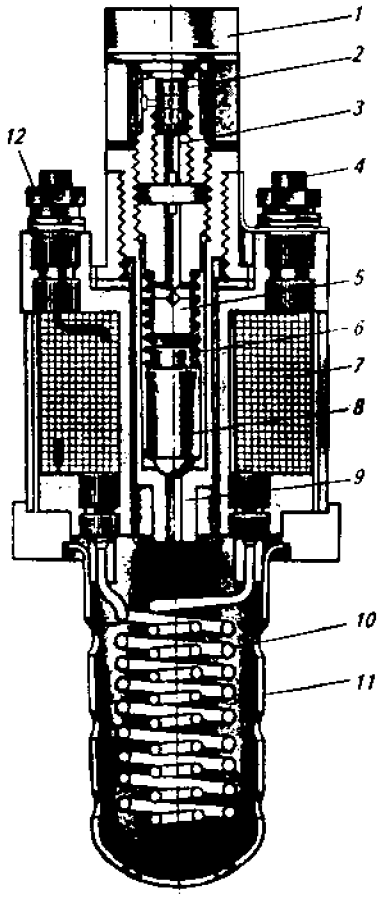


Рис. 5.43 Электрофакельный подогреватель ЭФП8101500Е11: *1* – болт штуцера; *2* – дозатор; *3* – гайка; *4* – клемма спирали «С»; *5* – штуцер; *6* – пружина; *7* – катушка; *8* – клапан; *9* – корпус клапана; *10* – спираль; *11* – кожух; *12* – клемма катушки электромагнита «К»

Свечи накаливания предпускового подогрева воздуха, всасываемого в цилиндры дизеля, установлены в головках цилиндров дизелей Д-245 S2, -S3A и их модификаций, дизелей Д-260.1 S2, -S3A и их модификаций, а также дизелей DEUTZ тракторов «Беларус», сертифицированных по европейским экологическим нормам.

Штифт накаливания герметично запрессован в корпус *5* (рис. 5.44) и состоит из термокоррозионностойкого стержня *4* накаливания, внутри которого в наполнителе *9* из порошка оксида магния находится спиральная нить накаливания. Последняя состоит из двух последовательно соединенных резисторов: нагревательной спирали 7 и регулирующей спирали (не показана).

Свеча располагается в зоне впрыска топлива и разогревает воздух в этой зоне до 850–1000 °С за 7–10 с.

Номинальное напряжение свечи соответствует напряжению системы пуска дизеля. В системе пуска 12 В применяются свечи 11.720.084 с номинальным напряжением 11 В, тогда как в системе пуска 24 В – 11.720.720 с номинальным напряжением 23 В (рис. 5.45).

Суммарное время работы свечи за один цикл составляет максимум 4 мин. Сопротивление свечи 2,5 Ом. В цепи свечей накаливания *A2* (рис. 5.36), которые подключены двумя группами по три свечи с предохранителями *FU2* и *FU3* для каждой группы, установлены электромагнитное реле *K1* свечей накаливания и электронный блок *KT1* с запрограммированным алгоритмом работы свечей.

Контрольная лампа в щитке приборов работает в режиме, задаваемом электронным блоком, информируя оператора о процессе подогрева, окончании подогрева и готовности к пуску и о возможных неисправностях в системе подогрева. Схема системы пуска и работа свечей рассмотрены в п. 3.8.1.

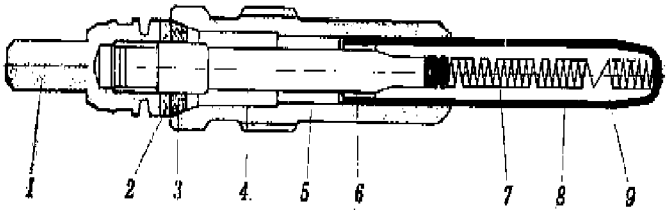


Рис. 5.44. Штифтовая свеча накаливания: *1* – штекер подачи электрического напряжения; *2* – изолирующая шайба; *3* – двойное уплотнение; *4* – стержень; *5* – корпус; *6* – уплотнение защитной оболочки; *7* – нагревательная спираль; *8* – труба накаливания; *9* – наполнитель

Рис. 5.45. Свеча накаливания предпускового подогрева 11.720.720 с номинальным напряжением 23 В

3.10. Возможные неисправности в системе пуска

1. Низкие пусковые обороты стартера (при соблюдении условий эксплуатации в холодное время года):

– ослабление, окисление, подгорание контактов в АКБ, выключателе «массы» или размыкателе силовой цепи (24 В), перемычки «массы» между кабиной и корпусом трактора;

– разряжена АКБ;

– неисправен стартер.

2. Срабатывает тяговое реле, но коленчатый вал стартером не вращается:

– окисление или подгорание контактов тягового реле;

– разрегулирован механизм привода;

– неисправность щеточно-коллекторного узла стартера;

– неисправен стартер.

3. Стартер не включается:

– неисправность тягового реле и двигателя стартера;

– неисправность выключателя блокировки пуска;

– рукоятка переключения диапазонов КП не находится в «нейтрали»;

– неисправность реле стартера или цепей реле;

– неисправность цепей и приборов;

– управления пуском (выключателя стартера и приборов);

– неисправность цепей реле блокировки стартера.

4. Стартер автоматически не выключается после пуска дизеля:

– недостаточное напряжение на клемме *Д* генератора (при частоте вращения > 500 об/мин) напряжение должно быть более 8 В;

– неисправность реле блокировки стартера и его цепей.

5. Скрежет в механизме привода стартера:

– разрегулировка механизма (зазора между торцем шестерни привода и упорными полукольцами);

– повреждение и поломки зубьев шестерен;

– пробуксовка муфты свободного хода привода.

3.11. Техническое обслуживание системы пуска

Техническое обслуживание системы электростартерного пуска включает в себя систематическую очистку сборочных единиц от пыли и грязи, их осмотр и прослушивание, проверку затяжки клемм и состояния изоляции проводов, определение диагностических показателей переносными приборами (Э5, Э214, К-301) или на контрольно испытательных стендах (КИ-968, 3205).

Об исправности аккумуляторной батареи и силовой цепи стартера свидетельствуют:

1) достаточная частота вращения коленчатого вала (угловая скорость якоря $\omega_я$), определяемая тахометром;

2) допустимое падение напряжения в электродвигателе, тяговом реле, переключателе и выключателе аккумуляторных батарей, определяемое вольтметром на их зажимах;

3) допустимая сила тока $I_{\text{х}}$ при холостом ходе и $I_{\text{к.з.}}$ при полном торможении якоря, определяемая указателем тока.

Если падение напряжения значительно, то стартер, переключатель или выключатель аккумуляторных батарей снимают с машины и сдают в текущий ремонт.

Для легковых и грузовых автомобилей при осенне-зимнем ТО рекомендуется снять стартер с двигателя, произвести его разборку, очистку и проверку технического состояния якоря, щеточно-коллекторного узла, обмоток возбуждения, механизма привода и тягового реле.

Для семейства тракторов «Беларус» через каждые 2000 ч работы проводят профилактический осмотр стартера, проверив состояние:

– коллектора, щеток и щеточной арматуры;

– контактов электромагнитного тягового реле;

– шестерни привода и упорных полуколец.

При наличии загрязнений и подгораний контактов и коллектора производят их зачистку мелкой шкуркой или протачивают на станке, тщательно очищают салфеткой, смоченной в бензине или проводят другие ремонтные операции. При большом износе контактных болтов в местах контакта с диском практикуют разворот болтов на 180°, а контактный диск поворачивают другой стороной.

После текущего ремонта щеточно-коллекторного узла и тягового реле стартер испытывают на стенде и регулируют механизм привода. При проверке на стенде, например, исправный стартер дизеля Д-262 S2 на холостом ходу должен потреблять ток не более 120 А, а частота вращения при этом должна быть не менее 5000 об/мин. Начало замыкания диском *10* (рис. 5.37) головок контактных болтов *9* должно соответствовать зазору (3 ± 1) мм между торцом зубчатого колеса *21* и обоймой *20* с упорными полукольцами *18*. Чтобы изменить этот зазор, в стартерах СТ212-А, СТ230, 24.3708 поворачивают эксцентриковую ось рычага *16*, а в стартерах СТ103, СТ130 ввертывают или вывертывают регулировочный винт сердечника тягового реле.

Щетки должны перемещаться в щеткодержателях свободно, без заеданий. Изношенные щетки заменяют новыми. Допустимая высота щеток отличается для стартеров различных типов. Например, для стартеров тракторов «Беларус» допустимая высота щеток ровна 9–10 мм.

Глава 4. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАЖИГАНИЯ РАБОЧЕЙ СМЕСИ В БЕНЗИНОВЫХ ДВС

4.1. Общие сведения

Система зажигания предназначена для надежного и своевременного воспламенения рабочей смеси в цилиндрах бензинового и газового двигателя при его пуске и работе на всех режимах.

Электрические системы зажигания делят на *искровые*, *электро- и искродуговые, накальные и поверхностного разряда.*

Для воспламенения рабочей смеси в цилиндрах автотракторных бензиновых двигателей применяют *искровые* системы зажигания, а в предпусковых подогревателях – *накальные.*

Искра, воспламеняющая рабочую смесь, возникает под действием высокого напряжения между изолированными электродами свечи зажигания, расположенными в камере сгорания.

Пробивное напряжение $U_{пр}$, при котором происходит искровой разряд через сжатую и нагретую рабочую смесь, прямо пропорционально зазору между электродами свечи зажигания и давлению рабочей смеси, обратно пропорционально ее температуре. При пуске холодного двигателя оно достигает 16 кВ и более, а при работе на режиме максимальной мощности – 12 кВ. Для надежного пуска и работы двигателя необходимо, чтобы максимальное вторичное напряжение $U_{2м}$, развиваемое системой зажигания, достигало 20–30 кВ, а энергия искры – 0,06–0,1 Дж.

Такое напряжение и энергию искры получают импульсной трансформацией тока низкого напряжения в катушке зажигания с помощью накопительно-колебательного контура L–C. Работа этого контура и определяет работу искровых систем зажигания.

По способу накопления энергии различают системы с накоплением энергии в индуктивности L и в емкости C. В обоих случаях для получения импульса высокого напряжения используется *катушка зажигания* – высоковольтный трансформатор с первичной обмоткой (малое число витков) и вторичной обмоткой (большое число витков). Коэффициент трансформации катушки находится в пределах 50–150.

Для всех систем зажигания, устанавливаемых на автомобилях, характерен индуктивный принцип накопления энергии. Схема системы показана на рис. 5.46.

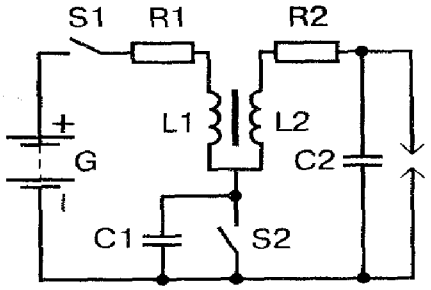


Рис. 5.46. Схема системы зажигания
с накоплением энергии в индуктивности

Выключатель зажигания *S1* (рис. 5.46) включает систему в цепь питания. При вращении коленчатого вала двигателя замыкаются контакты прерывателя *S2* и в первичной цепи катушки *L1* нарастает ток по экспоненциальному закону. В момент подачи импульса на зажигание прерыватель *S2* размыкает свои контакты, индуцируя колебательный процесс обмена энергией между магнитным полем катушки и электрическим полем в *C1* и *C2*. Когда максимальное значение напряжения U_2 превышает напряжение пробоя искрового промежутка $U_{пр}$, возникает искра.

Развитие автомобилей связано с зажиганием от магнето, которое вскоре было заменено батарейной системой зажигания, широко применяемой в различных вариантах на современных автомобилях. Системы зажигания по своему конструктивному и схемному исполнению делятся на классическую контактную, контактно-транзисторную и бесконтактную электронные системы зажигания.

4.2. Схемы систем зажигания

4.2.1. Система зажигания от магнето

В одноцилиндровом пусковом двигателе источником тока низкого напряжения служит однофазный магнитоэлектрический генератор. Он конструктивно объединен с трансформатором *TV* (рис. 5.47), однокулачковым прерывателем с контактами *SR* и конденсатором *C*. Обмотка *L1* одновременно является обмоткой статора генератора и первичной обмоткой трансформатора *TV* и вместе с конденсатором *C* образует накопительно-колебательный контур.

При угле поворота ротора $\alpha = 0$ полюс *N* постоянного магнита расположен напротив правого башмака П-образного сердечника статора, а полюс *S* – напротив левого башмака. Магнитный поток Φ_0 (рис. 5.48) в сердечнике

трансформатора максимален, но скорость его изменения равна нулю. Поэтому сила тока I_1 в первичной обмотке *L1* (рис. 5.47) при замкнутых контактах *SR* и напряжение U_2 во вторичной обмотке *L2* близки к нулю.

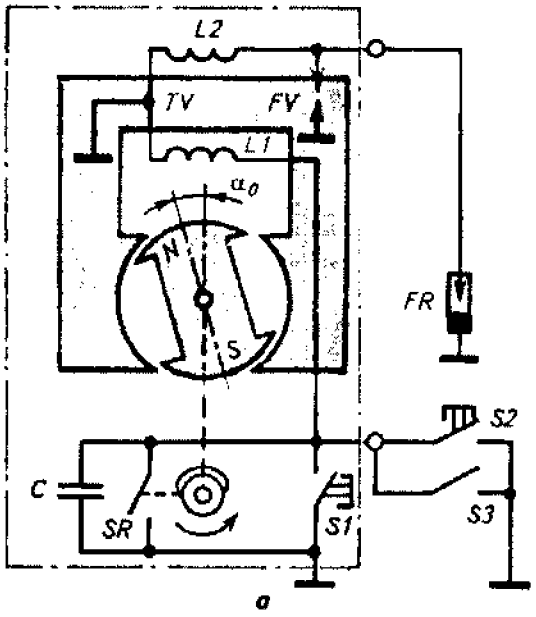


Рис. 5.47. Схема системы зажигания от магнето

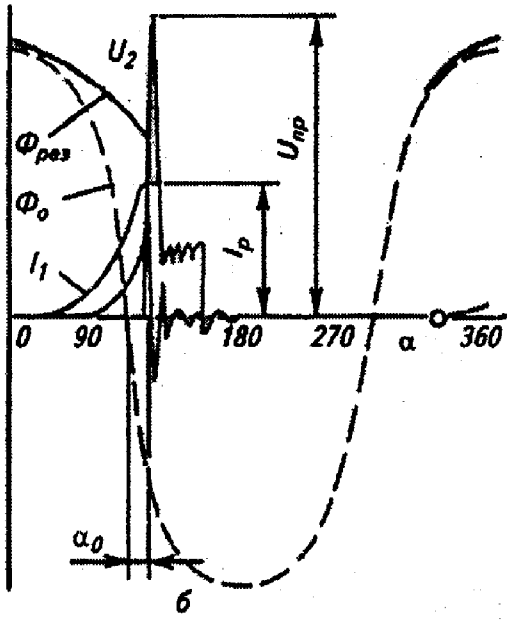


Рис. 5.48. Характеристика системы зажигания от магнето

Поворот постоянного магнита в вертикальное положение ($\alpha = 90°$) вызывает резкое изменение магнитного потока Φ_0, силы тока I_1 в первичной обмотке *L1* и результирующего магнитного потока $\Phi_{рез}$ в сердечнике трансформатора *TV*.

При повороте ротора на угол $90° + \alpha_0$ сила тока в обмотке *L1* и энергия магнитного поля достигают максимальных значений. Контакты *SR* под действием кулачка размыкаются, преобразуя накопительный контур *L1–C* в колебательный. Это вызывает в обмотке *L1* ЭДС самоиндукции до 300 В и быстро затухающий заряд-разряд конденсатора *C*. Магнитный поток в сердечнике трансформатора *TV* резко изменяется от $\Phi_{рез}$ до Φ_0, а накопленная энергия магнитного поля преобразуется в энергию тока высокого напряжения вторичной обмотки *L2*.

При напряжении $U_2 < U_{пр}$ ток в разомкнутой цепи обмотки *L2* расходуется на заряд между электродами свечи зажигания *FR* как конденсатора.

Когда напряжение U_2 в обмотке *L2* увеличится до $U_{пр}$, между электродами свечи зажигания возникнет *емкостный разряд* – кратковременная искра голубого цвета с температурой в центре до 10 000 °С. Рабочая смесь в зоне пробоя ионизируется и сгорает. Температура газов резко увеличивается, пробивное напряжение уменьшается, и за емкостным разрядом следует *индуктивный разряд* – красный «хвост» искры.

4.2.2. Классическая контактная система зажигания (ККСЗ)

В ККСЗ электрическая энергия к накопительному контуру подводится от генератора или от аккумуляторной батареи *GB* через указатель тока (амперметр) *PA*, замкнутые контакты *SA* выключателя зажигания, резистор *R1* и замкнутые контакты *SR* прерывателя.

Сила тока в обмотке *L1* ограничена работоспособностью контактов *SR* и в большинстве систем зажигания не превышает 4 А. Она в основном и ограничивает накапливаемую катушкой зажигания энергию магнитного поля.

Размыкание контактов *SR* кулачком прерывателя вызывает переключение накопительного контура *L1–C* в колебательный контур через клемму «масса», батарею *GB*, указатель тока *PA*, замкнутые контакты *SA* и резистор *R1*. Такое переключение контура вызывает в обмотке *L1* ЭДС самоиндукции до 300 В и быстро затухающий заряд-разряд конденсатора *C*. Магнитный поток в сердечнике катушки зажигания (трансформатора) *TV* резко изменяется, а накопленная энергия магнитного поля преобразуется в энергию тока высокого напряжения вторичной обмотки *L2* по цепи: резистор *R2* ротора распределителя – одна из свеч зажигания *FR1–FR4* – клемма «масса» – батарея *GB* – указатель тока *PA* – контакты *SA* – резистор *R1* – первичная обмотка *L1*.

При напряжении $U_2 = U_{пр}$ между электродами свечи зажигания возникает емкостный разряд. Рабочая смесь в зоне пробоя ионизируется и сгорает. Температура газов резко увеличивается, пробивное напряжение уменьшается и за емкостным разрядом следует индуктивный.

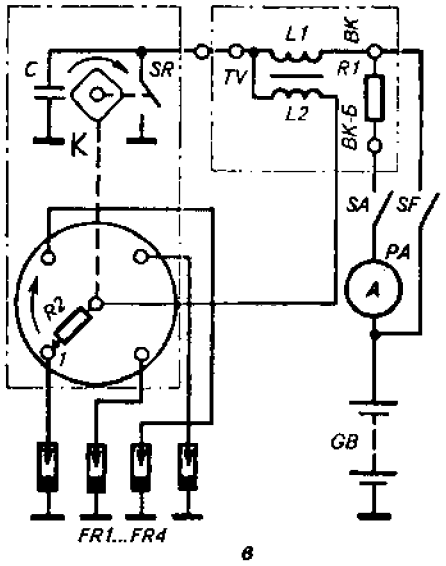


Рис. 5.49. Схема классической контактной системы зажигания

Трехфазный процесс сгорания рабочей смеси (начальный, основной и конечный) требует определенного времени. Наиболее полное сгорание рабочей смеси достигается своевременной подачей сигнала на воспламенение, т. е. установкой оптимального угла опережения зажигания в зависимости от режима работы двигателя.

Угол опережения зажигания (УОЗ) определяется по углу поворота коленчатого вала двигателя от момента появления искры до момента прихода поршня в ВМТ. Закономерно, что во всех случаях с увеличением частоты вращения коленчатого вала увеличивается скорость движения поршня и для того, чтобы смесь успела сгореть угол опережения зажигания должен быть увеличен. Это достигается изменением положения кулачка *K* (рис. 5.49) относительно приводного вала с помощью центробежного и вакуумного регуляторов, которые будут рассмотрены ниже.

4.2.3. Контактно-транзисторная система зажигания (КТСЗ)

Эта система зажигания явилась переходной от контактной к бесконтактным электронным системам зажигания. В ней устраняется недостаток классической контактной системы – подгорание и износ контактов *SR*

(рис. 5.49) прерывателя. В этой системе появился новый электронный блок – коммутатор (рис. 5.50, *б*), состоящий из силового коммутирующего транзистора, элементов схемы его управления и защиты. Рассмотрим схему (рис. 5.50, *а*) системы зажигания восьмицилиндровых автомобилей ЗИЛ-3102 и ГАЗ-53-12 с электронным коммутатором ТК 102 (рис.5.50, *б*).

Между первичной обмоткой *L1* катушки зажигания Б114 и контактами *SR* прерывателя установлен усилитель тока – транзистор *VT*.

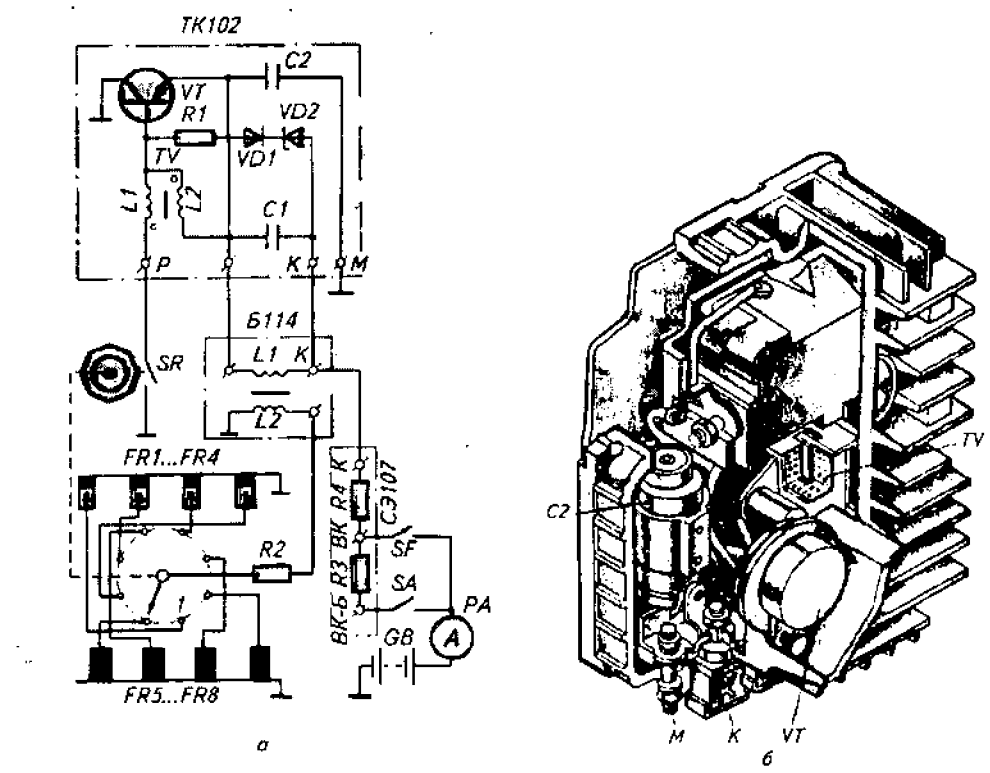


Рис. 5.50. Схема контактно-транзисторной системы зажигания (*а*) и транзисторный коммутатор (*б*) автомобилей ЗИЛ и ГАЗ

При замкнутых контактах *SA* выключателя зажигания и замыкании контактов *SR* прерывателя через транзистор *VT* течет ток управления по цепи: клемма «+» аккумуляторной батареи *GB* – указатель тока *PA* – контакты *SA* – резисторы *R3* и *R4* блока сопротивлений СЭ107 – обмотка *L1* катушки зажигания – переход эмиттер-база транзистора *VT* – первичная обмотка *L1* импульсного трансформатора *TV* – контакты *SR* – клемма «масса» – клемма «–» аккумуляторной батареи *GB*. Сила тока не превышает 0,9 А.

Под действием тока управления транзистор *VT* открывается и пропускает основной ток в первичную обмотку *L1* катушки зажигания через переход эмиттер-коллектор параллельно замкнутым контактам *SR* прерывателя. Сила тока в обмотке *L1* катушки зажигания достигает 8 А, что примерно в 2 раза больше, а в контактах *SR* в 5 раз меньше по сравнению с классической

контактной системой зажигания (рис. 5.49). При размыкании контактов *SR* кулачком прерывателя разрывается цепь первичной обмотки *L1* импульсного трансформатора *TV* и в ней возникает ЭДС самоиндукции, а во вторичной обмотке *L2* – ЭДС взаимоиндукции. Ток взаимоиндукции обмотки *L2* замыкается через резистор *R1* и активно запирает транзистор *VT*.

Запирание транзистора *VT* вызывает отключение накопительного контура *L1–C1* от источников тока, его переход в колебательный контур и преобразование накопленной энергии магнитного поля в энергию тока высокого напряжения во вторичной обмотке *L2* катушки зажигания. В контактно-транзисторной системе зажигания импульсный трансформатор *TV* ускоряет запирание транзистора *VT*, цепь диодов *VD1* и *VD2* защищает транзистор от перенапряжений, а конденсатор *C2* предохраняет от случайных импульсов напряжения в цепи питания.

4.2.4. Бесконтактная транзисторная система зажигания (БТСЗ)

Если в контактно-транзисторной системе зажигания прерыватель размыкает *цепь управления* силовым транзистором, пропускающим основной ток в первичную обмотку (*L1*) катушки зажигания, то в бесконтактной транзисторной системе зажигания и сама цепь управления *становится бесконтактной.*

В БТСЗ транзисторный коммутатор срабатывает под воздействием электрического импульса, создаваемого *бесконтактным датчиком*. Все типы датчиков, применяемых в БТСЗ, делят на *параметрические*, в которых с изменением параметров базовой цепи (сопротивление, индуктивность, емкость), изменяется сила тока базы транзистора, и *генераторные*, которые являются источниками питания цепи управления. Наиболее широко применяются *магнито-электрические датчики – индукционные и датчики Холла.*

4.2.4.1. БТСЗ с индукционным датчиком

Индукционный датчик GV (рис. 5.51), выполняющий функцию прерывателя, представляет собой однофазный генератор переменного тока с ротором на постоянных магнитах. Частота переменного тока:

$$f = in, \tag{21}$$

где i – число цилиндров двигателя;

n – частота вращения ротора распределителя.

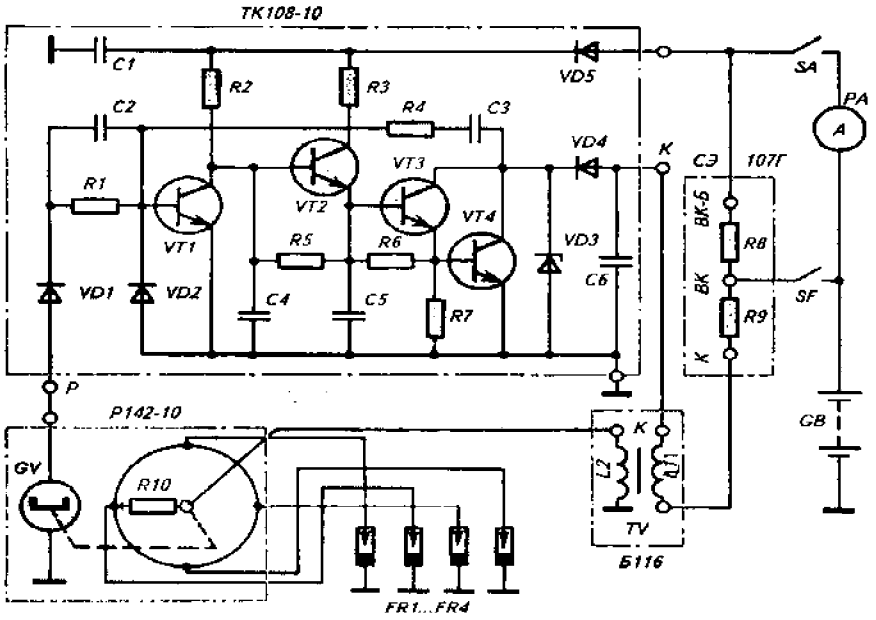


Рис. 5.51. Принципиальная электрическая схема БТСЗ с индукционным магнитоэлектрическим датчиком

При отрицательном полупериоде ЭДС датчик *GV* запирает транзистор *VT1*, подавая на его эмиттер через клемму «масса» положительный потенциал. Поскольку сопротивление перехода коллектор-эмиттер закрытого транзистора *VT1* значительно больше сопротивления резистора *R2*, то база транзистора *VT2* через резистор *R2*, диод *VD5*, замкнутые контакты *SA* выключателя зажигания и указатель тока *PA* соединена с клеммой «+» аккумуляторной батареи *GB*, а его эмиттер через резисторы *R6*, *R7* и клемму «масса» – с клеммой «–». По этой цепи течет ток управления транзистором *VT2*, обеспечивая минимальное сопротивление его перехода коллектор-эмиттер.

При открытом транзисторе *VT2* база *VT3* составного транзистора соединена с клеммой «+», а его эмиттер *VT4* – с клеммой «–» батареи *GB*. По цепи: клемма «+» батареи *GB* – указатель тока *PA* – контакты *SA* – диод *VD5* – резистор *R3* – переход коллектор-эмиттер *VT2* – переходы база-эмиттер транзисторов *VT3* и *VT4* – клемма «масса» – клемма «–» батареи *GB* течет ток управления составным транзистором *VT3–VT4*, обеспечивая минимальное сопротивление его перехода коллектор-эмиттер.

При открытом составном транзисторе через первичную обмотку *L1* катушки зажигания *TV* течет ток по цепи: клемма «+» батареи *GB* – указатель тока *PA* – контакты *SA* – резисторы *R8* и *R9* – обмотка *L1* – диод *VD4* – переходы коллектор-эмиттер *VT3* и база-эмиттер *VT4* – клемма «масса» – клемма «–» батареи *GB*. Этот ток достигает 6,5 А и обеспечивает накопление катушкой зажигания *TV* достаточной энергии магнитного поля.

Синхронный с коленчатым валом двигателя поворот ротора датчика *GV* изменяет его ЭДС по значению и направлению. При достаточном положительном ЭДС датчика *GV* от него через диод *VD1*, резистор *R1*, базово-эмиттерный переход и клемму «масса» течет ток управления транзистором *VT1*, открывая его.

База транзистора *VT2* через минимальное сопротивление перехода коллектор-эмиттер открытого транзистора *VT1* соединяется с клеммой «масса», а его эмиттер через резисторы *R6* и *R7* постоянно соединен с этой клеммой. Тогда транзистор *VT2* закрывается, вызывая закрытие составного транзистора *VT3–VT4*.

Резкое увеличение сопротивления перехода коллектор-эмиттер составного транзистора вызывает ЭДС самоиндукции в первичной обмотке *L1* и затухающий заряд – разряд конденсатора *C6* через аккумуляторную батарею *GB*, указатель *PA*, контакты *SA*, резистор *R8* и *R9*. Магнитное поле, накопленное катушкой зажигания *TV*, резко изменяется и преобразуется в ток вторичной обмотки *L2* напряжением $U_{2м}$ до 30 кВ. Под действием положительных импульсов ЭДС самоиндукции обмотки *L1* конденсатор *C3* заряжается и через резистор *R4* уменьшает потенциал базы транзистора *VT1*, ускоряя его закрытие и очередное накопление энергии катушкой зажигания. Процесс повторяется.

4.2.4.2. БТСЗ с датчиком Холла

Основным недостатком индукционных магнитоэлектрических датчиков является большой средний потребляемый ток в пределах 6–8 А и зависимость силы тока и величины выходного сигнала от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Кроме того, значительная величина индуктивности вызывает запаздывание прохождения сигнала.

Этих недостатков лишен датчик Холла – магнито-электрический датчик, названный по имени американского физика Э. Холла, открывшего в 1879 г. важное гальваномагнитное явление. Сущность явления состоит в том, что ЭДС, снимаемая с двух граней чувствительной полупроводниковой пластины из кремния или германия, пропорциональна произведению силы тока I, подводимого к двум другим граням, на величину индукции B магнитного поля, вектор которого перпендикулярен плоскости пластинки:

$$U_H = k_x IB / d, \tag{22}$$

где k_x – постоянная Холла;

d – толщина пластины;

U_H – ЭДС Холла.

Через пластинку *2* (рис. 5.52, *а*) пропускается ток примерно 30 мА, тогда как напряжение Холла составляет 2 мВ, увеличиваясь с ростом температуры. Пластинка обычно представляет одно целое с интегральной схемой, осуществляемой усиление и формирование сигнала (рис. 5.52, *б*).

Если между магнитом и полупроводником поместить перемещающийся экран *2* (рис. 5.51, *б*) с прорезями, получим импульсный генератор Холла.

Принцип работы датчика Холла представлен на рис.5.52, *б*.

Магнитное поле создается постоянным магнитом *1*, а прерывание его осуществляется ротором (экраном) *2* (рис 5.52, *б*) с окнами, укрепленным на валике распределителя.

Элемент Холла вырабатывает небольшое напряжение, поэтому оно обрабатывается и усиливается.

При прохождении окна ротора около постоянного магнита силовые линии его магнитного поля пронизывают поверхность элемента Холла, и на его выходе возникает ЭДС. Если воздушный зазор между магнитом и элементом Холла перекрывается шторкой, магнитное поле замыкается на шторку экрана и не попадает на элемент Холла *3*.

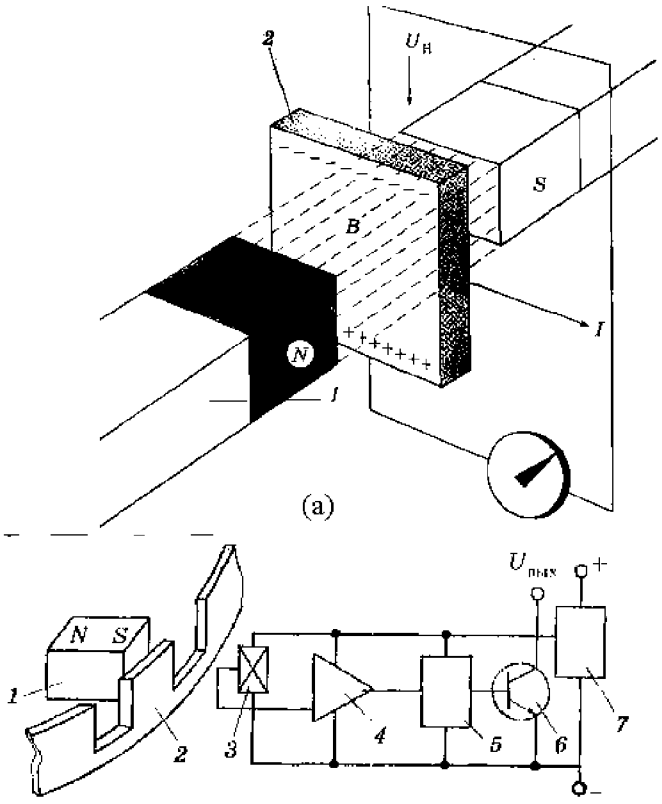


Рис. 5.52. Принцип работы элемента и датчика Холла: *а* – элемент Холла: *1* – постоянный магнит; *2* – пластинка полупроводникового материала; *б* – датчик Холла: *1* – постоянный магнит; *2* – ротор (экран с прорезями); *3* – элемент Холла; *4* – операционный усилитель; *5* – формирователь импульсов; *6* – выходной каскад; *7* – блок стабилизации

Количество шторок и окон экрана соответствует количеству цилиндров двигателя, ширина шторки экрана – углу, при котором выходной транзистор коммутатора пропускает ток через первичную обмотку зажигания.

Операционный усилитель *4* (рис. 5.52, *б*) усиливает сигнал датчика, через формирователь *5* импульсов подает сигнал на базу транзистора выходного каскада *6* и открывает его. Для исключения влияния на выходной сигнал датчика колебаний напряжения сети и температуры в схеме датчика имеется блок стабилизации *7*.

При нахождении шторки экрана в щели воздушного зазора величина магнитного потока резко падает вследствие замыкания его на шторку.

Напряжение, вырабатываемое элементом Холла U_H, поступает на операционный усилитель, усиливающий сигнал. После этого ток поступает на формирователь импульсов, где аналоговый сигнал преобразуется в цифровой. Полученный цифровой сигнал поступает на выходной каскад и окончательно усиливается до величины напряжения U_g, достаточной для работы транзисторного коммутатора. При этом напряжение U_g за счет инверсии выходного каскада вырабатывается в момент отсутствия напряжения U_H с входа элемента Холла, т. е. в момент перекрытия шторкой экрана воздушного зазора, что соответствует напряжению U_H ниже 0,4 В. В таком положении экрана транзистор выходного каскада *T0* (рис. 5.53) схемы *1* датчика Холла находится в открытом состоянии, от коммутатора через транзистор *T0* проходит ток и при этом база транзистора *T1* соединяется с массой.

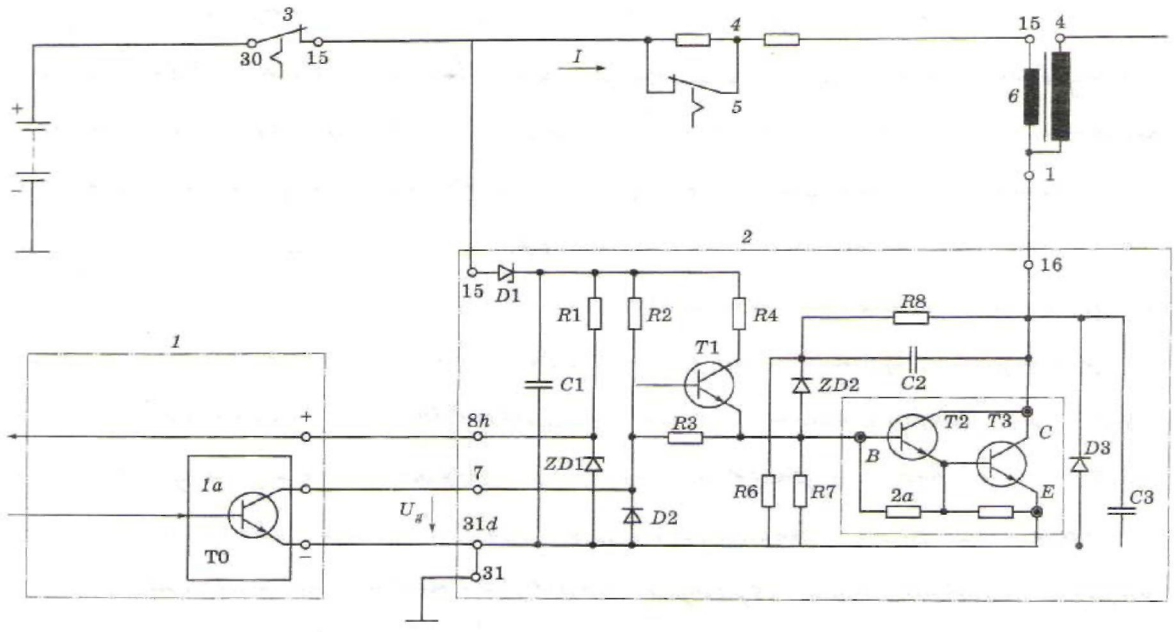


Рис. 5.53. Схема датчика Холла и коммутатора: *1* – датчик Холла; *1a* – выходной сигнал; *2* – коммутатор; *3* – замок зажигания; *4* – дополнительный резистор; *5* – шунтирование дополнительного резистора; *6* – катушка зажигания

Отсутствие положительного потенциала транзистора *T1* приводит к его закрытию. В результате этого прекращается подача положительного потенциала на базу *B* через резистор *R4* и коллекторно-эмиттерный переход транзистора *T1*. При этом ток не проходит через резистор *R7* и база *B* включения транзисторов *T2/T3* замыкается на «массу». Так как проводимость этих транзисторов *n-p-n* и положительный заряд на базе *B* отсутствует, транзисторы закрываются и ток в первичную обмотку катушки зажигания не поступает. При выходе экрана из воздушного зазора напряжение с элемента Холла достигает 0,4 В и через первичную обмотку катушки зажигания начинает протекать ток.

В момент попадания зуба ротора в зазор датчика на выходе датчика создается напряжение U_{max} примерно на 3 В меньше напряжения питания. Если через зазор датчика проходит прорезь ротора, напряжение на выходе датчика U_{min} близко к нулю (не более 0,4 В). Напряжение питания датчика соответствует напряжению бортовой сети и находится в пределах 8–14 В.

Для преобразования управляющих импульсов бесконтактного датчика в импульсы тока в первичной обмотке катушки зажигания применяются коммутаторы. Коммутатор соединен с генератором импульсов (бесконтактным датчиком) тремя проводниками. Коммутатор управляет зажиганием в зависимости от частоты вращения валика датчика-распределителя, напряжения аккумулятора, полного сопротивления катушки зажигания и при любых режимах работы двигателя выдает импульсы напряжения постоянной величины. Во время прохождения положительного импульса (напряжение U_{max}) от бесконтактного датчика постепенно (в течение 4–8 мс) нарастает ток в первичной обмотке катушки зажигания до максимальной величины *B* равной 8–9 А. В момент, когда напряжение на выходе датчика падает до U_{min}, выходной транзистор коммутатора закрывается и ток через первичную обмотку катушки зажигания резко прерывается. В результате во вторичной обмотке индуцируется импульс высокого напряжения. Датчик Холла неразборный и не подлежит ремонту, для соединения с коммутатором имеет три вывода. Датчик-распределитель выдает управляющие импульсы низкого напряжения и распределяет импульсы высокого напряжения по свечам зажигания. Он имеет центробежный и вакуумный регуляторы опережения зажигания. Бесконтактный датчик в сборе с опорной пластиной может поворачиваться в зависимости от разрежения, подводимого к вакуумному регулятору.

Катушка зажигания, адаптированная к данной системе зажигания, установлена рядом с коммутатором. Она преобразует прерывистый ток низкого

напряжения (12 В) в ток высокого напряжения (20–25 кВ), необходимый для пробоя воздушного зазора между электродами свечей зажигания. Катушка имеет в верхней части отверстие, закрытое пробкой диаметром 5,5 мм для защиты катушки от избыточного внутреннего давления. Пробка выталкивается из отверстия при росте давления вследствие повышения температуры из-за короткого замыкания.

4.3. Характеристики систем зажигания рабочей смеси

Надежность и своевременность воспламенения рабочей смеси существенно влияют на мощность, топливную экономичность, безотказность и долговечность двигателя.

Надежность воспламенения рабочей смеси зависит, прежде всего, от быстроходности системы зажигания и ее чувствительности к загрязнению свеч. Эти свойства отражают зависимости напряжения U_{2M} от частоты искрообразования f (рис. 5.54, *а*) и от сопротивления $R_{ш}$ шунта между электродами свечи зажигания (рис. 5.54, *б*).

Наибольшей быстроходностью и наименьшей чувствительностью к загрязнению свеч (уменьшению $R_{ш}$) обладает бесконтактная тиристорная система зажигания с индукционным генераторным датчиком, подающим импульсы ЭДС на электрод тиристора, отпирание которого обеспечивает резкое изменение магнитного поля катушки зажигания и создание во вторичной обмотке катушки тока с напряжением до 18 кВ. Характеристика этой системы представлена кривой *4* на рис. 5.54, *б*. ККСЗ (кривая *1*) наименее быстроходна и наиболее чувствительна к загрязнению свеч зажигания.

Своевременность воспламенения рабочей смеси зависит от приспособленности системы зажигания к данному двигателю. Чтобы мощность двигателя была максимальной, а расход топлива минимальным, искру необходимо подавать в такой момент, при котором обеспечивается одинаковое время интенсивного нарастания давления $p_г$ до и после ВМТ (кривая *2*). Этот оптимальный момент подачи искры, измеряемый углом поворота кривошипа до ВМТ, называют *оптимальным углом* $\theta_{опт}$ *опережения зажигания* (*УОЗ*).

Угол $\theta_{опт}$ является характеристикой двигателя и зависит от его конструкции, режима работы и технического состояния, а также от свойств топлива, климатических и дорожных условий.

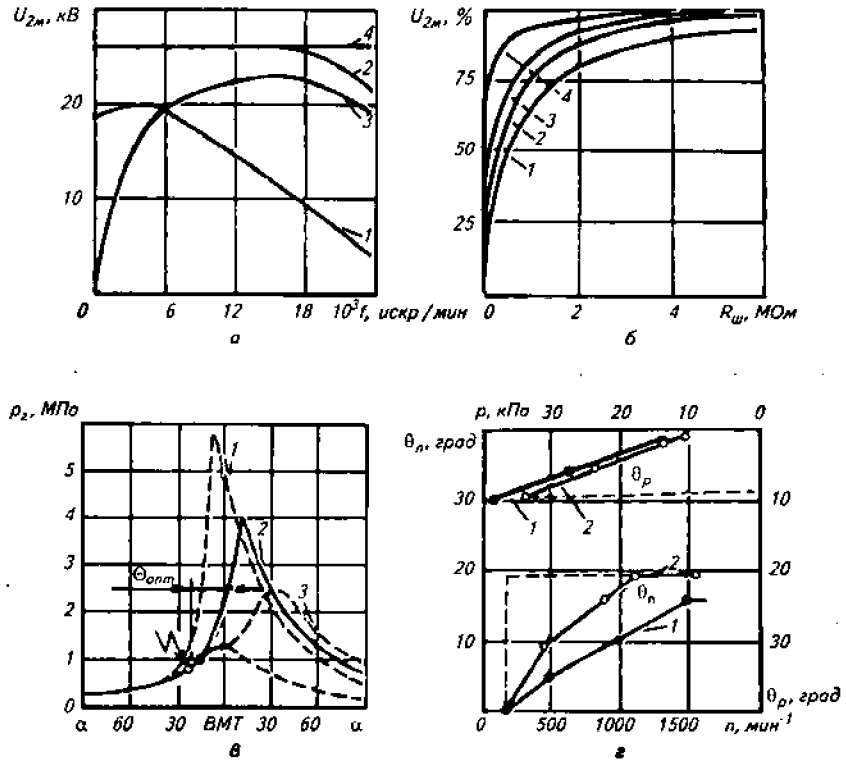


Рис. 5.54. Характеристика систем зажигания: *а* – быстроходность системы; *б* – добротности системы: *1* – ККСЗ; 2– КТСЗ; *3* – системы зажигания от магнето; *4* – бесконтактной тиристорной; *в* – моменты зажигания: *1* – раннее зажигание; *2* – оптимальное зажигание; *3* – позднее зажигание; *г* – центробежного и вакуумного регуляторов: *1* – Р13-Д; *2* – Р4-Д

Учет такого многообразия факторов с целью непрерывной оптимизации угла опережения зажигания возможен только при использовании на автомобиле микропроцессорных систем зажигания, учитывающих большое разнообразие факторов (температура, давление, начало детонации, положение дроссельной заслонки и т. д.). Преимуществом электронных систем является то, что процесс зажигания определяется углом поворота коленчатого вала, а не валика распределителя, исключающим влияние износов в приводе. В механических же системах УОЗ может изменяться только в зависимости от работы вакуумного и центробежного регуляторов, т. е. по частоте вращения коленчатого вала и нагрузке.

4.4. Конструктивные элементы системы зажигания

Составные части систем зажигания объединены в шесть подгрупп: 3704 – выключатель зажигания; 3705 – катушка зажигания; 3706 – распределитель зажигания; 3707 – искровые свечи и провода зажигания; 3728 – магнето; 3734 – транзисторный коммутатор.

Распределитель зажигания включает в себя прерыватель тока низкого распределитель тока высокого напряжения, центробежный и вакуумный регуляторы и октан-корректор.

Прерыватель управляет цепью тока низкого напряжения. Он состоит из вращаемого кулачка *6* (рис. 5.55, *а*) и нормально замкнутых контактов *7* и *8*, которые устанавливают на поворотном диске *15*.

Рычажок *5* с подвижным контактом *7* и пластинчатую пружину крепят на текстолитовой поворотной подушечке и изолируют от «массы», а пластину неподвижного контакта *8* устанавливают на ось рычажка *5*, поворачивают эксцентриком в определенное положение и крепят винтом, обеспечивая надежное соединение контакта *8* с «массой».

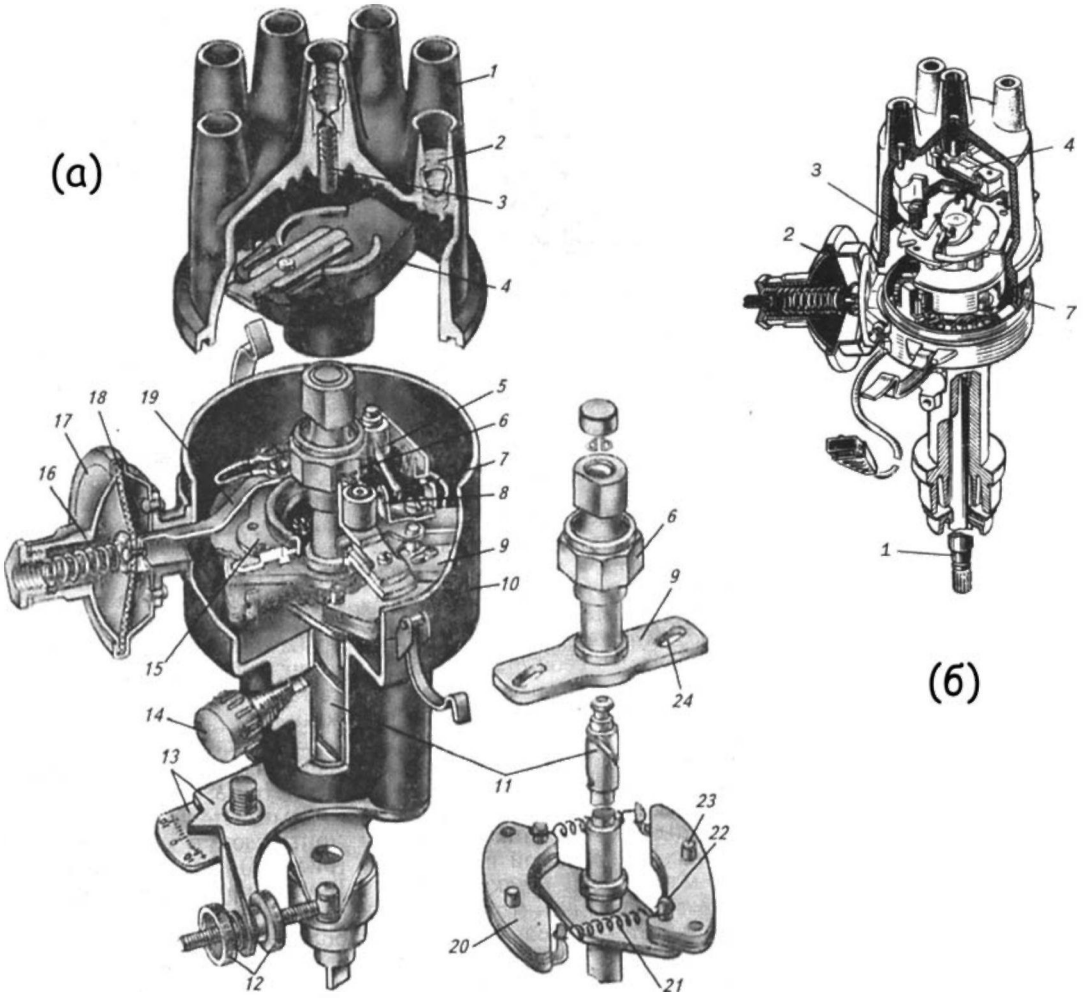


Рис.5.55. Распределитель зажигания (а) и датчик-распределитель (б): *а* – распределитель зажигания: *1* – крышка распределителя; *2* – раздаточная клемма; *3* – графитовый стержень; *4* – ротор распределителя; *5* – рычажок подвижного контакта; *6* – кулачок; *7* – подвижный контакт; *8* – неподвижный контакт; *9* – поводковая пластина; *10* – корпус; *11* – валик: *12* – гайки октан-корректора; *13* – пластины октан-корректора; *14* – масленка, *15* – поворотный диск; *16* – пружина вакуумного регулятора; *17* – чашка; *18* – диафрагма; *19* – тяга вакуумного регулятора; *20* – грузик; *21* – пружина; *22* – ось; *23* – палец; *24* – паз; *б* – датчик-распределитель: *1* – приводной валик; *2* – вакуумный регулятор; *3* – центробежный регулятор; *4* – ротор распределителя («бегунок»); *7* – бесконтактный датчик

В БТСЗ вместо распределителя зажигания (рис. 5.55, *а*) устанавливается датчик-распределитель (рис. 5.55, *б*), в котором контактный прерыватель *6*, *7*, *8* (рис. 5.55, *а*) замещен бесконтактным датчиком *7* (рис. 5.55, *б*). В бесконтактном датчике магнитоэлектрического типа число пар полюсов соответствует числу цилиндров двигателя, а в случае применения датчика Холла (рис.5.52) этому числу соответствует число прорезей экрана *2* (рис.5.52, *б*).

Центробежный регулятор автоматически изменяет угол опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала. Он состоит из валика *11* с планкой и двумя осями *22*, двух грузиков *20* с пальцами *23* и двух пружин *21* разной жесткости. Пальцы *23* входят в пазы *24* поводковой пластины *9* кулачка *6* и передают ему вращение от валика *11* через планку, оси *22* и грузики *20*.

При работе регулятора момент центробежной силы каждого грузика *20* относительно оси *22* уравновешивается моментом силы натяжения его пружины *21*. Нарушение этого равновесия вызывает поворот грузиков *20* на осях *22*, перемещение пальцев *23* в косых пазах *24* поводковой пластины *9* и поворот кулачка *6* относительно валика *11*, кинематически жестко связанного через распределительный вал с коленчатым валом двигателя.

Характеристика центробежного регулятора $\theta_{\text{п}} = f(n)$ показана на рис. 5.54, *г*.

Центробежный регулятор в датчике-распределителе поворачивает втулку ротора магнитоэлектрического датчика. В датчике Холла поворачивается муфта с магнитным экраном.

Вакуумный регулятор автоматически изменяет угол $\theta_{\text{р}}$ опережения зажигания в зависимости от разрежения (р) в смесительной камере карбюратора. Он состоит из двух чашек *17* (рис. 5.55), между которыми завальцовывают диафрагму *18* с тягой *19*. Герметичную полость с пружиной *16* соединяют медной трубкой со смесительной камерой карбюратора, а тягу *19* диафрагм – с поворотным диском прерывателя.

При работе регулятора сила сжатия пружины *16* уравновешивается силой избыточного давления атмосферного воздуха на диафрагму и тяга *19* устанавливает диск с контактами прерывателя в определенное положение. Нарушение этого равновесия из-за изменения разрежения в карбюраторе вызывает изменение прогиба диафрагмы, перемещение тяги, поворот диска с контактами относительно кулачка *6* и изменение момента их размыкания.

Вакуумный автомат в датчике-распределителе поворачивает пластину крепления магнитоэлектрического датчика.

Октан-корректор используют для изменения постоянной составляющей угла опережения зажигания, поворачивая вручную корпус *10* распределителя вместе с вакуумным регулятором относительно кулачка *6* прерывателя.

Верхнюю пластину *13* октан-корректора соединяют с корпусом распределителя, а нижнюю надевают на его хвостовик и крепят к блок-картеру. Пластины соединяют между собой винтовой тягой с двумя регулировочными гайками *12*.

Распределитель тока высокого напряжения равномерно подключает катушку к искровым свечам зажигания. Он состоит из карболитовой крышки *1*, которую крепят в определенном положении к корпусу *10*, и ротора *4*, надеваемого на хвостовик кулачка *6*. Контакт центральной клеммы крышки *1* с токопроводящей пластиной ротора обеспечивается графитовым стержнем *3* с пружиной.

В большинстве автомобилей распределители конструктивно идентичны, отличаясь только числом выступов кулачка *6* и раздаточных клемм *2*, направлением и частотой вращения, характеристиками центробежного и вакуумного регуляторов, емкостью конденсатора или его отсутствием (при переносе его в коммутатор) и габаритными размерами.

Датчики-распределители (рис. 5.55, *б*) бесконтактных систем зажигания изготовляют на базе распределителей контактных систем, встраивая магнитоэлектрический датчик вместо прерывателя.

Магнитоэлектрический индукционный генераторный датчик импульсов включает в себя статор, поворачиваемый вакуумным регулятором, и ротор, вращаемый центробежным регулятором. Применяется в БТСЗ, являясь источником питания управляющей цепи.

Ротор датчика состоит из кольцевого постоянного магнита *3* (рис. 5.56) и двух охватывающих его полюсных клювообразных наконечников *1* и *2*, закрепленных на латунной или бронзовой (не магнитной) втулке. Статор представляет собой магнитопровод из стальных пластин *4* и *6*, охватывающих кольцевую катушку *5* снаружи, и зубчатых (клювообразных), охватывающих ее изнутри. Число пар клювов ротора и пар зубцов статора одинаково и равно числу цилиндров двигателя. У датчиков-распределителей Р142-10 и 19.3706 их по четыре, а у датчиков-распределителей 20.3706-10 и 24.3706-10 по восемь.

При положении ротора, показанном на рис. 5.56, магнитный поток постоянного магнита *3* замыкается по цепи: клювы наконечника *1* – зуб и пластина *6* – пластина *4* и ее зубцы – клювы наконечника *2*. Поскольку перекрытие клювов

ротора и зубцов статора максимальное, то магнитный поток, пронизывающий пластины и катушку *5*, максимальный.

Поворот ротора на угол $^{\pi}/_{8}$ вызывает замыкание магнитного потока только зубцами пластин *4*, *6*. При этом в самих пластинах магнитного потока нет.

Когда ротор повернут на угол $^{\pi}/_{4}$, магнитный поток в пластинах *4* и *6* максимальный, но замыкается через них в противоположном направлении по цепи: клювы наконечника *1* – зубцы и пластина *4* – пластина *6* и ее зубцы – клювы наконечника *2*. В результате такого изменения направления магнитного потока пластинами *4* и *6* в катушке *5* за каждый оборот ротора индуктируется четыре полных периода синусоидальной ЭДС.

Катушку *5* одним гибким проводом соединяют с клеммой «масса», а другим проводом – через изолированный вывод на корпусе распределителя и сеть с клеммой *Р* транзисторного коммутатора.

Поворот статора и ротора, задаваемый соответственно вакуумным и центробежным регуляторами, вызывает сдвиг по фазе всех периодов ЭДС, а тем самым изменение угла опережения зажигания.

Для установки зажигания на верхнюю пластину *6* и наконечник *1* наносят метки *8*.

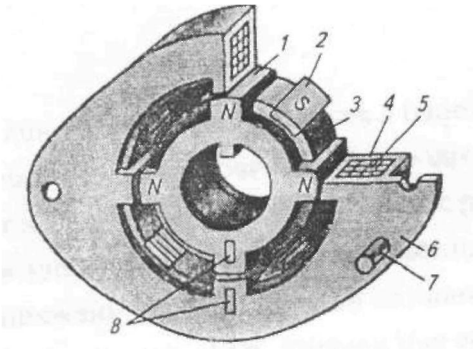


Рис. 5.56. Магнитоэлектрический датчик генераторного типа:
1, *2* – наконечники постоянного магнита; *3* –магнит; *4*, *6* – пластины магнитопровода; *5* –катушка; *7* – шип; *8* – метки

Магнитоэлектрический датчик Холла (рис. 5.52) находит применение в системах зажигания легковых автомобилей. Например, в автомобиле ВАЗ-2108 он применяется с электронным коммутатором 3620.3734. Датчик Холла, как правило, совмещают с микросхемой, стабилизирующей ток питания и усиливающей выходной сигнал.

Катушка зажигания Б116 – это импульсный повышающий трансформатор напряжения с разомкнутой магнитной цепью, состоящий из центрального сердечника *15* (рис. 5.57) и периферийного кольцеобразного магнитопровода *10*.

Вторичную обмотку *7* (38 500 витков медного провода диаметром 0,06 мм) наматывают на втулку *16* из электротехнического картона, а первичную обмотку *14* (250 витков медного провода диаметром 1,12 мм) – на вторичную обмотку, предварительно изолировав ее лакотканью и кабельной бумагой в несколько слоев. Концы вторичной обмотки крепят к контактным пластинам *8* и *13*, а концы первичной обмотки – к зажимам *К* и *17* в карболитовой крышке *2*. Пластину *13* через кожух *6* и кронштейн *9* соединяют с клеммой «масса», а пластину *8* через пружину *4* – с клеммой *3* высокого напряжения.

Фарфоровым изолятором *12* предотвращают разряд высокого напряжения через сердечник *15* на кожух *6*, а с помощью трансформаторного масла, которым заполняют катушку перед завальцовкой кожуха *6* на крышку *2*, улучшают изоляцию обмоток и отводят от них тепло.

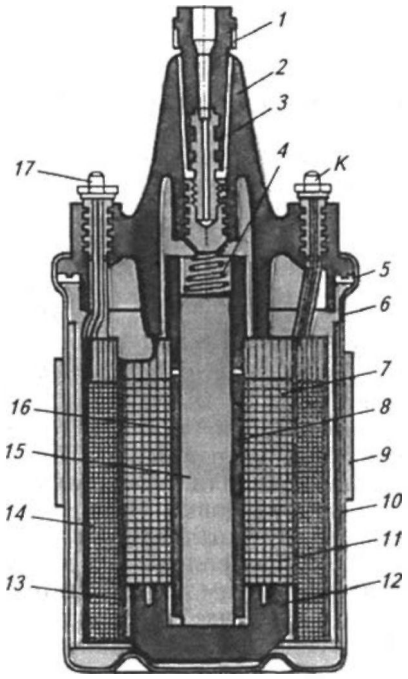


Рис. 5.57. Катушка зажигания Б116: *1* – штуцер; *2* – крышка; *3* – клемма высокого напряжения; *4* – контактная пружина; *5* – уплотнительная прокладка; *6* – кожух; *7* – вторичная обмотка; *8*, *13* – контактные пластины; *9* – кронштейн-хомут; *10* – магнитопровод; *11* – изолирующие прокладки; *12* – изолятор; *14* – первичная обмотка; *15* – сердечник; *16* – втулка; *17*, *К* – зажимы

На кронштейне *9* катушек Б114 и Б116 выштамповывают надпись «Только для транзисторной системы». Она обусловлена тем, что обмотки этих катушек имеют трансформаторную связь (электрически не связаны), а обмотки катушек других систем зажигания имеют в 2,5–3 раза меньшее отношение числа витков и автотрансформаторную связь (вторичная обмотка – продолжение первичной).

Транзисторный коммутатор ТК108-10 монтируют в оребренном корпусе *5* (рис.5.58) из алюминиевого сплава. Внутри корпуса винтами *7* крепят печатную плату *8*, на которой монтируют большинство элементов схемы. Конденсатор *1* и диод *2* крепят внутри корпуса, а транзисторы *4* и *9* – снаружи, в колодцах корпуса. Транзисторный коммутатор 12.3734 взаимозаменяем с коммутатором ТК108-10.

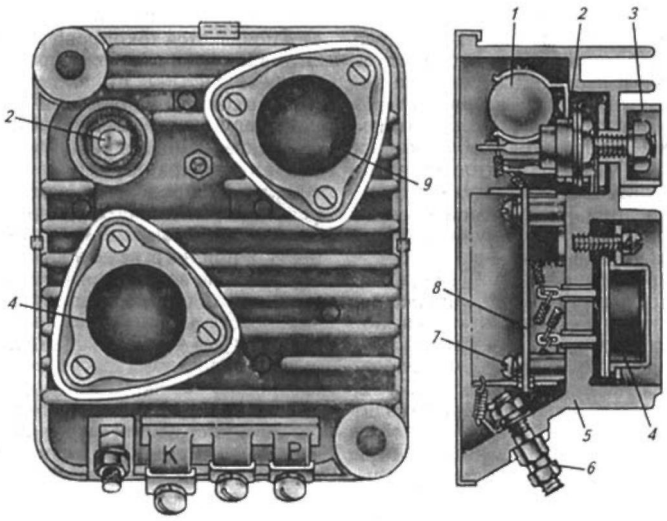


Рис. 5.58. Электронный транзисторный коммутатор ТК 108-10: *1* – конденсатор *С1* (рис. 5.50) емкостью 50 мкФ; *2* – диод *VD4* марки Д-245А; *3* – изолятор; *4* – транзистор *VT4* марки КТ808А; *5* – корпус; *6* – винт; *7* – пластина; *8* – плата; *9* – транзистор *VT3* марки КТ809А: *К*, *Р* – клеммы

Искровые свечи зажигания предназначены для удержания в камере сгорания искрового разрядника и подвода к нему тока высокого напряжения.

На современных двигателях применяют неразборные свечи зажигания с керамическим изолятором *3* (рис. 5.59, *а*, *б*, *в*) из синоксаля, уралита, боркорунда, хилумина. В изолятор *3* устанавливают стальной контактный стержень *2* с накаткой и центральный электрод *8* из стали 13Х25Т или Х20Н80, уплотняют их и соединяют токопроводящим стеклогерметиком *5*. Чтобы герметизировать и удержать изолятор *3* в корпусе *4*, применяют стальные шайбы *7*, опрессовку талька *10* или термоосадку корпуса и его завальцовку.

При работе двигателя свеча подвергается высоким тепловым, механическим, электрическим и химическим воздействиям. В случае неполного сгорания рабочей смеси и масла на электродах *8* и *9*, тепловом конусе *11* изолятора *3* и внутренней части корпуса *4* появляется токопроводящий нагар. Этот нагар, как шунт сопротивлением $R_{ш}$ (рис. 5.54,б) вызывает утечку тока высокого напряжения параллельно зазору между электродами, вплоть до прекращения искрообразования.

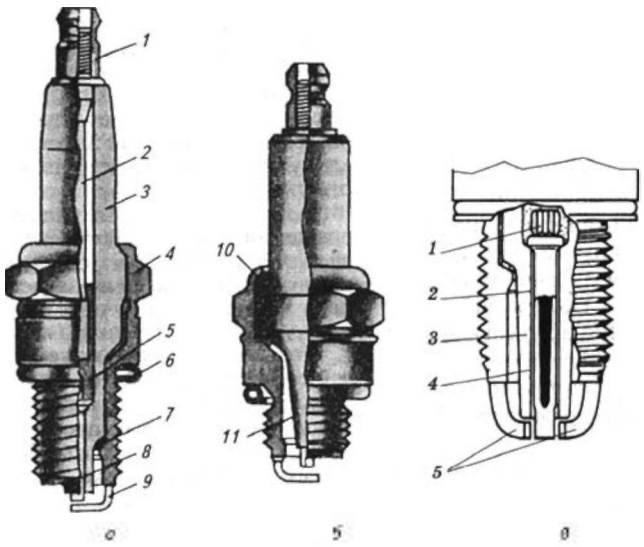


Рис. 5.59. Искровые свечи зажигания: *а* – с изолятором из синоксаля и нижним расположением «массового» электрода; *б* – с изолятором из уралита и нижним расположением «массового» электрода: *1* – контактная головка; *2* – контактный стержень; *3* – изолятор; *4* – корпус; *5* – электропроводный стелогерметик; *6* – уплотнительное кольцо; *7* – теплоотводящая шайба; *8* – центральный электрод; *9* – боковой электрод; *10* – тальк; *11* – конус изолятора; *в* – с боковыми «массовыми» электродами: *1* – перемычка из токопроводящего стекла; *2* – воздушный зазор; *3* – изолятор; *4* – центральный электрод; *5* – боковые «массовые» электроды

Находят также применение свечи с боковыми «массовыми» электродами (рис. 5.59, *в*). Например, фирма BOSCH использует свечи с несколькими боковыми электродами (вплоть до четырех). Чем больше электродов, тем ниже устойчивая частота вращения коленчатого вала двигателя за счет более разветвленной и стабильной искры.

При температуре теплового конуса 400–500 °С происходит самоочищение от токопроводящего нагара черного цвета и отложение лаков коричневого цвета, а при нагреве до 900 °С и выше – образование золы серого цвета и сетки трещин, а также возникновение калильного зажигания. Поэтому интервал температуры 400–900 °С называют тепловым пределом работоспособности свечи (рис. 5.60).

Температура теплового конуса зависит от конструкции и режима работы двигателя, а также от тепловой характеристики свечи – ее калильного числа.

Искровые свечи зажигания маркируют буквами и цифрами, например А10НТ, А11, А17ДВ, М8Т. Первой буквой условно обозначают резьбу: А – резьба М14×1,25; М – резьба М18×1,5. Цифры (8, 10, 11, 17) означают калильное число – отвлеченную величину, пропорциональную среднему индикаторному давлению, при котором во время испытания свечи на одноцилиндровой моторной установке начинает возникать калильное (неуправляемое) зажигание рабочей смеси от перегретого изолятора или электродов.

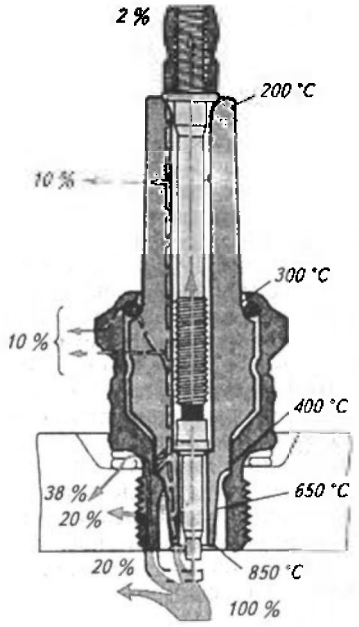


Рис. 5.60. Распределение температуры и тепловой баланс свечи зажигания

Буквы за калильным числом означают следующее: Н − длина ввертной части корпуса 11 мм; Д – длина ввертной части корпуса 19 мм; В – тепловой конус выступает за торец корпуса; Т – центральный электрод герметизирован термоцементом; У – свеча предназначена для умеренного климата; ХЛ – свеча предназначена для холодного климата; Э – экспортное исполнение.

Длину ввертной части корпуса 12 мм и герметизацию центрального электрода не термоцементом буквами не обозначают. Пример такой маркировки: свеча А11.

Магнето М124-Б1 пусковых двигателей П-10УД и П-350 – одноискровые, правого вращения. Оно состоит из корпуса *1* (рис. 5.61) с залитыми в него полюсными башмаками-стойками, крышки *3*, ротора *2* с подшипниками, полумуфтой *9*, кулачком *7*, нормально замкнутых контактов с механизмом регулировки зазора, конденсатора *8*, трансформатора *4*, изолированных клемм.

Крепление кулачка *7* на хвостовике ротора *2* позволяет изменить положение полюсов магнита, соответствующее началу размыкания контактов прерывателя.

Угол α_0 (рис. 5.47, 5.48) поворота ротора от нейтрального положения ($\alpha = 90^\circ$) до начала размыкания контактов прерывателя называют углом отрыва, или абрисом магнето. Его регулируют поворотом кулачка на угол 8–10°, учитывая скоростную характеристику магнето (кривая *3* на рис. 5.54, *а*).

Все агрегатные магнето пусковых двигателей имеют неудовлетворительную характеристику при малой частоте вращения. Это обусловлено прямой зависимостью ЭДС и силы тока в первичной обмотке трансформатора

от угловой скорости (частоты вращения) ротора. Кроме того, максимум силы тока I существенно зависит от сопротивления первичной цепи и всегда отстает от максимума первичной ЭДС на угол $0 < \alpha_0 \leq 90°$.

При пусковых частотах вращения коленчатого вала двигателя максимум силы тока I_1 ярко выражен и сдвинут по фазе на угол α_1 равный 8–10°. Такой угол и устанавливают поворотом кулачка как абрис магнето. Более раннее размыкание контактов ($\alpha_0 < 8°$) снижает надежность искрообразования во всех скоростных режимах, а позднее ($\alpha > 10°$) – только в режиме пуска.

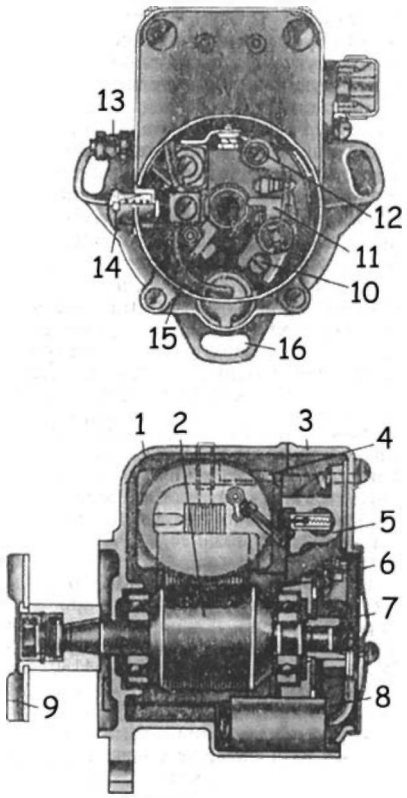


Рис. 5.61. Магнето М124-Б1: *1* – корпус; *2* – ротор; *3* – крышка; *4* – трансформатор; *5* – вывод высокого напряжения; *6* – крышка прерывателя; *7* – кулачок; *8* – конденсатор; *9* – полумуфта; *10* – эксцентрик; *11* – подушечка рычажка; *12* – винт; *13* – клемма; *14* – кнопка выключения; *15* – фальц; *16* – паз

Двухискровые магнето (М48-Б1, М145 и др.) отличаются от одноискровых формой кулачка и наличием распределителя тока высокого напряжения. В магнето М24-Б, М48-Б1, М130 вместо жесткой полумуфты *9* (рис. 5.61.) устанавливают центробежный регулятор угла опережения зажигания.

Высоковольтные провода могут быть обычного исполнения с металлическим центральным проводником и специального исполнения, обеспечивающие подавление радиопомех. Провода с медной жилой типа ПВВ, ПВРВ, ППОВ и ПВЗС имеют изоляцию из ПВХ, резины и полиэтилена, поверх которой надета оболочка повышенной бензомаслостойкости (ПВРВ, ППОВ и ПВЗС).

Такие провода рассчитаны на напряжение (максимальное рабочее) 15–25 кВ и применяются в комплекте с резисторами подавления помех. Специальные провода могут быть с резистивным или с реактивным проводом. Широко применяется реактивный провод (автомобили ВАЗ и др.) Провод ПВВП с подавлением помех выпускается на рабочее напряжение 25 и 40 кВ. Например, провод ПВВП-8 красного цвета применяется в автомобилях ВАЗ. Для БТСЗ (автомобили ВАЗ) применяют провода ПВВП-40 синего цвета (2,55 кОм/м; 40 кВ). Помехоподавительный резистор может соединяться со свечой или с распределителем. Широко применяются провода с резисторами, встроенными в свечной экранированный наконечник (рис. 5.62).

4.5. Возможные неисправности систем зажигания

1. Несвоевременное зажигание. Неисправность может проявляться на всех или отдельных режимах работы двигателя и, как правило, последний не проявляет полной мощности.

Раннее зажигание и сгорание рабочей смеси, до ВМТ (кривая *1* на рис. 5.54, *в*) вызывают опасное увеличение противодействия газов движению поршня к ВМТ, его перегрев и даже прогорание днища, особенно при детонационном сгорании. Это противодействие поршень преодолевает за счет расхода кинетической энергии маховика и уменьшения эффективной мощности двигателя.

Раннее зажигание на малых частотах вращения (рис.5.54, *г*) коленчатого вала свидетельствует об увеличении крутизны кривых $\Theta_п$ из-за недостаточного натяжения или поломки пружин центробежного регулятора.

Позднее зажигание и сгорание рабочей смеси после ВМТ (кривая *3* на рис. 5.54, *в*) вызывают увеличение теплового потока через поверхности надпоршневого объема и с отработавшими газами, перегрев и даже заклинивание поршня в цилиндре, а также прогорание выпускного клапана.

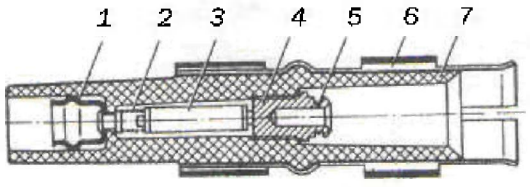


Рис. 5.62. Свечной экранированный наконечник провода:
1 – клемма; *2* – пружина; *3* – резистор подавления помех;
4 – наконечник; *5* – скоба; *6* – экран; *7* – корпус

Позднее зажигание при малых нагрузках, соответствующих максимальному разрежению (р) (рис. 5.54, *г*) в смесительной камере карбюратора, свидетельствует о горизонтальности кривых $\Theta_р$ при их максимальном значении из-за потери герметичности вакуумного регулятора.

Раннее или позднее зажигание на всех режимах работы двигателя в основном обусловлено неправильной установкой угла Θ по октан-корректору или привода распределителя.

2. Недостаточная энергия искрового разряда (*«слабая искра»*) при нормальном питании системы током низкого напряжения в основном обусловлена утечками тока высокого напряжения в увлажненных и загрязненных элементах вторичной цепи, прежде всего в шунте свеч сопротивлением $R_ш$ (рис. 5.54, *б*).

Уменьшение силы тока низкого напряжения при исправных источниках возможно из-за подгорания контактов прерывателя и большого зазора между ними, ослабления и окисления других контактов и зажимов первичной цепи.

Указанные неисправности, а также пробой изоляции высоковольтного провода, межвитковое замыкание в катушке зажигания, нарушение зазора свечи и малый зазор между контактами прерывателя приводят к перебоям в работе двигателя.

3. Отсутствие искрового разряда, проявляющееся в том, что двигатель не запускается, имеет место при чрезмерном загрязнении свеч зажигания, обрыве или замыкании на «массу» первичной или вторичной цепи, межвитковом замыкании обмоток катушки зажигания, отсутствии зазора между контактами прерывателя. Малый абрис магнето ($\alpha_0 < 8°$), особенно при загрязненных контактах прерывателя, тоже может быть причиной отсутствия искрового разряда.

При перегорании добавочного резистора катушки зажигания или шунтируемого резистора *R3* модели СЭ107 (рис. 5.50, *а*) глохнет двигатель после выключения стартера. Неоднократное перегорание резистора *R3* свидетельствует о неправильной регулировке дополнительного контакта тягового реле стартера.

Трудности с запуском двигателя связаны также с замасливанием контактов прерывателя, зависанием контактного ролика или отказом резистора подавления помех ротора распределителя, отказом конденсатора и отказом датчика или коммутатора.

Отказы транзисторных коммутаторов тоже проявляются в прекращении искрообразования. Большая часть отказов (до 50 %) обусловлена выходом

из строя транзисторов ГТ701А (коммутатор ТК102), КТ808А и КТ809А (коммутатор ТК200). Вероятность же безотказной их работы достаточно высока и при пробеге 200 000 км достигает 0,95, т. е. выше доверительной вероятности 0,9, принятой для автотракторного электрооборудования.

Следует учесть также, что при пробое изоляции центрального высоковольтного провода пропадает искровой разряд между электродами свечей зажигания и запуск двигателя невозможен.

4.6. Правила эксплуатации и техническое обслуживание

При эксплуатации систем зажигания не допускается:

– оставлять зажигание включенным при неработающем двигателе;

– изменять полярность включения источников тока в сеть;

– менять местами провода, соединенные с транзисторным коммутатором или добавочным резистором;

– замыкать накоротко добавочный резистор или его часть;

– увеличивать зазор между электродами свечей зажигания на величину более 1 мм.

1. Необходимо помнить, что в бесконтактных электронных системах зажигания, если напряжение бортовой сети превышает 18 В, коммутатор отключает систему зажигания для защиты элементов системы от повреждения.

2. В наибольшей мере ТО требуется для контактной системы зажигания.

При ТО-1 рекомендуется проверить крепление прерывателя-распределителя или датчика-распределителя и катушки зажигания. Если необходимо подтянуть крепление, смазать валик привода кулачка и ротора распределителя.

При ТО-2 следует очистить от загрязнений и масла все элементы системы зажигания. Вывинтить свечи зажигания и проверить их состояние. Если необходимо, очистить их от нагара и отрегулировать зазор между электродами. Состояние свечей может дать много информации о работе системы зажигания и двигателя. При правильном выборе свеч и их нормальной работе на нижней части изолятора виден налет светло-бежевого цвета, который не следует удалять. Черная копоть на всей свечи говорит о длительной работе на холостом ходу, переобогащении смеси, неправильной установке угла замкнутого состояния контактов прерывателя или зазора между контактами, отказе конденсатора или неисправности свечи. Замасливание свечей информирует

об износе цилиндров, поршней, поршневых колец. Выгорание электродов обусловлено перегревом из-за применения низкооктанового бензина, неправильной установки УОЗ, переобеднения смеси.

При СТО-ОЗ и СТО-ВЛ необходимо проверить состояние рычажка прерывателя, кулачка, контактов прерывателя, центробежного и вакуумного регуляторов. Если необходимо, отрегулировать установку угла замкнутого состояния контактов и момент искрообразования. Трудности с запуском двигателя чаще всего связаны с неисправностью системы зажигания.

Диагностирование системы зажигания включает в себя определение:

1) исправности выключателя зажигания (падение напряжения в его контактах под нагрузкой не должно превышать 0,2 В);

2) натяжения пружины рычажка прерывателя. Оно должно быть в пределах 4–7 Н. При недостаточном натяжении рычажок с пружиной заменяют;

3) падения напряжения на контактах прерывателя. При $\Delta U \geq 0{,}1$ В контакты зачищают;

4) угла замкнутого состояния контактов прерывателя. У распределителей восьмицилиндровых двигателей при зазоре в контактах 0,3–0,4 мм он должен быть 28–32°, у двигателей ВАЗ при зазоре в контактах 0,37–0,43 мм – 52–58°, а у двигателей автомобилей «Москвич» при зазоре в контактах 0,35–0,45 мм – 47–53°. При несоответствии углов этим значениям зазор в контактах изменяют;

5) равномерности угла искрообразования. Для четырехискровых распределителей этот угол должен быть в пределах 90° ± 1°, а для восъмиискровых – 45° ± 1°. При больших отклонениях кулачок заменяют;

6) характеристики $\theta_n = f(n)$ центробежного регулятора (рис. 5.54, *г*). При ее несоответствии заменяют пружины (Р125) или изменяют их натяжение. Если регулятор начинает действовать при меньшем значении минимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя, увеличивают натяжение пружины малой жесткости. Если же он не увеличивает угол опережения зажигания при меньшей частоте вращения, усиливают натяжение пружины большой жесткости;

7) характеристики $\theta_p = f(p)$ вакуумного регулятора. При ее несоответствии регулируют шайбами силу сжатия пружины;

8) состояния изоляции цепи высокого напряжения по бесперебойности искрообразования при частоте вращения ротора 500–700 мин$^{-1}$; бесперебойности искрообразования при максимальной частоте вращения ротора: 3000 мин$^{-1}$ – в Р125, Р127; 2000 мин$^{-1}$ – Р137; 1650 мин$^{-1}$ – Р133;

9) сопротивления $R_{ш}$ шунта свечей зажигания (мегомметром на двигателе). Оно должно быть не менее 4 МОм. При меньшем сопротивлении возникают перебои зажигания, увеличиваются расход топлива и его содержание в моторном масле;

10) правильности установки зажигания.

Для проверки и регулировки прерывателя-распределителя и датчика-распределителя служат специальные стенды Э213, К295 и др.

4.6.1. Установка на двигателе распределителей зажигания и магнето

1. Распределитель Р137 и его привод устанавливают на двигатель автомобиля ЗИЛ-130 в такой последовательности:

– вывертывают искровую свечу зажигания первого (переднего правого) цилиндра и закрывают отверстие бумажной пробкой;

– поворачивают коленчатый вал пусковой рукояткой до тех пор, пока сжатая рабочая смесь не вытолкнет пробку, а затем до совмещения метки *1* (рис. 5.63, *а*) на шкиве с риской напротив цифры *9* на указателе *2* установки угла зажигания;

– поворачивают валик привода распределителя так, чтобы его паз *1* (рис. 5.63, *б*) был смещен влево вверх и располагался вдоль рисок *3* на фланце *4* корпуса;

– вставляют привод в расточку блока цилиндров и после ввода зубчатых колес в зацепление проверяют положение паза *1* относительно оси симметрии верхнего фланца *4*. Паз должен повернуться и сместиться вперед при угловом отклонении от оси не более ± 15°.

При наличии зазора между нижним фланцем *2* и блоком цилиндров коленчатый вал поворачивают на два оборота, одновременно надавливая на корпус привода с целью ввода шипа валика в паз привода масляного насоса. После этого еще раз проверяют совмещение меток и положение паза, крепят корпус привода;

– устанавливают октан-корректор в положение «0» и отворачивают болт крепления его верхней пластины до тугого ее поворота относительно корпуса распределителя;

– поворачивают валик и распределитель так, чтобы его ротор располагался напротив метки *1* на крышке, а вакуумный регулятор был направлен

вперед. В этом положении вставляют распределитель в корпус привода и крепят к нему;

– присоединяют контрольную лампу к изолированному зажиму распределителя и клемме «масса». Включают зажигание и, поворачивая корпус распределителя и ротор (до выбора зазора в его приводе) против хода часовой стрелки, задают угол загорания контрольной лампы – начало размыкания контактов прерывателя. В этом положении затягивают болт крепления верхней пластины октан-корректора. Поворачивают коленчатый вал на два оборота с целью проверки соответствия угла загорания контрольной лампы *9* до ВМТ;

– устанавливают крышку распределителя и последовательно (по ходу часовой стрелки) соединяют ее боковые клеммы проводами высокого напряжения со свечами 1, 5, 4, 2, 6, 3, 7 и 8-го цилиндров.

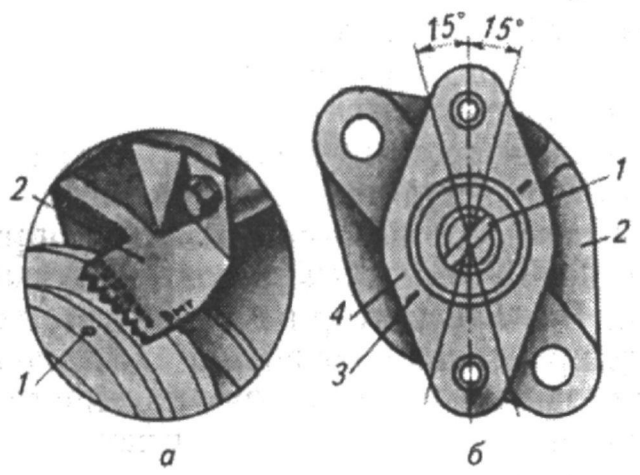


Рис. 5.63. Установка угла опережения зажигания двигателя автомобиля ЗИЛ-130: *а* – положение кривошипа первого цилиндра: *1* – метка на шкиве коленчатого вала; *2* – указатель установки угла зажигания; *б* – привод распределителя; *1* – асимметричный паз в торце приводного вала; *2* – нижний фланец корпуса; *3* – риска; *4* – верхний фланец корпуса

2. Распределитель Р133 и его привод устанавливают на двигатель ЗМЗ-53-11 в той же последовательности, что и Р137 на двигатель ЗИЛ-130, но угол опережения зажигания задают не 9°, а 4° и паз валика после установки привода располагают не поперек, а вдоль оси двигателя и со смещением влево по ходу автомобиля. При этом верхний фланец корпуса привода оказывается направленным назад и влево под углом 23°.

Своевременность зажигания проверяют по наличию детонации в процессе разгона автомобиля от 30 до 45 км/ч на прямой передаче при полностью нажатой педали управления дроссельной заслонкой карбюратора.

Если детонация не прослушивается, то угол опережения зажигания увеличивают, если же она слышна и при скорости более 45 км/ч, то его уменьшают октан-корректором. В первом случае гайки *12* (рис. 5.55, *а*) вращают так, чтобы стрелка-указатель смещалась в сторону знака «+», а во втором – в сторону знака «–».

В двухтактных двигателях угол опережения зажигания устанавливают в пределах 27–32°, измеряя его по оставшемуся до ВМТ ходу поршня.

3. Магнето М124-Б1 устанавливают на пусковые двигатели П-10УД и П-350 в такой последовательности:

– вывертывают свечу зажигания и в отверстие вставляют глубиномер штангенциркуля или чистый стержень;

– поворачивают коленчатый вал и по ходу глубиномера или стержня, определяя ВМТ поршня, наносят метку на стержне;

– увеличивают показания штангенциркуля или наносят на стержне вторую метку выше первой на 5–6 мм и на это расстояние отпускают поршень, поворачивая коленчатый вал против его направления вращения или на неполный оборот по направлению вращения;

– поворачивают вал магнето отверстием (меткой) на полумуфте *9* (рис.5.60) вверх. В этом положении вводят полумуфту в торцовый паз зубчатого колеса привода и ввертывают, но не затягивают болты крепления магнето;

– вставляют полоску тонкой бумаги или целлофана между контактами и поворачивают корпус магнето, одновременно определяя вытягиванием этой полоски начало размыкания контактов;

– затягивают болты крепления и проверяют угол начала размыкания контактов при положении поршня за 5–6 мм до ВМТ. Устанавливают свечу зажигания и присоединяют провода.

Через каждые два сезона работы магнето снимают с двигателя, разбирают, промывают и смазывают. Подшипники заполняют на $^{2}/_{3}$ объема смазкой ЦИАТИМ-201, а в фильц и ось рычажка вводят две-три капли турбинного масла.

Зазор 0,6–0,8 мм между электродами свечей зажигания проверяют круглым щупом, а регулируют специальным ключом, подгибая боковой электрод. Свечи с черным нагаром на изоляторе очищают пескоструйным аппаратом Э-203, продувают сжатым воздухом, проверяют на герметичность и бесперебойность искрообразования. При отсутствии стенда нагар удаляют щеткой из тонкой медной проволоки.

Глава 5. СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ, СВЕТОВОЙ И ЗВУКОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

5.1. Общие сведения

Система освещения и световой сигнализации предназначена для освещения дороги и рабочей зоны агрегатируемого средства, передачи информации о габаритах трактора и автомобиля, предполагаемом или совершаемом маневре, для освещения номерного знака, кабины, салона, контрольно-измерительных приборов (КИП), багажника, подкапотного пространства. Состояние и характеристики световых приборов оказывают влияние на безопасность дорожного движения и качество выполняемых операций, особенно в темное время суток.

Безопасность движения транспортного средства обеспечивается в том случае, если дальность видимости дороги превышает тормозной путь.

Работа системы освещения основана на принципах генерирования, распределения и перераспределения в пространстве электромагнитного излучения оптической области спектра, видимого органами зрения с длиной волны λ равной 380–760 нм, соответствующей цветовому спектру от фиолетового до красного цвета соответственно. Совокупность воздействия всей цветовой гаммы воспринимается органом зрения как белый цвет. Наибольшую спектральную чувствительность глаз человека проявляет к излучению с λ равной 555 нм (желто-зеленый цвет).

Тракторы и автомобили комплектуются световыми приборами разного назначения, отличающимися по конструкции и назначению и параметрам. В комплект световых приборов для тракторов и автомобилей входят не менее двух фар дальнего и ближнего света, по два передних и задних габаритных огней и указателей поворота, два световозвращателя и один фонарь освещения номерного знака, расположенных сзади.

В качестве *дополнительных световых и светосигнальных приборов* могут быть установлены:

– по две или по четыре рабочие фары спереди и сзади, устанавливаемые на крыше кабины тракторов различного назначения (т. н. фары рабочего освещения);

– контурные огни;

– боковые повторители указателей поворота;

– опознавательные знаки автопоезда и прицепов;

– боковые световозвращатели;

– проблесковый маяк;

– огни преимущественного проезда.

К необязательным световым приборам для тракторов и автомобилей относятся:

– противотуманные фары;

– фары-прожекторы;

– прожекторы-искатели;

– задние противотуманные фонари;

– фонари заднего хода и увеличения габарита автомобиля;

– боковые габаритные и стояночные огни.

5.2. Световые приборы тракторов и автомобилей

Автотракторные световые приборы делятся на осветительные и светосигнальные.

Световой пучок осветительного прибора воспринимается после отражения от дороги или объекта на дороге, а световое излучение светосигнального прибора наблюдатель воспринимает непосредственно.

Фары и фонари заднего хода для водителя автомобиля, на котором они установлены, являются осветительными, тогда как для других участников движения – светосигнальными.

Световые приборы преобразуют электрическую энергию в световой пучок определенной структуры с помощью оптической системы, состоящей из лампы, отражателя и рассеивателя. Лампа – источник света. Отражатель в виде параболоида вращения концентрирует световой поток, а прозрачный рассеиватель перераспределяет световой поток в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью линз и призм на его внутренней поверхности и может, если необходимо, менять цвет излучаемого света.

Отечественные стандарты на автотракторные световые приборы разрабатывают с учетом требований «Правил Европейской экономической Комиссии ООН (ЕЭК ООН)». После проверки приборов в специальных европейских светотехнических лабораториях, успешно прошедшим проверку на соответствие Правилам ЕЭК ООН световым приборам присваивается знак международного утверждения E_2, наносимый на рассеиватель или корпус прибора.

Двухрежимная европейская система светораспределения фар головного освещения обеспечивает хорошую освещенность прямолинейной дороги в режимах ближнего (до 50 м) и дальнего (не менее 100 м) света. В этой системе ближний свет используется при встречном разъезде машин, т. е. решается задача максимальной освещенности дороги при минимальной освещенности глаз водителей встречных транспортных средств.

Основная часть любой фары – оптический элемент, который состоит из лампы накаливания *8* (рис. 5.64), отражателя *6* и рассеивателя *1*. Автомобильная лампа – это источник света, близкий к точечному и помещенный в фокус (или близко к нему) параболоидного отражателя *6* с целью формирования направленного светового потока.

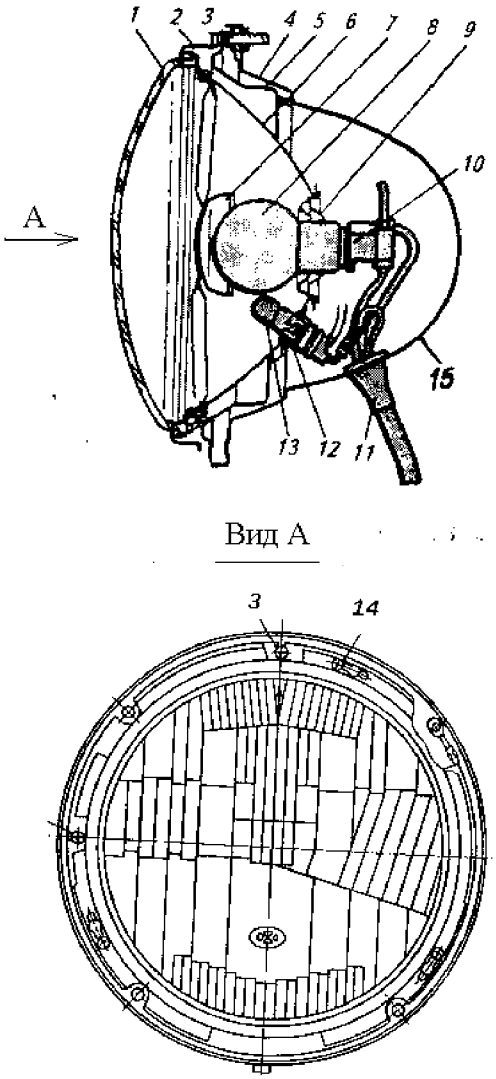


Рис. 5.64. Фара головного освещения ФГ140: *1* – рассеиватель; *2* – ободок крепления оптического элемента; *3* – регулировочный винт угла наклона; *4* – опорное кольцо; *5* – установочное кольцо; *6* – отражатель; *7* – защитный экран лампы; *8* – лампа накаливания; *9* – цоколь лампы; *10* – штекерная колодка; *11* – уплотнитель; *12* – патрон лампы стояночного света; *13* – лампа стояночного света; *14* – винт крепления ободка; *15* – корпус

В фарах с европейской и американской системами светораспределения нить дальнего света лампы *8* расположена в фокусе параболоидного отражателя *6* (рис. 5.65, *а*) и вместе с рассеивателем при правильной регулировке положения обеспечивает хорошую освещенность прямолинейной дороги более 100 м.

На перпендикулярно расположенном экране световые пятна фар обоих типов имеют форму эллипсов с горизонтальной большой осью, а у прямоугольных фар – форму овалов.

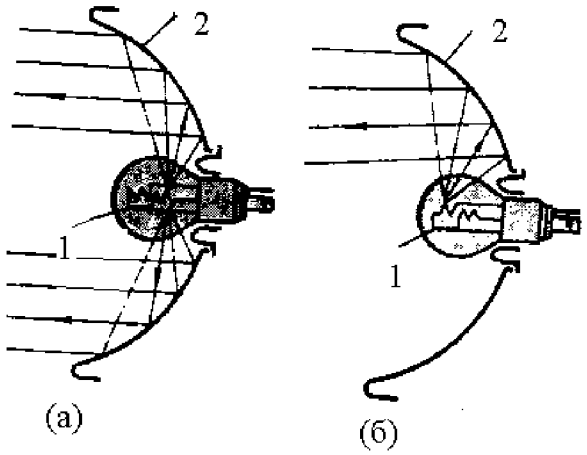


Рис. 5.65. Распределение светового потока фары головного освещения:
а – дальнего света; *б* – ближнего света; *1* – экран; *2* – отражатель

Нить ближнего света фар с европейской системой распределения смещена вперед от фокуса отражателя *2* (рис. 5.65, *б*) и защищена снизу экраном *1* специальной формы. Поэтому ее световой поток направлен только на верхнюю часть отражателя *6*, который вместе с экраном и рассеивателем *1* (рис. 5.64) отсекает четкой теневой границей верхнюю часть эллиптических световых пятен на перпендикулярно расположенном экране − вторую четверть (рис. 5.66, *б*) и 75° первой четверти.

Фары с американской системой светораспределения не имеют экрана *1* (рис. 5.65), а нить ближнего света смещена вверх и влево от фокуса, в котором расположена нить дальнего света, и вместе с отражателем и рассеивателем обеспечивает смещение эллиптических световых пятен вниз и вправо. Четкая светотеневая граница усеченных световых пятен европейских фар, обусловливающая их преимущество на ровных узких дорогах, превращается в их недостаток при вертикальных и угловых колебаниях светового пучка, вызывая более чем десятикратное изменение освещенности глаз водителей встречных транспортных средств за время, значительно меньшее времени адаптации. Кроме того, разрегулировка положения оптических элементов

европейских фар более чувствительна и опасна на дорогах всех типов и особенно на неровных. Например, разрегулировка положения оптических элементов фар ФГ140 вверх на угол 2° приводит к сокращению дальности видимости ослепленным водителем на 30 %.

Согласно Правилам ЕЭК ООН и Правилам дорожного движения РБ все современные тракторы и автомобили должны иметь следующие *светосигнальные приборы*: фонари указателей поворотов оранжевого света; сигналы торможения красного света; габаритные огни передние белого света и задние красного света; фонарь освещения номерного знака; световозвращатели (катафоты): задние – красного света, боковые (для транспортных средств длиной более 6 м) – оранжевого света, передние (для прицепов) – белого света; опознавательный знак автопоезда – три фонаря оранжевого света, установленные над кабиной в линию или треугольником; проблесковый маяк желтого цвета для крупногабаритных тракторов «Беларус-2822ДЦ, -3022ДЦ, -3022.1».

В двухфарных системах головного освещения находят применение круглые (рис. 5.64) и прямоугольные (рис. 5.67) оптические элементы.

На современных энергонасыщенных тракторах «Беларус» с кабинами и оперением улучшенного дизайна широко применяются фары головного освещения *с квадратным оптическим элементом* (квадратные фары) типа 08.7101.000 (рис. 5.68) с галогенными двухнитевыми лампами категории Н4 (12V60/55W).

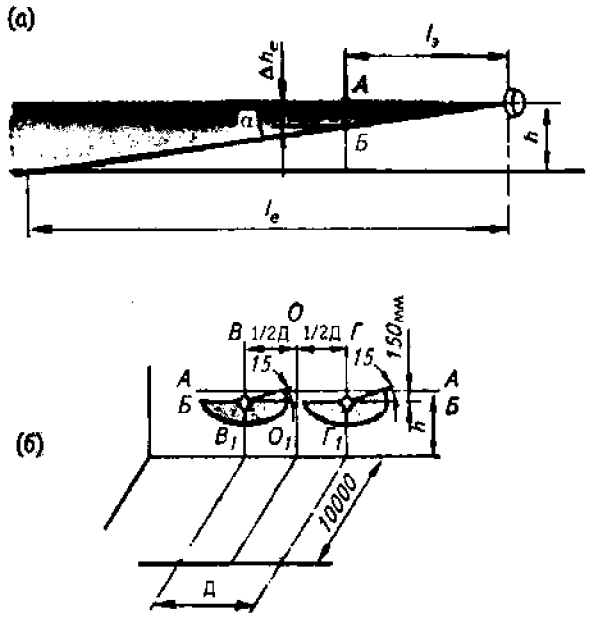


Рис. 5.66. Схема светового потока (*а*) и разметка экрана для регулировки фар тракторов «Беларус» (*б*): *АА* − линия центров фар; *h* − расстояние от опорной поверхности до линии *АА*; *Д* − расстояние между центрами фар по горизонтали; $ВВ_1$ и $ГГ_1$ − вертикальные линии, проходящие через центры фар; 150 мм − расстояние от линии *АА* до центров световых пятен для правильно отрегулированных фар

В конструкции круглой фары на ребра внутренней части корпуса *15* (рис. 5.64) установлено опорное кольцо *4* оптического элемента. Кольцо прижимается к корпусу пружиной. В пазы опорного кольца на его периферии входят головки регулировочных винтов *3*, ввернутые в гайки, закрепленные на корпусе, обеспечивая регулировку направления светового пучка фары в горизонтальной и вертикальной плоскостях в пределах ± 4° 30'.

Оптический элемент крепят к опорному кольцу тремя винтами *14* с помощью внутреннего ободка *2*. Параболоидный отражатель *6* имеет фокусное расстояние 27 мм. Рассеиватель *1* приклеен к отражателю. В оптический элемент фары устанавливается двухнитевая лампа *8* с унифицированным фланцевым цоколем *9* (типа P45t/41).

Прямоугольные фары головного освещения имеют параболоидный отражатель *5* (рис. 5.67.), ограниченный сверху и снизу горизонтальными плоскостями. Благодаря увеличению ширины светового отверстия по горизонтали обеспечивается лучшее освещение дороги на большом расстоянии.

Рассеиватель *8* соединяется по фланцу с корпусом *6* через прокладку *12* или самотвердеющей ПВХ-массы (неразъемное соединение). Корпус *6* крепится винтами к корпусу *4*. Винты *9* с гайками *10* обеспечивают регулировку направления светового пучка фары. В отражателе *5* с помощью пластины *3* закреплена двухнитевая лампа *7* типа А12-45+40. В верхней части пластины *3* расположена пружинная защелка *13*, прижимающая фланец цоколя лампы. Дополнительная лампа *11* габаритного света типа А12-4 крепится в патроне пластины *3* с помощью пластинчатой пружины.

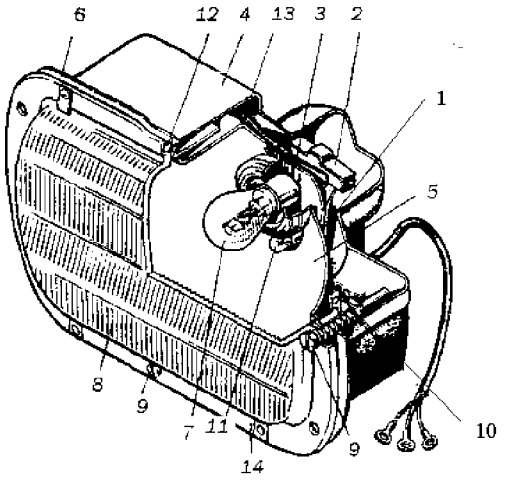


Рис. 5.67. Прямоугольная фара головного освещения: *1* – контактная пластина; *2* – соединительная колодка; *3* – металлическая пластина; *4* – пластмассовый кожух; *5* – отражатель; *6* – корпус; *7* – двухнитевая лампа; *8* – рассеиватель; *9* – винт; *10* – пластмассовая гайка; *11* – лампа габаритного света; *12* – уплотнительная прокладка; *13* – пружинная защелка; *14* – ободок

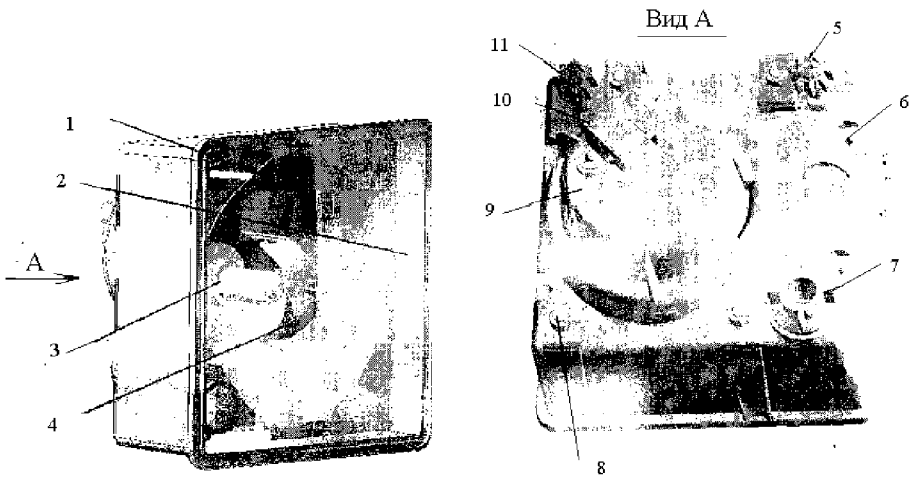


Рис. 5.68. Квадратная фара головного освещения тракторов «Беларус»: *1* – отражатель; *2* – рассеиватель; *3* – лампа Н4 (12V60/55W); *4* – экран прямых лучей; *5* – винт вертикальной регулировки светового пучка; *6* – корпус; *7* – заглушка; *8* – шпилька крепления прижима фары; *9* – крышка; *10* – разъем подключения фары; *11* – винт горизонтальной регулировки светового пучка

В прямоугольной фаре 34.3711 автомобиля ГАЗ-3102 «Волга» установлена галогенная лампа типа АКГ12-60+55-ХЛ2 и лампа габаритного света. Автомобиль «Москвич-2141» имеет две прямоугольные фары 8704-46Li (левая) и 8704.46Re (правая) с галогенными лампами категории Н4 (АКГ12-60+55) и лампами габаритного света Т8/4. В прямоугольных фарах автомобилей «Волга» и «Москвич» предусмотрены установка для корректировки наклона светового пучка в зависимости от нагрузки. Ручка корректора имеет два положения: полная нагрузка и ненагруженное состояние.

5.2.1. Лампы световых приборов

В автотракторных световых приборах применяются *электрические лампы накаливания*, требования к которым определяются Правилом 37 ЕЭК ООН, ГОСТ 2023.1-88, СТБ и ТУ РБ. Этими нормативными документами устанавливаются требования к двухнитевым автомобильным лампам фар головного освещения категории R2 (А12-45+40 и А24-55+50) (рис. 5.69, *а*), однонитевым галогенным лампам категории Н1 (АКГ12-55-2 и АКГ24-70-2) (рис. 5.70, *б*) и категории Н3 (АКГ12-55-1 и АКГ24-70-1) (рис. 5.70, *в*), двухнитевым галогенным лампам категории Н4 (АКГ12-60+55 и АКГ24-75+70), (рис. 5.70, *а*); лампами сигнальных фонарей − однонитевым категории Р21/5W (А12-21+5 и А24-21+5) (рис. 5.69, *б*), однонитевым софитным категории С5W (А12-5-1 и А24-5-1) (рис. 5.69, *д*); лампам щитков приборов и освещения салона − категории Т4W (А12-4-1 и АМН24-4), W3W (А12-3-1) и W5W (А12-5-2 и А24-5-2) (рис. 5.69, *г*).

Автомобильная лампа состоит из колбы *1* (рис. 5.67, *а*), одной или двух нитей накала *2* и *3*, цоколя *7* с фокусирующим фланцем *5* или без него и выводов *6*. Стеклянная колба может быть шаровидной, каплевидной, грушевидной или цилиндрической формы. Цоколь служит для крепления лампы в патроне и подведения тока к электродам нитей накала. Цоколи могут быть фланцевыми (рис. 5.69, *а* и 5.70, *а*) и штифтовыми (рис. 5.69, *б*, *в*). Лампы мощностью более 2 Вт заполняют смесью инертных газов (аргон, криптон) для снижения интенсивности испарения вольфрама.

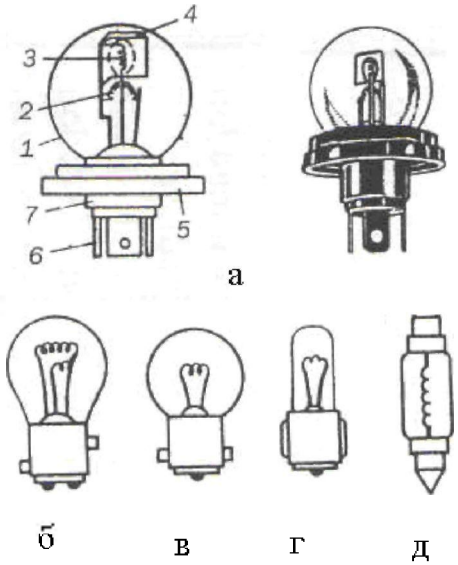


Рис. 5.69. Автомобильные обычные лампы накаливания: *а* – единая двухнитевая лампа для фар головного освещения с европейской системой светораспределения; *б* – двухнитевая штифтовая; *в* – однонитевая штифтовая; *г* – пальчиковая; *д* – софитная; *1* – колба; *2* – нить дальнего света; *3* – нить ближнего света; *4* – экран; *5* – фокусирующий фланец; *6* – выводы; *7* – цоколь

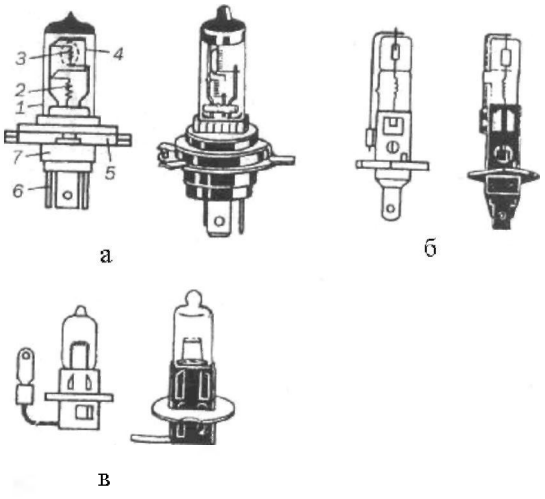


Рис. 5.70. Автомобильные галогенные лампы: *а* – двухнитевая (Н4) для фар головного освещения; *б* – однонитевая (Н1); *в* – однонитевая (Н3) для фар рабочего освещения; *1* – колба; *2* – нить дальнего света; *3* – нить ближнего света; *4* – экран; *5* – фокусирующий фланец; *6* – выводы; *7* – цоколь

Колбы галогенных ламп (рис. 5.70) также заполняются инертным газом и небольшим количеством паров йода или брома (галогениды). Колба из жаростойкого кварца в сочетании с галогенидами при t от 600 до 700 °С способствует оседанию испарившегося вольфрама обратно на нить накала, пройдя цикл соединения его с йодом, испарение йодистого вольфрама и распада его на йод и вольфрам.

Галогенные лампы имеют повышенную яркость нити накаливания, а колба остается прозрачной в течение всего срока службы лампы. Лампы накаливания, как известно, отличаются низкой эффективностью, т. к. более 90 % энергии уходит в тепло.

Средняя продолжительность горения обычных и галогенных ламп примерно одинакова и находится в пределах 100–200 ч.

5.2.1.1. Обозначение ламп накаливания

Лампы накаливания выпускаются на напряжение 6, 12 и 24 В.

Автомобильная лампа, например, категории R2 для фар головного освещения имеет следующее обозначение по ГОСТ: «А12-45+40», где буква «А» – автомобильная, число «12» указывает величину номинального напряжения 12 В; число «45» после дефиса указывает мощность в Вт нити накаливания дальнего света; число «40» после знака «+» указывает мощность в Вт нити накаливания ближнего света.

В обозначении типа галогенных ламп, например, «АКГ12-60+55» введены дополнительные буквы: «К» означает кварцевая колба, а «Г» – галогенная. Буквенные обозначения «МН» и «С» означают миниатюрная и софитная соответственно.

Для фар головного освещения с европейской системой светораспределения выпускается единая двухнитевая лампа со специальным унифицированным цоколем P45t/41 (рис. 5.69, *а*). Наличие двух базовых поверхностей ступенчатого фланца позволяет применять лампу в оптических элементах фар с фокусным расстоянием 22 и 27 мм.

Номинальная мощность ламп светосигнальных фонарей не превышает 21 Вт. Для сигналов торможения и указателей поворота используют лампы А12-21-3 и А24-21-2 со штифтовым цоколем типа BA15s/19 (рис. 5.69, *в*). Двухнитевая лампа А12-21+5 (рис. 5.69, *б*) с цоколем типа BAY15d используется для фонарей с габаритными огнями и сигналом торможения. В габаритные фонари устанавливаются однонитевые лампы А12-5-2 и А24-5-2.

Используются также софитные лампы АС12-5-1 (рис. 5.69, *д*) с цоколем типа SV8,5/8. Для освещения приборов, блоков контрольных ламп, световых ламп и световых табло применяются лампы А12-1, А24-1, А12-1, А12-2, А24-2, АМН12-3-1 и АМН24-3.

5.3. Схемы включения приборов освещения и световой сигнализации тракторов «Беларус»

Учитывая сложность и громоздкость общей схемы электрооборудования, для простоты изучения этой темы ниже будут рассмотрены схемы включения отдельных приборов освещения и световой сигнализации:

– фар головного освещения;

– передних и задних фар рабочего освещения и плафона освещения кабины;

– стоп-сигнала, сигнала ручного тормоза и подключения системы БД и ПВМ;

– фонарей автопоезда и радиооборудования;

– габаритных огней освещения номерного знака и приборов;

– указателей поворота и аварийной сигнализации.

Схемы включения приборов рассмотрены на примере популярного энергонасыщенного трактора «Беларус-1221, -1221В». Идентичные схемы включения применены в электрооборудовании тракторов «Беларус-1021, -1025».

5.3.1. Схема включения фар головного освещения

Цепи ближнего и дальнего света фар *E1* и *E2* защищены:

– предохранителем *3* блока *F2* (рис. 5.71) – цепь ближнего света правой фары *E1*;

– предохранителем *4* блока *F2* – цепь ближнего света левой фары *E2*;

– предохранителем *1* блока *F4* – цепи дальнего света обеих фар сигнальной лампы их включения (рис. 5.71).

Включение габаритного и головного освещения, а также фонаря освещения номерного знака и осветительных ламп осуществляется центральным переключателем света *SA10*. Питание к этому переключателю подводится от клеммы 12 В блока предохранителей *F1* через колодку ХР12.1, выключатель *SA6* стартера и приборов, провод 25-$К_4$, клемма *L SA10*. При включении переключения во второе положение питание подается через его замкнутые контакты *L–V* на реле и после реле на предохранители 2.5 (15 А) и 2.6 (7,5 А) (на провод Г) и далее к передним и задним габаритным огням левого и правого борта, а также к фонарю освещения номерного знака и к лампам освещения приборов (рис. 5.75).

При включении переключателя (*SA10*) в третье положение продолжается подача питания на габаритные огни, но уже через контакты *L–H*, и, кроме того, за счет замыкания контактов *I–U* питание подается на подрулевой переключатель (*SA7*) (провод *O*) для включения требуемого света фар.

Ближний свет фар E1 и E2. Рычаг подрулевого переключателя (*SA7*) находится в верхнем фиксированном положении – питание поступает через его контакты на предохранители 2.3 (7,5 А) и 2.4 (7,5 А) (провод *C*) через реле (*K8*) и далее в цепи огней ближнего света правого (Ф) и левого (Г) бортов. Реле ближнего света (*K8*) разгружает контакты (*SA7*) в цепи ближнего света.

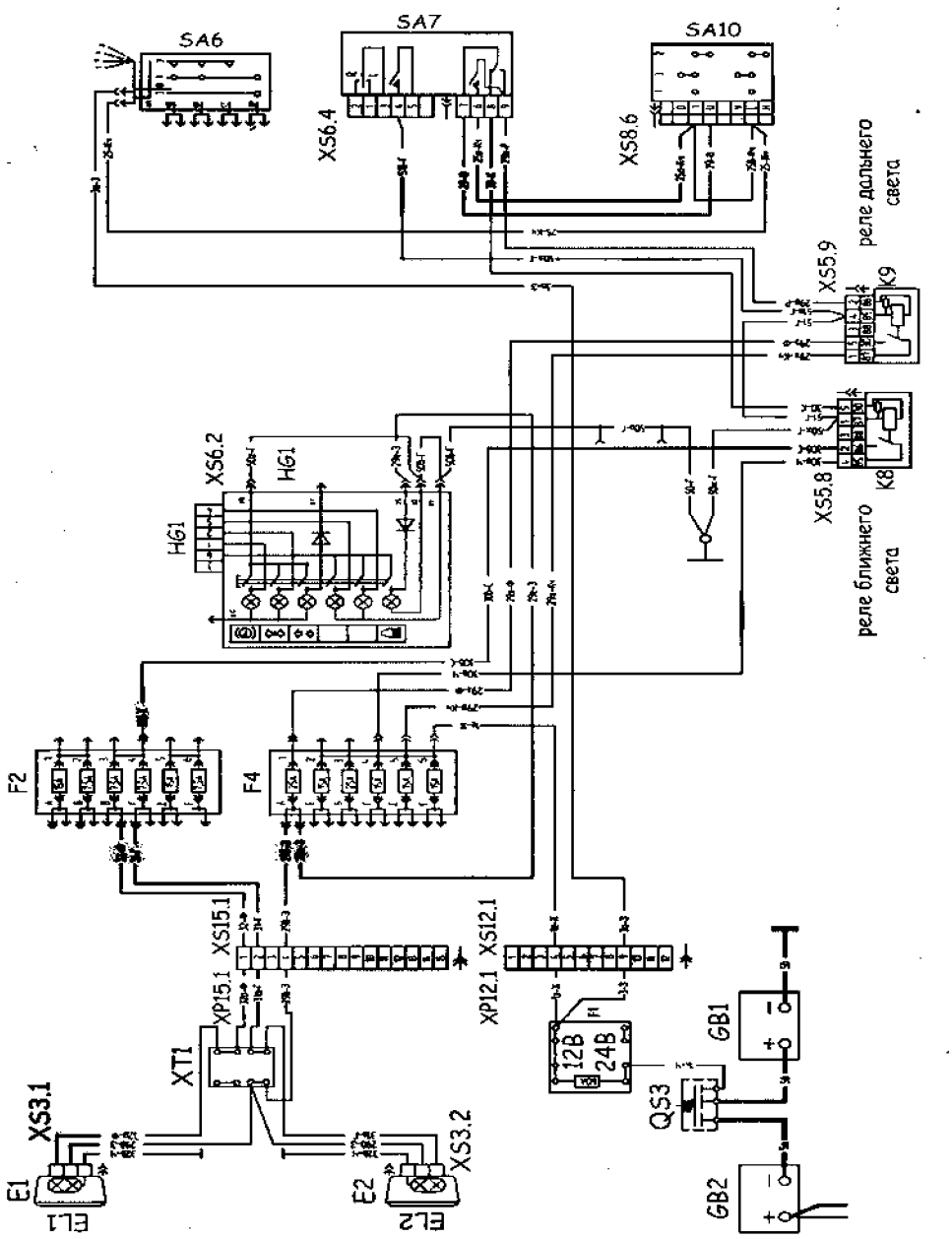


Рис. 5.71. Схема включения фар головного освещения трактора «Беларус-1221, -1221В»: *GB1*, *GB2* – АКБ; *QS3* – размыкатель силовой цепи; *E1*, *E2* – фары головного освещения 08.7101.000 с лампами HS4-60/55; *F2*, *F4* – блоки предохранителей (в щитке приборов); *HG1* – блок контрольных ламп правый; *K8* – реле ближнего света; *SA6* – выключатель стартера и приборов; *SA7* – подрулевой многофункциональный переключатель; *SA10* – клавишный центральный переключатель

Дальний свет фар E1 и E2. Рычаг подрулевого переключателя находится в нижнем фиксированном положении – питание через реле (*K9*) (провод *P*) поступает на предохранитель 4.1 (15 А) (провод Ф) и далее в цепь огней дальнего света (провод *3*). Реле дальнего света (*K9*) разгружает контакты (*SA7*) в цепи дальнего света.

Сигнализация кратковременным включением дальнего света. Рычаг подрулевого переключателя перемещается в верхнее нефиксированное положение. При этом включается дальний свет фар независимо от положения центрального переключателя света (*SA10*). Достигается это за счет того, что подрулевой переключатель (*SA7*) прерывает цепь переключателя (*SA10*), питание подается от блока (*F1*) через провода *3*, *K4* (*SA6*) к переключателю (*SA7*) (провода *K4*), минуя центральный переключатель света (*SA10*).

5.3.2. Схема включения передних и задних фар рабочего освещения и плафона освещения кабины

Защита цепей задних фар *E7*, *E8* (рис. 5.72) рабочего освещения и плафона кабины осуществляется предохранителем *5* блока *F4*, а защита передних фар *E3*, *E4* рабочего освещения – предохранителем *4* блока *F3*.

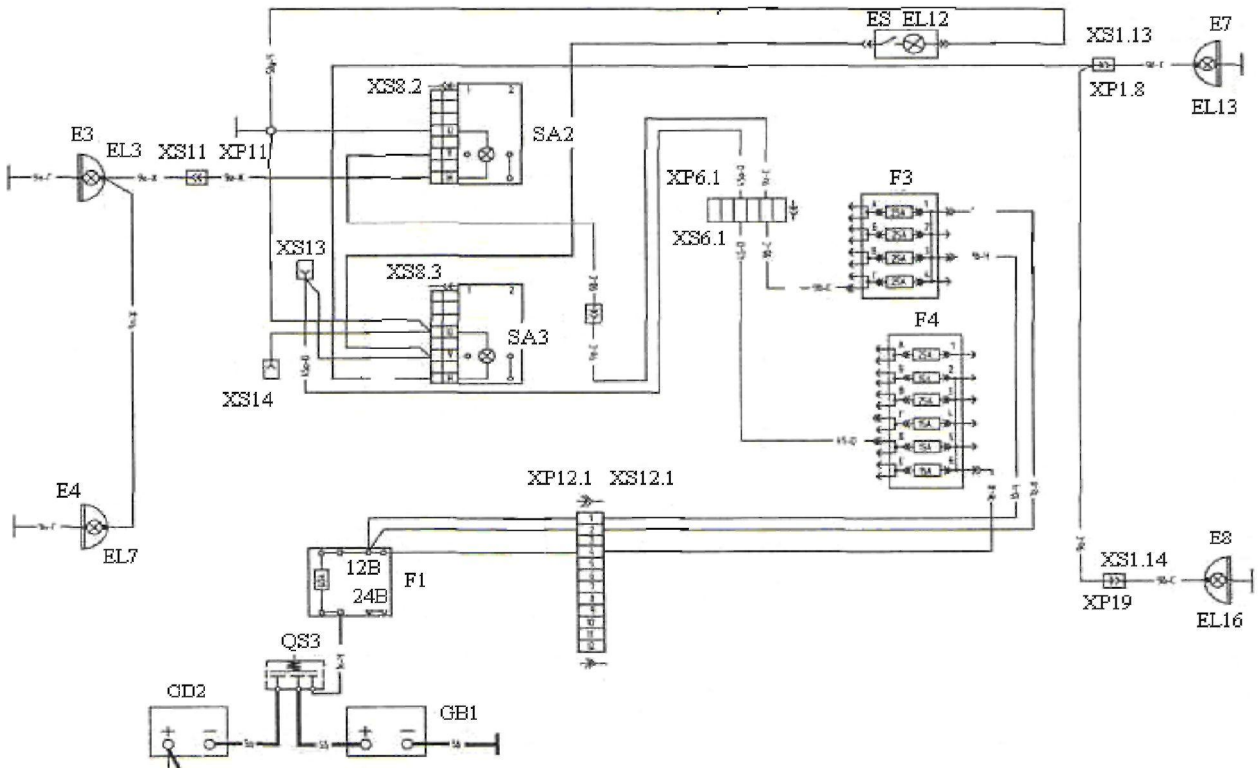


Рис. 5.72. Схема включения передних (*E3*, *E4*) и задних (*E7*, *E8*) фар рабочего освещения и плафона освещения кабины («Беларус-1221, -1221В»): *E3*, *E4*, *E7*, *E8* − фары рабочего освещения (типа 8724.304.301 с галогенными лампами АКГ12-55-1); *E5* − плафон освещения кабины (типа 111.3714); *F1*, *F3*, *F4* − блок предохранителей; *SA2* − выключатель передних фар *E3*, *E4*; *SA3* − выключатель задних фар *E7*, *E8*

Питание 12 В на фары рабочего освещения и плафон кабины *E5* поступает от АКБ через блок *F1*, колодку *XP12.1* или *XS12.1*, блоки *F4*, *F3* и выключатели *SA3* и *SA2*.

Плафон освещения кабины запитан от клеммы *V* выключателя *SA3* через предохранитель *5* блока *F4*.

5.3.3. Схема включения сигналов торможения и подключения системы управления БД и ПВМ

Защита цепей сигналов торможения осуществляется предохранителем *6* блока *F4* (рис. 5.73), от которого питание постоянно подается на включатель *SB2*, расположенный под полом кабины. На шток выключателя при торможении воздействует стержень правой педали тормоза.

При нажатии на педаль тормоза замыкаются контакты *SB2* и ток поступает к лампам *EL19*, *EL20* стоп-сигнала задних светосигнальных фонарей *HL6*, *HL7* и к клемме *6* розетки *XA9.1* для подключения электрических потребителей агрегатируемых машин и орудий.

Сигнализация включения ручного тормоза обеспечивается работой следующих приборов:

– контрольной лампы, расположенной в правом блоке контрольных ламп *HG1*;

– выключателя *SB3* типа ВК409, расположенного на кронштейне, на правой нише кабины под рычагом ручного тормоза;

– реле-прерывателя *KH1* типа РС492, расположенного внутри щитка приборов с правой стороны. Реле-прерыватель термобиметаллического типа обеспечивает прерывистый режим работы контрольной лампы ручного тормоза. Питание на контрольную лампу и реле-прерыватель поступает от предохранителя *2* блока *F2* после включения выключателя стартера и приборов *SA6* в положение 1.

Путь тока: блок *F1* – провод *3-З* – провод *3а – З*, *SA6* – провод *3б – Ж* – клемма *85* реле питания *K4*, клемма *87а* – предохранитель *2* блока *F2* – провод *16-С* – клемма «–» реле *KH1* – клемма *L–1* блока *HG1* – клемма «+» реле *KH1* – провод *16а-З*, *16б-З* – выключатель *SB3*.

Три клеммы реле-прерывателя *KH1* имеют следующее подключение:

– клемма «–» (провод *С*) – питание от предохранителя *2* блока *F2*;

– клемма «*L*» (провод *К*) – к контрольной лампе в блоке *HG1*;

– клемма «+» (провод *3*) – к выключателю *SB3* и далее на «массу».

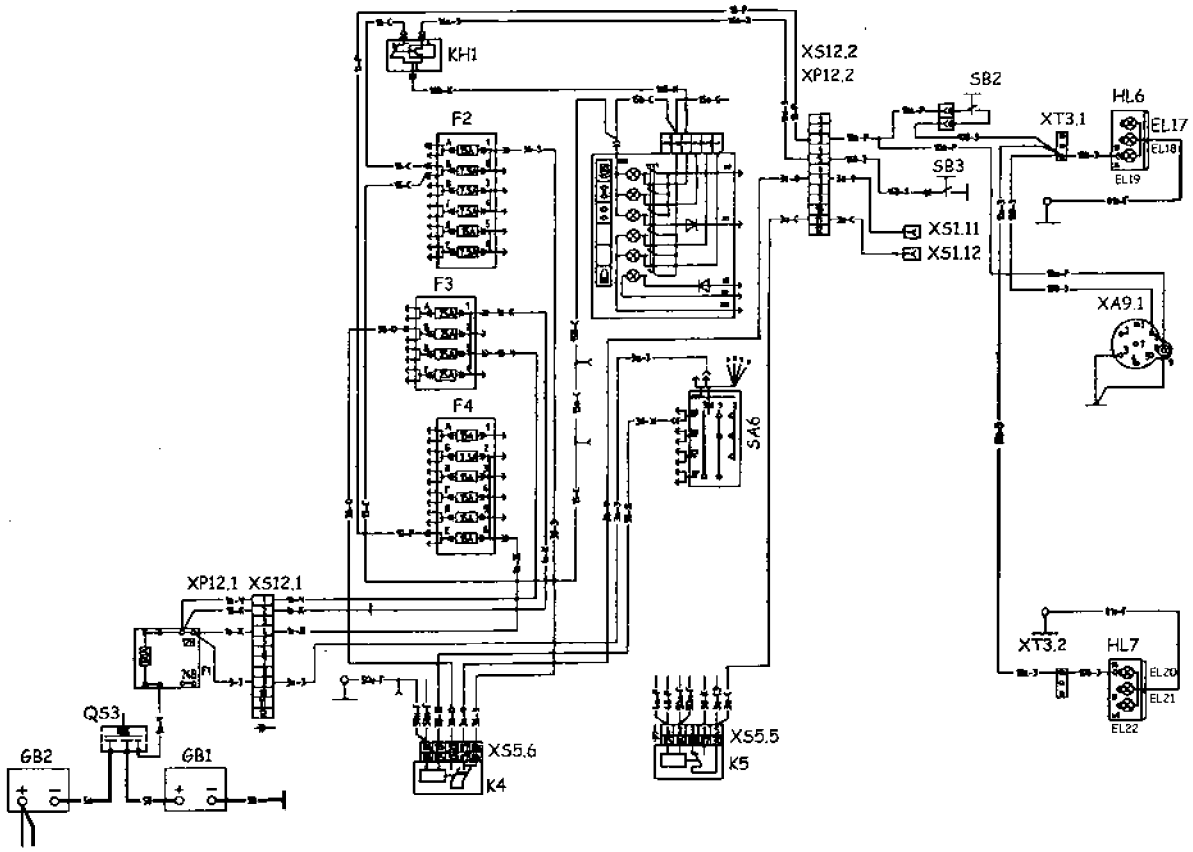


Рис 5.73. Схема включения сигналов торможения («Беларус-1221, -1221В»): *F1*, *F2*, *F3*, *F4* – блок предохранителей; *SB2* – выключатель сигнала торможения (стоп-сигнала); *HG1* – блок контрольных ламп (правый); *SB3* – выключатель сигнала ручного тормоза; *KH1* – реле-прерыватель; *HL6*, *HL7* – фонарь задний; *SA6* – выключатель стартера и приборов; *QS3* – выключатель АКБ *GB1* и *GB2*; *K4* – реле питания; *XA9.1* – розетка

При включении ручного тормоза шток выключателя *SB3* освобождается и его контакты замыкаются. При этом клемма «+» реле соединяется с «массой», загорается контрольная лампа, начинается разогрев биметаллического контакта реле *KH1* и его периодическое выключение и соответственно мигание контрольной лампы на щитке приборов.

Крепежные отверстия кронштейна выполнены овальными, что позволяет регулировать момент начала включения выключателя *SB3*.

5.3.4. Схема включения фонарей автопоезда и радиомагнитолы

Три фонаря автопоезда *HL1*, *HL2*, *HL3* (рис. 5.74) оранжевого цвета установлены на крыше кабины над лобовым стеклом и смонтированы в отдельном кронштейне. Выключатель фонарей *SA1* установлен на верхней панели в кабине трактора. При включении выключателя загораются лампы *EL4*, *EL5* и *EL6* трех оранжевых фонарей и подсветки клавиши выключателя.

Питание 12 В подается от блока *F1* через провода *1з-Ж*, *1е-Ж*, к блоку *F4*, предохранитель *5* блока *F4* провода *45-0*, *45а-0* к выключателю *SA1*. Питание 12 В для радиооборудования (*A1*, *WA1*, *BA1*, *BA2*) подается от блока *F1*

к выключателю стартера *SA6*. При повороте ключа выключателя в положение *Ш* питание подводится к радиооборудованию через провода *21-Р*, *21а-Р* и предохранитель *FU1*, входящий в комплект магнитолы.

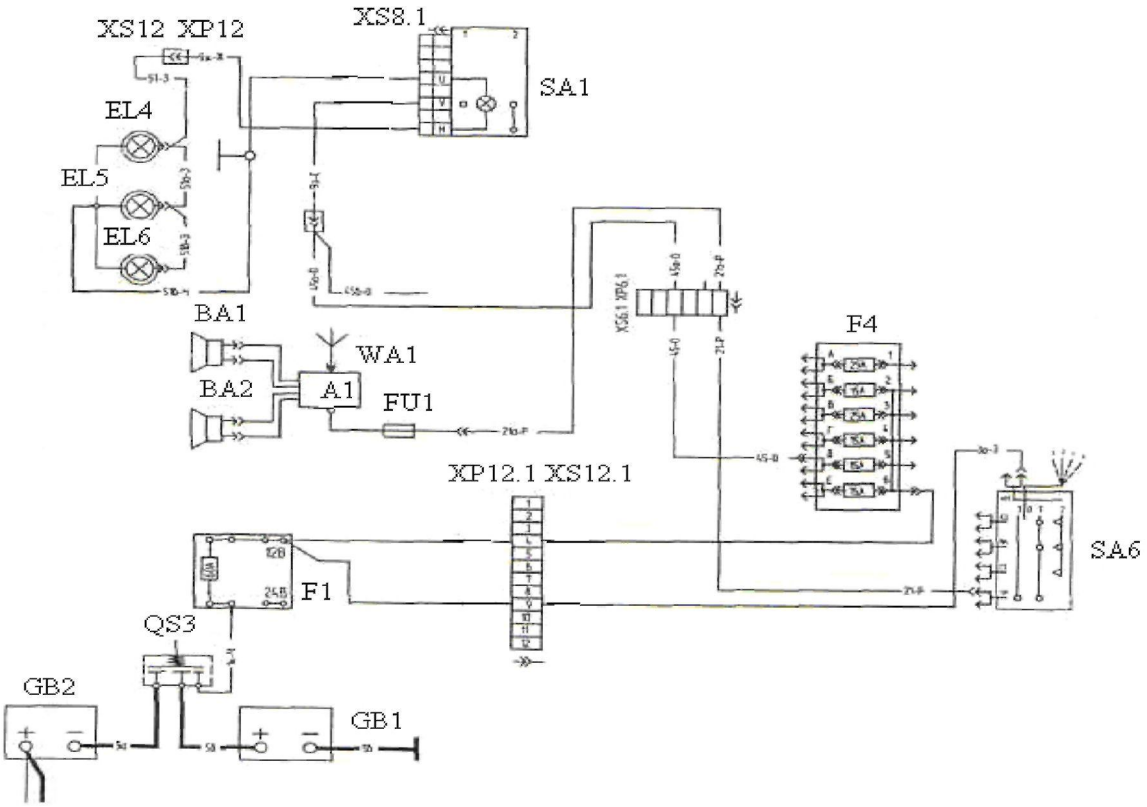


Рис. 5.74. Схема включения фонарей автопоезда и радиомагнитолы («Беларус-1221, -1221В»): *HL1*, *HL2*, *HL3* – фонарь автопоезда (ФА-1 с лампами А12-5); *SA1* – выключатель фонарей; *A1* – стереомагнитола; *BA1*, *BA2* – громкоговоритель (в комплекте магнитолы); *FU1* – предохранитель радиомагнитолы; *WA1* –антенна; *F1*, *F4* – блок предохранителей; *QS3* – выключатель АКБ *GB1* и *GB2*; *SA6* – выключатель стартера и приборов

5.3.5. Схема включения габаритных огней, освещения номерного знака и приборов

Включение габаритного света, также как и фар головного освещения и освещения номерного знака и приборов, осуществляется центральным переключателем света *SA10* (рис. 5.75.). Раздельную защиту по бортам цепей передних и задних габаритных огней обеспечивают:

– предохранитель *6* блока *F2* – цепи к переднему *HL5* и заднему *HL7* фонарям левого борта;

– предохранитель *5* блока *F2* – цепи к переднему *HL4* и заднему *HL6* фонарям правого борта, а также цепи освещения номерного знака и приборов.

Клавишный переключатель *SA10* запитан от АКБ через блок предохранителей *F1*.

При переключении *SA10* во второе положение питание через его замкнутые контакты *L–V* подается через реле (на схеме не показано) на предохранители *5* и *6* блока *F2* и далее к передним и задним габаритным огням правого и левого бортов соответственно. От предохранителя *5* дополнительно запитан тахоспидометр *P1* и комбинация приборов *P2*: блок *F2* – провод *33 КЖ* – клемма *1* (ось вращения) *P2* – провод *33а – КЖ* – клемма *Д* (освещение) *P1*. Путь тока к фонарю освещения номерного знака: блок *F2* – провод *26 – к* – колодка *XS12.2* – провод *26а – к* – колодка *XS4.2* – провод *26в – к* – колодка *XT3.1* – провод *26е – к* – фонарь *E6*.

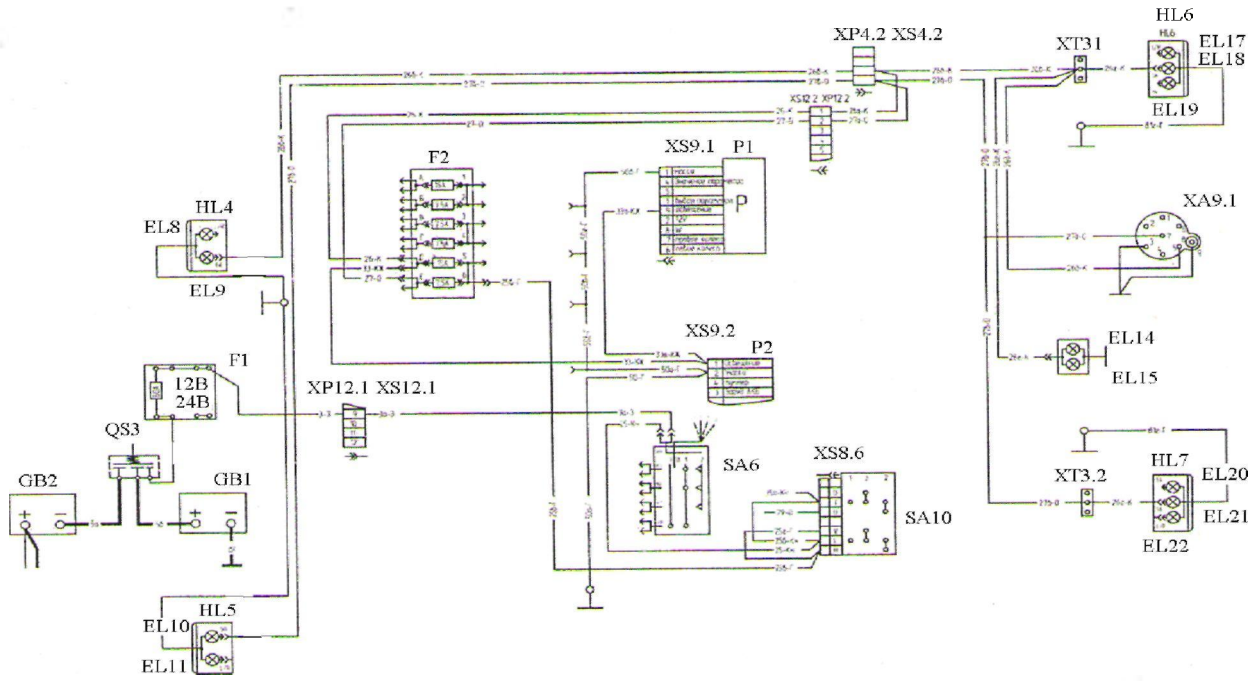


Рис. 5.75. Схема включения габаритных огней освещения номерного знака и приборов («Беларус-1221, -1221В»): *SA10* – центральный переключатель света; *SA6* – выключатель стартера и приборов; *F2* – блок предохранителей; *HL4*, *HL5* – фонарь передний; *EL9*, *EL10* – лампа А12-5 габаритного света; *HL6*, *HL7* – фонарь задний; *EL18*, *EL21* – лампа А12-10 габаритного света; *F1*, *F2* – блок предохранителей; *QS3* – выключатель АКБ *GB1* и *GB2*; *P1* – тахоспидометр АР70.3813; *P2* – комбинация приборов АР70.3801-01; *E6* – фонарь освещения номерного знака ФП131-АР

5.3.6. Схема включения указателей поворота и аварийной сигнализации

Работа сигнальных ламп указателей поворота в фонарях *HL4–HL7* (рис. 5.76.) в прерывистом режиме обеспечивается реле-прерывателем *КН2*. Контроль функционированию и исправности сигнальных ламп (СЛ) фонарей осуществляется двумя контрольными лампами (КЛ) трактора и прицепа, расположенными в правом блоке контрольных ламп *HG1*.

Защита цепей указателей поворота осуществляется предохранителем *1* блока *F2*, а в режиме аварийной сигнализации предохранителем *4* блока *F4*.

Питание в цепь указателей поворота поступает при включении выключателя стартера и приборов в положение *I*.

При перемещении рычага подрулевого переключателя (*SA7*) по часовой или против часовой стрелки соответственно включается СЛ указателей поворота:

– правого борта (провод Ч);

– левого борта (провод Г).

После включения переключателя указателей поворота (*SA7*) в цепи протекает электрический ток и его величина фиксируется электронной частью прерывателя, которая задает режим работы СЛ с частотой миганий (90 ± 30) циклов в минуту, а также режим работы двух КЛ (трактора и прицепа), соответствующий нагрузке в цепи.

КЛ указателей поворота трактора и прицепа постоянно подключены к цепи.

КЛ указателей поворота трактора и прицепа постоянно подключены к цепи питания приборов (предохранитель *1* блока *F2*), а вторым выводом (минусовым) подключаются к клеммам *С* (КЛ трактора, провод Ф) и *С2* (КЛ трактора, провод *Р*) прерывателя (*КН2*).

Ток поступает от блока *F1* через *SA6* к реле питания *К4* (клемма *85*) и далее через клемму *87а* к предохранителю *1* блока *F2*, к выключателю аварийной сигнализации *SB1*, прерывателю указателей поворота (провод *Ж*, клемма *49*), клемме *49а* и далее к подрулевому переключателю *SA7* (провод *3*).

Режим работы контрольных ламп зависит от исправного состояния СЛ и соответственно от их суммарной токовой нагрузки, создаваемой в электроцепи работающими сигнальными лампами трактора и прицепа:

Вариант 1 – трактор работает с прицепом

1. СЛ исправны – работают две КЛ (трактора и прицепа).

2. Неисправна одна из трех СЛ на тракторе или прицепе – не горит КЛ прицепа, КЛ трактора продолжает мигать.

3. Неисправны две или три СЛ одного борта – не горят обе КЛ.

Вариант 2 – трактор работает без прицепа

1. СЛ исправны – КЛ трактора мигает, КЛ прицепа не горит.

2. Неисправна одна или обе СЛ – КЛ трактора не горит.

Отклонение от указанного режима работы КЛ может быть вызвано:

– применением СЛ мощностью, отличной от требуемой (лампы типа А12-21);

– нарушением контактов в указанных цепях;

– неисправностью прерывателя *КН2*.

5.3.6.1. Работа схемы в режиме аварийной световой сигнализации

Тракторы «Беларус» оснащены аварийной световой сигнализацией, приборы которой позволяют в аварийной ситуации включать синхронную работу в мигающем режиме передних и задних сигнальных ламп указателей поворота. Включение аварийной световой сигнализации осуществляется выключением *SB1* (рис. 5.76.) на щитке приборов, который включен в цепь прерывателя указателей поворота *КН2*. В зависимости от положения выключателя *SB1* питание на прерыватель указателей поворота и СЛ поступает от одного или двух предохранителей по независимым цепям:

Выключатель аварийной сигнализации SB1 выключен − кнопка выключателя утоплена: от предохранителя *1* блока *F2* на клемму *2* выключателя *SB1* и далее через его контакты на клемму *4*, которая соединяется с клеммой *49* прерывателя *КН2*. Прерыватель и СЛ работают в режиме указателей поворота, как описано выше в п. 5.3.6.

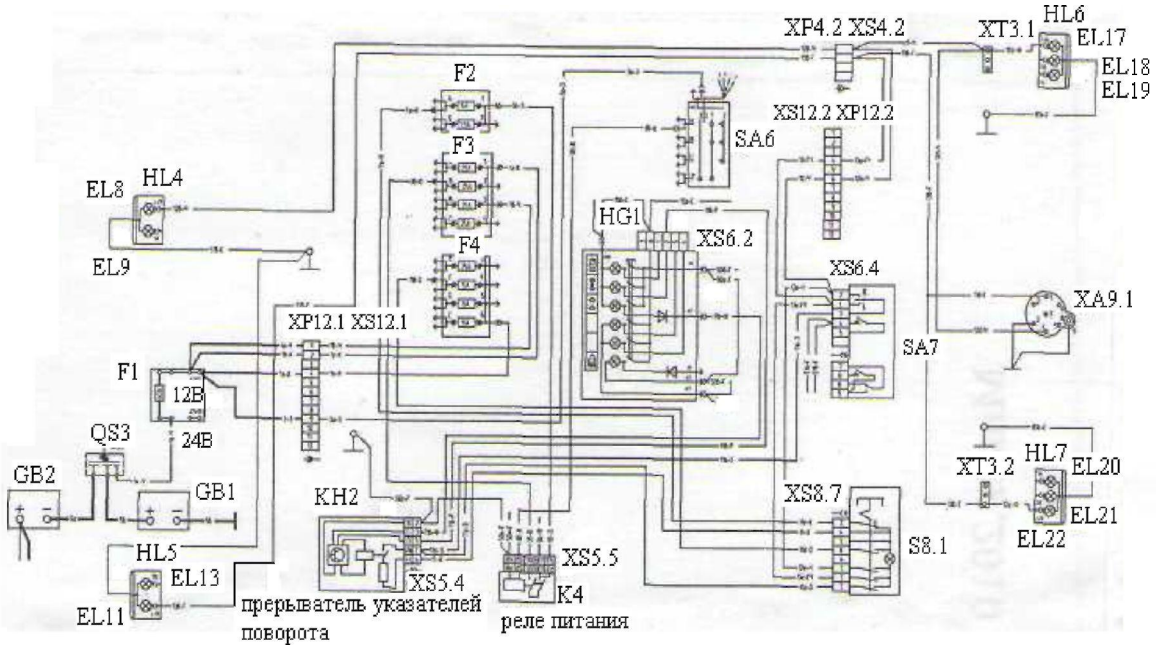


Рис. 5.76. Схема включения указателей поворота и аварийной сигнализации («Беларус-1221, -1221В»): *F1*, *F2*, *F3*, *F4* – блок предохранителей; *КН2* – реле-прерыватель указателей поворота (типа 8586.6/0031); *К4* – реле питания (типа 738.3747-40); *HL4*, *HL5* – фонари задние; *SA6* – выключатель стартера и приборов; *SA7* – подрулевой переключатель (типа ПКП-1); *SB1* – выключатель аварийной световой сигнализации (типа 245.3710); *HG1* – блок контрольных ламп; *QS3* − выключатель АКБ *GB1*, *GB2*; *XA9.1* − розетка комбинированная (типа Р9-1)

Выключатель аварийной сигнализации SB1 включен – кнопка выключателя отпущена, мигает лампа, вмонтированная в кнопку: питание от предохранителя *4.4* обеспечивает работу аварийной сигнализации при выключенном выключателе стартера и приборов *SA6*. Контакты выключателя *SB1* (клеммы *1*, *3*, *7*) перемыкают цепи СЛ указателей поворота левого и правого борта и клемму *49а* прерывателя, тем самым обеспечивая синхронную работу в мигающем режиме всех СЛ указателей поворота.

5.3.7. Схема включения звуковой сигнализации

На тракторе установлен звуковой однотональный сигнальный прибор *HA1* (рис. 5.77, *а*) со следующими основными параметрами:

1) уровень акустического давления 105–118 дБ;

2) частота звука – (420 ± 30) Гц;

3) потребляемый ток – не более 5 А.

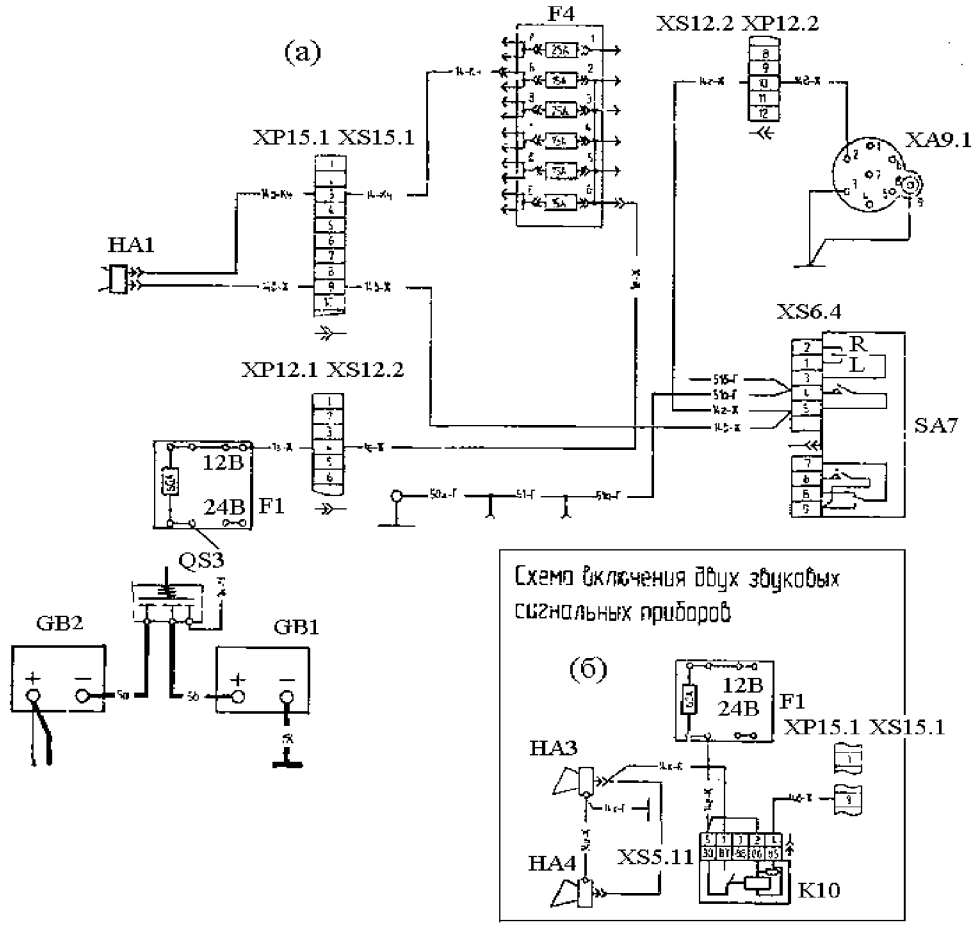


Рис. 5.77. Схема включения звукового сигнального прибора («Беларус-1221, -1221В»): *а* – схема с одним сигнальным прибором; *HA1* – звуковой сигнальный прибор 203721-01; остальные обозначения см. на рис. 5.76.; *б* – схема с двумя сигнальными приборами: *HA3* – сигнал безрупорный С308; *HA4* – сигнал безрупорный С309; *K10* – реле 90.3747

Схема включения сигнала имеет следующие особенности:

1. Питание постоянно поступает к клемме сигнала от предохранителя *2* блока *F4* (провод *К4*).

2. Включение сигнала осуществляется замыканием на «массу» второй его клеммы (провод *Ж*) при помощи двух различных выключателей:

– на рычаге подрулевого переключателя *SA7*;

– на агрегатируемой машине с подключением к клемме *2* розетки *XA9.1*.

На рис. 5.77, *б* показан вариант схемы с двумя звуковыми сигнальными приборами *HA*3 и *HA*4, которые запитаны от блока предохранителей *F1* через электромагнитное реле *К10*. Включение сигнала происходит при нажатии на рычаг переключателя *SA7* в результате замыкания контактов *30* и *87* реле *К10*. Реле *К10* защищает переключатель *SA7* от перегрузки по току.

5.4. Контрольно-измерительные приборы (КИП)

5.4.1. Общие сведения

Все контрольно-измерительные приборы, кроме указателя тока (амперметра) или напряжения (вольтметра), предназначены для измерения неэлектрических величин: температуры (охлаждающей жидкости, стенки цилиндра двигателя воздушного охлаждения, масла); давления (масла, воздуха); уровня топлива в баке; частоты вращения (коленчатого вала, ВОМ); поступательной скорости, пройденного пути. Поэтому они состоят из трех взаимосвязанных элементов: датчика, приемника и указателя.

Датчики КИП преобразуют неэлектрические физические величины (давление, температуру, уровень и т. п.) объекта контроля в пропорциональные электрические физические величины (сопротивление, ЭДС, МДС, импульсы напряжения).

Приемники КИП (указатели), соединенные проводами с датчиками, измеряют электрические величины, подводимые по измерительной цепи от датчиков, и преобразуют их в поворот стрелок, световой индикаторный столбик (указывающие приборы) или снабжают водителя, как правило, об одном аварийном значении измеряемого параметра звуковым или световым сигналом (сигнализирующие приборы).

По назначению КИП делятся на термометры, измерители давления, измерители зарядного режима АКБ (амперметры, вольтметры), измерители

скорости трактора и автомобиля (спидометры) и пройденного пути (одометры), измерители частоты вращения коленчатого вала двигателя (тахометры).

К автомобильным приборам относят также тахографы, вычерчивающие на контрольном диске условия движения, и экономеры, позволяющие подбирать оптимальный по расходу топлива режим движения.

По конструкции КИП могут изготавливаться как автономные изделия или в виде комбинации приборов. Комбинации приборов повышают информативность, обеспечивают компактность установки и упрощают монтаж за счет применения печатного и гибкого монтажа.

Устройство и работу КИП рассмотрим на примере измерителя давления (ветра, масла).

Датчик *А* (рис. 5.78) давления преобразует давление *p* в прогиб мембраны *2*, перемещение *S* толкателя *3*, поворот α_1 рычажка *6*, перемещение ползунка *4* и, наконец, в сопротивление R_X реостата *5*.

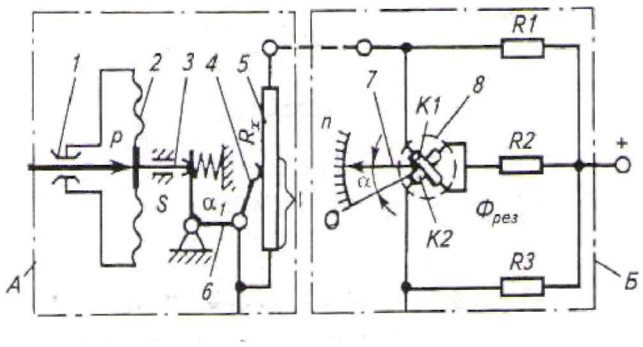


Рис. 5.78. Электрическая схема КИП: *А* – датчик давления; *Б* – указатель; *1* – калиброванное отверстие; *2* – мембрана; *3* – толкатель; *4* – ползунок; *5* – реостат; *6* – рычажок; *7* – стрелка указателя; *8* – постоянный магнит

Магнитоэлектрический приемник *Б* имеет постоянный поворотный магнит *8*, закрепленный на оси стрелки *7*, и расположен в магнитном поле перпендикулярных катушек *К1* и *К2*. Катушка *К2* питается постоянным током из сети через термокомпенсационный резистор *R2* и шунтирована резистором *R3*. Катушка *К1* шунтирована резистором *R1* и питается постоянным током из сети через резисторы *R2* приемника и *R5* датчика *А*, соединенные последовательно.

При изменении давления *p* сопротивление R_X резистора *5*, сила тока *I* в цепи катушки *К1*, ее магнитный поток и результирующий магнитный поток $\Phi_{рез}$ катушек *К1* и *К2* тоже изменяются. Это вызывает поворот постоянного магнита *8* и стрелки *7* на угол α, проградуированный на *n* значений давления *p*.

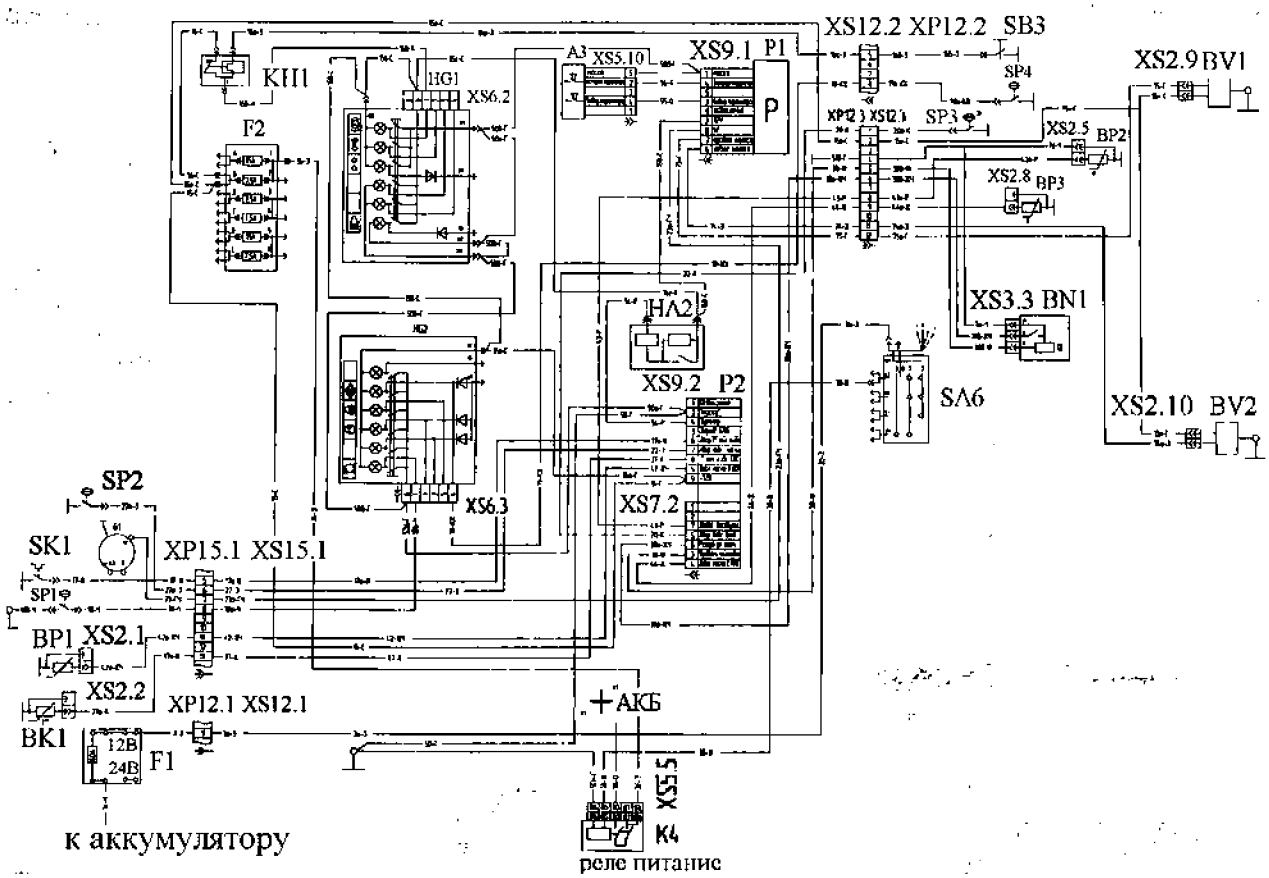


Рис. 5.79. Схема включения контрольно-измерительных приборов (тракторы «Беларус-1021, -1025, -1221, -1221В»): *BK1* – датчик указателя температуры ОЖ дизеля; *BP1* – датчик указателя давления масла в дизеле; *F1*, *F2* – блок предохранителей; *KH1* – прерыватель контрольной лампы стояночного тормоза (РС492); *HG1*, *HG2* – блок контрольных ламп; *K4* – реле питания (дополнительное); *P1* – тахоспидометр АР70.3813.01; *HA* – реле-сигнализатор звуковой (зуммер 733.3747); *P2* – комбинация приборов АР70.3801-01; *SA6* – выключатель стартера и приборов; *BN1* – датчик указателя уровня топлива; *BP3* – датчик указателя давления масла в коробке передач (КП); *BP2* – датчик указателя давления воздуха в пневмосистеме; *SP3* – датчик аварийного давления воздуха в пневмосистеме; *SP4* – датчик аварийного давления масла в ГОРУ; *SB3* – выключатель лампы стояночного тормоза; *BV1*, *BV2* – датчик скорости движения; *SP1* – датчик сигнализатора засоренности воздушного фильтра дизеля; *SK1* – датчик аварийной температуры ОЖ дизеля; *SP2* – датчик аварийного давления масла в дизеле; *G1* – генератор (индукторный Г9635 или щеточный AAN)

5.4.2. Контрольно-измерительные приборы тракторов «Беларус»

Схема включения системы контрольно-измерительных приборов тракторов «Беларус-1021, -1025, -1221, -1221В» приведена на рис. 5.79.

Основной функцией системы является информирование водителя о режиме движения транспортного средства и агрегатируемой машины, работоспособности или состояния агрегатов тракторов и автомобилей или МТА и автомобилей в целом.

– электрический тахоспидометр *P1* с пультом управления и программирования *A3* и датчиками скорости *BV1* и *BV2*;

– электрические сигнализаторы аварийных режимов, выдающих информацию световыми или звуковыми сигналами и объединенных в два блока контрольных ламп *HG1* и *HG2*.

Включение приборов осуществляется поворотом ключа выключателя стартера и приборов *SA6* в положение *1*. При этом ток с блока *F1* поступает на клемму *К3* выключателя *SA6*, провод *3б–Ж*, клемму *85* реле питания *К4*, клемму *87а* реле, к предохранителю *2* блока *F2* и далее к блокам *HG1* и *HG2*, электрическому тахоспидометру *P1* (провод *С*), сигнализатору *HA2*, комбинации приборов *P1*, датчикам скорости *BV1* и *BV2*.

Стрелки приборов должны переместиться на нулевую отметку шкалы или на ту ее отметку, которая соответствует действительному значению параметра, контролируемого системой в данный момент.

При отклонении показаний приборов от действительных значений выявите причину неисправностей, руководствуясь рекомендациями инструкции по эксплуатации.

5.4.3. Тахоспидометр

Электронный тахоспидометр АР70.3813 (рис. 5.80), установленный в щитке приборов, работает следующим образом:

1. В режиме тахометра на прибор поступают импульсы переменного тока с фазной обмотки статора (клемма *W*) генератора *G1*, где формируются импульсы напряжения с частотой (Гц) равной 0,1 частоты вращения ротора генератора (об/мин) (см. п. 2.2.2). С учетом передаточного числа ременной передачи по частоте этих импульсов измеряют частоту вращения коленчатого вала дизеля по круговой шкале с помощью стрелочного указателя *8* магнитоэлектрического измерительного прибора. Чем выше частота следования импульсов, тем больше среднее значение тока, протекающего через прибор, что фиксируется показаниями по круговой шкале, отградуированной в об/мин коленчатого вала дизеля.

2. В режиме спидометра на ЖК-дисплей *7* выводят показания:

– наработки дизеля в часах астрономического времени по сигналам напряжения с клеммы *W* генератора *G1*;

– скорости движения трактора (км/ч) по сигналам двух индукционных датчиков *BV1* и *BV2*. Датчики *2* (рис. 5.81.) установлены на крышке *1* корпуса

заднего моста в зоне левой и правой ведомых бортовых шестерен *6* конечных передач. С помощью набора регулировочных прокладок *5* обеспечивается зазор S от 0,80 до 1,50 мм между торцом магнитопровода индукционной катушки датчика и вершиной зуба шестерни *6*, что необходимо для получения надежного электрического сигнала от датчиков. Индукционные датчики перемещения (скорости) и положения находят широкое применение и в электронных системах управления двигателем для измерения частоты вращения или распределительного валов двигателя (электронные системы впрыска *Motronic* бензиновых двигателей, электронные системы управления ТНВД BOSCH, *Lucas*, системы *Common Rail* дизельных двигателей).

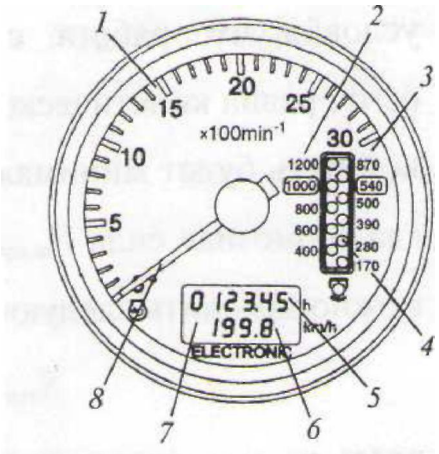


Рис. 5.80. Тахоспидометр: *1* − шкала частоты вращения коленчатого вала дизеля, об/мин; *2* − шкала частоты вращения ВОМ II − 1000 об/мин; *3* − шкала частоты вращения ВОМ I − 540 об/мин; *4* − дисплей индикации частоты вращения ВОМ (СИД-дисплей); *5* − индикация наработки дизеля, ч; *6* − индикация скорости движения трактора, км/ч; *7* − дисплей индикации наработки дизеля и скорости движения трактора (ЖКД); *8* − стрелочный указатель частоты вращения коленчатого вала дизеля

Индукционный датчик, содержащий стержневой постоянный магнит *2* (рис. 5.82) с полюсным сердечником *1* из магнитомягкой стали, и обмотку индуктивности *5* с двумя выводами. При перемещении зубьев шестерни *6* (или венца маховика при измерении скоростного режима двигателя) относительно магнитопровода, величина зазора между ними меняется.

Это вызывает изменение магнитной индукции и появление в катушке *5* двухполярного электрического импульса напряжения (рис. 5.83.), колебания которого пропорциональны скорости изменения магнитного потока. Амплитуда колебаний напряжения увеличивается строго пропорционально частоте вращения зубчатого колеса. Для генерирования сигнала достаточного уровня требуется 30 об/мин. Индукционные датчики относятся к числу наиболее надежных датчиков в электронных системах управления автотракторными ДВС.

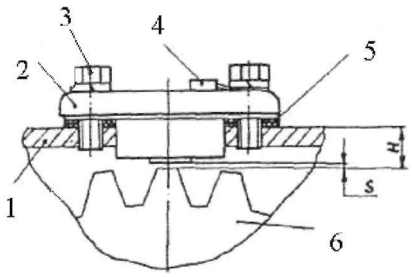


Рис. 5.81. Установка индукционных датчиков скорости: *1* − крышка корпуса заднего моста; *2* − датчик скорости *BV1*, *BV2*; *3* − болт; *4* − провод «массы»; *5* − регулировочные прокладки; *6* − ведомая шестерня бортовой передачи; *S* − зазор между торцом магнитопровода индукционной катушки датчика и вершиной зуба шестерни; *H* − расстояние от поверхности крышки 1 до вершины зуба шестерни (*H* составляет 11,25–15,75 мм в зависимости от толщины крышки и допусков изготовления)

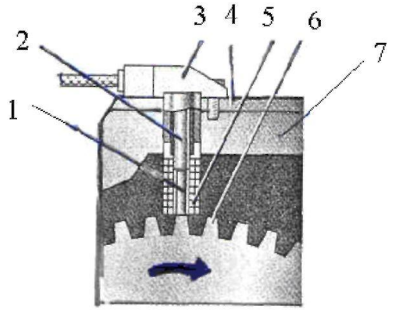


Рис. 5.82. Индукционный датчик частоты вращения: *1* − магнитомягкий сердечник (магнитопровод); *2* − постоянный магнит; *3* − корпус датчика; *4* − крышка; *5* − обмотка индуктивности (индукционная катушка); *6* − шестерня (венец маховика); *7* – корпус

Электронный тахоспидометр (рис. 5.78) дает следующие показания:

– при остановленном тракторе после установки выключателя стартера и приборов в положение *1* на дисплее *7* появляется индикация *5* наработки дизеля в часах;

– при движении трактора на дисплее *7* появляется индикация *6* скорости движения трактора (км/ч), при этом индикация *5* исчезает.

– после запуска дизеля стрелочный указатель *8* перемещается по круговой шкале *1* для индикации частоты вращения коленчатого вала дизеля. Одновременно на дисплее *4* появляется индикация частоты вращения ВОМ. Электрический сигнал частоты вращения подается с фазной обмотки генератора (клемма *W*).

5.4.4. Пульт управления тахоспидометром

Пульт управления *1* (рис. 5.84) установлен на щитке приборов под тахоспидометром *2* и служит для программирования тахоспидометра по моделям

тракторов «Беларус» различных серий, радиусам качения задних колес и моделям дизелей.

На заводе тахоспидометр запрограммирован по трем параметрам на ту модель трактора, который сходит с конвейера. В процессе эксплуатации трактора перепрограммирование прибора может потребоваться только по одному параметру – радиусу качения задних шин – при замене шин, установленных на задние колеса, на шины другого типоразмера.

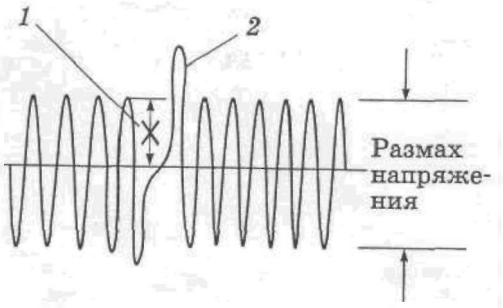


Рис. 5.83. Импульсы напряжения на выходе индукционного датчика: *1* − среднее напряжение импульсов скорости; *2* − напряжение, соответствующее положению поршня в ВМТ, при использовании дополнительного датчика с пропуском зубьев (в применении датчика в электронной системе управления ДВС)

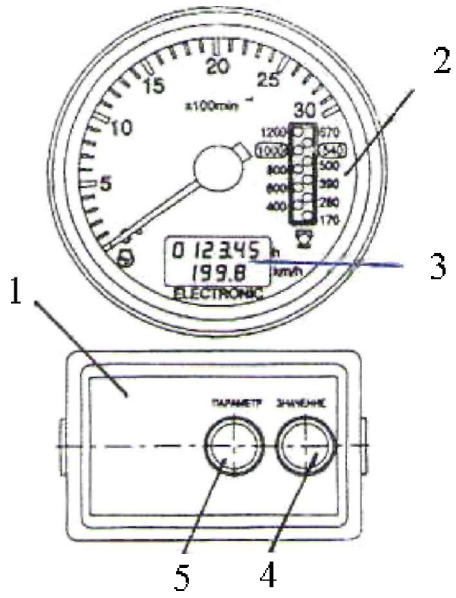


Рис. 5.84. Тахоспидометр и пульт управления: *1* − пульт управления; *2* − тахоспидометр; *3* − дисплей наработки (ч) и скорости движения (км/ч); *4* − кнопка ввода на дисплей кодируемых чисел; *5* − кнопка вывода на дисплей параметра программирования

На пульте управления *1* имеются две кнопки *4*, *5*, с помощью которых осуществляется программирование и перепрограммирование тахоспидометра:

–при нажатии кнопки *5* вводится код (номер) параметра программирования;

– при нажатии кнопки *4* вводится значение кодируемого числа.

Рассмотрим последовательность операций при перепрограммировании по радиусу качения ($R_к$) шин задних колес:

– нажатием кнопки *1* (параметр) на дисплей *3* тахоспидометра вводится номер параметра – число 2 для радиуса качения;

– нажатием кнопки *2* (значение) на дисплей *3* вводится значение $R_к$, например, в виде кодируемого числа 675 принятого для шины 16,9R30.

Панель управления *A3* (рис. 5.79.) подключается к тахоспидометру *P1* следующим образом:

– клеммой 5 («масса») к клемме *1* («масса») *P1*;

– клеммой *2* (значение параметра) к одноименной клемме *3 P1*.

Тахоспидометр *P1* подключается к системе контрольно-измерительных приборов (рис. 5.79) с помощью девятиконтактной колодки на задней стенке прибора:

– клеммами *1*, *3*, *4* к пульту управления *A3*;

– клеммами *6*, *7* к датчикам скорости (левому и правому);

– клеммой *2* к питанию 12 В;

– клеммой *8* к клемме *W* генератора;

– клеммой *9* к подсветке шкалы.

5.4.5. Комбинация приборов

Комбинация приборов *P1* включает в себя шесть указателей *1*, *2*, *2а*, *3*, *4*, *5* (рис. 5.85), контролирующих следующие параметры трактора:

– температуру ОЖ дизеля *1*;

– давление масла в смазочной системе дизеля *2*;

– давление масла в гидросистеме трансмиссии *2а*;

– давление воздуха в пневмосистеме привода тормозов прицепа;

– уровень топлива в баке;

– напряжение АКБ или генератора.

Все указатели, кроме *2а*, снабжены сигнальными лампами аварийных режимов − светодиодными лампами красного цвета (указатели *1*, *2*, *3*, *5*) − лампой накаливаний желтого цвета типа А12-1.2 (указатель *4*). По заказу потребителей на некоторых моделях тракторов «Беларус» могут быть установлены шесть автономных указателей *P4*, *P5*, *P6*, *P7*, *P8*, *P9* (рис. 5.86).

Для включения комбинации приборов необходимо повернуть ключ выключателя стартера и приборов *SA6* (рис. 5.79) в положение *I*. В этом случае стрелки указателей (рис. 5.85) давления масла *2* и *2а* (рис. 5.85) и указателя

температуры *1* должны сдвинуться на нулевые отметки шкалы, а стрелки указателя давления воздуха *3*, указателя уровня топлива *4* и указателя напряжения *5* должны установиться в положения, соответствующие фактическому состоянию контролируемого параметра.

Электрическая цепь приборов защищена предохранителем *2* в блоке *F2* (рис. 5.79).

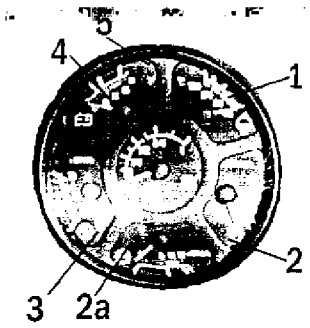


Рис. 5.85. Комбинация приборов (тракторы «Беларус» серий 1000, 1200, 1500, 2000, 2800, 3000): *1* − указатель температуры охлаждающей жидкости дизеля; *2* − указатель давления масла в дизеле; *2а* − указатель давления масла в гидросистеме КП (кроме тракторов серий 500, 600, 800, 900); *3* − указатель давления воздуха в пневмосистеме; *4* − указатель уровня топлива в баке; *5* − указатель напряжения АКБ или генератора

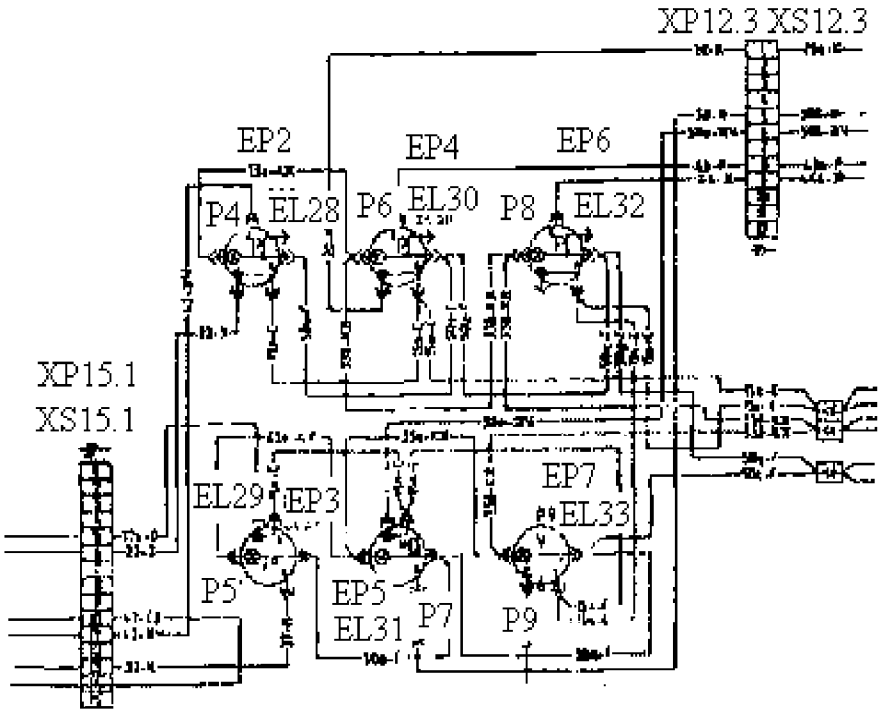


Рис. 5.86. Схема включения автономных КИП: *P4* − указатель давления масла в дизеле ЭИ8009-9; *P5* − указатель температуры охлаждающей жидкости ЭИ8008-3; *P6* − указатель давления воздуха в пневмосистеме ЭИ8009-11; *P7* − указатель уровня топлива в баке ЭИ8007-2; *P8* − указатель давления масла в гидросистеме трансмиссии ЭИ8009-12 (кроме тракторов «Беларус» серий 500, 800, 900); *P9* − указатель напряжения в цепи зарядки АКБ

Указатель температуры охлаждающей жидкости дизеля 1 (рис. 5.85) с сигнальной лампой аварийной температуры (красного цвета) работает с датчиком температуры *ВК1*.

Шкала указателя имеет три зоны:

– рабочую – 80–100 °С – зеленый цвет;

– нерабочую – 40–80 °С – желтый цвет;

– нерабочую – 100–120 °С – красный цвет.

Указатель давления масла в дизеле 2 с сигнальной лампой аварийного падения (красного цвета) работает с датчиком давления *ВР1*.

Шкала указателя имеет три зоны:

– рабочую – 100–500 кПа – зеленый цвет;

– нерабочую – 0–100 кПа – красный цвет;

– нерабочую – 500–600 кПа – красный цвет.

При запуске холодного дизеля возможно увеличение давления масла до 600 кПа.

Зоны шкалы, отмеченные штриховкой:

-красная
-желтая
-зеленая
-оранжевая

Указатель давления масла в гидросистеме КП 2а работает с датчиком давления масла *ВР3*.

Шкала указателя имеет три зоны:

– рабочую – от 800 до 1500 кПа (8–15 кгс/см^2);

– нерабочую – 400 до 800 кПа (4–8 кгс/см^2);

– нерабочую – от 1500 до 1800 кПа (15–18 кгс/см^2).

Указатель давления воздуха в пневмосистеме 3 с сигнальной лампой аварийного давления (красного цвета) работает с датчиком давления воздуха *ВР2*.

Шкала указателя имеет три зоны:

– рабочую – 500–800 кПа – зеленый цвет;

– нерабочую – 0–500 кПа – красный цвет;

– нерабочую – 800–1000 кПа – красный цвет.

Указатель уровня топлива в баке 4 (с контрольной лампой резервного уровня оранжевого цвета) работает с датчиком уровня топлива *BN1*.

Прибор имеет деления: 0–$^1/_4$–$^1/_2$–$^3/_4$–1.

Не допускается использование топлива до состояния «сухого бака» (стрелка прибора находится в зоне оранжевого цвета).

Указатель напряжения 5 с сигнальной лампой зарядки дополнительной АКБ (красного цвета).

Показывает напряжение АКБ при неработающем дизеле, когда ключ выключателя стартера находится в положении *1*. При работающем дизеле показывает напряжение на клеммах генератора.

Значения показаний приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Состояние системы питания

Зона на шкале, цвет		
	При работающем дизеле	При неработающем дизеле
13,0–15,0 В, зеленый	Нормальный режим зарядки	–
10,0–12,0 В, красный	Не работает генератор	АКБ разряжена
12,0–13,0 В, желтый	Отсутствует зарядка АКБ (низкое зарядное напряжение) Перезарядка АКБ	АКБ имеет нормальную зарядку
15,0–16,0 В, красный	–	АКБ имеет нормальную зарядку
Белая риска в желтой зоне	–	Номинальная ЭДС АКБ–12,7 В

Чувствительным элементом указателя температуры *1* (рис. 5.85) ОЖ дизеля в комбинации приборов и в автономном указателе *P5* (рис. 5.86) является аналоговый терморезисторный датчик *BK1* (рис. 5.79). Датчик представляет собой кристалл терморезистора *1* (рис. 5.87), смонтированный в корпусе *4*, изолированно от него с помощью диэлектрической втулки *5*. Терморезистор прижат к днищу корпуса *4* пружиной *2*, которая контактирует с выводом *3*. При повышении температуры среды сопротивление терморезистора уменьшается, что приводит к увеличению проходящего через него тока, который является информационным сигналом для указателя магнитоэлектрического типа. Датчик аварийной температуры ОЖ дизеля *SK1* (рис. 5.79) установлен в цепи светодиодной сигнальной лампы красного цвета (для комбинации приборов) или в цепи лампы накаливания А12-1 (для автономного указателя температуры).

Когда температура превышает допустимое значение, специальное биметаллическое устройство замыкает контакты и запитывает цепь светосигнальной лампы, сигнализируя оператора об аварийном температурном режиме.

Указатель давления масла в дизеле *2* (рис. 5.85), гидросистеме трансмиссии *2а* и воздуха в пневмосистеме *3* воспринимают аналоговые электрические сигналы от датчиков давления *BP1* (рис. 5.79), *BP3* и *BP2* соответственно.

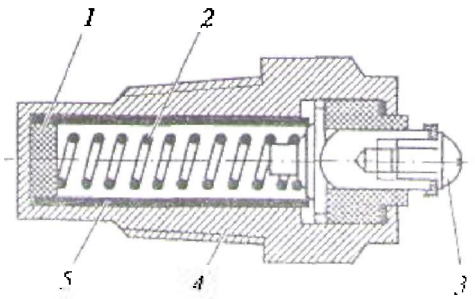


Рис. 5.87. Датчик указателя температуры ОЖ дизеля:
1 – терморезистор; *2* – пружина; *3* – вывод; *4* – корпус; *5* – втулка

Датчик давления аналогового действия воспринимает давление масла или воздуха чувствительной мембраной *3* (рис. 5.88), заключенной в корпусе *2* и перемещающей через шток *3* движок потенциометра *1*.

Под действием давления среды мембрана прогибается и перемещает ползунок потенциометра. Чем больше давление и прогиб мембраны, тем больше напряжение на выходе датчика, которое магнитоэлектрический указатель преобразует в отклонение стрелки прибора, шкала которого протарирована в кПа и барах давления.

Датчики аварийного давления масла в дизеле *SP2* (рис. 5.79), гидрообъемном рулевом управлении *SP4* и воздуха в пневмосистеме *SP3* являются также мембранными, замыкающими при аварийном давлении контактную группу и запитывающими электрическую цепь светосигнальных ламп аварийного давления масла или воздуха.

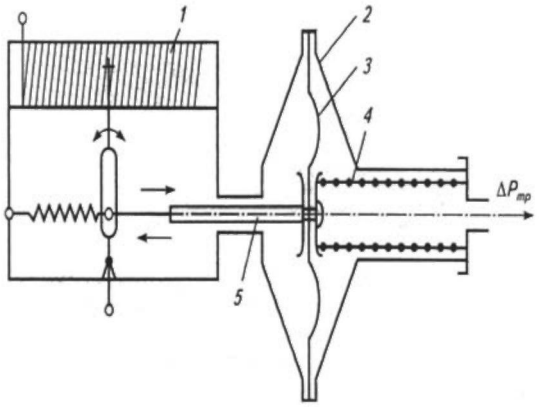


Рис. 5.88. Датчик давления масла в дизеле, гидросистеме трансмиссии (воздуха в пневмосистеме): *1* – потенциометр; *2* – корпус мембранного механизма; *3* – мембрана; *4* – калиброванная (тарированная) пружина; *5* – шток

Комбинация приборов включается в систему КИП с помощью девятиконтактной колодки *X1* и 7-контактной колодки *X2*, расположенных на задней поверхности прибора.

Идентификация контактов колодок показана в табл. 5.2 и 5.3.

5.4.6. Индикатор комбинированный

На тракторах «Беларус» повышенного технического уровня вместо электронного тахоспидометра устанавливается индикатор комбинированный – более совершенный программируемый прибор, отличающийся большей наглядностью и информативностью, а также современным дизайном.

Таблица 5.2

Колодка «X1»

Контакт	Адрес
1	К выключателю подсветки прибора
2	К клемме «–» АКБ
3	Контроль зарядки АКБ
4	Зуммер
5	К датчику давления масла в дизеле (BP1)
6	К датчику аварийной температуры охлаждающей жидкости дизеля (SK1)
7	К датчику аварийного давления масла в дизеле (SP2)
8	К датчику температуры охлаждающей жидкости (BK1)
9	К клемме «+» АКБ (12 В)

Таблица 5.3

Колодка «X2»

Контакт	Адрес
1	Резерв
2	Резерв
3	К датчику уровня топлива (BN1)
4	К датчику давления масла в КП
5	К датчику аварийного падения давления воздуха (SP4)
6	К датчику резервного уровня топлива (BN1)
7	К датчику давления воздуха (BP2)

Индикатор комбинированный (рис. 5.89) и пульт программирования индикатора комбинированного (рис. 5.90) отображают информацию об эксплуатационных параметрах систем и агрегатов трактора и предоставляют оператору данные о нарушении работы или о выходе из строя какой-либо системы. Прибор имеет следующие указатели, индикаторы и сигнализаторы:

1 – указатель скорости (стрелочный индикатор); км/ч;

2 – указатель оборотов двигателя (стрелочный индикатор); об/мин;

3 – указатель оборотов ВОМ (световой индикатор) (320–650; 750–1150 об/мин);

3.1, 3.5 – сегменты шкалы оборотов ВОМ (желтого цвета);

3.2, 3.3, 3.4 – сегменты шкалы оборотов ВОМ (зеленого цвета);

4.1, 4.2 – сигнализаторы диапазонов шкал оборотов ВОМ (желтого цвета);

5 – контрольная лампа-индикатор включения дальнего света фар (синего цвета);

6 – контрольная лампа-индикатор включения указателей поворота прицепа (зеленого цвета);

7 – контрольная лампа-индикатор включения указателей поворотов прицепа (зеленого цвета);

8 – контрольная лампа-сигнализатор включения стояночного тормоза (красного цвета);

9 – контрольная лампа-сигнализатор повышенного напряжения бортовой сети (красного цвета);

10 – контрольная лампа-сигнализатор низкого уровня ОЖ (желтого цвета);

11 – многофункциональный индикатор;

11а – левое поле индикатора;

11б – правое поле индикатора.

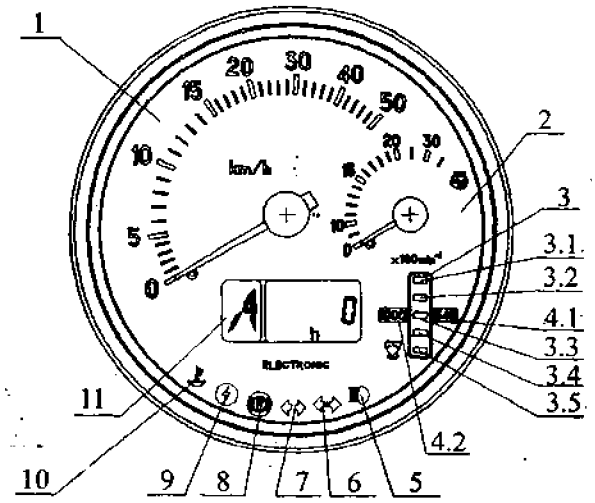


Рис. 5.89. Индикатор комбинированный

В информационном поле *1* (рис. 5.91) отображается положение переключателя КП (0–6) или буквенное обозначение положения переключателя диапазонного редуктора («Беларус-2822ДЦ, -3022ДВ.1») (L, M, H, N). В информационном поле *2* отображается текущее числовое значение одного из следующих параметров систем трактора:

– суммарное астрономическое время наработки двигателя (ч);

– объем оставшегося топлива (л);

– время работы на остатке топлива (ч);

– диагностика работоспособности датчиков скорости (км/ч, левого и правого колеса);

– диагностика работоспособности частотного датчика объема топлива (ДОТ.Ч);

– диагностика работоспособности и подключения CAN-шины и ИК.

Алгоритм программирования индикатора с помощью пульта (рис. 5.90) подробно освящен в руководстве по эксплуатации, прикладываемом к каждому трактору.

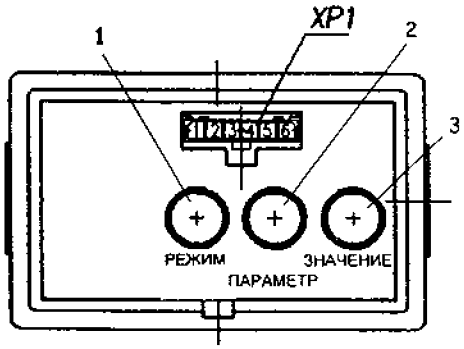


Рис. 5.90. Пульт программирования индикатора комбинированного: *XP1* – диагностический разъем для автоматического программирования с помощью специального прибора; *1* – кнопка ввода нефиксированного значения параметра; *2*, *3* – кнопки ввода фиксированного и нефиксированного значений параметра

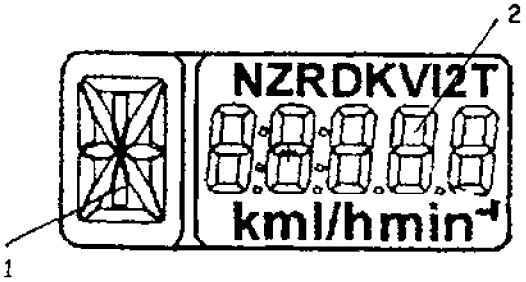


Рис. 5.91. Поля многофункционального индикатора:
1 – информационное поле передач и диапазонов КП;
2 – информационное поле параметров трактора

5.5. Общая электрическая схема соединений трактора

Общая электрическая схема электрооборудования объединяет в себе электрические схемы практически всех сборочных единиц электрооборудования, рассмотренные в настоящем разделе, часть из которых рассмотрены ранее в предыдущих разделах. В качестве примера в приложении в конце книги показана схема электрическая соединений трактора «Беларус-1025». Такая

же схема соединений сборочных единиц электрооборудования применяется для тракторов «Беларус-1021» и «Беларус-1221, -1221В».

Рассмотрение путей тока на общих схемах и поиск неисправностей в электрической сети трактора или автомобиля удобнее начинать с потребителей и «проходить» цепь не в принятом (от «+» к «–»), а в действительном (от «–» к «+») направлении тока.

Например, цепь тока в нитях ближнего света головных фар *E1*, *E2* (приложение 6) следует проверять при включенном выключателе *QS1* следующим образом: «минус» фары *E1*, *E2*, цоколи их ламп, нити, контакты – провод *32а – Ф* правого борта и провод *31а – Г* левого борта – клеммы соединительной панели *XT1* – провода *32а – Ф* и *31а – Г* – разъем *XP15.1/ XS15.1* – провода *32 – Ф* и 31 – Г – предохранители *3* и *4* (7,5 А) блока *F2* – провод *30б – С* – клемма *86* реле ближнего света *К8* – клемма *30* реле *К8* – провод *30 – К* – подрулевой переключатель *SA7* – провод *25а – К4* – центральный переключатель *SA10* – провод *25 – К4* – выключатель стартера и приборов *SA6* – провод *3а – з* – разъем *XP12.1 / XS12.1* – провод *3 – з* – клемма 12 В предохранителя *F1* (60 А) – провод *1*к – *4* – выключатель *QS1* – силовой провод *5б* – вывод «+» аккумуляторной батареи *GB2*.

Для нахождения обрыва в цепи с помощью отрезка провода шунтируют ее участки или применяют контрольную лампу мощностью не менее 20 Вт (лампа А12-21), поочередно соединяя участки цепи с массой через контрольную лампу.

5.6. Возможные неисправности и техническое обслуживание

Причинами неисправностей в электрических цепях и коммутационной аппаратуре могут быть ослабление, загрязнение и окисление разъемных контактных соединений, подгорание контактов, повреждение изоляции, обрывы проводов, замыкание на «массу» или потеря контакта с «массой», подгорание контактов и катушек реле.

На всех тракторах и автомобилях провода собраны в жгуты и уложены, как правило, в труднодоступных местах. При замыкании на массу провода, не защищенного предохранителем, он быстро (в течение 1–3 с) нагревается по всей длине, изоляция оплавляется и может возникнуть пожароопасная ситуация. В худшем случае при возникновении пожара все может закончиться

дорогостоящим ремонтом. Нередки случаи, когда трактор или автомобиль, попавший в такую ситуацию, практически невозможно восстановить.

Датчики и показатели КИП, как правило, изготовляют неразборными, в процессе эксплуатации не регулируют и при отказе заменяют новыми.

Неисправности приборов освещения и световой сигнализации обусловлены перегоранием ламп накаливания, разрегулировкой положения оптических элементов фар, частоты сигналов электромагнитного реле поворота.

В процессе эксплуатации эффективность светового прибора снижается из-за уменьшения коэффициента пропускания колб обычных ламп накаливания. Не рекомендуется касаться пальцами стеклянной колбы галогенной лампы при ее установке в фару. При высокой температуре колбы жировые следы от пальцев вызывают потемнение кварцевого стекла. Поскольку галогенные лампы имеют световую отдачу на 50–60 % больше, чем у обычных ламп, при встречных разъездах их нужно переключать на ближний свет раньше, т. е. за 250–300 м вместо 150 м, предписанных «Правилами дорожного движения». Регулировку головных фар производят на специальном посту с помощью экрана, имеющего соответствующую разметку для двухфарной или четырехфарной системы с европейским ассиметричным светом. При техническом обслуживании автомобилей широко применяют *реглоскопы* – устройства со встроенными оптическими системами для регулировки фар. В этом случае отпадает необходимость в экране и его разметке. Причинами отказов звуковых сигнальных приборов могут быть неисправности самого сигнала, перегорание предохранителя, обрыв или короткое замыкание в цепях электроснабжения, выход из строя реле или выключателя. Поиск неисправностей проводят с помощью тестера или контрольной лампы.

Контрольные вопросы

1. Чем различаются стартерные аккумуляторные батареи тракторов и автомобилей?
2. Как ввести в действие новую сухозаряженную аккумуляторную батарею?
3. Как работают генераторы переменного тока с различными регуляторами напряжения?
4. Чем различаются генераторы индукторного и щеточного типов?
5. Как работают магнетная, батарейная, контактно-транзисторная и бесконтактная транзисторная системы зажигания?
6. Как работает преобразователь напряжения в системе пуска 24 В?
7. Чем обусловлены различия характеристик быстроходности и добротности различных систем зажигания?

8. Как регулируют угол опережения зажигания?

9. Как установить оптимальный угол опережения зажигания на двигателе ЗИЛ-130?

10. Чем различаются системы пуска 12 В и 24 В тракторов «Беларус»?

11. Какие средства облегчения пуска используются на тракторах «Беларус»?

12. Как устроена штифтовая свеча накаливания?

13. Принцип действия БТСЗ с датчиком Холла?

14. В чем различие головных фар с европейской и американской системами светораспределения?

15. Как работают электронные КИП тракторов «Беларус»?

16. В чем различие между индикатором комбинированным и электронным тахоспидометром?

Раздел 6.
РАБОЧЕЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Глава 1. РАБОЧЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТРАКТОРОВ

Тракторы как мобильные энергетические средства сельскохозяйственного производства предназначены для передачи агрегатируемым машинам поступательного движения, вращательного движения и гидравлического потока. Перенос этих форм движения определяет конструкцию механизмов, составляющих основу рабочего оборудования.

Поступательное движение агрегатируемым машинам сообщается через различные тягово-сцепные устройства (ТСУ), в число которых входят заднее и переднее навесные устройства (ЗНУ и ПНУ), поперечина, гидравлический крюк, тяговый брус (маятник), тяговая вилка, буксирное устройство с автоматом сцепки и др. Для передачи вращательного движения применяют задний и передний валы отбора мощности (ЗВОМ и ПВОМ) с механизмами их привода и приводные шкивы.

Гидравлический поток передается с помощью гидросистемы отбора мощности (ГСОМ).

Управление ЗНУ (и ПНУ, если установлено) обеспечивается с помощью гидросистемы раздельно-агрегатного или моноблочного типа, которая может выполнять и функции ГСОМ.

Назначение, устройство и принцип действия гидроприводов механизмов отбора мощности, механизмов навески тракторов рассмотрены в разделе 4 «Гидравлическое оборудование».

1.1. Навесные устройства (НУ)

Способ соединения сельскохозяйственных и других машин с трактором зависит от их конструкции. Одни машины навешивают на трактор, другие прицепляют к нему, а третьи крепят к его остову.

Конструкция устройств для навешивания машин зависит от расположения машин относительно трактора: спереди, сбоку или сзади трактора. На самоходных шасси машины навешивают к продольным трубам рамы между передним и задним мостами.

1.1.1. Заднее навесное устройство (ЗНУ)

ЗНУ тракторов выполняют по единой шарнирно-рычажной схеме. Оно состоит из двух нижних (продольных) тяг *1* и *12* (рис. 6.1) и верхней (центральной) регулируемой тяги *10*. Передними концами все они шарнирно связаны с остовом трактора, а задними концами – с навесной машиной. Нижние тяги *1* и *12* раскосами *3* и *11* шарнирно соединены с подъемными рычагами *5* и *9*, а через них – с поворотным валом *8*. Подъем и опускание навешенной машины обеспечивает силовой гидроцилиндр *7*, шток которого связан через рычаг *6* с поворотным валом *8*. Изменяя длину правого раскоса *11*, регулируют положение навесной машины в горизонтальной плоскости, а изменяя длину верхней тяги *10*, выравнивают глубину хода передних и задних рабочих органов машины.

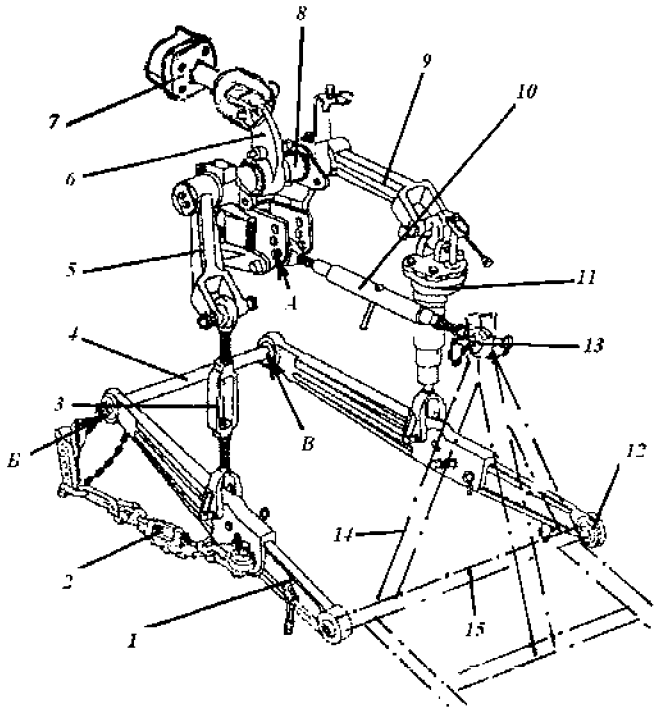


Рис. 6.1. Трехточечное ЗНУ тракторов «Беларус»: *1*, *12* – нижняя составная тяга; *2* – стяжка; *3* – раскос левый; *4* – ось нижних тяг; *5*, *9* – подъемный рычаг; *6* – рычаг поворотного вала; *7* – силовой гидроцилиндр (автономный); *8* – поворотный вал; *10* – верхняя (центральная тяга); *13* – шарнир сферический верхней тяги; *14* – стойка орудия; *15* – ось подвеса; *А*, *Б*, *В* – точки крепления верхней и нижних тяг

В зависимости от конструкции сельскохозяйственных машин и выполняемых ими технологических операций их могут присоединять к трактору по трех- и двухточечной схемам.

Трехточечное навесное устройство применяют при работе колесных и гусеничных тракторов на пахоте, культивации, посеве и т. п., обеспечивая их устойчивое прямолинейное движение. В таких устройствах передние концы нижних тяг *1* и *12* закреплены раздельно в точках *Б* и *В*, а верхней тяги *10* – в точке *А*.

Двухточечное навесное устройство применяют с машинами, имеющими сравнительно небольшую ширину захвата и требующими поворота вокруг вертикальной оси трактора. При такой схеме навески агрегат может двигаться без выглубления рабочих органов не только по прямой, но и по дуге большого радиуса.

В двухточечном навесном устройстве передние концы обеих нижних тяг *1*, *3* (рис. 6.2) шарнирно закреплены в одной точке *Б*, а верхняя – как и для трехточечного НУ, в точке *А*. При работе с навесными плугами точки *А* и *Б* смещают вправо, что позволяет трактору двигаться не по борозде, а рядом с ней.

Трехточечные навесные устройства находят широкое применение в универсально-пропашных тракторах и тракторах общего назначения. Кроме того, на некоторых тракторах общего назначения могут применяться универсальные навесные устройства с двух- и трехточечной наладками.

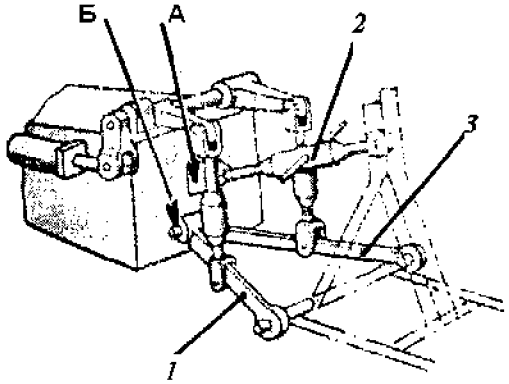


Рис. 6.2. Схема двухточечного ЗНУ: *1*, *3* – нижняя тяга; *2* – верхняя тяга; *А*, *Б* – точки крепления верхней и нижних тяг

1.1.1.1. ЗНУ ТРАКТОРОВ ДТ-75МВ, ДТ-75Д, ВТ-100Д (С ДВУХ- И ТРЕХТОЧЕЧНОЙ НАЛАДКАМИ)

ЗНУ упомянутых тракторов имеют аналогичную конструкцию, в которой поворотный вал *8* (рис. 6.3) установлен во втулках оси *5*, которая закреплена бугелями *7* в головках стоек *3*. На шлицах поворотного вала закреплены

два подъемных рычага *13* и *24*, шарнирно соединенных с двумя регулируемыми раскосами *14*. Нижние вилки *16* раскосов связаны шарнирно с помощью пальцев с шаровыми шарнирами нижних тяг *17*.

Передние концы тяг *17* присоединяют к боковым кронштейнам *20* при трехточечной наладке или к кронштейну *22* при двухточечной наладке. Кронштейны *20* и *22* установлены на нижней оси *21*, которая закреплена в кронштейнах продольных балок (лонжеронов) рамы. На оси *23* закреплен основной гидроцилиндр *2*. Его шток соединен пальцем с поворотным рычагом *4*. Центральная тяга *12* с пружиной *10* амортизатора и винтовой муфтой *11* связана с помощью вилки с муфтой *9*, закрепленной посредине поворотного вала *8*. Пружинный амортизатор улучшает копирование рельефа рабочими органами машины и уменьшает ударные нагрузки.

При подъеме навешенной машины шток гидроцилиндра *2* выдвигается и свободно поворачивает рычаг *4* до тех пор, пока его опорная площадка не упрется в площадку на нижней стороне левого подъемного рычага *24*. После этого начинают подниматься рычаг *24*, связанный с ним через поворотный вал *8* рычаг *13*, которые через раскосы *14* поднимут нижние тяги *17* вместе с машиной.

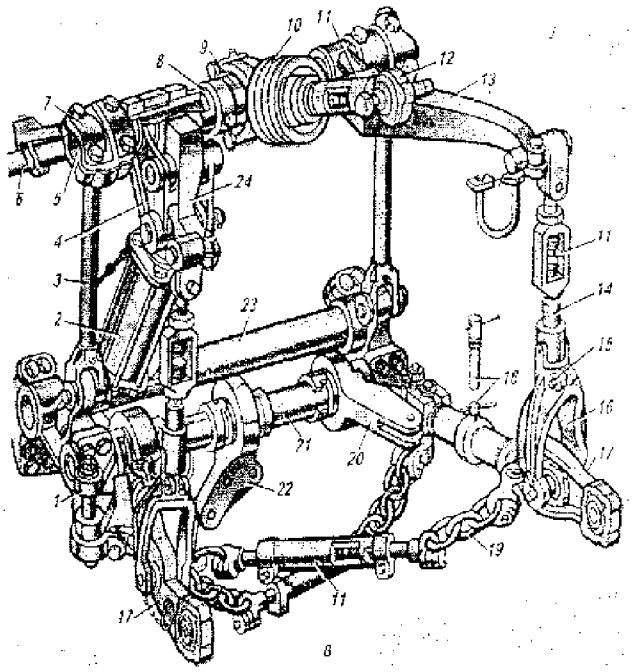


Рис. 6.3. ЗНУ тракторов ДТ-75В, ДТ-75Д, ВТ-100Д: *1* – кронштейн; *2* – основной гидроцилиндр; *3* – вертикальная стойка верхней оси; *4* – поворотный рычаг; *5* – верхняя ось; *6* – наклонная стойка верхней оси; *7* – бугель; *8* – поворотный вал; *9* – муфта центральной тяги; *10* – пружина центральной тяги; *11* – винтовая муфта; *12* – центральная тяга; *13*, *24* – правый и левый подъемные рычаги; *14* – раскос; *15* – фиксирующий штифт; *16* – вилка раскоса; *17* – нижняя тяга; *18* – стопорный штифт нижней тяги; *19* – ограничительная цепь; *20* – боковой кронштейн нижней тяги; *21* – нижняя ось; *22* — средний кронштейн нижней тяги; *23* – ось основного цилиндра

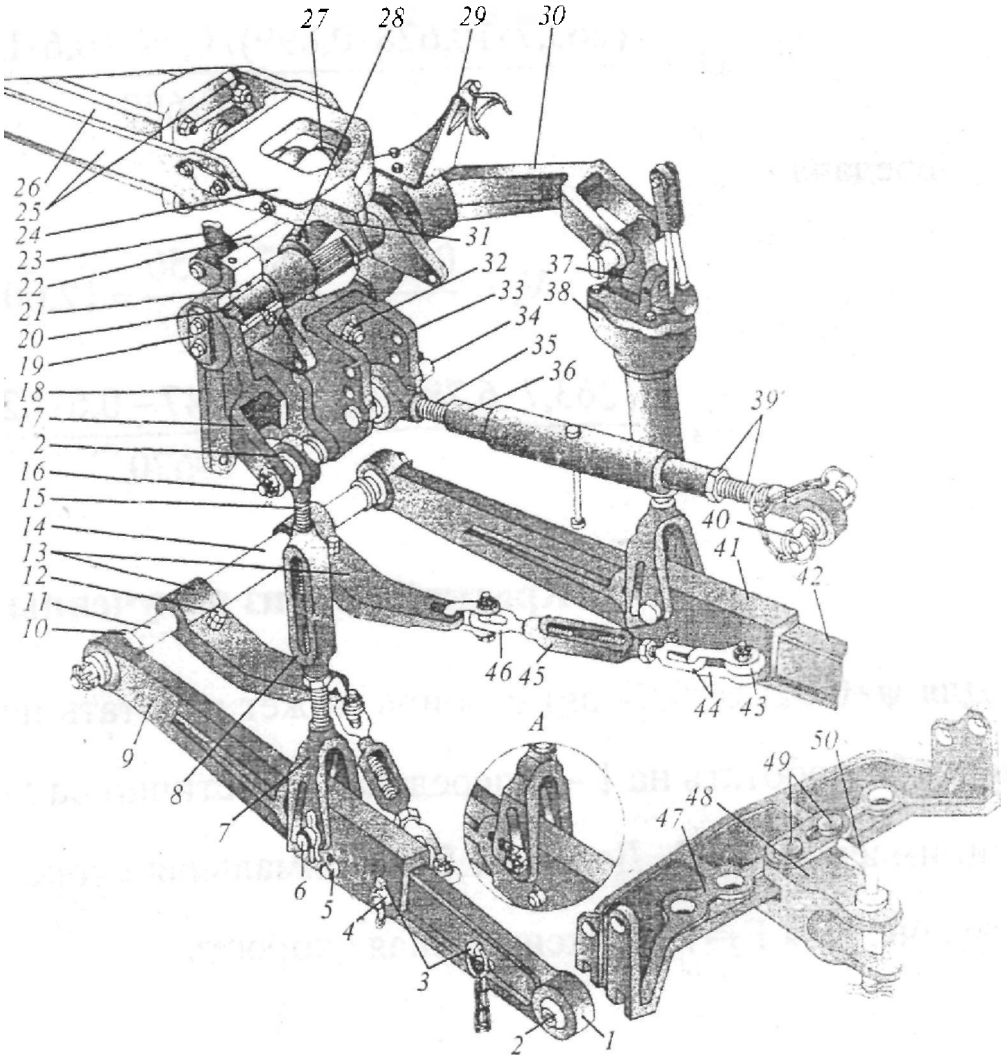


Рис. 6.4. ЗНУ с автономным основным цилиндром тракторов «Беларус» серий 500–1000: *1* – задний конец нижней тяги (левый); *2* – сферический шарнир; *3* – чека; *4* – проушина; *5* – палец нижней тяги; *6* – палец; *7* – вилка раскоса; *8* – стяжка; *9* – передний конец нижней тяги; *10* – упорная шайба; *11* – ось нижних тяг; *12* – регулировочный болт; *13* – кронштейн; *14* – втулка; *15* – винт; *16* – палец; *17* – рычаг (левый); *18* – кронштейн поворотного вала; *19* – пластина; *20* – поворотный вал; *21* – втулка поворотного вала; *22* – промежуточный вал; *23* – рычаг; *24* – захват; *25* – тяга механизма фиксации; *26* – основной цилиндр (автономный); *27* – поворотный рычаг с кулачком для фиксации ЗНУ в транспортном положении; *28* – палец позиционной тяги; *29* – кронштейн верхней тяги; *30* – рычаг (правый); *31* – упорная пластина механизма фиксации; *32* – болт пружины силового датчика; *33* – серьга верхней тяги; *34* – палец с чекой; *35* – винт верхней тяги (передний); *36* – труба верхней тяги с левой и правой резьбой; *37* – серьга правого раскоса; *38* – раскос с механизмом регулировки длины (правый); *39* – винт верхней тяги (задний) с контргайкой; *40* – палец верхней тяги (правой); *41* – передний конец нижней тяги (правой); *42* – задний конец нижней тяги (правой); *43* – проушина цепи внутренней стяжки; *44* – задний винт стяжки; *45* – стяжка; *46* – передний винт внутренней стяжки; *47* – поперечина; *48* – вилка; *49* – палец вилки; *50* – шкворень со шплинтом; *А* – соединение вилок раскосов *7* с нижними тягами *9*, *41* через пазы при навешивании широкозахватных сельскохозяйственных машин

Навешенная машина может опускаться под действием собственной силы тяжести или принудительно гидроцилиндром *2*. В последнем случае поворотный рычаг *4* соединяют пальцем с подъемным рычагом *24*.

Для ограничения поперечных перемещений навесных машин используют цепи *19*, соединяющие нижние тяги *17* с кронштейнами *1*. Цепи натягивают так, чтобы задние концы тяг с навесной машиной в транспортном положении перемещались не более чем на 10–20 мм в каждую сторону.

1.1.1.2. ЗНУ тракторов «Беларус» серий 500–1000

Подъем и опускание навешенной машины или орудия осуществляется автономным основным цилиндром *26* (рис. 6.4), установленным под полом кабины. Шток поршня основного цилиндра соединен с рычагом *27* поворотного вала *20*, установленного в кронштейне *18* на втулках *21*, являющихся подшипниками скольжения, смазываемыми через две пресс-масленки. На шлицах поворотного вала *20* установлены рычаги *17*, *30*, соединенные сферическими шарнирами *2* с раскосами *7*, *8*, *15* (левый) и *38* (правый). Вилки *7* раскосов соединены с нижними составными тягами *1*, *9* и *41*, *42* с помощью пальцев *6*. Нижние тяги установлены на оси *11*, закрепленной в корпусе заднего моста. При навешивании широкозахватных машин предусмотрена наладка *А* посредством соединения нижних тяг *9*, *41* с вилками *7* раскосов путем установки пальцев *6* в отверстия тяг и пазы вилок *7*.

Подъем навешенной машины происходит при втягивании штока поршня основного цилиндра *26*. При подъеме машины в транспортное положение предусмотрено включение механизма механической фиксации ЗНУ в поднятом положении путем опускания захвата *24* и сцепления его с кулачком *27* поворотного рычага.

Для работы с прицепными машинами предусмотрена установка на задние концы тяг *1* поперечины *47* с вилкой *48* и шкворнем *50*.

Для ограничения поперечных перемещений навесных машин и орудий предусмотрены внутренние стяжки *45*, состоящие из винтов *44*, *46* и проушин цепей *43*. Передние концы стяжек соединены с кронштейнами *13*, установленными на оси *11* нижних тяг. Для регулировки величины раскачивания машины в пределах ± 20 мм (не более) предусмотрены регулировочные болты *12*.

В ЗНУ тракторов «Беларус» предусмотрена также установка наружных цепных (рис. 6.5) и телескопических (рис. 6.6) стяжек, которые позволяют устанавливать в зоне между нижними тягами *1*, *8* (рис. 6.5) различные тягово-сцепные устройства (ТСУ).

Наружные цепные стяжки *2* (рис. 6.5) (правая не показана) своим передним концом крепятся к кронштейну *3*, а задним – к внешней стороне ниж-

ней тяги *1*, *8*. На современных тракторах «Беларус» широко применяются ЗНУ с телескопическими внешними стяжками, прочными по конструкции и удобными в регулировках.

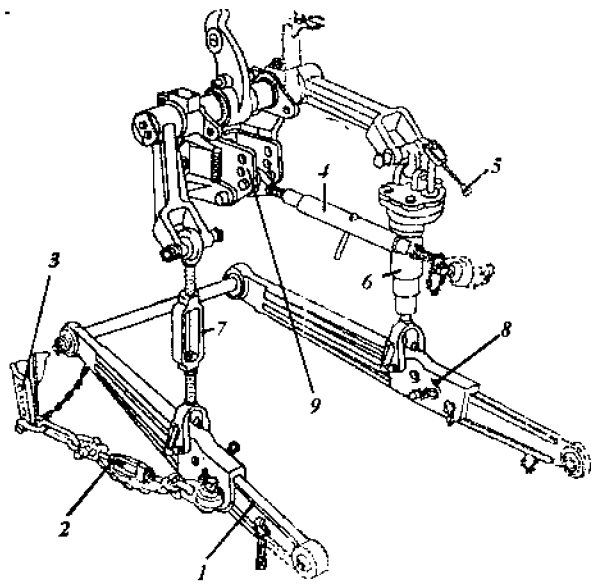


Рис. 6.5. ЗНУ тракторов «Беларус» с наружными цепными стяжками: *1*, *8* – нижняя тяга; *2* – наружная цепная стяжка, левая; *3* – кронштейн стяжки, левый; *4* – верхняя тяга; *5* – рукоятка регулируемого раскоса; *6* – регулируемый раскос, правый; *7* – раскос, левый; *9* – серьга

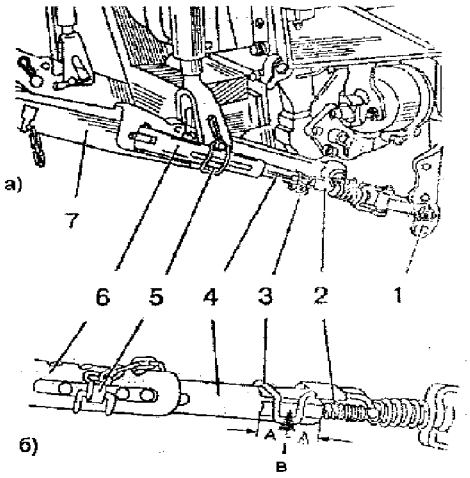


Рис. 6.6. ЗНУ тракторов «Беларус» с телескопическими стяжками: *а* – полная блокировка стяжек; *б* – частичная блокировка стяжек; *1* – кронштейн; *2* – винт; *3* – рукоятка; *4* – внутренняя труба; *5* – чека; *6* – наружная труба; *7* – нижняя тяга, правая

Стяжки состоят из наружной трубы *6* (рис. 6.6) с продольными прорезями и перпендикулярно просверленными отверстиями. Внутри наружной трубы проходит внутренняя труба *4* с пятью сквозными отверстиями. Внутренняя труба имеет внутреннюю резьбу, сопрягаемую с резьбой винта *2*, который с помощью рукоятки *3* можно вращать, изменяя длину стяжки при проведении регулировочных операций.

Полная блокировка стяжек (рис. 6.6, *а*) обеспечивается установкой чеки *5* в отверстия наружной и внутренней труб, когда навешенная машина находится в рабочем положении. Полная блокировка в транспортном положении обеспечивается при максимальном ввинчивании винта *2* в трубу *4*.

Частичная блокировка стяжек (рис. 6.6, *б*) для достижения необходимого бокового перемещения машины (плуга) в рабочем положении обеспечивается вращением винта *2* так, чтобы рукоятка *3* оказалась посередине лыски *В*. Затем вынимают чеку *5* из стяжки, приподнимают присоединенную машину до отрыва от земли, совмещают отверстие в трубе *4* с пазами в трубе *6* и устанавливают чеку *5* посередине паза.

1.1.1.3. ЗНУ С ДВУМЯ ВСТРОЕННЫМИ ОСНОВНЫМИ ГИДРОЦИЛИНДРАМИ (ГИДРОПОДЪЕМНИК «БЕЛАРУС»)

По заказу потребителей на тракторах «Беларус» серий 800, 900, 1000, 1200 может быть установлено ЗНУ с двумя встроенными основными гидроцилиндрами *7* (рис. 6.7). Такое ЗНУ имеет повышенную грузоподъемность и прочность. Гидроцилиндры плунжерного типа установлены между поворотными рычагами *9*, *15* и кронштейнами нижних тяг *1*, *21*. ЗНУ оснащено цельносварными нижними тягами, имеющими наружную цепную стяжку *3*, *23* ограничения бокового раскачивания навешенных на ЗНУ машин и орудий. Верхняя тяга *8* прикреплена к серьге *16* через сферический шарнир и палец. Серьга, в свою очередь, через систему рычагов связана с пружинным датчиком силового регулирования. Поворотные рычаги *9*, *15* связаны с нижними тягами *1*, *21* раскосами *5*, *18* соответственно. В корпусе *6* ЗНУ (гидроподъемника) смонтированы датчики силового и позиционного регулирования и регулятор – распределитель *13* управления гидроподъемником ЗНУ.

1.1.1.4. ЗНУ С ДВУМЯ ВСТРОЕННЫМИ ОСНОВНЫМИ ГИДРОЦИЛИНДРАМИ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС-1222, -1523, -2022, -2822ДЦ, -3022ДЦ, -3022.1»

Энергонасыщенные тракторы «Беларус» мощностью от 130 до 300 л. с. укомплектованы ЗНУ с двумя встроенными гидроцилиндрами *4* (рис. 6.8) идентично показанным на рис. 6.7.

Поворотный вал *2* установлен в приливах литой верхней крышки *1* корпуса заднего моста. Рычаги *3* посажены на шлицах поворотного вала и через

раскосы *5* соединяются с нижними тягами *7*. Нижние тяги передними концами через сферические шарниры и специальные силоизмерительные пальцы прикреплены к кронштейнам заднего моста.

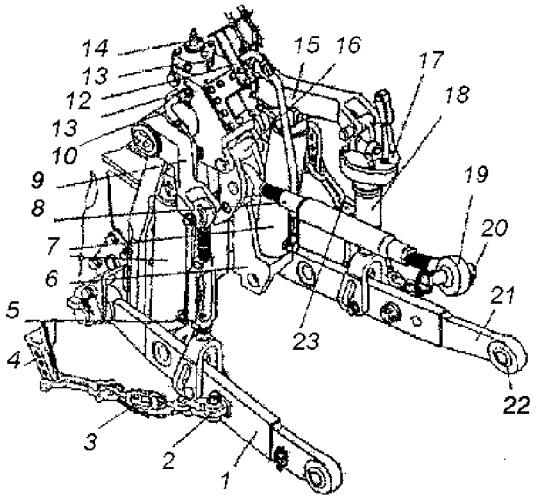


Рис. 6.7. ЗНУ с двумя встроенными основными цилиндрами тракторов «Беларус» серий 800–1200: *1* – нижняя тяга; *2* – проушина; *3* – стяжка; *4* – кронштейн; *5* – раскос левый (нерегулируемый); *6* – корпус; *7* – гидроцилиндр; *8* – верхняя тяга; *9* – рычаг наружный левый; *10* – шланг гидроцилиндра; *11* – штуцер; *12* – кронштейн тросов; *13* – регулятор-распределитель; *14* – толкатель; *15* – рычаг наружный правый; *16* – серьга; *17* – рукоятка; *18* – раскос регулируемый правый; *19* – винт со сферическим шарниром; *20* – палец; *21* – нижняя тяга правая; *22* – сферический шарнир; *23* – стяжка

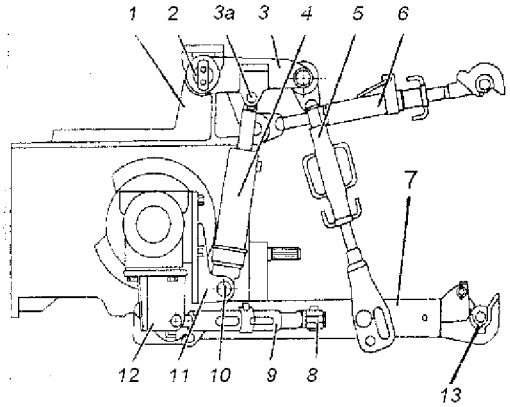


Рис. 6.8. ЗНУ с двумя встроенными основными гидроцилиндрами и с гидроузлами BOSCH: *1* – верхняя литая крышка заднего моста; *2* – поворотный вал; *3* – поворотные рычаги; *3а* – палец штока гидроцилиндра; *4* – основной гидроцилиндр (2 шт.); *5* – раскос (2 шт.); *6* – верхняя тяга; *7* – нижняя телескопическая тяга (2 шт.); *8* – проушина; *9* – стяжка телескопическая; *10* – палец корпуса гидроцилиндра; *11* – кронштейн; *12* – кронштейн стяжки; *13* – быстросоединяемое устройство (БСУ)

Пальцы нижних тяг являются датчиками силового регулирования. Задние концы нижних тяг снабжены быстросоединяемым устройством (БСУ) типа «Вальтершайт» со сменными шарнирами категории 3 (d = 32 мм). На концах верхней и нижней тяг могут быть установлены сферические шарниры категории 2 (d = 28,7 и d = 25 мм).

1.1.2. Переднее навесное устройство (ПНУ)

ПНУ предназначено для работы трактора в составе комбинированных агрегатов и служит для присоединения к трактору навесных сельскохозяйственных машин, расположенных спереди трактора, а также для установки дополнительного балласта.

1.1.2.1. ПНУ тракторов «Беларус» мощностью 250–350 л. с. (типа НУ-2 (кат. 2))

Тракторы с ПНУ комплектуются также передним независимым валом отбора мощности (ПВОМ). Трехточечное ПНУ монтируется на передней плоскости бруса *10* (рис. 6.9) и крепится к боковой поверхности бруса с помощью дополнительных пластин. В нижней части кронштейна *12* ПНУ имеются два уха *7*, к которым присоединяются две стяжки *8*. Другие концы винтовых стяжек замыкаются на два кронштейна *11*, которые устанавливаются с двух сторон картера двигателя. Маслопроводы *9* соединяют одну секцию распределителя, расположенного за кабиной трактора, с гидроцилиндрами *3* навесного устройства. Гидроцилиндры двойного действия, с одной стороны крепятся к кронштейну *12*, а штоком соединены с блоком нижних тяг *5*, установленным на валу *6* в нижней части кронштейна. Верхняя тяга *2* крепится двумя пальцами к верхней части кронштейна *12* ПНУ.

Для уменьшения габаритов трактора по длине при отгрузке тракторов потребителям, а также при длительной работе без ПНУ предусмотрена возможность переналадки ПНУ в транспортное (нерабочее) положение. Для этого необходимо выполнить следующие операции:

– нижние тяги *6* (рис. 6.10) устанавливают в крайнее верхнее положение, установив рукоятку управления секцией ПНУ распределителя в положение «Подъем»;

– верхнюю тягу *2* отсоединяют от кронштейна *1* и укладывают ее на уши кронштейна с фиксацией пальцами и шплинтами;

– из блока нижних тяг извлекают пальцы *5* и концы *6* блока нижних тяг поворачивают вверх вокруг оси пальца *3* до совмещения отверстия под палец *5* в поворотном конце тяги с отверстием *4* в блоке тяг;

– в совмещенные отверстия устанавливают палец *5* и фиксируют его шплинтом. Положение поворотных концов *6* блока нижних тяг после переналадки показано штриховыми линиями (рис. 6.10).

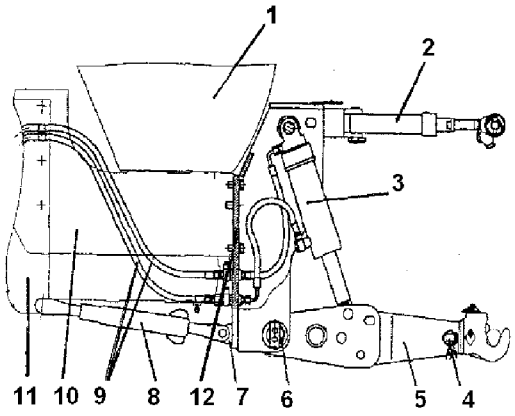


Рис. 6.9. Переднее навесное устройство (ПНУ) тракторов «Беларус-2822 ДЦ, -2822ДВ, -3022ДЦ, -3022.1»: *1* – маска облицовки; *2* – верхняя тяга; *3* – основной гидроцилиндр (2 шт.); *4* – чека; *5* – блок нижних тяг; *6* – вал; *7* – уши; *8* – стяжки; *9* – маслопроводы; *10* – передний брус; *11* – кронштейны; *12* – кронштейн

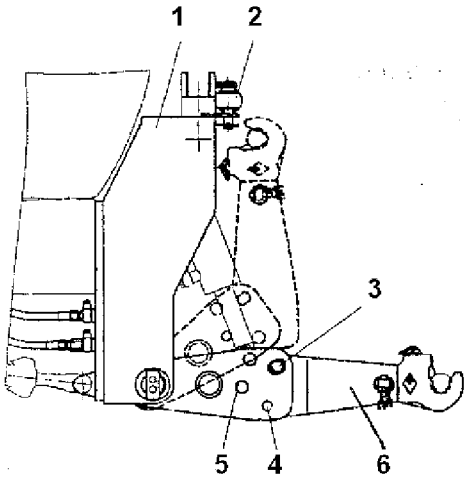


Рис. 6.10. Переналадка тяг ПНУ в транспортное положение: *1* – кронштейн ПНУ; *2* – верхняя тяга, установленная на уши кронштейна; *3* – палец; *4* – отверстие; *5* – палец, извлекаемый для переналадки; *6* – поворотный конец блока нижних тяг

1.2. Тягово-сцепные устройства (ТСУ)

1.2.1. Автоматическая сцепка

Автоматическая сцепка (автосцепка) предназначена для соединения ЗНУ трактора с навесными машинами без выхода тракториста из кабины трактора и посторонней помощи.

Автосцепку *1* (рис. 6.11) соединяют с навесным устройством трактора пальцами *3* или *4* (нижние тяги) и через отверстие в щеке *2* (верхняя тяга). На сельскохозяйственной машине или орудии должен быть установлен ответный замок *II*. Для соединения трактора с машиной опускают автосцепку вниз,

подают трактор назад и вводят автосцепку *I* в замок *II* машины. При подъеме навесного устройства автосцепка автоматически сцепляется с замком с помощью фиксатора *7*, который под действием пружины заходит в паз замка.

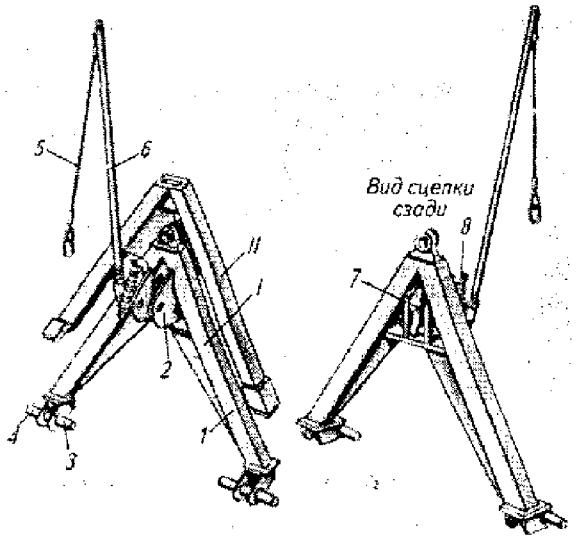


Рис. 6.11. Автоматическая сцепка: *I* – сцепка; *II* – ответный замок сельскохозяйственных машин и орудий; *1* – рамка; *2* – щека; *3*, *4* – палец; *5* – трос; *6* – рукоятка; *7* – фиксатор; *8* – пружина

Для разъединения трактора и машины тросиком *5* поворачивают рукоятку *6* и выводят фиксатор *7* из зацепления с упором замка. Удерживая тросик в этом положении, опускают навесное устройство, выводят автосцепку из замка и отъезжают от машины.

Для соединения ЗНУ тракторов «Беларус» с навесными машинами и орудиями находит применение автосцепка СА–1.

1.2.2. Поперечина (прицепная серьга)

Поперечина предназначена для присоединения к трактору прицепных машин, а также двуосных прицепов, создающих только продольную нагрузку на тягово-сцепные устройства и двигающихся со скоростью до 15 км/ч. К остову трактора (рис. 6.12, *а*) или к передним концам составных нижних тяг *9*, *10* (рис. 6.12, *б*) ЗНУ крепят поперечину *1*, *8* ТСУ, имеющую ряд отверстий, с помощью которых в нужном положении крепят серьгу *2*, *7* пальцами *3*, *5*, фиксируемых шплинтами.

Высоту серьги от уровня земли изменяют путем разворота на 180° скобы *1* и серьги *2* или путем подъема и опускания нижних тяг *9*, *10* навесного устройства вместе с ТСУ–1Ж (*6*, *7*, *8*).

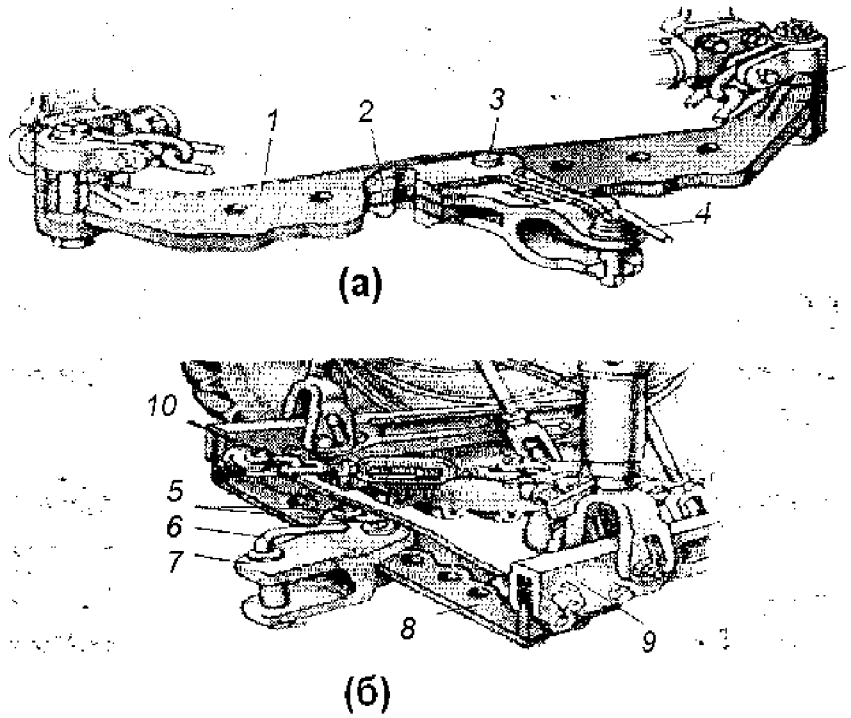


Рис. 6.12. Тягово-сцепные устройства: *а* – с креплением на корпусе заднего моста (ДТ – 75 МВ, ДТ – 75Д); *б* – с креплением к передним концам нижних тяг («Беларус» серий 500, 800, 900, 1200); *1* – скоба; *2* – прицепная серьга; *3*, *5* – палец; *4*, *6* – шкворень; *7* – серьга; *8* – поперечина (ТСУ – 1Ж); *9*, *10* – передний конец составной нижней тяги

1.2.3. Поперечина одинарная (ТСУ–1)

Поперечина одинарная *5* (рис. 6.13) предназначена для присоединения к ЗНУ прицепных и полунавесных машин. Поперечина устанавливается на ось подвеса ЗНУ, т. е. на задние шарниры *3*, *4* нижних тяг *1*, *2*. Для улучшения маневренности машинно-тракторного агрегата (МТА) поперечину соединяют с машинами, имеющими вилку вместо петли.

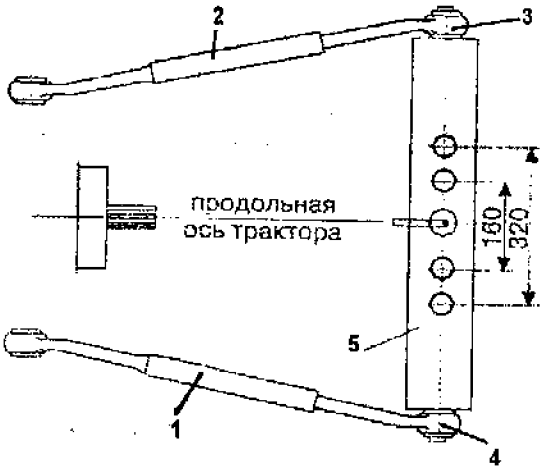


Рис. 6.13. Поперечина одинарная (ТСУ – 1):
1, *2* – нижняя тяга ЗНУ; *3*, *4* – задние сферические шарниры; *5* – поперечина

1.2.4. Гидрофицированный крюк (ТСУ – 2)

Гидрокрюк предназначен для работы тракторов с одноосными прицепами, навозоразбрасывателями и т. п. По сравнению с ранее рассмотренными тягово-сцепными устройствами он способен выдерживать большую вертикальную нагрузку.

Крюк *10* (рис. 6.14) шарнирно соединен осью *13* с кронштейном *7*, закрепленным на корпусе заднего моста. С помощью тяг *3* ось *9* крюка связана с подъемными рычагами *1* ЗНУ и фиксируется механическими захватами *8*, закрепленными на оси *6*. Захватами управляют рукояткой, выведенной в кабину и через систему рычагов связанную с тягой *12*, соединенной с захватами *8* с помощью вилки и пальца. Фиксация крюка повышает безопасность движения при высоких скоростях.

Для соединения трактора с прицепом освобождают захваты *8*, приподняв и зафиксировав рукоятку управления. Опускают крюк, подают трактор назад и располагают носок крюка под петлей дышла прицепа. Поднимают крюк вместе с дышлом с помощью ЗНУ и фиксируют крюк захватами путем перемещения рукоятки управления вниз.

1.2.5. Буксирное устройство с автоматом сцепки (ТСУ – 3 В)

Буксирное устройство применяют на тракторах для присоединения двухосных прицепов при работе на скоростях свыше 15 км/ч. На тракторах «Беларус» это ТСУ устанавливают на кронштейн ЗНУ и фиксируют двумя пальцами *20* (рис. 6.14) и чеками *21*.

Буксирное устройство представляет собой тяговый крюк *10* с резиновым амортизатором *4*, нижним ловителем *8*, козырьком *12* и фиксатором *11*. Фиксатором управляют с помощью рукоятки *13*.

Для присоединения прицепа к крюку *10* поворачивают рукоятку *13* назад. При этом зев крюка открыт, а нижний ловитель *8* располагается в горизонтальном положении. При движении трактора задним ходом петля дышла прицепа скользит по ловителю, нажимает на фиксатор *11*, передвигая его внутрь корпуса, и входит в зев крюка.

При этом фиксатор под действием пружины *17* выходит из корпуса *18* и автоматически запирает зев крюка. Рукоятка *13* под действием пружины *19* возвращается в первоначальное положение.

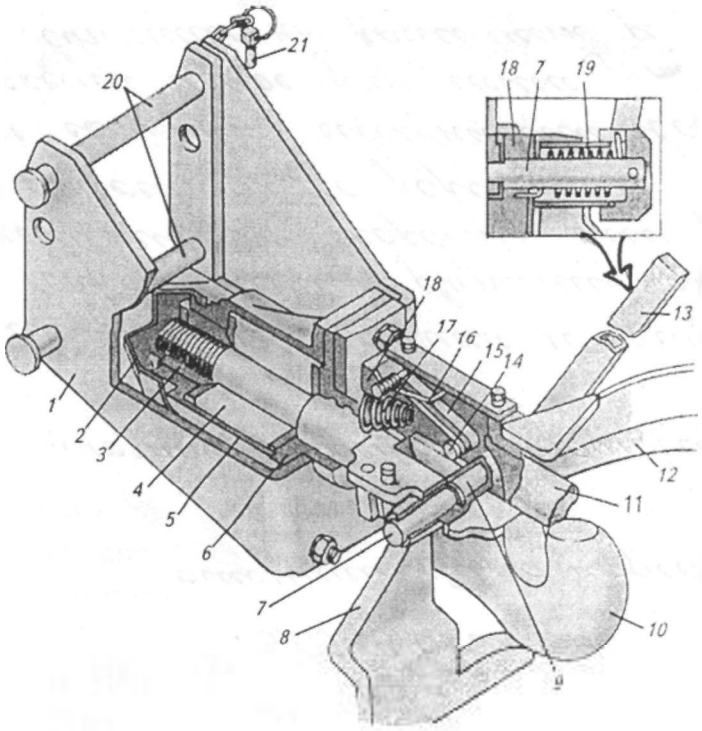


Рис. 6.14. Тягово-сцепное устройство ТСУ – 3 В: *1* – кронштейн; *2* – колпак; *3* – гайка крюка; *4* – амортизатор; *5* – корпус амортизатора: *6* – крышка; *7* – ось рукоятки управления; *8* – нижний ловитель; *9* – рычаг фиксатора; *10* – крюк; *11* – фиксатор зева крюка: *12* – козырек; *13* – рукоятка управления; *14* – палец фиксатора; *15* – упор фиксатора; *16* – отогнутый конец пружины упора фиксатора; *17* – пружина фиксатора; *18* – корпус автомата сцепки; *19* – пружина рукоятки управления; *20* – палец; *21* – чека

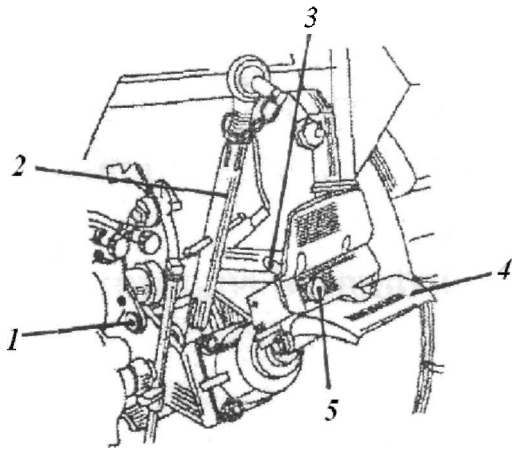


Рис. 6.15. Буксирное устройство с автоматом сцепки тракторов «Беларус» серий 500–1000: *1* – палец; *2* – верхняя тяга ЗНУ; *3* – рукоятка; *4* – захват (направляющая петли дышла прицепа); *5* – палец автоматической сцепки

На тракторах «Беларус» серий 500–1000, оборудованных ЗНУ с автономным основным гидроцилиндром, может быть установлено буксирное устройство с автоматом сцепки (ТСУ – 3 В). Это устройство также крепится с помощью двух пальцев, но при отгрузке трактора с завода оно поддерживается только верхним пальцем (транспортное положение).

Для установки ТСУ в рабочее положение необходимо:

– слегка приподнять ТСУ и извлечь палец *1* (рис. 6.15);

– переставить верхнюю тягу *2* ЗНУ в верхнее отверстие серьги *9* (рис. 6.5);

– удерживая ТСУ в верхнем положении, извлечь нижний палец;

– опустить ТСУ, совместить отверстия в кронштейне и серьге и вставить нижний палец. ТСУ может иметь два рабочих положения:

1. Нижнее – при работе с прицепами, не требующими использования хвостовика ВОМ.

2. Верхнее – при работе с прицепами, требующими привода активных органов от заднего ВОМ. В этом случае ТСУ нужно повернуть на 180°.

При сцепке трактора с прицепом захват *4* (рис. 6.15) служит направляющей для петли дышла прицепа. Для сцепки необходимо подать трактор назад и, когда петля дышла утопит палец *5*, зайдя в зев крюка, произойдет автоматическая сцепка. Для отсоединения прицепа необходимо потянуть рукоятку *3* и снять с крюка петлю дышла прицепа.

1.2.6. Универсальное тягово-сцепное устройство

Универсальное ТСУ лифтового типа находит широкое применение на энергонасыщенных тракторах «Беларус» и состоит из боковин *3*, *7* (рис. 6.16), прикрепленных болтами к корпусу заднего моста. В боковинах выполнены направляющие, вдоль которых могут вертикально перемещаться и фиксироваться пальцами в определенном положении тяговая вилка *5* со шкворнем *6* или тяговая вилка *10* со шкворнем *11*.

Тяговую вилку *10* (ТСУ – 2 В) используют для агрегатирования трактора с полуприцепами, машинами для внесения удобрений, прицепными агрегатами. Вертикальная нагрузка на ТСУ – 20 кН.

Вилку *5* (ТСУ – 3 В) используют для сцепки трактора с двухосными прицепами автомобильного типа и с полуприцепными машинами. Вертикальная нагрузка на ТСУ – 12 кН.

Тяга *8* маятника (ТСУ – 1 М) предназначена для работы с тяжелыми прицепными и полуприцепными машинами с активным приводом рабочих органов. ТСУ состоит из тяги и шкворня *9* со шплинтом.

Передний конец тяги закреплен в кронштейне (боковинах). Средней частью тяга маятника опирается на поперечину *13* и фиксируется от боковых перемещений скобой *14*.

Вертикальная нагрузка на ТСУ – 12 кН.

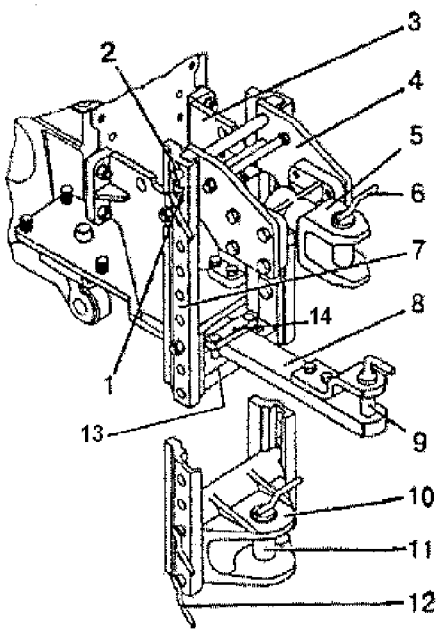


Рис. 6.16. Универсальное ТСУ лифтового типа тракторов «Беларус»: *1* – стопорное кольцо; *2* – чека; *3* – боковина; *4* – пластина; *5* – тяговая вилка; *6* – шкворень; *7* – боковина; *8* – тяга маятника; *9* – шкворень; *10* – тяговая вилка; *11* – шкворень; *12* – палец; *13* – поперечина; *14* – скоба

В универсальном ТСУ тракторов «Беларус-2822ДЦ, -3022.1» вместо вилки *5* установлен крюк с амортизатором (ТСУ – 3 К) для работы с двухосными автомобильными прицепами, имеющими петлю на дышле, и с полуприцепными машинами (косилки, пресс – подборщики и др.).

1.3. Вал отбора мощности (ВОМ)

ВОМ – это выходной ведомый хвостовик вала механизма отбора мощности (МОМ) вращательного движения.

По месту расположения на тракторе различают *задние*, *боковые* и *передние* ВОМ.

Задний ВОМ обычно располагают в корпусе заднего моста трактора, а МОМ – совместно с механизмами трансмиссии. Боковой ВОМ размещают в специальном корпусе, укрепленном на корпусе коробки передач.

По скорости вращения ВОМ могут быть с *постоянной* и *переменной частотой вращения.* С постоянной частотой вращения должны работать рабочие органы уборочных, почвообрабатывающих и некоторых других машин. Рабочие органы таких машин, как сеялки, сажалки, разбрасыватели, должны иметь частоту вращения, пропорциональную или синхронную поступательной скорости движения трактора.

Установлены следующие два значения номинальной частоты вращения ВОМ: 540 и 1000 мин$^{-1}$ при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя.

По способу привода МОМ и их ВОМ делят на *зависимые*, *независимые*, *полунезависимые*, *синхронные* и *комбинированные.*

Зависимый МОМ характеризуется тем, что его ВОМ прекращает вращаться при выключении муфты сцепления. Включают и выключают ВОМ рычагом с помощью зубчатой муфты при выключенной муфте сцепления. При зависимом вале разгон агрегата и рабочих органов машины происходит одновременно, что требует повышенной мощности двигателя и дополнительного расхода топлива.

Полунезависимый ВОМ вращается от коленчатого вала двигателя независимо от того, включена или выключена муфта сцепления. ВОМ включают и выключают зубчатой муфтой при неработающем двигателе.

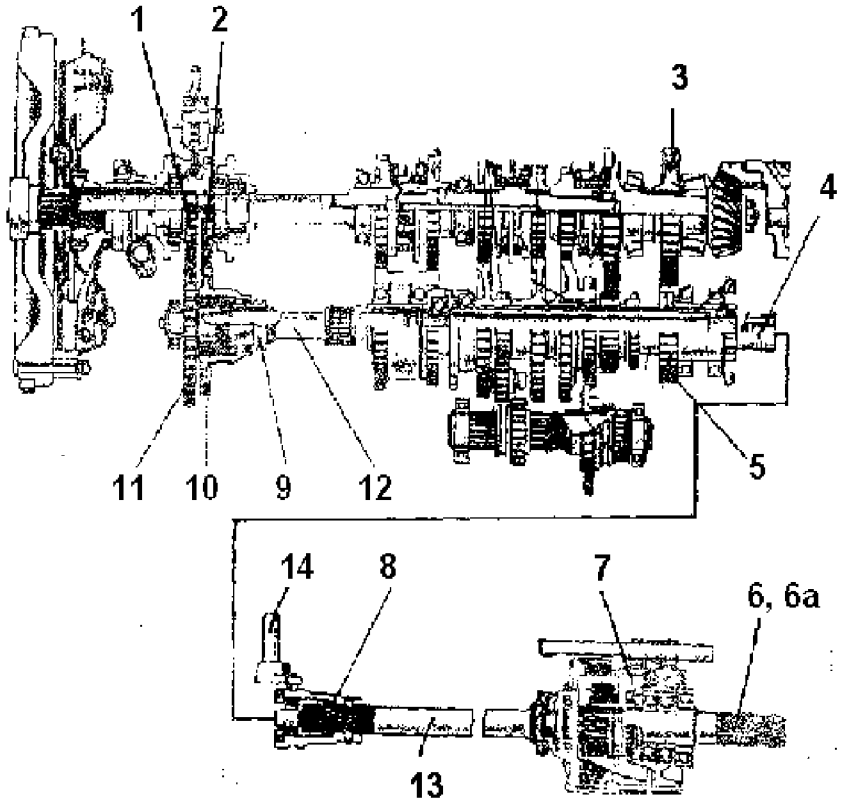


Рис. 6.17. Комбинированный МОМ тракторов «Беларус» серий 500–1200: *1* – зубчатый венец вала привода ВОМ (540 об/мин); *2* – зубчатый венец вала привода ВОМ (1000 об/мин); *3* – ведомая шестерня редуктора КП; *4* – внутренний вал КП; *5* – ведущая шестерня редуктора КП; *6* – хвостовик ВОМ (6 шлиц); *6а* – хвостовик ВОМ (21 шлиц); *7* – планетарный редуктор ВОМ; *8* – муфта переключения независимого (синхронного) привода ВОМ; *9* – муфта переключения ступеней ВОМ (540/1000); *10* – ведомая шестерня второй ступени (1000 об/мин); *11* – ведомая первой ступени (540 об/мин); *12* – вал привода ВОМ; *13* – вал коронной шестерни; *14* – валик управления

Независимый ВОМ отличается от полунезависимого тем, что для управления ВОМ при движении и остановке трактора устанавливают дополнительную фрикционную муфту или планетарный редуктор.

Синхронный МОМ изменяет частоту вращения ВОМ при переходе от одной передачи на другую и вращается от зубчатого колеса ведомого вала коробки передач или от одного из ведомых валов трансмиссии. ВОМ синхронного МОМ обычно зависимый. Включают и выключают его зубчатой муфтой при выключенной муфте сцепления.

Комбинированный МОМ состоит из независимого и синхронного МОМ. Для включения независимого заднего ВОМ муфту переключения *8* (рис. 6.17) путем поворота валика управления *14* перемещают в крайнее заднее положение, жестко соединяя вал *12* с валом *13*. При перемещении муфты переключения в крайнее переднее фиксированное положение происходит сцепление кулачков муфты *8* и ведущей шестерни *5* редуктора КП, т. е. привод вала *13* осуществляется от коробки передач, обеспечивая синхронный привод заднего ВОМ.

Все конструкции ВОМ имеют шлицевые выходные хвостовики *6*, *6а*, имеющие стандартные диаметры и различное число шлицев для присоединения карданных шарниров привода рабочих органов агрегатируемых машин.

1.3.1. Механизм отбора мощности тракторов «Беларус» серий 500–1200 (кроме «Беларус-1222, -1222В»)

МОМ тракторов указанных серий комбинированный: *независимый двухскоростной* с частотами вращения 540 и 1000 мин$^{-1}$ при частотах вращения коленчатого вала дизеля 2081 и 2184 мин$^{-1}$ соответственно (для «Беларус-800, -820») и *зависимый синхронный* с частотой вращения ВОМ 3,44 оборота на 1 м пройденного пути (для «Беларус-800, -820» на шинах 15,5 R38).

МОМ состоит из двухступенчатого редуктора, приводных валов, муфты переключения и планетарного редуктора.

Двухступенчатый редуктор расположен в корпусе сцепления *11* (рис. 6.18). Ведущий вал редуктора, имеющий 2 зубчатых венца *3*, *4*, соединен шлицами со ступицей опорного диска сцепления *2*.

Это обеспечивает вращение ведущего вала независимо от того, включена или выключена муфта сцепления. Зубчатые венцы *3*, *4* находятся в постоянном зацеплении с двумя ведомыми зубчатыми колесами *5* и *6*. Зубчатое колесо *5* свободно посажено посредством бронзовой втулки на вал *9*,

а зубчатое колесо *6* – на два шариковых подшипника *12*, установленных на ступице колеса *5*.

Вал *9* приводится во вращение соединительной зубчатой муфтой *8*, установленной на шлицах этого вала и перемещаемой валиком *10* с поводком с помощью гаечного ключа. Механизм переключения расположен в нижней части корпуса муфты сцепления.

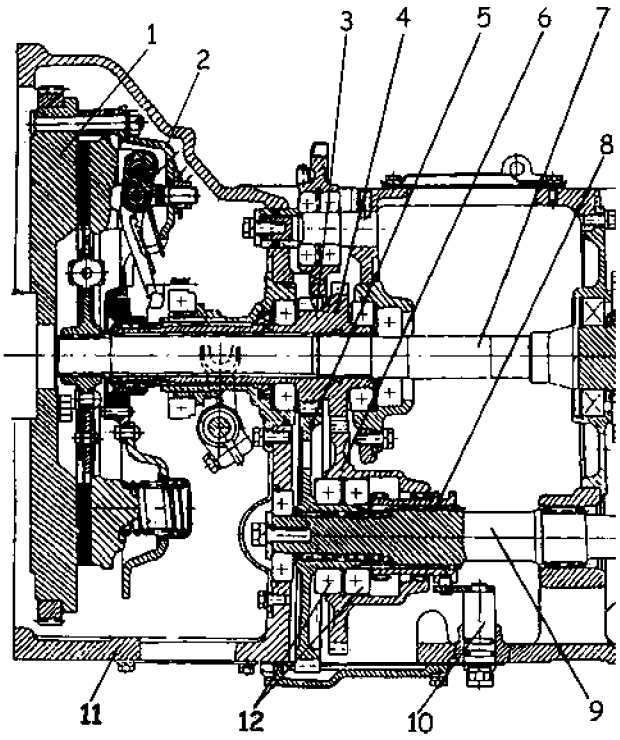


Рис. 6.18. Двухступенчатый редуктор МОМ: *1* – маховик; *2* – опорный диск сцепления; *3* – зубчатый венец вала привода ВОМ (540 об/ мин); *4* – зубчатый венец вала привода ВОМ (1000 об/мин); *5* – шестерня ведомая первой ступени (540 об/мин); *6* – шестерня ведомая второй ступени (1000 об/мин); *7* – вал силовой передачи; *8* – муфта переключения ступеней ВОМ (540 или 1000); *9* – вал привода ВОМ; *10* – валик с поводком переключения скоростей ВОМ; *11* – корпус сцепления; *12* – шарикоподшипник

Для включения первой ступени (540 мин $^{-1}$) зубчатую муфту *8* передвигают вперед и вводят в зацепление со ступицей зубчатого колеса *5*. При перемещении назад муфта *8* входит в зацепление со ступицей зубчатого колеса *6* и включает вторую ступень (1000 мин $^{-1}$).

Ведомый вал *9* через шлицевую втулку, внутренний вал *4* (рис. 6.17), проходящий внутри промежуточного вала КП, и муфту переключения *8* передает вращение валу *13* коронной шестерни планетарного редуктора заднего ВОМ.

При независимом приводе ВОМ (рис. 6.19, *а*) муфта *40* переключения МОМ передними шлицами сопряжена со шлицевым хвостовиком внутреннего вала *44* коробки передач. Вращение от вала *9* (рис. 6.18) передается валу *44*

(рис. 6.19, *а*) и далее через муфту *40* валу *34* коронной шестерни планетарного редуктора (рис. 6.20, *а*, *в*).

При синхронном приводе ВОМ (рис. 6.19, *б*) муфту *40* переключают рычагом *46* в переднее положение и вводят ее в зацепление с кулачками зубчатого колеса *45* второй ступени редуктора коробки передач.

В этом положении шарик *38* фиксатора входит в переднюю канавку вала *34*. Вращение от ступицы зубчатого колеса *45* коробки передач через муфту *40* передается валу *34* планетарного редуктора.

Рычаг *46* можно установить в нейтральное (среднее) положение. Тогда шарик *38* фиксатора войдет в среднюю канавку вала *34* и планетарный редуктор будет отключен.

Планетарный редуктор (рис. 6.19, *в*) размещен в корпусе заднего моста трактора. Он состоит из ведущего коронного зубчатого колеса *32*, находящихся с ним в зацеплении трех сателлитов *30*, установленных на осях *31*, водила *37* и солнечного зубчатого колеса *29*. Водило *37* с прикрепленным к нему тормозным барабаном *27* шлицами соединено со шлицевым сменным хвостовиком *20* вала *26* отбора мощности (вала ВОМ). На валу ВОМ *26* на двух шарикоподшипниках установлено солнечное зубчатое колесо *29*, соединенное шлицами с тормозным барабаном *25* тормоза включения ВОМ. Тормозные барабаны *25*, *27* охватываются тормозными лентами *28* с фрикционными накладками.

Один конец лент закреплен на неподвижной оси *11*, а другой через регулировочные тяги (винты) *14* и рычаги связан с рычагом управления *1* (рис. 6.20), расположенным в кабине трактора. Для включения ВОМ рычаг управления *1* следует перевести в крайнее заднее положение. При этом затягивается задняя лента *28* (рис. 6.19, *в*) барабана *25* солнечной шестерни, а передняя лента *28* барабана *27* водила *37* отпускается.

Вращение от вала *34* с коронным зубчатым колесом *32* через сателлиты, которые обегают неподвижное солнечное зубчатое колесо, передается водилу *37*, а от него – валу *26* и сменному хвостовику *20* ВОМ.

Для выключения ВОМ рычаг управления *1* (рис. 6.20) переводят в крайнее переднее положение. При этом тормозная лента *28* (рис. 6.19, *в*) на барабане *25* отпущена, а на барабане *27* затянута. Водило *37* вместе с валом *26* и хвостовиком *20* ВОМ остановлено. Коронное зубчатое колесо *32* вращает сателлиты *30* вокруг своих осей *31*, а сателлиты, в свою очередь, вращают вхолостую солнечное зубчатое колесо *29* вместе с барабаном *25* тормоза включения ВОМ. Момент затяжки тормозных лент создается усилием сжатых пружин *7*, размещенных в специальном стакане *2*.

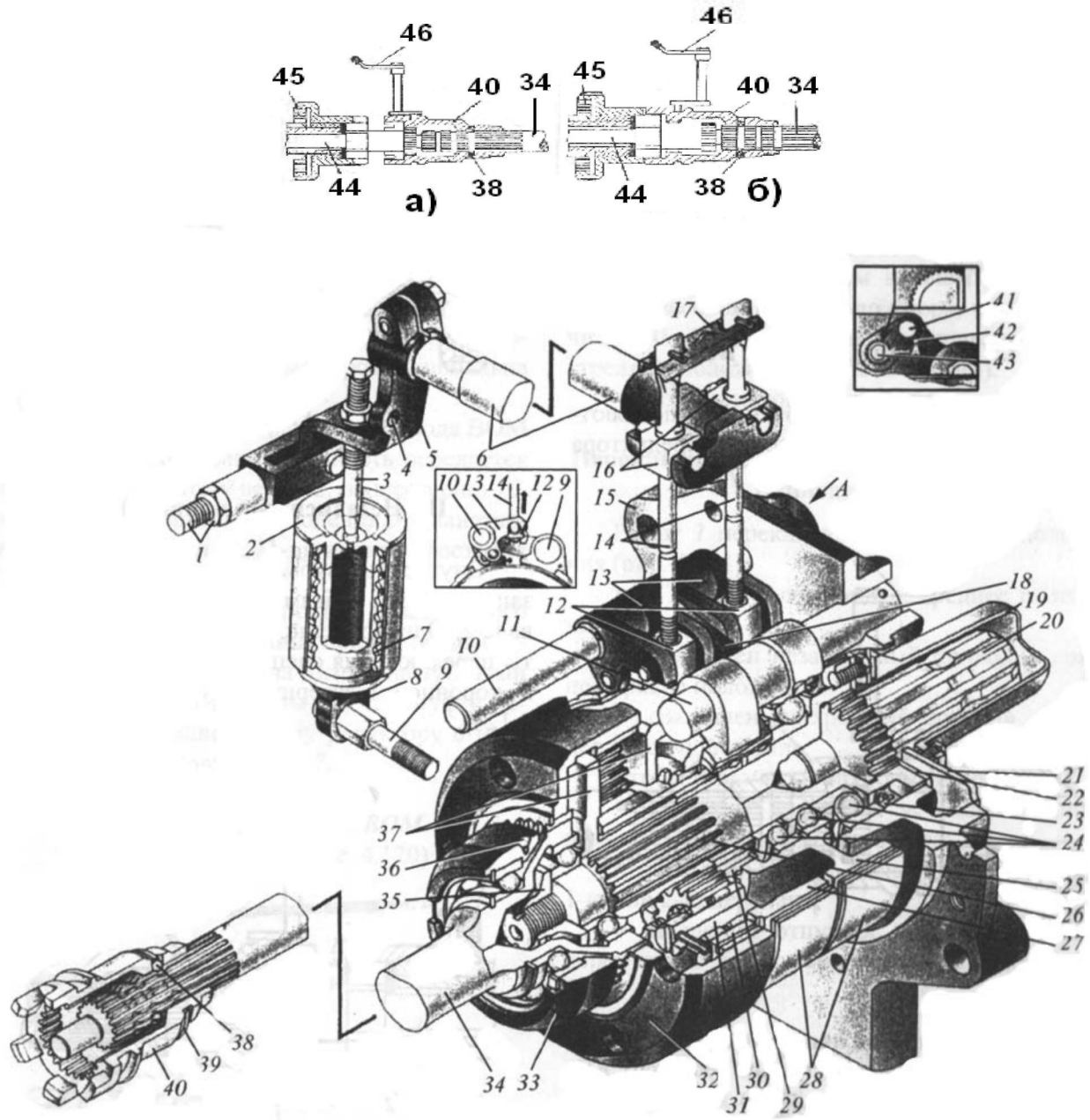


Рис. 6.19. Планетарный редуктор заднего ВОМ: *а* – включен независимый привод; *б* – включен синхронный привод; *в* – планетарный редуктор; *1* – тяга с вилкой; *2* – стакан; *3* – регулировочный болт; *4* – отверстие для установки нейтрального положения; *5* – рычаг: *6* – поворотный валик управления ленточными тормозами; *7* – пружина; *8* – проушина: *9* – болт; *10* – кривошипная ось внешней регулировки; *11* – ось неподвижных концов тормозных лент; *12* – гайки; *13* – подвижные рычаги; *14* – регулировочные винты; *15* – крышка; *16* – опоры; *17* – стопорная пластина; *18* – стяжка; *19* – кожух; *20* – сменный хвостовик; *21* – пластина; *22* – стопорная пластина; *23* – манжета; *24* – шарикоподшипники; *25* – барабан тормоза включения ВОМ; *26* – вал ВОМ; *27* – барабан тормоза выключения; *28* – тормозные ленты; *29* – шестерня; *30* – сателлит; *31* – ось сателлита; *32* – ведущая коронная шестерня; *33* – стакан шарикоподшипника; *34* – вал коронной шестерни; *35* – гайка; *36* – стопор стакана; *37* – водило планетарного механизма с барабаном тормоза выключения ВОМ *27*; *38* – шарик фиксатора; *39* – пружинное кольцо; *40* – муфта переключения режимов (независимый – синхронный); *41* – болт фиксации стопорной пластины; *42* – стопорная пластина; *43* – хвостовик (с лыской) кривошипной оси 10; *44* – внутренний вал КП; *45* – ведущая шестерня второй ступени редуктора КП; *46* – рычаг переключения

На современных тракторах «Беларус» серий 900, 1000 применяется гидравлическое и электрогидравлическое управление ВОМ с планетарным редуктором. В таких тракторах вместо пружин *7* сервоустройства установлен гидроцилиндр двойного действия, который управляется краном или электрогидрораспределителем.

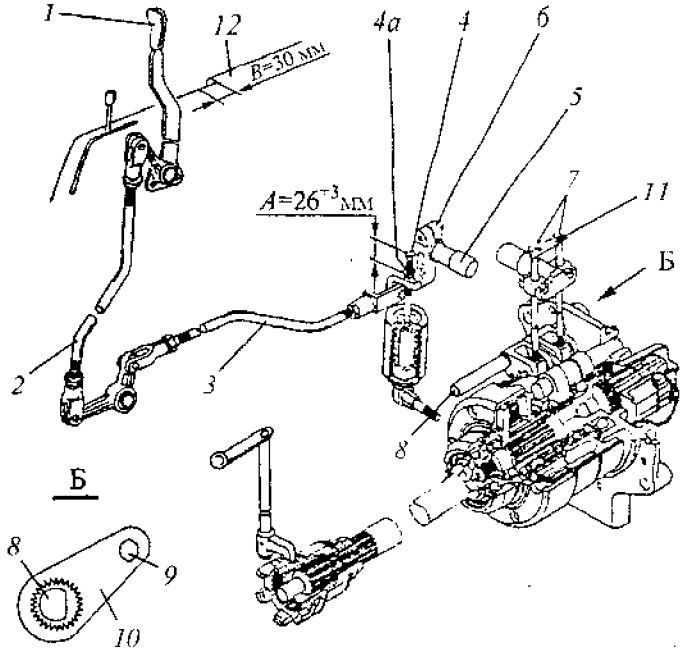


Рис. 6.20. Управление задним ВОМ с планетарным редуктором: *1* – рычаг управления; *2*, *3* – тяга управления; *4* – регулировочный болт; *4а* – контргайка; *5* – валик управления; *6* – рычаг валика управления; *7* – регулировочный винт; *8* – эксцентриковая ось внешней подрегулировки; *9* – болт; *10* – стопорная пластина; *11* – стопор; *12* – пульт

1.3.2. Боковой ВОМ трактора «Беларус-80Х»

Тракторы «Беларус» хлопководческой модификации (80Х, 80Х2, 100Х) укомплектованы двумя боковыми синхронными ВОМ, расположенными перпендикулярно продольной оси трактора с обеих сторон корпуса заднего моста. ВОМ смонтирован в отдельном корпусе *2* (рис. 6.21), который крепится к кожуху тормоза *1*. Синхронный привод хвостовика вала *4* бокового ВОМ осуществляется от шлицевого конца ведущей шестерни *14* конечной передачи.

Включение и выключение ВОМ осуществляется с помощью шлицевой скользящей муфты *3*, управляемой рычагом *9* с осью сухарика, входящего в проточку муфты и тяги *10*, расположенной в кабине трактора. Положения муфты фиксируются шариковым фиксатором *12* в корпусе *13*.

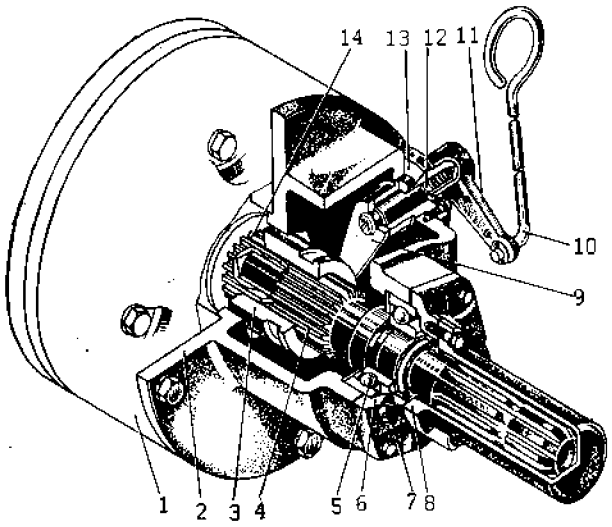


Рис. 6.21. Боковой синхронный ВОМ: *1* – кожух тормоза; *2* – корпус ВОМ; *3* – передвижная муфта; *4* – вал ВОМ; *5* – шарикоподшипник; *6* – крышка подшипника; *7* – пресс-масленка; *8* – колпак; *9* – рычаг с валиком в сборе; *10* – тяга; *11* – рычаг; *12* – шарик-фиксатор; *13* – корпус валика управления; *14* – ведущая шестерня конечной передачи

При агрегатировании трактора с хлопкоуборочной машиной боковые ВОМ необходимо демонтировать и установить на их место специальные крышки, находящиеся в ЗИП трактора.

1.3.3. Механизм отбора мощности тракторов «Беларус» серий 1200–2000

Цилиндрический редуктор двухскоростного ВОМ механизма отбора мощности тракторов «Беларус-1222, -1222В, -1523, -1523В, -2022, -2022В» установлен в корпусе заднего моста и состоит из ведущей шестерни *10* (рис. 6.22) и ведомой шестерни *14*. Эти шестерни расположены соосно и находятся в постоянном зацеплении с тремя равнорасположенными по окружности двухвенцовыми промежуточными шестернями *11*, установленными на игольчатых подшипниках на осях *12*.

Ведущая и ведомая шестерни имеют шлицевые отверстия, которые могут сопрягаться со шлицами сменных хвостовиков *17* (1000 об/мин) или *15* (540 об/мин).

Хвостовик *15* (с маркировкой 540 на торце) имеет шлицы, сопрягаемые со шлицами шестерни *14*.

При включении ВОМ вращение от вала *1* фрикциона передается через фрикционную муфту на шестерню ведущую *10*, шестерню промежуточную *11*, шестерню ведомую *14* и на хвостовик *15*. В этом случае происходит редуцирование частоты вращения вала ведущего *1* с передаточным числом $i = 1{,}8662$.

При установке хвостовика *17* (с маркировкой 1000 на торце) шлицы хвостовика входят в зацепление со шлицами ведущей шестерни *10*. В этом случае при включении ВОМ вращение от вала *1* через включенную фрикционную муфту передается к шестерне *10* и непосредственно на хвостовик *17*. При этом двухвенцовые промежуточные шестерни *11* и ведомая шестерня *14* вращаются вхолостую. Вращение вала *1* передается сменному хвостовику с маркировкой 1000 с передаточным числом $i_р = 1$, т. е. без редуцирования.

Включение и выключение ВОМ осуществляется многодисковой гидроуправляемой фрикционной муфтой, состоящей из барабана *7*, соединенного с шестерней *10*, в прорезях которого установлены стальные диски *5*; шлицевой муфты *3*, на шлицах которой установлены диски *4* с металлокерамическими накладками; поршня *19* и пружин *20*.

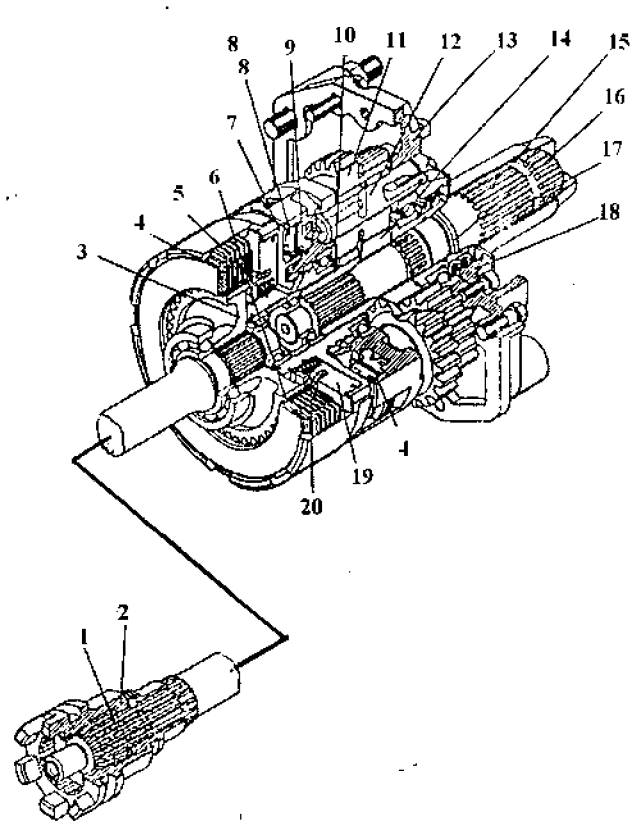


Рис. 6.22. Цилиндрический редуктор заднего ВОМ с гидроуправляемыми фрикционными муфтами: *1* – вал ведущий (фрикциона) ВОМ; *2* – муфта переключения; *3* – муфта шлицевая; *4* – диск ведомый металлокерамический; *5* – диск стальной ведущий; *6* – диск; *7* – барабан; *8* – диск упорный; *9* – поршень тормоза; *10* – шестерня ведущая; *11* – шестерня промежуточная; *12* – ось промежуточная; *13* – корпус редуктора ВОМ; *14* – шестерня ведомая; *15* – хвостовик 540 об/мин; *16* – кольцо стопорное; *17* – хвостовик 1000 об/мин; *18* – крышка; *19* – поршень фрикциона; *20* – пружина

При включении ВОМ с помощью крана, управляемого из кабины, масло под давлением подается в полость поршня *19*, который сжимает диски *4*, *5* и включает фрикцион. Крутящий момент от вала *1* передается к ведущей шес-

терне *10* через муфту *3*, диски *4*, *5* и барабан *7*. При выключении ВОМ происходит сброс давления из полости поршня *19*, который под действием пружин *20* возвращается в исходное положение. Фрикцион выключен, барабан *7* с шестерней *10* отключены от ведущего вала *1*.

Чтобы устранить ведение хвостовика ВОМ при выключенном фрикционе, предусмотрено одновременное включение фрикционного тормоза, который состоит из поршня *9*, смонтированного в корпусе *13*, диска *4* и упорного диска *8*. Диск *4* установлен на шлицах барабана *7*. В положении «ВОМ выключен» масло под давлением подастся в полость поршня *9*, который сжимает диски *4*, *8* и блокирует барабан *7*, шестерню *10* и хвостовик ВОМ с корпусом *13*.

1.3.4. Механизм отбора мощности тракторов «Беларус-2822ДЦ, -3022ДЦ, -3022ДВ, -3022.1»

Независимый задний ВОМ механизма отбора мощности приводится от приводного вала *31* (рис. 6.23), который, в свою очередь, получает вращение от двигателя через соединительные валы и шлицевые втулки в КП и корпусе заднего моста.

Задний ВОМ состоит из гидроуправляемых многодисковых фрикционных муфт включения и тормоза, двухскоростного цилиндрического шестеренчатого редуктора с механическим переключением и сменных хвостовиков ВОМ (6 шт.)

Фрикционная муфта включения–выключения служит для соединения или разъединения вала привода ВОМ с редуктором и состоит из вала *27*, являющегося одновременно и корпусом фрикциона; шлицевой муфты *1*; диска упорного *2*; дисков ведущих *3*, смонтированных на шлицах муфты *1*; дисков ведомых *4*, смонтированных в пазах вала *27*; и подпружиненного поршня *28*, установленного в корпусе фрикциона и уплотняемого кольцами *5* и *30*.

Фрикционная муфта тормоза служит для остановки хвостовика *19* ВОМ и состоит из корпуса *25*, в котором смонтирован подпружиненный поршень *26*, уплотняемый кольцами *8* и *9*; упорного диска *6* и ведущего диска *7*, установленного на шлицах вала фрикциона. Редуктор состоит из ведущих шестерен *11* и *14*, установленных на игольчатых подшипниках *10* и соединяемых с валом *27* с помощью шлицевой втулки *13*, и подвижной муфты *12*; ведомых шестерен *22* и *23*, установленных на шлицах вала *24*. Смазка к игольчатым подшипникам *10* подводится из системы смазки трансмиссии в канал *С* вала

27 по сверлениям в крышках *15* и *16*. Переключение режимов ВОМ осуществляется с помощью валика и вилки, входящей в паз подвижной муфты *12*.

Сменные хвостовики *19* (ВОМ3 z = 20, *d* = 45 мм, ВОМ4 z = 20, *d* = 55 мм, ВОМ4С z = 8, *d* = 54 мм, ВОМ2 z = 21, *d* = 35 мм, ВОМ1 z = 6, *d* = 35 мм, ВОМ1С z = 8, *d* = 38 мм) устанавливаются во внутренних шлицах вала *24* и закрепляются с помощью торцевой шайбы *18* и болтов *20*.

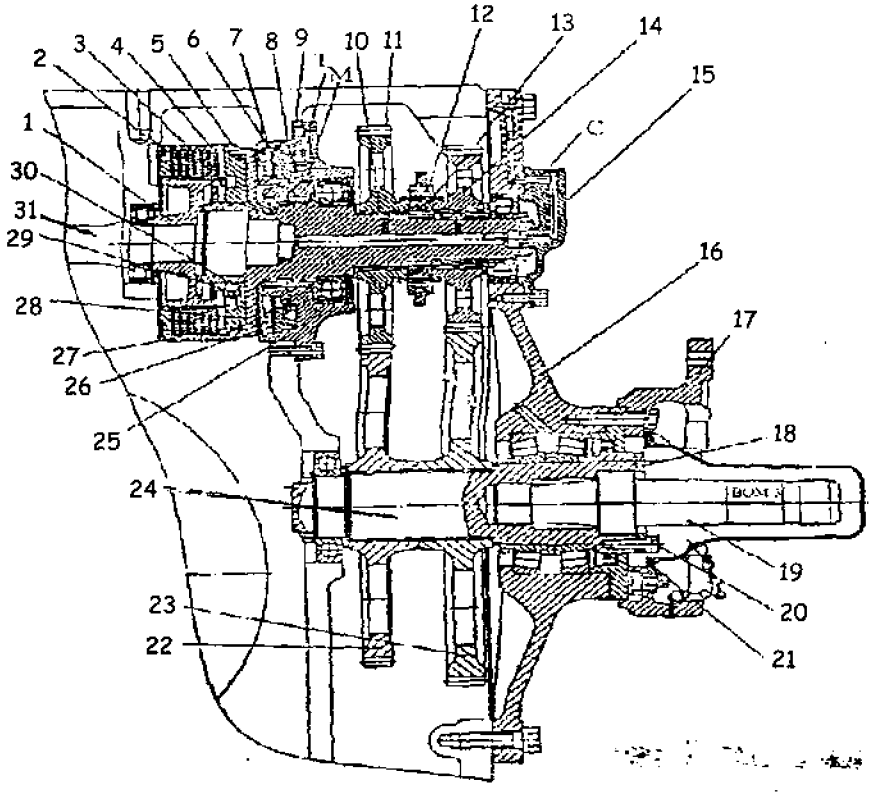


Рис. 6.23. Механизм отбора мощности с фрикционными муфтами включения и тормоза: *1* – муфта шлицевая; *2* – диск упорный фрикциона; *3* – диск ведущий фрикциона; *4* – диск ведомый; *5* – кольцо уплотнительное; *6* – диск упорный тормоза; *7* – диск ведущий тормоза; *8* – кольцо уплотнительное; *9* – кольцо уплотнительное; *10* – подшипник игольчатый; *11* – шестерня ведущая экономичного режима; *12* – муфта шлицевая; *13* – втулка шлицевая; *14* – шестерня ведущая основного режима; *15*, *16* – крышка; *17* – проставка; *18* – шайба торцевая; *19* – сменный хвостовик ВОМ3; *20* – болты; *21* – колпак; *22* – шестерня ведомая экономичного режима; *23* – шестерня ведомая основного режима; *24* – вал ведомый; *25* – корпус тормоза; *26* – поршень тормоза; *27* – вал фрикциона; *28* – поршень фрикциона; *29* – пружины; *30* – кольцо уплотнительное; *31* – вал привода ВОМ

Включение ВОМ осуществляется фрикционом. При подаче масла по каналу М от распределителя управления ВОМ поршень *28* сжимает пакет дисков *3* и *4* и вращение от шлицевой муфты *1* передается на вал *27*, на шлицах которого установлена втулка *13* со шлицевой муфтой *12*. При перемещении муфты вперед включается *экономичная ступень редуктора* (шестерни *11*, *22*), а при переключении муфты назад – *основная ступень* (шестерни *14*, *23*).

При прекращении подачи масла поршень *26* под воздействием пружин *29* возвращается в исходное положение, освобождая диски *3* и *4*. Связь между приводным валом и валом *27* разрывается, и ВОМ выключается. Остановка хвостовика осуществляется фрикционной муфтой тормоза при подаче масла под давлением по каналу *Т* от распределителя. Проставка *17* служит для крепления устройств бескарданного привода отбора мощности (шкив, насос и т. п.), агрегатируемых с трактором. Хвостовик закрыт съемным колпаком *21*.

Примечание. Экономичный режим используется для экономии топлива на частичных режимах дизеля при работе с машинами, не требующими полной мощности. 1000 об/мин на хвостовике ВОМ обеспечивается путем снижения оборотов дизеля до 1435 об/мин.

При включенной основной ступени редуктора частота вращения хвостовика ВОМ 1000 мин$^{-1}$ достигается при номинальной частоте вращения дизеля.

1.3.5. Приводной шкив

Приводной шкив устанавливают на тракторах для привода через ременную передачу стационарных машин. Его размещают обычно сзади или сбоку трактора с приводом соответственно от заднего ВОМ или коробки передач.

Приводной шкив тракторов «Беларус» серий 800, 900, 1000 (рис. 6.24) представляет собой конический одноступенчатый редуктор (с передаточным числом 1,64), прикрепленный к крышке планетарного редуктора МОМ. Он вращается от хвостовика ВОМ.

В рукаве *1* на двух шариковых подшипниках установлено ведущее коническое зубчатое колесо с валом, имеющим внутренние шлицы под хвостовик ВОМ. Ведомое коническое зубчатое колесо вместе с валом смонтировано на двух шариковых подшипниках в корпусе *4* шкива. На шлицевой хвостовик этого вала надет и закреплен корончатой гайкой шкив *5*.

1.3.6. Передний вал отбора мощности (ПВОМ)

Тракторы «Беларус-2822ДЦ, -3022ДВ, -3022.1» в стандартном исполнении укомплектованы механизмом отбора мощности ПВОМ для привода сельскохозяйственных машин с активными рабочими органами, навешенных на переднее навесное устройство (ПНУ). МОМ обеспечивает односкоростной привод хвостовика *8* (рис. 6.25) ПВОМ (1000 мин$^{-1}$ при 2100 мин$^{-1}$ коленчатого вала дизеля) с реализацией мощности ≈ 60 кВт.

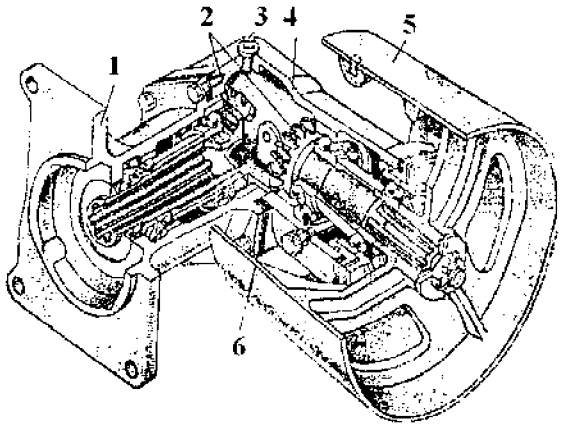


Рис. 6.24. Приводной шкив: *1* – рукав (фланец) шкива; *2* – конические зубчатые колеса; *3* – пробка маслозаливного отверстия; *4* – корпус шкива; *5* – шкив; *6* – регулировочные прокладки

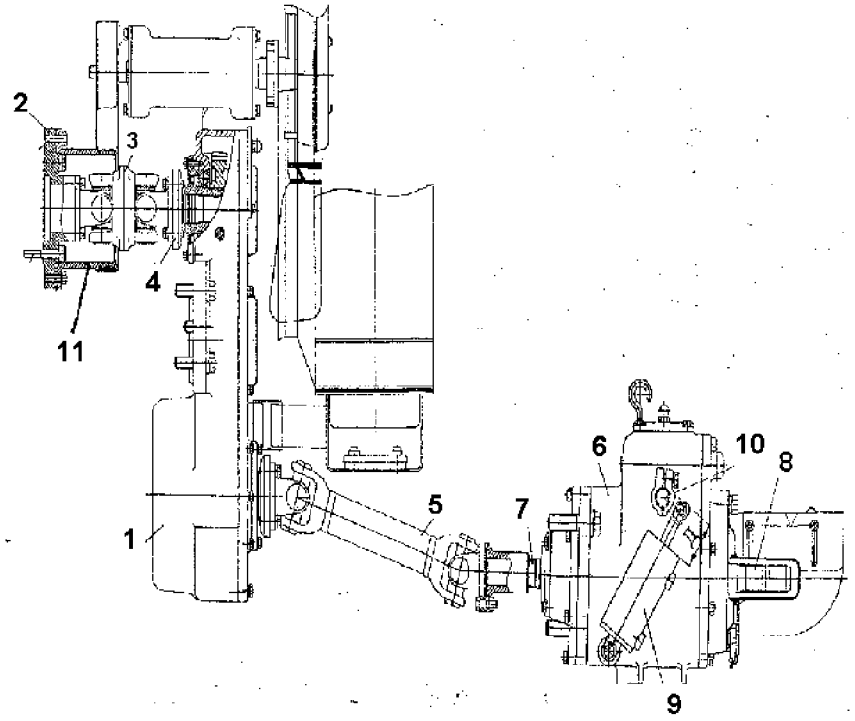


Рис. 6.25. Механизм отбора мощности ПВОМ: *1* – редуктор привода ПВОМ; *2* – переходник; *3* – сдвоенный универсальный шарнир; *4* – шлицевой вал; *5* – карданный вал; *6* – редуктор ПВОМ; *7* – входной вал; *8* – хвостовик ПВОМ; *9* – гидроцилиндр; *10* – поворотный валик включения (выключения); *11* – шкив привода вентилятора

Передача крутящего момента на хвостовик *8* осуществляется от носка коленчатого вала двигателя через переходник *2*, сдвоенный шарнир *3*, шлицевой вал *4*, входной вал редуктора *1* привода ПВОМ и карданный вал *5*, соединяющий приводной редуктор *1* с планетарным редуктором *6* ПВОМ. На тракторах «Беларус-2822ДЦ» сдвоенный шарнир имеет свой шлицевой вал, входящий в зацепление с входным валом редуктора *1*. Поэтому шлицевой вал *4* не устанавливается.

В планетарном редукторе *6* передача мощности от входного вала *7* к хвостовику *8* осуществляется аналогично редуктору заднего ВОМ (рис. 6.19, *в*).

Планетарный редуктор *6* (рис. 6.25) управляется гидроцилиндром *9*, связанным с поворотным валиком *10*, воздействующим на рычаги ленточных тормозов рабочего и тормозного барабанов.

Привод ПВОМ имеет электрогидравлическое управление с помощью двухпозиционного клавишного переключателя и кнопочного включателя ПВОМ.

Гидроцилиндр *9* двойного действия при выдвижении штока на величину Д равную 62–68 мм через рычаг и валик *10* затягивает ленточный рабочий тормоз и включает ПВОМ. При втягивании штока (Д составляет 47–53 мм) ослабляется лента рабочего тормоза и затягивается лента барабана тормоза хвостовика *8*. ПВОМ остановлен.

1.3.7. Возможные неисправности и техническое обслуживание

В процессе эксплуатации возможны неисправности ЗВОМ и ПВОМ, внешними проявлениями которых являются следующие:

– ВОМ не передает полного крутящего момента (пробуксовывает);

– хвостовик ВОМ продолжает вращаться в выключенном положении.

Причинами неисправностей могут быть нарушение регулировки ленточных тормозов или износ тормозных лент и барабанов в планетарном редукторе ВОМ. Для редукторов ВОМ с многодисковыми гидроуправляемыми муфтами причины неисправности кроются в недостаточном давлении масла в гидросистеме управления, а также износ и коробление фрикционных дисков.

Возможны также неисправности, связанные с нарушением работы электрогидравлических распределителей, износ гидроцилиндров включения, обрывы в цепях соленоидных клапанов.

Техническое обслуживание ЗНУ, ПНУ, ЗВОМ и ПВОМ заключается: в периодической проверке и подтяжке силового крепежа бугелей, кронштейнов, стяжек; смазке резьбовых соединений раскосов и стяжек, а также подшипников скольжения поворотного вала ЗНУ; проверке и регулировке цепных и телескопических стяжек, а также проверке и регулировке управления ВОМ, ленточных тормозов, гидроцилиндров и клапанов давления в гидросистеме.

Регулировка управления ВОМ с механическим приводом и пружинным сервомеханизмом:

1. Усилие на рукоятке управления *1* (рис. 6.20; 6.26) для включения или выключения ВОМ должно составлять 120–150 Н.

2. Перемещение рычага в сторону включения и выключения должно быть одинаковым. Переход рычага через нейтральное положение должен быть четким, с повышенным сопротивлением или щелчком.

3. Если не удовлетворяются требования, изложенные выше, проведите регулировочные операции в следующей последовательности:

– эксцентриковую ось *8* (рис. 6.20) установите в крайнее правое положение (лыска вертикально справа) и застопорите пластиной *10* и болтом *9*;

– установите рычаг *6* в нейтральное положение (отверстия в рычаге *6* и корпусе заднего моста совпадут), зафиксируйте это положение с помощью стержня 8 мм или болта М10×60;

– снимите крышку люка заднего моста для доступа к винтам *7*;

– расшплинтуйте и снимите стопор *11*;

– регулировочные винты *7* затяните моментом 10 Нм (1 кгсм) и затем отпустите на 2–2,5 оборота;

– регулировкой длины тяг *2* и *3* (рис. 6.20) установите рычаг *1* в среднее положение паза пульта *12*;

– регулировочный болт *4* ввинтите в рычаг *6* до *A* (26–29 мм) и в этом положении зафиксируйте контргайкой *4а*;

– выньте стержень или болт из отверстий корпуса заднего моста и рычага;

– проверьте правильность регулировки.

Регулировка ВОМ с электрогидравлическим управлением. *Внешняя подрегулировка тормозных лент.* При эксплуатации регулировку тормозных лент ВОМ производите в случае, если:

1. ВОМ пробуксовывает.

2. Размер *A* (рис. 6.27) в положении «ВОМ выключен» (шток втянут) менее 35 мм или в положении «ВОМ включен» (шток выдвинут) более 64 мм.

Порядок проведения подрегулировки следующий:

1.Снимите ограждение ВОМ.

2. Отвинтите болт *4*, снимите стопорную пластину *3* с торца эксцентриковой оси *5* и ключом *S* (13 мм) поверните ось по часовой стрелке до выбора зазора между тормозной лентой и барабаном (в этом случае будет невозможно провернуть хвостовик ВОМ от руки) и поверните ось в обратную сторону на 10–15°.

Важно! После нескольких подрегулировок эксцентриковая ось *5* может занять положение лыской слева, что указывает на израсходование запаса подрегулировки. В этом случае поверните ось против часовой стрелки так, чтобы лыска оказалась справа в вертикальном положении, и затем выполните регулировочные операции, как указано ниже в разделе «Регулировка управления ВОМ».

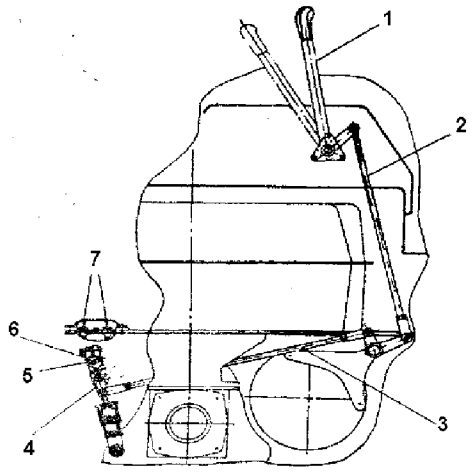


Рис. 6.26. Механический привод заднего ВОМ:
1 – рычаг управления; *2*, *3* – тяга управления; *4* – регулировочный болт;
5 – валик управления; *6* – рычаг; *7* – регулировочный винт

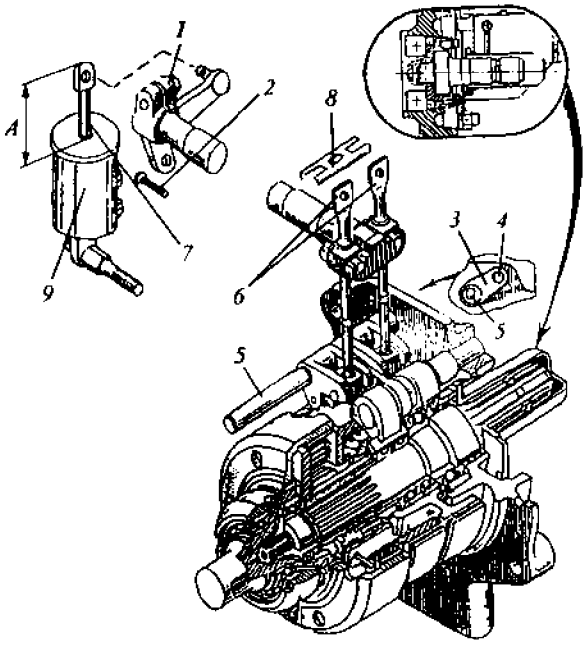


Рис. 6.27. Регулировка управления ВОМ: *1* – рычаг; *2* – технологический болт;
3 – стопорная пластина; *4* – болт; *5* – эксцентриковая ось; *6* – регулировочные винты;
7 – шток; *8* – стопорная пластина; *9* – гидроцилиндр

Внутренняя регулировка управления ВОМ.

Примечание. Регулировку управления ВОМ производите в условиях мастерской.

При сборке на заводе или при ремонте эксцентриковая ось *5* устанавливается в крайнее правое положение (лыска вертикально справа) и фиксируется стопорной пластиной *3* и болтом *4*.

1. Рычаг *1* установите в нейтральное положение, совместив отверстия в рычаге и корпусе заднего моста с помощью стержня диаметром 8 мм или болта *2* (М 10 × 60).

2. Расшплинтуйте и снимите стопорную пластину *8*.

3. Регулировочные винты *6* затяните моментом 10 Н·м (1 кгс·м) и затем отвинтите на 1,5–2 оборота (доступ к винтам через люк в крышке заднего моста).

4. При правильно отрегулированном ВОМ выход штока *7* относительно крышки корпуса цилиндра (размер *А*) при работающем дизеле должен быть для тракторов «Беларус-500, -800, -900»:

– в положении «ВОМ выключен» (шток втянут) – 40–46 мм;

– в положении «ВОМ включен» (шток выдвинут) – 53–59 мм.

Для тракторов «Беларус-1025, -1221, -1221В»:

– ВОМ выключен: А равно 39–43 мм;

– ВОМ включен: А равно 62–66 мм.

При работе приводного шкива с повышенным шумом при нормальном уровне масла необходимо отрегулировать боковой зазор в зацеплении конических зубчатых колес. Уменьшение бокового зазора достигается сокращением числа регулировочных прокладок под фланцами рукава *1* (рис. 6.24) корпуса *4*. Нормальный зазор составляет 0,25–0,45 мм. После проведения регулировочных операций заправьте корпус шкива маслом.

Контрольные вопросы

1. Что входит в рабочее оборудование тракторов?

2. Как отрегулировать механизм навески тракторов для работы с плугом и широкозахватными сельскохозяйственными машинами? Как отрегулировать телескопические стяжки ЗНУ?

3. Как работает автоматическая сцепка тракторов?

4. Для каких целей используют прицепную серьгу и буксирное устройство?

5. К какому тягово-сцепному устройству (ТСУ) следует прицепить одноосный прицеп?

6. Какие ТСУ входят в состав универсального ТСУ?

7. Как классифицируют ВОМ по способу привода?

8. Что такое синхронный ВОМ?

9. Как работает комбинированный ВОМ тракторов «Беларус» серий 500, 800, 900, 1000 и «Беларус-1221»?

10. Как работает ВОМ тракторов «Беларус-1222, -1523, -2022»?

11. Каковы особенности конструкции ВОМ тракторов «Беларус-2822ДЦ, -3022ДВ, -3022.1»?

12. Для чего предназначен приводной шкив трактора?

13. Как отрегулировать управление задним ВОМ трактора «Беларус»?

Глава 2. РАБОЧЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ

2.1. Буксирное устройство

Буксирное устройство предназначено для соединения автомобиля с прицепами и расположено в задней поперечине рамы, усиленной раскосами.

Буксирное устройство автомобиля КамАЗ представляет собой крюк *2* (рис. 6.28), стержень которого проходит через отверстие в задней поперечине рамы. Стержень вставлен в цилиндрический корпус *15*, закрытый крышкой *16* и кожухом *12*. В корпус *15* между шайбами *13* и *14* с небольшим предварительным натягом вставлен резиновый упругий элемент *9*. Наличие резинового упругого элемента смягчает ударные нагрузки при трогании автомобиля с прицепом с места, а также при движении по неровной дороге. На оси *3*, проходящей через крюк, установлена защелка *6* крюка, которая стопорится собачкой *4* и шплинтом с цепью *8*, благодаря чему исключается возможность выхода дышла прицепа из зацепления с крюком.

2.2. Буксирный прибор автомобиля МАЗ-5551А2

Буксирный прибор состоит из разъемносцепного и амортизирующего механизмов, соединенных между собой стержнем *7* (рис. 6.29). Разъемносцепной механизм состоит из подпружиненной рукоятки *18* с рычагом *15*, фиксирующим палец *19*, вилки *24* в поднятом положении, предохранителя *29*, дополнительно фиксирующий палец *19* в нижнем положении совместно с рычагом *15*; крышки *14*, вилки *24* с направляющими *21* петли дышла прицепа и буфера (амортизатора) *13*.

Упругий буфер *6* амортизирующего механизма предварительно поджимается гайкой *3* между направляющей втулкой *4* и фланцами *5*, *9*, установленными в крышке *10* корпуса и корпусе *8*.

Для расцепки автомобиля с прицепом необходимо вытянуть до отказа предохранитель *29* и, удерживая его в вытянутом положении, другой рукой следует поднять рукоятку *18* вверх до упора. При этом поднятый рычагом *15* палец *19* должен надежно удерживаться в верхнем положении. Рукоятка *18* должна быть зафиксирована в поднятом положении.

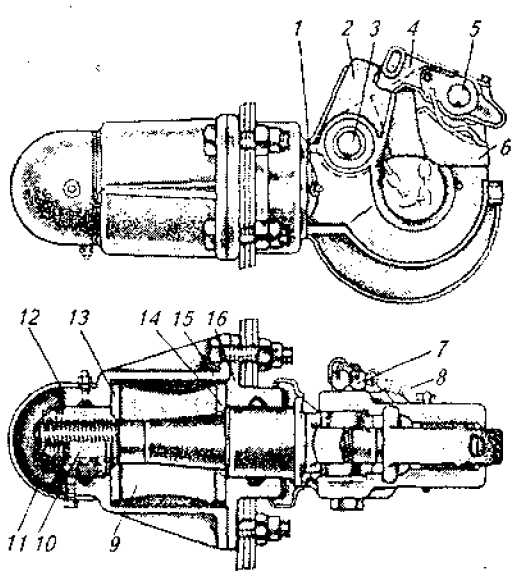


Рис. 6.28. Буксирное устройство автомобиля КамАЗ – 5320: *1* – масленка; *2* – крюк с грязеотражателем и стержнем; *3* – ось защелки крюка; *4* – собачка защелки крюка; *5* – ось собачки; *6* – защелка; *7* – гайка; *8* – цепь шплинта защелки крюка; *9* – упругий элемент; *10* – гайка крюка; *11* – шплинт; *12* – защитный кожух; *13*, *14* – шайбы; *15* – корпус; *16* – крышка корпуса

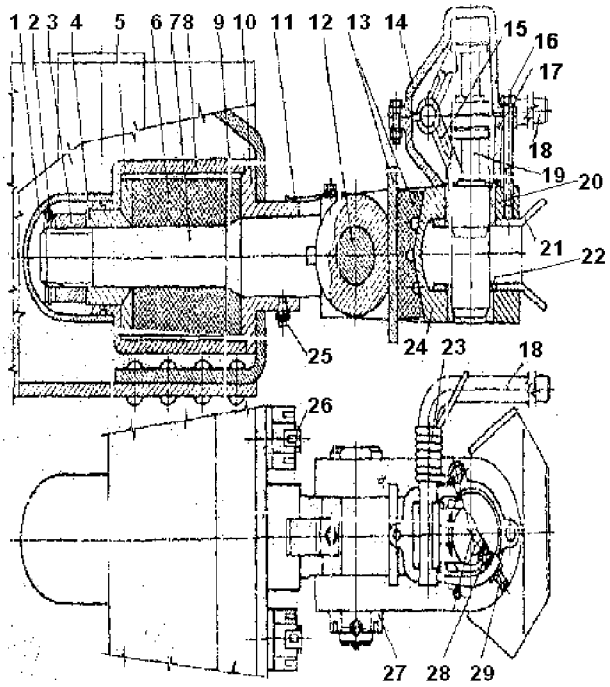


Рис. 6.29. Буксирный прибор автомобиля МАЗ-5551А2: *1* – чехол гайки; *2* – шплинт; *3* – гайка; *4* – втулка направляющая; *5*, *9* – фланцы буфера; *6* – буфер; *7* – стержень; *8* – корпус; *10* – крышка корпуса; *11* – пружина; *12* – ось стержня; *13* – буфер; *14* – крышка; *15* – рычаг; *16* – болт; *17* – основание крышки;*18* – рукоятка; *19* – палец; *20* – втулка верхняя; *21* – направляющая петли; *22* – втулка нижняя; *23*, *28* – пружины; *24* – вилка; *25* – масленка; *26* – болт; *27* – гайка; *29* – предохранитель

При сцепке автомобиля с прицепом разъемный сцепной механизм срабатывает автоматически с автоматической дополнительной фиксацией пальца

19 предохранителем *29*. Рукоятка *18* при этом должна быть в горизонтальном положении, а предохранитель «утоплен». На автомобилях МАЗ возможна установка буксирного прибора типа «крюк-петля», разъемносцепной механизм которого состоит из защелки *3* (рис. 6.30), оси *1* и собачки *2*.

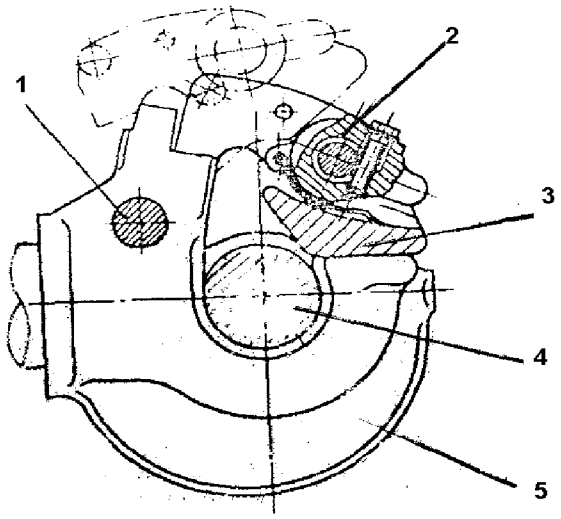


Рис. 6.30. Разъемно-сцепной механизм «крюк-петля»:
1 – ось; *2* – собачка; *3* – защелка; *4* – петля дышла; *5* – крюк

2.3. Лебедка

Лебедку устанавливают на полноприводных грузовых автомобилях для самовытаскивания и подтягивания автомобилей и прицепов на труднопроходимых участках в условиях бездорожья.

Лебедка автомобиля «Урал-4320» состоит из червячного редуктора, барабана с тросом, ленточного тормоза, привода и тросоукладчика. Рабочая длина троса 65 м, максимальное тяговое усилие на тросе 70–90 кН. Червячный редуктор включает в себя глобоидальный червяк *20* (рис. 6.31) и червячное колесо *13*. Червяк установлен в подшипниках *19*, *21* и *22*. Под крышками подшипников расположены регулировочные прокладки *18* и *23*. На одном конце червяка установлен фланец *17* привода, а на другом конце – автоматический ленточный тормоз *24*, препятствующий самопроизвольному вращению барабана лебедки. Червячное колесо приклепано к ступице, которая подвижной муфтой *14* соединена с валом *6* барабана *5*. Барабан *5* плотно посажен на шлицевой вал.

Лебедка приводится в действие от раздаточной коробки через дополнительную коробку отбора мощности и три карданных вала с промежуточными опорами.

Тросоукладчик необходим для правильной укладки троса на барабане и состоит из ходового винта, направляющих роликов и валиков. Ходовой винт приводится во вращение цепной передачей от звездочки *2*, установленной на вале барабана.

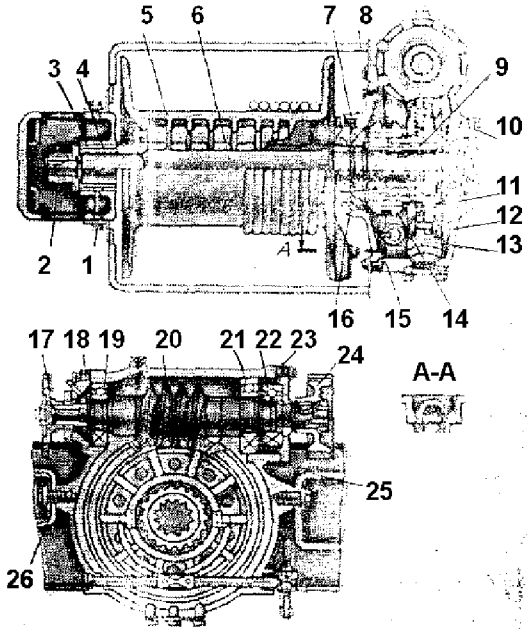


Рис. 6.31. Лебедка: *1* – пресс-масленка; *2* – звездочка; *3* – подшипник скольжения; *4* – распорная втулка; *5* – барабан; *6* – вал барабана; *7* – крышка редуктора; *8* – отбойник троса; *9* – неподвижная муфта; *10*, *16*, *18*, *23* – регулировочные прокладки; *11*, *15* – конические роликовые подшипники; *12* – картер редуктора; *13* – червячное колесо; *14* – подвижная муфта; *17* – фланец; *19*, *21*, *22* – упорные подшипники; *20* – червяк; *24* – ленточный тормоз; *25* – правый кронштейн ходового винта; *26* – поперечина подвески лебедки

Для включения лебедки рычаги коробки передач и раздаточной коробки устанавливают в нейтральное положение. Для размотки вручную троса рычаг подвижной муфты *14* перемещают в нижнее (выключенное) положение, разматывают трос, оставляя на барабане не менее трех-четырех витков. При принудительной выдаче троса перемещают рычаг подвижной муфты в верхнее (включенное) положение, включают коробку дополнительного отбора мощности, 1-ю или 2-ю передачу в коробке передач и разматывают трос на необходимую длину. Для подтягивания груза включают передачу заднего хода в коробке передач, а при самовытаскивании – пониженную передачу в раздаточной коробке и 1-ю передачу в коробке передач.

2.4. Седельно-сцепное устройство

Седельно-сцепное устройство автомобилей-тягачей предназначено для шарнирного соединения тягача с полуприцепом, передачи части веса полу-

прицепа на раму тягача, а также тягового усилия от тягача к полуприцепу. Это устройство позволяет изменять положение тягача относительно полуприцепа при движении на поворотах.

Седельно-сцепное устройство автомобиля-тягача КамАЗ-5410 смонтировано на подставке *9* (рис. 6.32, *а*, *б*), которая болтами прикреплена к раме автомобиля. Седло *8* (опорная плита) установлено на кронштейнах с помощью двух осей *3*, которые удерживаются от осевого перемещения стопорными пластинами *1* с болтами. Седло свободно поворачивается во втулках, чем обеспечивается его продольный наклон. С помощью резино-металлических втулок седло может поворачиваться в поперечной плоскости на угол до 3°.

Сцепной механизм состоит из двух захватов *7* и *12* (рис. 6.32, *б*), установленных на пальцах *6*, запорного кулака *11* с пружиной *14* и рычага *10* управления расцепкой. Запорный кулак имеет два положения: переднее – захват открыт, заднее – захват закрыт. Заднее положение запорного кулака фиксируется предохранителем, переднее – защелкой.

Для соединения автомобиля с полуприцепом поворачивают предохранитель саморасцепки и рычагом *10* отводят запорный кулак *11* в переднее взведенное положение, фиксируя его защелкой *13*, при этом захват открыт (изображено на рисунке).

При движении тягача назад в сторону полуприцепа сцепной шкворень полуприцепа входит в зев захватов, которые раскрываются еще больше и освобождают от фиксации защелку *13*. Запорный кулак *11* под действием сжатой пружины *14* перемещается в заднее положение и сначала упирается в затылок захватов *7* и *12*, а при дальнейшем передвижении входит в паз захватов, обеспечивая надежное их запирание.

Седельно-сцепное устройство автомобиля-тягача МАЗ-6422 прикреплено к раме автомобиля с помощью двух кронштейнов *2* (рис. 6.32, *в*) с шарнирами *5*. Седло *1* соединено с кронштейнами *2* с помощью двух осей *14*. Сцепной механизм, расположенный под опорной плитой седла в основном аналогичен по конструкции и работе механизму КамАЗ-5410 и состоит из двух захватов *13* на осях *7*, запорного кулака *12* со штоком и пружиной *11*, защелки *10* с пружиной *9*, рукоятки *8* управления расцепкой и предохранительной планки *15*.

Запорный кулак *12* может занимать три положения:

1) *заднее* – захваты *13* закрыты и заперты кулаком (кулак находится в пазу, образованном захватами);

2) *исходное положение для сцепки с полуприцепом* – захваты открыты (кулак упирается в торцы захватов);

3) *переднее* – захваты *13* закрыты, но не заперты кулаком (кулак зафиксирован защелкой *10*). Шток кулака удерживается от случайного перемещения в переднее положение предохранительной планкой *15*.

Для расцепки тягача с полуприцепом нужно предварительно повернуть предохранительную планку *15* и с помощью рукоятки *8* отвести в переднее положение кулак *12*, где он фиксируется защелкой *10*. Таким образом, захваты не заперты кулаком и при движении тягача шкворень полуприцепа выходит из зева захватов *13*.

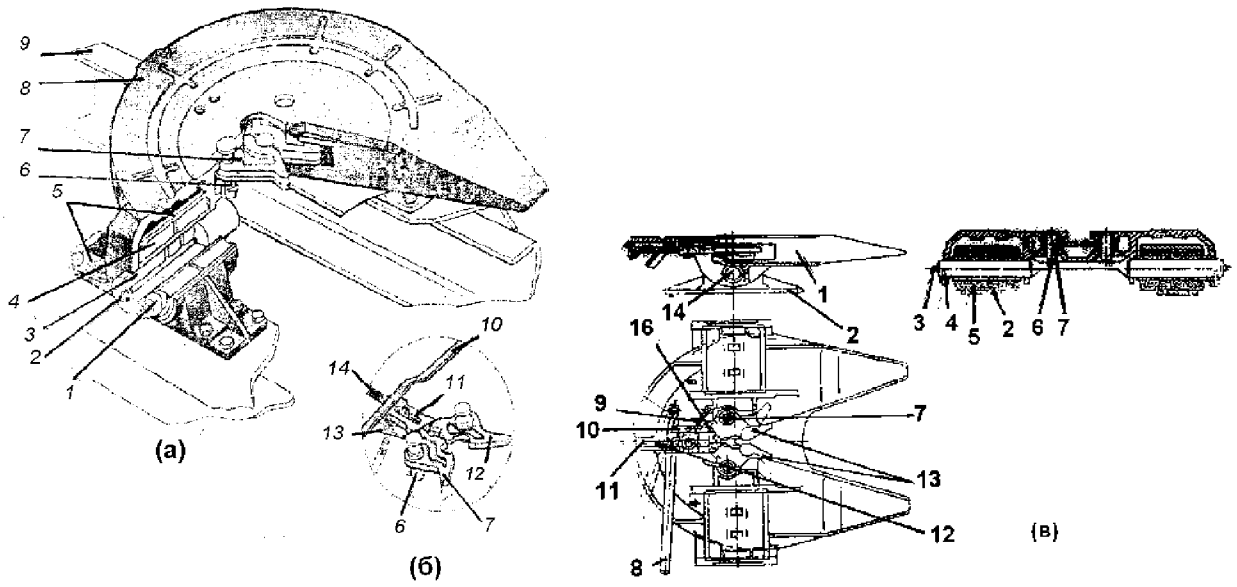


Рис. 6.32. Седельно-сцепное устройство: *а*, *б* – автомобиля КамАЗ-5410: *а* – устройство, *б* – схема сцепного механизма;*1* – стопорная пластина; *2* – масленка; *3* – ось; *4* – втулка; *5* – кронштейн; *6* – палец захвата; *7* – левый захват; *8* – седло (опорная плита); *9* – подставка; *10* – рычаг; *11* – запорный кулак; *12* – правый захват; *13* – защелка; *14* – пружина запорного кулака; *в* – автомобиля МАЗ-6422: *1* – седло; *2* – кронштейн; *3*, *6* – масленка; *4* – стопорная пластина; *5* – шарнир; *7* – ось захвата; *8* – рукоятка замка захватов; *9*, *11* – пружины; *10* – защелка; *12* – запорный кулак; *13* – захваты; *14* – ось; *15* – предохранительная планка; *16* – штифт

При этом захваты поворачиваются, а штифт *16*, закрепленный на захвате, воздействует на защелку *10*, которая освобождает запорный кулак. Кулак под воздействием пружины *11* перемещается назад и упирается в торцы захватов, занимая исходное положение для последующей сцепки с полуприцепом.

При сцепке тягача с полуприцепом шкворень упирается в открытый зев захватов и поворачивает их. При этом образуется паз между передними концами захватов, в который под воздействием пружины входит запорный кулак, обеспечивая надежное их запирание, а предохранительная планка, автоматически поворачиваясь, запирает шток кулака.

2.5. Кузова автомобилей

Кузова автомобилей предназначены для размещения различных грузов, специального оборудования и пассажиров. По типу кузова грузовые автомобили могут быть *общего назначения* (с кузовом в виде грузовой бортовой платформы) и *специализированные* (самосвалы, цистерны, фургоны и др.).

Кузова легковых автомобилей могут быть следующих типов:

1) *седан* – четырехдверный кузов с двумя или тремя рядами сидений;

2) *лимузин* – это седан с перегородкой, отделяющей водителя от пассажиров;

3) *купе* – двухдверный кузов с одним или двумя рядами сидений;

4) *фаэтон* – кузов с мягким складным верхом и съемными боковинами;

5) *кабриолет* – кузов с откидывающимися задней стенкой и частью крыши;

6) *универсал* – кузов грузопассажирского автомобиля с двумя или четырьмя дверями и люком сзади.

Автобусы имеют закрытый каркасный кузов вагонного типа.

Кузов общего назначения грузового автомобиля предназначен для размещения и перевозки разнообразных грузов и представляет собой деревянную или металлическую платформу. Для облегчения погрузки и выгрузки груза задний *9* (рис. 6.33) и боковые *5* и *10* борта откидывающиеся. Передний борт *11* платформы неподвижный. Откидные борта скреплены планками *6*, поворачивающимися на петлях *7*. Все борта соединены между собой затворами *3*, а доски пола *1* – поперечными брусьями *4*, которые стремянками *8* стянуты с продольными брусьями *12* и балками рамы. Продольные брусья дополнительно скреплены с рамой стремянками *2*.

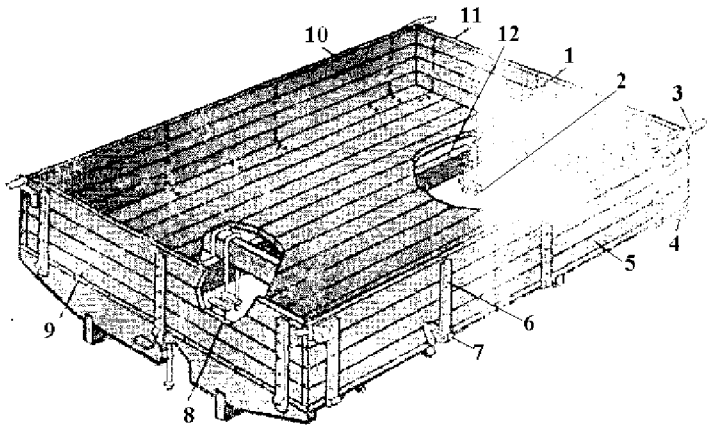


Рис. 6.33. Грузовая платформа: *1* – пол кузова; *2*, *8* – стремянки; *3* – затвор; *4* – поперечина; *5*, *10* – боковые борта; *6* – планка: *7* – петля; *9* – задний борт; *11* – передний борт; *12* – продольный брус

Платформы некоторых моделей автомобилей МАЗ и КамАЗ – металлические, бортовые, состоящие из основания, шести бортов и каркаса с тентом. Боковые (по два с каждой стороны) и задний борта откидные. Пол платформы деревянный. Платформа с продольными брусьями прикреплена к продольным балкам рамы десятью стремянками.

Кузов автомобиля-самосвала представляет собой сварную металлическую платформу прямоугольного или ковшеобразного типа.

Платформы автомобилей – самосвалов МАЗ-555142 и КамАЗ-55102 прямоугольного типа, металлические, с опрокидыванием на три стороны. В задней части к основанию платформы между двумя поперечными балками приварены кронштейны с гнездами для втулок оси опрокидывания и отверстиями для стопорения.

В средней части первой поперечины надрамника приварено четыре болта для крепления нижней опоры гидроцилиндра. К переднему борту платформы присоединен кронштейн крепления верхней опоры гидроцилиндра.

Платформа имеет амортизатор (обрезиненную пластину), служащий опорой в транспортном положении, а также ловушку с ловителем-амортизатором для придания платформе необходимого положения в продольном направлении и удержания ее в этом положении при движении автомобиля.

Гидроподъемники кузовов автомобилей-самосвалов описаны в главе *7* раздела 4 «Гидравлическое оборудование».

Типы кузовов сельскохозяйственных автомобилей. В сельском хозяйстве имеется значительная номенклатура перевозимых грузов. Только отрасли земледелия и животноводства дают более 45 наименований грузов в виде основной и побочной продукции. Кроме того, 30–35 видов грузов необходимы для обеспечения деятельности указанных отраслей. Часть сельскохозяйственных грузов относится к скоропортящимся сельскохозяйственным продуктам, и для их перевозки необходимо соблюдать определенный температурный режим. К таким продуктам относятся молоко и молочные продукты, яйца, фрукты и ягоды, многие овощи (огурцы, кабачки, капуста, помидоры, зелень и др.).

Типаж специализированного подвижного состава предусматривает выпуск специализированных автомобилей, прицепов и полуприцепов многоцелевого назначения – это фургоны, самосвалы, цистерны, контейнеровозы, лесовозы и др.

Автомобили-фургоны подразделяют по назначению: общего назначения, рефрижераторы, изотермические, для перевозки яиц и птицы, для перевозки хлеба, для перевозки скота и др.

Автомобили-цистерны предназначены для перевозки воды, молока, нефтепродуктов (в том числе топливозаправщики), пищевых концентратов и муки, пищевых жидкостей, цемента и др.

2.6. Техническое обслуживание

Техническое обслуживание буксирного устройства заключается в периодической смазке сопряжения стержня *7* (рис. 6.29) с крышкой *10* через пресс-масленку *25*. Гайка *3* крепления стержня *7* должна быть надежно зашплинтована. Собачка *2* (рис. 6.30) защелки *3* буксирного крюка должна фиксироваться шплинтом и надежно удерживать защелку. Надежность и долговечность работы буксирного прибора во многом зависит от правильности затяжки гайки *3* (рис. 6.29). При наличии осевого люфта стержня *7* необходимо расшплинтовать гайку *3* и путем подтяжки гайки добиться устранения люфта, после чего зашплинтовать гайку. Максимальный допустимый износ (люфт) между осью *12* и стержнем *7*, осью *12* и вилкой *24* должен быть не более 2 мм.

Техническое обслуживание лебедки заключается в периодической смазке трущихся деталей, проверке уровня масла в червячном редукторе, корректировке уровня масла и его замене. Подлежит проверке состояние троса, уплотнений и крепежа.

В седельно-сцепном устройстве периодически проверяют состояние предохранителя *15* (рис. 6.32, *в*) саморасцепки. Предохранитель должен надежно возвращаться в исходное положение при перемещении его в любую сторону. Рекомендуется также периодически проверять износ рабочих поверхностей захватов *13* и запорного кулака *12*.

Контрольные вопросы

1. Что входит в рабочее оборудование автомобиля?
2. Для чего необходима и как работает лебедка автомобиля «Урал-4320»?
3. Назовите специализированные кузова, которые устанавливают на автомобилях для перевозки сельскохозяйственных грузов.
4. Как устроено и работает седельно-сцепное устройство на автомобилях-тягачах?
5. Перечислите типы кузовов легковых автомобилей.

Глава 3. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

3.1. Общие сведения

Для создания удобств при управлении и улучшения условий труда водителей тракторы и автомобили оснащают вспомогательным оборудованием. Оно включает в себя кабину, органы управления и контроля, устройства для создания микроклимата в кабине и снижения уровня вибрации, шума и др.

С целью улучшения условий труда водителя прежде всего уменьшают усилия на органах управления за счет применения гидро- и пневмоприводов, пружинных сервомеханизмов.

Усилие на органы управления трактором, требующие постоянного воздействия (рулевое колесо, рычаги управления, рычаг регулятора ТНВД и т. п.), должно составлять 30–50 Н (не более); на органы периодического, непостоянного воздействия (рычаги переключения передач, включения ВОМ, гидросистемы и т. п.) – 150–200 Н (не более).

Работоспособность водителя снижается при воздействии вибрационных нагрузок, особенно в диапазоне частот 3–5 Гц. Для снижения вибрации улучшают конструкцию подвесок, а также оборудуют тракторы более удобными подрессоренными сиденьями, кабину устанавливают на виброгасителях. Отрицательно влияет на человека шум. Он возникает в первую очередь из-за работы двигателя, механизмов трансмиссии, а у гусеничных тракторов – дополнительно при работе гусеничного движителя и сельскохозяйственных машин. Уровень шума в кабине трактора не должен превышать 80 дБА. Для его снижения па тракторах устанавливают шумоизолированные кабины и капоты, глушители отработавших газов и др.

Для создания комфортных условий кабины современных тракторов оборудованы кондиционерами, вентиляторами, обогревателями, устройствами поддержания определенной влажности воздуха в кабине и др.

Кабина – это рабочее место водителя или тракториста, где он проводит большую часть рабочего времени. К конструкции кабин предъявляют следующие требования: рациональное размещение органов управления и сиденья; надежная защита от атмосферных осадков, солнца, ветра, пыли, отработавших газов, отрицательных температур, вибрации и шума; хорошая обзорность и достаточный запас прочности при возможном опрокидывании машины, воздействии вертикальных и боковых ударных нагрузок с целью

создания в кабине зоны безопасности для защиты водителя (тракториста) от фатальных последствий.

Кабину обычно изготавливают цельнометаллической с жестким каркасом, сваренным из специальных полых металлических профилей с двумя герметично закрываемыми застекленными дверями. На тракторах ее устанавливают на четырех резиновых виброгасителях для снижения вибраций на рабочем месте тракториста.

На грузовых автомобилях кабины могут быть *с отдельным капотом*, в котором размещен двигатель (автомобили ГАЗ-53-12, ЗИЛ-130), и *бескапотные* с расположением двигателя непосредственно под кабиной (автомобили ГАЗ-66, КамАЗ-5320 и семейство автомобилей МАЗ различного назначения).

На рис. 6.34 показан трактор «Беларус-923.3» с капотом двигателя современного дизайна и новой комфортабельной кабиной со сферическим остеклением, изогнутыми профилями жесткого каркаса, хорошей обзорностью и шумовиброизоляцией.

Для термо- и шумоизоляции, уменьшения вибраций пол, крышу и переднюю панель кабин покрывают изоляционными и звукопоглощающими материалами. Двери также имеют щумоизолирующие прокладки и герметично закрывают дверной проем благодаря резиновым уплотнениям. Стекла дверей открывают стеклоподъемниками. Полное открытие дверей ограничивается упорами. В каждой двери имеется замок.

Широкие окна кабины обеспечивают хорошую обзорность. На задние и передние стекла устанавливают стеклоочистители, на лобовое стекло – стеклоомыватель.

Рис. 6.34. Трактор «Беларус-923.3»
с капотом и кабиной современного дизайна

Кабины оснащают противосолнечным козырьком, зеркалами заднего и бокового видов, термосом для питьевой воды, огнетушителем, ящиком для инструмента, вешалкой для одежды.

Кабины тракторов общего назначения и автомобилей второго и третьего классов оборудуют сиденьями для водителя и пассажира с ремнями безопасности. На универсально-пропашных тракторах кабины одноместные (сиденье только для тракториста), а на автомобилях четвертого–шестого классов – трехместные с двумя сидениями для пассажиров.

3.2. Органы управления и приборы трактора «Беларус-1025.3»

Комбинация прибора *4* (рис. 6.35) объединяет указатели:

– давления масла в трансмиссии;

– давления воздуха в пневмосистеме с сигнализатором аварийного давления;

– напряжения с сигнализатором заряда АКБ;

– уровня топлива с сигнализатором резервного уровня;

– температуры охлаждающей жидкости с сигнализатором аварийной температуры ОЖ;

– давления масла в дизеле с сигнализатором аварийного давления масла.

Электронный тахоспидометр *6* дает индикацию: скорости движения трактора, км/ч; частоту вращения коленчатого вала ($мин^{-1}$); частоту вращения ВОМ 1 – 540 $мин^{-1}$ и ВОМ 2 – 1000 $мин^{-1}$; наработку дизеля и трактора в часах.

При установке индикатора комбинированного отображается информация об эксплуатационных параметрах систем и механизмов трактора, а также оператор получает данные о нарушении работы или отказе какой-либо системы. В состав индикатора входят указатели скорости трактора, частоты вращения дизеля, частоты вращения ВОМ, сегменты шкал оборотов ВОМ, сигнализаторы диапазонов шкал оборотов ВОМ; контрольные лампы – индикаторы включения дальнего света фар, указателей поворота прицепа и трактора, включения стояночного тормоза, повышенного напряжения бортовой сети, низкого уровня охлаждающей жидкости; многофункциональный индикатор.

На щитке приборов имеются блоки контрольных ламп: засоренности воздухоочистителя, повышенной температуры (105 °С) охлаждающей жидкости; давления масла в дизеле, давления масла в ГОРУ; давления воздуха в пневмосистеме (ниже 0,5 МПа); индикаторы дальнего света, поворота трактора, поворота прицепа, стояночного тормоза.

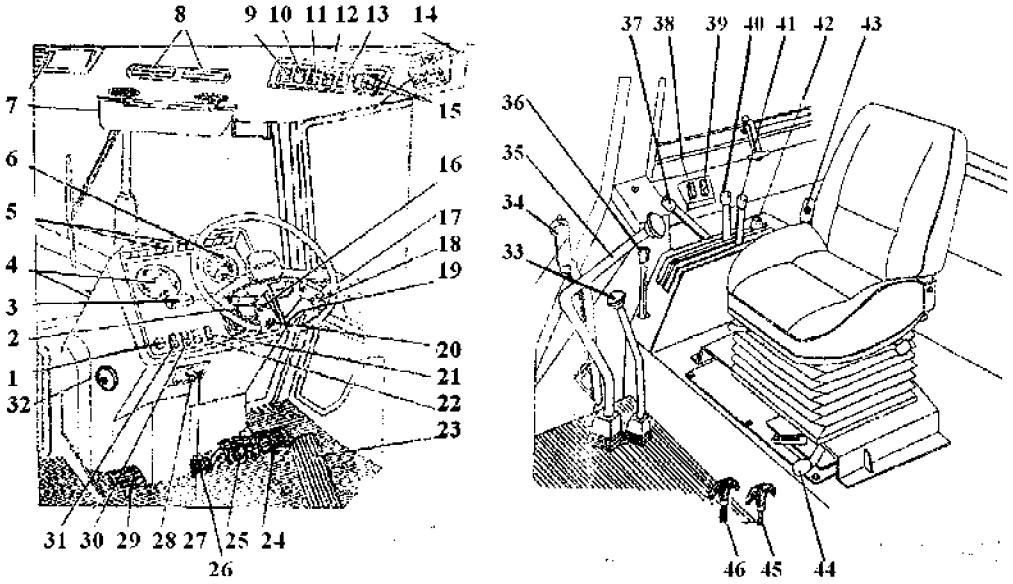


Рис. 6.35. Органы управления, приборы и сиденье трактора «Беларус-1025.3»: *1* – выключатель аварийной световой сигнализации; *2* – рулевое колесо; *3* – переключатель подрулевой; *4* – комбинация приборов; *5* – блоки контрольных ламп; *6* – тахоспидометр электрический; *7* – радиоприемник (если установлен); *8* – реляционные заслонки; *9* – выключатель стеклоочистителя переднего стекла; *10* – выключатель вентилятора кабины; *11* – выключатель задних фар; *12* – выключатель передних рабочих фар; *13* – выключатель фонарей знака «Автопоезд»; *14* – включатель плафона кабины; *15* – заглушки; *16* – пульт программирования тахоспидометра *6*; *17* – рычаг управления правыми задними выводами гидросистемы; *18* – рычаг управления правыми боковыми выводами гидросистемы; *19* – рычаг управления левыми задними выводами; *20* – выключатель стартера и приборов; *21* – заглушка (-1025, -1025.2). Для -1025.3 – клавиша дистанционного выключателя «массы»; *22* – заглушка (-1025.3). Для -1025 и -1025.2 – выключатель ЭФП; *23* – педаль управления подачей топлива; *24* – педаль тормоза правая; *25* – педаль тормоза левая; *26* – педаль управления блокировкой дифференциала заднего моста («Беларус-1025, -1025.2»); *27* – рукоятка фиксации наклона рулевой колонки; *28* – рукоятка останова дизеля; *29* – педаль сцепления; *30* – выключатель стеклоомывателя; *31* – центральный переключатель света; *32* – рукоятка управления шторкой радиатора; *33* – рычаг переключения диапазонов КП; *34* – рычаг стояночного тормоза; *35* – рычаг переключения передач КП; *36* – рычаг управления ВОМ; *37* – рычаг управления подачей топлива; *38* – клавиша переключения привода переднего ведущего моста; *39* – клавиша управления блокировкой дифференциала заднего моста (-1025.3); *40* – рычаг позиционного регулирования; *41* – рычаг силового регулирования; *42* – ограничитель хода рычага позиционного регулирования; *43* – выключатель «массы» (-1025.2); *44* – рычаг переключения ВОМ (независимый – синхронный); *45*, *46* – рычаги управления ходоуменьшителем (если установлен)

3.3. Щиток приборов тракторов «Беларус» со сферической кабиной

Щиток приборов (рис. 6.36) отличается современным дизайном и имеет удобную компоновку приборов и переключателей. Удобное расположение комбинации приборов *5–10*, индикатора комбинированного *12* и пульта *13* программирования индикатора обеспечивают хорошую информативность в условиях индикации большого числа параметров.

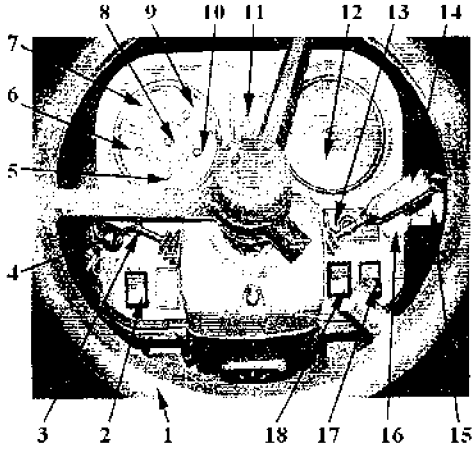


Рис. 6.36. Щиток приборов тракторов «Беларус» со сферической кабиной: *1* – рулевое колесо; *2* – дистанционный выключатель АКБ; *3* – многофункциональный подрулевой переключатель; *4* – выключатель стартера и приборов; *5* – указатель давления масла в КП; *6* – указатель давления воздуха; *7* – указатель напряжения; *8* – указатель уровня топлива; *9* – указатель температуры ОЖ; *10* – указатель давления масла в дизеле; *11* – блок контрольных ламп; *12* – индикатор комбинированный; *13* – пульт программирования; *14* – многофункциональный переключатель; *15* – табло индикации включенной передачи (-2822, -3022); *16* – выключатель аварийной световой сигнализации; *17* – центральный переключатель света; *18* – выключатель передних рабочих фар

3.4. Устройства для поддержания микроклимата в кабинах

Микроклимат в кабине должен соответствовать следующим требованиям: температура воздуха в летнее время года не должна превышать температуру окружающего воздуха более чем на 2–3 °С и должна быть не ниже 14 °С и не выше 28 °С; скорость движения воздуха при вентиляции – не более 1,5 м/с; содержание пыли в воздухе – не более 2 мг/м^3, оксида углерода – не более 20 мг/м^3.

Система вентиляции кабины может быть *естественной* (через окна) и *принудительной* (подача воздуха вентилятором). На большинстве тракторов и автомобилей используют обе системы вентиляции. На автомобилях и некоторых современных тракторах («Беларус» серий 500, 800, 900, 1000, 1200, 1500, 2000) принудительная вентиляция объединена с системой отопления кабины в холодное время.

В системе приточно-принудительной вентиляции кабин тракторов применен вентилятор-пылеотделитель. При вращении крыльчатки *4* (рис. 6.37, *а*) вентилятора воздух засасывается под колпак *1*, поступает на лопатки крыльчатки и после центробежной очистки по патрубку *2* проходит в кабину. Пыль, отделенная от воздуха, ударяясь в перегородки, выбрасывается наружу через выходное отверстие в корпусе вентилятора. Щитком *3* регулируют направление потока воздуха в кабину.

Для обеспечения нормального температурного режима в летнее время кабины некоторых тракторов оборудуют принудительной вентиляцией с воздухоохладителем. Как правило, применяют воздухоохладители водоиспарительного типа, работа которых основана на принципе отбора теплоты при испарении воды в контакте с воздухом. Такая вентиляционная установка подает в кабину очищенный от пыли, увлажненный и охлажденный воздух.

Вентиляционная установка с воздухоохладителем трактора ДТ-75МВ работает следующим образом. Наружный воздух через воздухозаборный колпак, установленный над крышей кабины, засасывается центробежным вентилятором *1* (рис. 6.37, *б*) и проходит центробежную очистку от пыли, которая удаляется через щели в улитке *2*. Далее воздух проходит по центральной трубе и дополнительно очищается от пыли в поддоне при изменении направления движения. При проходе теплого воздуха через поддон и решетку *9*, смоченные водой из бака *14*, вода испаряется. Увлажненный и охлажденный воздух, проходя через кассету *8*, окончательно очищается от пыли и капелек воды и поступает в кабину через щиток *5*, которым регулируют направление его потока.

Уровень воды в поддоне поддерживается клапаном с поплавком *10*. Расход воды составляет 1,2–1,4 л/ч.

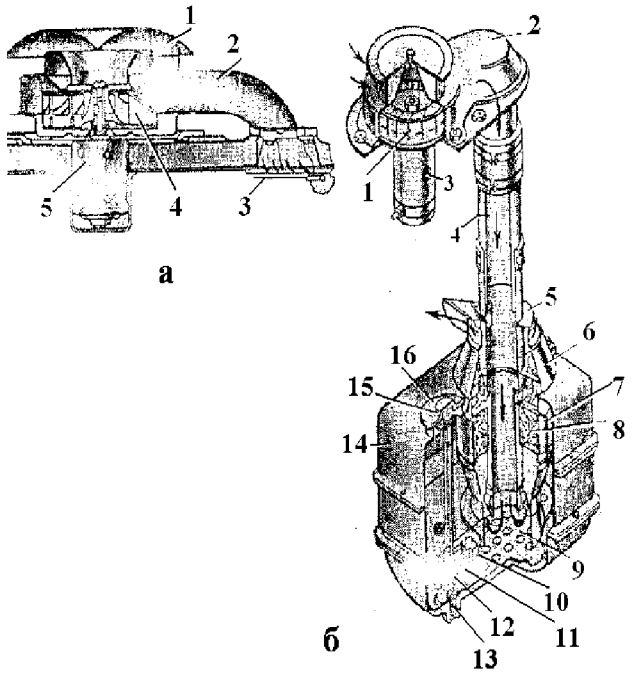


Рис. 6.37. Вентиляционные устройства: *а* – вентилятор – пылеотделитель:*1* – колпак; *2* – патрубок; *3* – щиток; *4* – крыльчатка; *5* – электродвигатель; *б* – вентиляционная установка с воздухоохладителем:*1* – вентилятор; *2* – улитка; *3* – электродвигатель; *4* – центральная труба; *5* – щиток; *6* – конус; *7* – корпус; *8* – кассета; *9* – решетка; *10* – поплавок; *11* – фильтр; *12* – тяга; *13* – пробка; *14* – бак; *15* – рукоятка; *16* – крышка

Зимой кабина трактора Т-150К обдувается воздухом, нагреваемым в сердцевине радиатора системы охлаждения дизеля. Нагретый воздух через заборник *1* (рис. 6.38, *а*) по металлическому рукаву *2* направляется в патрубки *3* со щелями на обдув лобовых стекол, а по выходному патрубку *4* – непосредственно в кабину. На выходном патрубке установлена заслонка с рукояткой *5*, при закрытии которой весь поступающий воздух направляется на обдув стекол. Рукояткой заслонки *6* во входном патрубке можно полностью перекрыть поступление воздуха в кабину.

Кабина автомобиля ЗИЛ-130 обогревается теплым воздухом, прошедшим через радиатор *12* (рис.6.38, *б*) отопителя, включенного в систему охлаждения двигателя. Горячая вода из водяной рубашки головки цилиндров двигателя через кран *6* по водоподводящему шлангу *7* поступает в радиатор *12* отопителя и выходит из него по водоотводящему шлагу *8* во всасывающую полость водяного насоса двигателя*.

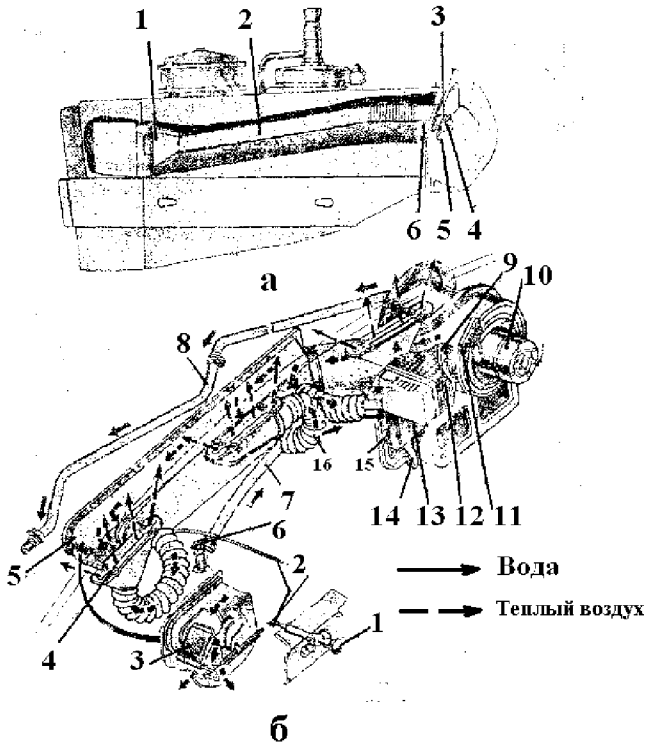


Рис. 6.38. Устройства обогрева кабины: *а* – трактора Т-150К: *1* – заборник; *2* – рукав; *3* – направляющий патрубок со щелями; *4* – выходной патрубок; *5*, *6* – рукоятки заслонок; *б* – автомобиля ЗИЛ-130: 1 – рукоятка управления заслонкой канала отопителя; *2* – трос; *3* – заслонка канала отопителя; *4* – сопла обдува ветрового стекла; *5* – канал; *6* – кран; *7* – водоподводящий шланг; *8* – водоотводящий шланг; *9* – вентилятор; *10* – электродвигатель; *11* – дополнительное сопротивление; *12* – радиатор; *13* – заслонка кожуха; *14* – фиксатор заслонки; *15* – рукоятка управления заслонкой кожуха; *16* – шланг обдува ветрового стекла

* Аналогичный принцип отопления кабины путем отбора тепла от нагретой ОЖ дизеля широко применяется в системах отопления кабин современных тракторов «Беларус» серий 800–2000

Воздух в отопитель поступает по специальному каналу, расположенному под капотом вдоль двигателя. Подогретый воздух направляется вентилятором *9* в распределительный канал *5*, а из него по шлангам *16* и соплам *4* для обдува ветрового стекла и через отверстие, перекрываемое заслонкой *3*, к ногам водителя.

Положение заслонки *3* изменяют рукояткой *1*. Поток вводимого в отопитель воздуха регулируют заслонкой *13*, которая имеет три фиксированных положения: первое – закрыт доступ свежего воздуха по специальному каналу, и он поступает в отопитель из кабины; второе – открыт вход свежего воздуха в отопитель и закрыт доступ воздуха из кабины; третье – открыт вход свежего воздуха в кабину. Первое положение заслонки используют для отопления кабины при температуре наружного воздуха ниже – 10 °С, второе положение – при температуре выше – 10 °С, третье положение – для вентиляции кабины без отопления.

3.5. Система кондиционирования воздуха и отопления кабины

Энергонасыщенные тракторы «Беларус-2822ДЦ, -3022ДВ» в стандартном исполнении укомплектованы системой кондиционирования воздуха и отопления кабины, которая предназначена для создания нормального микроклимата в кабине трактора.

Система кондиционирования состоит из двух контуров: охлаждения и отопления (рис. 6.40).

Контур охлаждения заправлен азононеразрушающим хладагентом R134a и включает в себя компрессор *2*, *2а* (рис. 6.39) с ременным приводом от коленчатого вала дизеля, фильтр-осушитель *1а* и конденсатор *1*, установленные перед охладителем надувочного воздуха (ОНВ); моноблок испарителя и радиатора отопителя *3* (охладителя-отопителя) и вентилятор, расположенные в крыше кабины. В контур охлаждения и отопления входят быстроразъемные соединения, электрические кабели, воздушные фильтры, регулятор *2* (рис. 6.41) холодного воздуха и выключатель *1* вентилятора кондиционера и отопителя кабины.

Пульт управления системой кондиционирования и отопления с регуляторами *1*, *2* (рис. 6.41) расположен в центре верхней панели кабины. Регулятором *1* изменяют скорость вращения трехскоростного вентилятора и расход воздуха. Регулятором *2* изменяют температуру холодного и осушенного воздуха, выходящего из дефлекторов в крыше кабины.

Работа кондиционера

После запуска дизеля включается электромагнитная муфта, и компрессор (схема на рис. 6.40) обеспечивает циркуляцию хладагента по контуру кондиционера: компрессор – конденсатор – фильтр – осушитель – быстроразъемные соединения – испаритель охладительной секции моноблока радиаторов – быстроразъемные соединения – компрессор. Хладагент поглощает тепло от проходящего через моноблок испарителя воздуха, отдавая его в окружающую среду через конденсатор, расположенный перед радиатором ОНВ. Система кондиционирования автоматически поддерживает температуру, заданную регулятором *2* (рис. 6.41), который управляет термостатом системы кондиционирования.

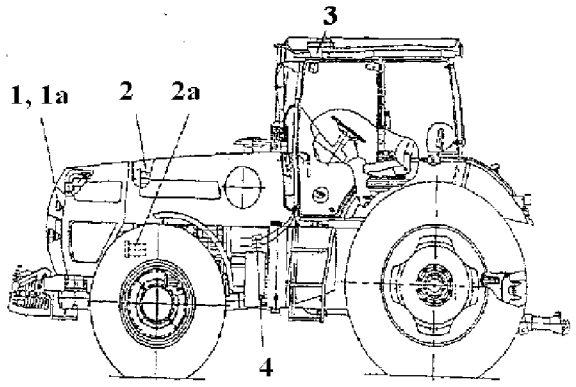


Рис. 6.39. Расположение составных частей системы кондиционирования воздуха и отопления кабины трактора «Беларус-2822ДЦ»: *1* – конденсатор; *1а* – фильтр-осушитель; *2* – компрессор (для -3022ДВ); *2а* – компрессор (для -2822ДЦ); *3* – блок охладителя и отопителя; *4* – быстроразъемные соединения

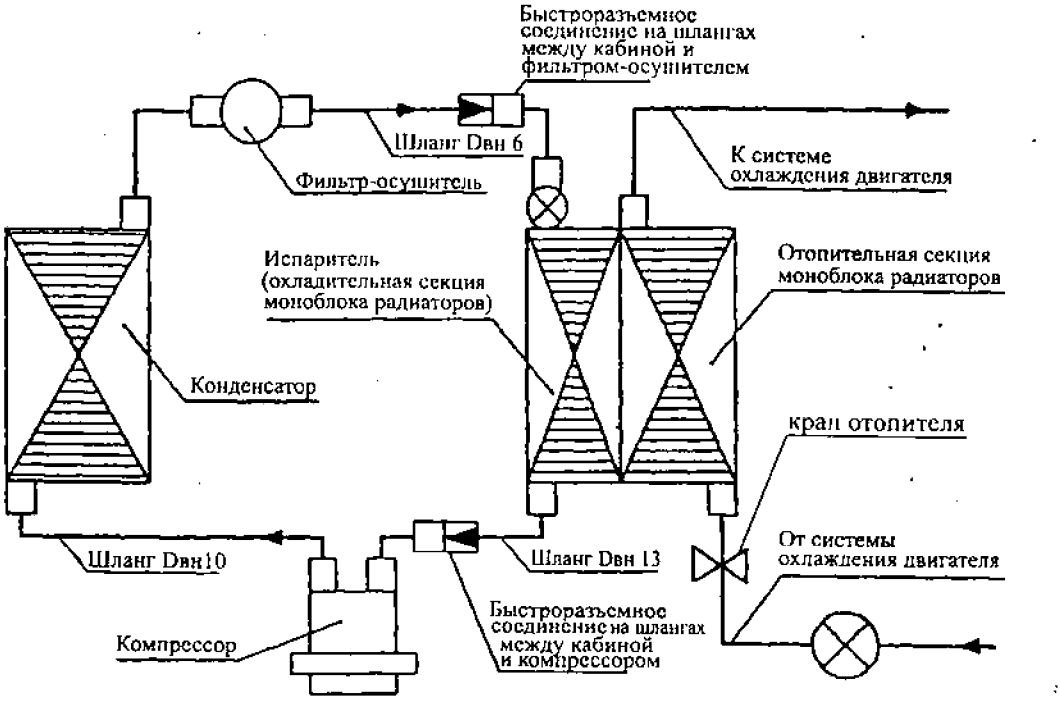


Рис. 6.40. Схема системы кондиционирования воздуха и отопления кабины тракторов «Беларус-2822ДЦ, -3022ДВ»

Для включения кондиционера (только при работающем дизеле и закрытом кране отопителя (рис. 6.40)) регулятор *2* поворачивают по часовой стрелке до начала шкалы голубого цвета. Регулятор *1* вентилятора устанавливают в одно из трех положений. Через 3–5 мин регулятором *2* устанавливают желаемую температуру в кабине.

Для выключения кондиционера оба регулятора следует установить в положения «О».

Работа отопителя кабины

Для обогрева кабины (только при выключенном кондиционере) используется низкозамерзающая охлаждающая жидкость системы охлаждения дизеля, которая *при открытом кране отопителя* (рис. 6.40) циркулирует по контуру: система охлаждения дизеля – открытый кран отопителя – радиатор отопительной секции моноблока радиаторов – система охлаждения дизеля. Подвод теплоносителя к радиатору отопителя, расположенному в крыше кабины, осуществляется по шлангам, проложенным через полости профилей передних стоек кабины.

Для нормальной работы отопителя необходимо при открытом кране отопителя убедиться в заполнении контура отопления ОЖ, для чего дизель должен поработать несколько минут, и радиатор отопителя должен прогреваться. Уровень ОЖ в расширительном бачке при этом понизится. Доливают ОЖ в бачок до требуемого уровня.

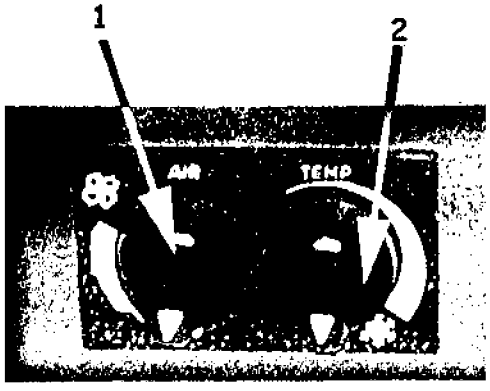


Рис. 6.41. Органы управления кондиционером и вентилятором:
1 – регулятор скоростного режима вентилятора кондиционера и отопителя;
2 – регулятор температуры холодного осушенного воздуха в режиме кондиционирования

Для ускорения прогрева кабины включают вентилятор, установив регулятор *1* (рис. 6.41) в одно из трех положений и открыв рециркуляционные заслонки в крыше кабины. В теплое время года кран отопителя (рис. 6.40) должен быть закрыт для работы системы в режиме кондиционирования и вентиляции кабины.

Контрольные вопросы

1. Что относится к вспомогательному оборудованию тракторов и автомобилей?
2. Чем оборудуют кабины тракторов и автомобилей?
3. Какие системы вентиляции кабин используют на тракторах и автомобилях?
4. Как работает вентиляционная установка с воздухоохладителем трактора ДТ-75МВ?
5. Как работает система отопления и вентиляции кабины автомобиля ЗИЛ-130?
6. Как работает система кондиционирования воздуха и отопления кабины тракторов «Беларус-2822ДЦ», «Беларус-3022ДВ, -3022.1»?

Контрольные вопросы и задания

1. Для чего предназначена трансмиссия?
2. По каким признакам классифицируют трансмиссии?
3. Чем отличается бесступенчатая трансмиссия от ступенчатой?
4. Что такое передаточное отношение?
5. Что входит в механическую трансмиссию?
6. Как работает гидротрансформатор?
7. Для чего предназначены муфты сцепления?
8. Как классифицируют механические фрикционные муфты сцепления?
9. Чем различаются одно- и двухпоточная муфты сцепления?
10. Как работает диафрагменное сцепление?
11. Чем отличается двухдисковое сцепление тракторов «Беларус» мощностью 300 л. с.?
12. Какие типы приводов сцепления находят применение в тракторах и автомобилях?
13. Для чего предназначен редуктор между корпусом сцепления и КП?
14. В каких случаях муфта сцепления «ведет»?
15. Для чего предназначена коробка передач?
16. По каким признакам классифицируют коробки передач?
17. На какие группы подразделяют передачи в автомобилях и тракторах?
18. С какой целью устанавливают синхронизаторы? Как они работают?
19. Что значит переключение передач без разрыва потока мощности?
20. Как исключается самопроизвольное выключение и включение передачи?
21. Чем различается КП энергонасыщенных тракторов «Беларус» от КП тракторов средней мощности?
22. Как работает КП трактора «Беларус-3022ДВ»?
23. Для чего предназначена раздаточная коробка?

24. Для чего предназначены ходоуменьшители, реверс-редукторы?

25. Объясните назначение промежуточных соединений?

26. Для чего нужна карданная передача?

27. Как устроен шарнир равных угловых скоростей?

28. Из каких механизмов состоит ведущий мост?

29. Назовите виды главных передач?

30. Для чего предназначен дифференциал?

31. Перечислите различия дифференциалов переднего и заднего ведущих мостов тракторов «Беларус» серий 500–900.

32. Конечные передачи каких типов применяют на колесных тракторах?

33. Какие типы ПВМ применяются в тракторах «Беларус»?

34. Как устроен аксиальный ПВМ с цельнолитой балкой тракторов «Беларус-3022ДВ»?

35. Как работает механизм поворота с фрикционной многодисковой муфтой поворота?

36. Как работает планетарный механизм поворота?

37. Какие колеса и шины устанавливают на тракторах?

38. Как улучшают тягово-сцепное свойства колесных тракторов?

39. Перечислите типы остовов колесных тракторов.

40. Что значит эластичная подвеска гусеничного трактора.

41. Какие типы подвесок применяются в автомобилях?

42. Назовите типы подвесок гусеничных тракторов.

43. Назовите схемы поворота колесных тракторов.

44. Какие передачи используют в рулевых механизмах?

45. Для каких целей устанавливают гидроусилители рулевого управления?

46. Как работает гидрообъемное рулевое управление тракторов «Беларус»?

47. Каково назначение тормозных систем?

48. Перечислите виды тормозных систем.

49. Назовите преимущества и недостатки сухих и мокрых тормозов.

50. Какие способы торможения применяют в автотранспортных средствах?

51. Какие существуют тормозные приводы? Перечислите их преимущества и недостатки.

52. Как устроены тормоза тракторов «Беларус» серий 500–1000?

53. Расскажите о конструкции тормозных механизмов автомобилей МАЗ и КамАЗ.

54. Из чего состоит пневматический привод тормозов автомобилей МАЗ и КамАЗ?

55. Какие пневматические контуры входят в пневмопривод тормозов автомобилей МАЗ и КамАЗ?

56. Как устроена антиблокировочная система тормозов автомобилей МАЗ?

57. Какие пневмоприводы тормозов прицепа устанавливаются на тракторах «Беларус»?

58. Как работает комбинированный пневмопривод тормозов прицепа тракторов «Беларус»?

59. Что такое неэффективное торможение и потеря устойчивости автотракторного средства при торможении?

Приложения

Приложение 1

Краткие технические данные тракторов

Трактор	Тип трактора	Тяговый класс	Тип движителя	Модуль дизеля	Номинальная мощность кВт	Номинальная частота вращения коленчатого вала, мин $^{-1}$	Число передач: переднего хода; заднего хода
ВТЗ-30США	Самоходное шасси	0,6	Пневматические колеса	Д-120-77	22	2000	6; 6
Т-30-69 Т-30А-80				Д-120	22	2000	6; 6
ВТЗ-2022	Универсально-пропашной				18,4	1800	6; 6
ВТЗ-2032					22	2000	6; 6
ВТЗ-2048				Д-130	33	2000	6; 6
«Беларус-320, -422»				LDW1503/1603	24,6 (36,6)	3000	16; 8
«Беларус-622»		0,9		LDW2204T	46	3000	16; 8
«Беларус-800, -820»		1,4		Д-243	57,4	2200	18; 4
«Беларус-1025»				Д-245	73,4	2200	16; 8
«Беларус-1221»		2,0		Д-260.2	95,6	2100	16 (24); 8 (12)
«Беларус-1523»	Общего назначения	3,0		Д-260.1	116,0	2100	16 (24); 8 (12)
«Беларус-2022»		4,0		Д-260.4	155,0	2100	24; 12
«Беларус-2822, -3022»		5,0		DEUTZ (DDCS40E)	205 (220)	2200	24 (36)*; 12 (24)*
ДТ-75МВ	Общего назначения	3,0	Гусеничная цепь	А-41	69	1750	7; 1

Окончание приложения 1

Трактор	Тип трактора	Тяговый класс	Тип движителя	Модуль дизеля	Номинальная мощность кВт	Номинальная частота вращения коленчатого вала, мин $^{-1}$	Число передач: переднего хода; заднего хода
ДТ-75Н	Общего назначения	3	Гусеничная цепь	СМД-18Н	70	1800	7; 1
ДТ-75Д				Д-440-22	72	1750	7 (23^{2}*, 14^{3}*); 1 (5^{2}*, 7^{3}*)
ВТ-100Д				Д-442-24	1-107 11-88	1800	5 (25^{2}*, 10^{3}*); 1 (5^{2}*, 5^{3}*)
ВТ100Н				СМД-20ТА	1-107 11-88	1800	5 (25^{2}*, 10^{3}*); 1 (5^{2}*, 5^{3}*)
Т-150				СМД-60	110,4	2000	12; 4
ДТ-175С				СМД-66	125	1900	4; 1
Т-150К			Пневматические колеса	СМД-62	121,4	2100	12; 4
Т-4А		4	Гусеничная цепь	А-01М	95,5	1700	8; 4
К-701		5	Пневматические колеса	ЯМЗ-240БМ	220,6	1900	16; 8
Т-130М		6	Гусеничная цепь	Д-160	117	1250	8; 4

Примечания:
*) с ходоуменьшителем;
1*) I (первый уровень)–приводной режим ; II (второй уровень) – тяговый режим;
2^{*}) с ходоуменьшителем;
3^{*}) с реверс-редуктором.

Приложение 2

Краткие технические данные
экологически чистых моделей тракторов «Беларус» большой мощности
(сертифицированных по TIER-3A Правил и Директив ЕС)

Показатель	«Беларус-2022.4»	«Беларус-2422»	«Беларус-3023»	«Беларус-3522»
Тип трактора	Общего назначения			
Тяговый класс	4	4	5	5
Тип движителя	Пневматические колеса			
Модель дизеля	Д-260.4S3A или DEUTZ	DEUTZ TCD	530/DDC S40E или DEUTZ	DEUTZ
Номинальная мощность, кВт	156,0	156,0	223,0	261,0
Номинальная частота вращения коленчатого вала, мин $^{-1}$	2100	2100	2200	2200
Число передач: – переднего хода – заднего хода	 24 12	 16 8	 0–18/0–42*) 0–50*)	 24 (36)** 12 (24)**

Примечания:
*) бесступенчатое изменение скорости (км/ч) посредством электромеханической КП;
**) с ходоуменьшителем.

Приложение 3

Краткие технические данные автомобилей

Показатель	ВАЗ-2121 «Нива»	ГАЗ-33021 «Газель»	КамАЗ 5320	МАЗ-555142	БелАЗ-540, -548А (7540)
Назначение	Легковые 4×4		Транспортные грузовые и специальные		
Грузоподъемность, кг	400	1650	8000	10000	27000/40000
Тип двигателя	Карбюраторный четырехтактный 4-х цилиндр		Четырехтактный восьмицилиндровый V-образный дизель		Четырехтактный двенадцатицилиндровый V-образный дизель
Модель двигателя	2121	ЗМЗ-4025.10 или ЗМЗ-4026.10	КамАЗ-740.10	ЯМЗ-236НЕ2 или Д260.5Е3	ЯМЗ-240/240Н
Максимальная мощность, кВт	53,7	66,2 или 73,5	154,0	169 или 184,0	264/367
Число передач: – переднего хода; – заднего хода	4 1	5 1	10 2	8(10)* 1(2)*	3(5)** 1(2)**
Типоразмер шин	6,95-16	175R16C	9,0R20	12,00R20	24,00-35

Примечания:

*) в скобках приведено число передач для КП КамАЗ-152;

**) в скобках указаны числа передач для гидромеханической КП автомобилей БелАЗ-7540/7548.

Приложение 4

Краткие технические данные карьерных самосвалов БелАЗ
с дизелями V12TO (ЯМЗ)

Показатель	БелАЗ-75481	БелАЗ-75471	БелАЗ-7555
Полная масса, т (мах)	70	80	95
Грузоподъемность, т	42	45	55
Тип движителя	Пневматические колеса		
Модель дизеля	ЯМЗ-8401.10-06	ЯМЗ-8401.10-03	ЯМЗ-845.10
Мощность, кВт (л. с.)	404(550)	478(650)	537(730)
Частота вращения, мин $^{-1}$	2100	2100	2100
Максимальный крутящий момент, Н·м	2254	2450	2744
Минимальныйудельный расход топлива, г/кВт·ч (г /л.с.ч)	206(152)	206(152)	204(150)
Масса дизеля, кг	1840	1840	2000

Приложение 5

Краткие характеристики дизелей ЯМЗ и силовых агрегатов
для автомобилей МАЗ, МоАЗ и БелАЗ
(соответствуют Правилам ЕЭК ООН №49-04А и №24-03)

Модель, комплектация	Мощность, кВт (л.с); D×S (мм)	Частота вращения, мин $^{-1}$	Сцепление	Коробка передач	Потребитель
ЯМЗ-6561.10-01 (Евро-3)	220 (300); 130×140; 6 цил.; 11,15 л.	1900	MFZ-430	ЯМЗ-239-12 (9-ти скоростная)	МАЗ (бортовые, тягачи, самосвалы, автопоезда полной массой до 44 т)
ЯМЗ-6563.10 (Евро-3)	170 (230); 130×140; 6 цил.; 11,15 л.	1900	ЯМЗ-182-15 (однодисковое сухое; 430 мм)	ЯМЗ-2361-06 (5-ти скоростная)	МАЗ (тягачи, самосвалы, автопоезда полной массой до 32 т)
ЯМЗ-6581.10-04 (Евро-3)	294 (400); 130×140; 8 цил.; 14,86 л.	1900	ЯМЗ-184-15 (однодисковое сухое; 430 мм)	ЯМЗ-239-22 (9-ти скоростная)	МАЗ (тягачи, самосвалы, шасси, автопоезда полной массой до 65 т)
ЯМЗ-7512.10-04 (Евро-2)	264 (360); 130×140; 8 цил.; 14,86 л.	1900	–	–	МоАЗ-75051 (самосвал; МоАЗ-4048 (погрузчик)
ЯМЗ-8401.10-03 (Евро-1)	478 (650); 140×140; 12 цил.; 25,86 л.	2100	Генератор 631.3701	–	БелАЗ-75471 (карьерные самосвалы 55 т с полной массой до 80 т)
ЯМЗ-845.10	537 (730); 140×140; 12 цил.; 25,86 л.	2100	Генератор 6582.3701	–	БелАЗ-7555 (карьерные самосвалы 55 т (с полной массой до 95 т)

Литература

1. Скотников, В. А. Тракторы и автомобили / В. А. Скотников и др. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 440 с.

2. Конструкция тракторов и автомобилей / А. К. Болотов, А. А. Лопарев, В. И. Судницин. – Москва : Колос, 2008. – 349 с.

3. Пуховой, А. А. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту тракторов «Беларус» серий 500, 800, 900 / А. А. Пуховой, М. Г. Мелешко, А. И. Бобровник, В. Г. Левков. – Москва : Машиностроение, 2007. – 437 с.

4. Савич, Е. Л., Легковые автомобили / Е. Л. Савич. – Минск : Новое знание, 2009. – 650 с.

5. Чижков, Ю. П. Электрооборудование автомобилей / Ю. П. Чижков, А. В. Акимов. – Москва : За рулем, 2005. – 335 с.

6. Левков, В. Г. Тракторы «Беларус» МТЗ-80.1, МТЗ-82.1. МТЗ-82Р. Руководство по эксплуатации / В. Г. Левков, И. Ф. Бруенков. – Минск : Ураджай, 2000. – 175 с.

7. Ципорфин, И. М. Техническое обслуживание и ремонт автосамосвалов БелАЗ / И. М. Ципорфин, А. Н. Казарез. – Москва : Высшая школа, 1982. – 304 с.

8. Луканин, В. Н. Двигатели внутреннего сгорания. Кн. 1. Теория рабочих процессов / В. Н. Луканин, К. А. Морозов, А. С. Хачиян. – Москва : Высшая школа, 2005. – 480 с.

Список аббревиатур

АБС – антиблокировочная система
АКБ – аккумуляторная батарея
АМОВТ – автоматическая муфта опережения впрыскивания топлива
АСБС – автоматическая система блокировки включения низшего диапазона
АТС – автотранспортные средства
БФЭ – бумажный фильтрующий элемент
ВМТ – верхняя мертвая точка поршня ДВС
ВОМ – вал отбора мощности
ГОРУ – гидрообъемное рулевое управление
ГРМ – газораспределительный механизм
ГСОМ – гидросистема отбора мощности
ДВС – двигатель внутреннего сгорания
ЕТО – ежесменное техническое обслуживание
ЖМТ – жидкостно-масляной теплообменник
ЗВОМ – задний вал отбора мощности
ЗНУ – заднее навесное устройство
ИРН – интегральный регулятор напряжения
КИП – контрольно-измерительный прибор
КП – коробка передач
КФЭ – контрольный фильтрующий элемент
КШМ – кривошипно-шатунный механизм
ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость
МГР – механизм газораспределения
МДС – магнитодвижущая сила
МОМ – механизм отбора мощности
НМТ – нижняя мертвая точка поршня ДВС
НО – нейтраль при остановке
ОГ – отработавшие газы
ОЖ – охлаждающая жидкость
ОНВ – охладитель наддувочного воздуха
ОФЭ – основной фильтрующий элемент
ПВМ – передний ведущий мост
ПВОМ – передний вал отбора мощности
ПНУ – переднее навесное устройство
СЗД – сигнализатор загрузки двигателя
СТО – сезонное техническое обслуживание
ТВЧ – токи высокой частоты
ТКР – турбокомпрессор
ТНВД – топливный насос высокого давления
ТО – техническое обслуживание
ТСУ – тягово-сцепное устройство
ЦМФ – центробежный масляный полнопроточный фильтр
ЭБУ – электронный блок управления
ЭДС – элестродвижущая сила
ЭФП – электрофакельный подогреватель

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

КОНСТРУКЦИЯ ТРАКТОРОВ И АВТОМОБИЛЕЙ

Пособие

Составители:
Шило Иван Николаевич,
Бобровник Александр Иванович,
Левков Владимир Герасимович,
Тарасенко Виктор Евгеньевич

Ответственный за выпуск *А. И. Бобровник*
Редактор *В. А. Гошко*
Компьютерная верстка *В. А. Гошко*

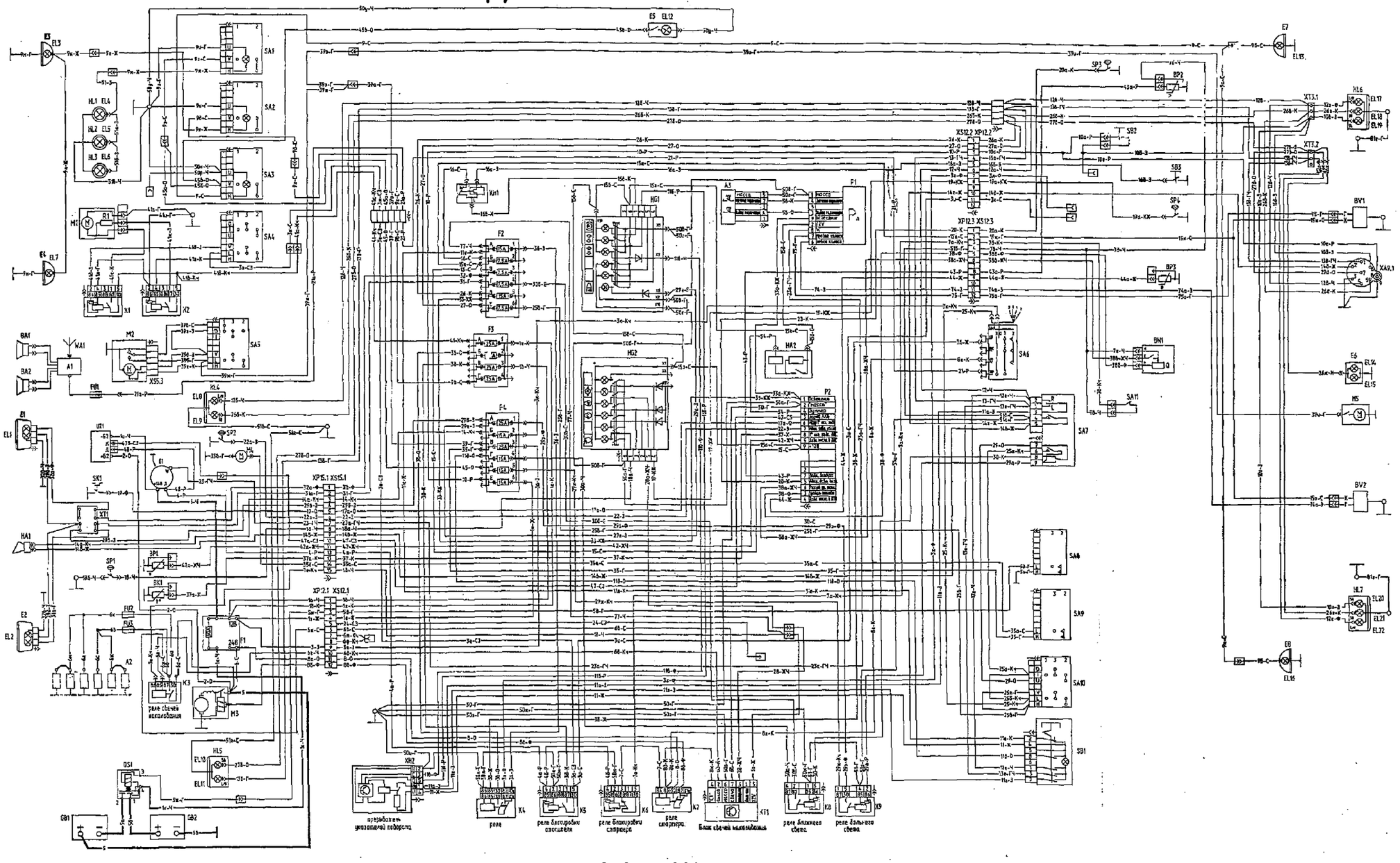
Подписано в печать 17.07.2012 г. Формат 60×84 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 101,41+вкл. 0,46. Уч.-изд. л. 37,09+вкл. 0,18. Тираж 250 экз. Заказ 625.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
ЛИ № 02330/0552984 от14.04.2010.
ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.
Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.

Схема электрическая соединений тракторов

Приложение 6

«Беларус-1025, 1021, 1221, 1221В»



Расцветка проводов:

Г – голубой	Кч – коричневый	Ф – фиолетовый	ЗЖ – зеленый-желтый
Ж – желтый	О – оранжевый	Ч – черный	КЖ – красный-желтый
З – зеленый	Р – розовый	ГЧ – голубой-черный	ОЧ – оранжевый-черный
К – красный	С – серый	ЖЧ – желтый-черный	СЗ – серый-зеленый