

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ МАШИН  
И ОБОРУДОВАНИЯ. ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по аграрному  
техническому образованию в качестве учебно-методического пособия  
для студентов учреждений высшего образования по специальностям  
1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного  
производства, 1-74 06 03 Ремонтно-обслуживающее производство  
в сельском хозяйстве, 1-36 12 01 Проектирование и производство  
сельскохозяйственной техники*

Минск  
БГАТУ  
2019

УДК 629.3.05(07)

ББК 39.33я7

Э45

Авторы:

кандидат технических наук, доцент *В. Б. Ловкис* (лаб. работы 1...4);  
кандидат технических наук, доцент *Г. И. Гедроить* (лаб. работы 1...16);  
кандидат технических наук, доцент *А. Ф. Безручко* (лаб. работы 1...16);  
кандидат технических наук, доцент *Н. И. Зезетко* (лаб. работы 8...13);  
ведущий инженер-электроник *В. Г. Левков* (лаб. работы 1...16)

Рецензенты:

кафедра «Тракторы» Белорусского национального технического университета  
(кандидат технических наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой *А. С. Поварехо*);  
доктор технических наук, профессор, профессор Белорусского государственного  
университета информатики и радиоэлектроники *В. М. Круглик*

Э45 **Электронные** системы машин и оборудования. Практикум : учебно-методическое пособие / В. Б. Ловкис [и др.] – Минск : БГАТУ, 2019. – 164 с.  
ISBN 978-985-519-997-8.

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения лабораторных работ по учебной дисциплине «Электронные системы машин и оборудования». Включает лабораторные работы по изучению датчиков, исполнительных устройств, электронных систем управления двигателями, трансмиссиями, тормозами, рабочим оборудованием тракторов, автомобилей и некоторых сельскохозяйственных машин.

Для студентов учреждений высшего образования по специальностям 1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства, 1-74 06 03 Ремонтно-обслуживающее производство в сельском хозяйстве, 1-36 12 01 Проектирование и производство сельскохозяйственной техники. Также может быть использовано учащимися учреждений среднего специального образования, преподавателями и слушателями курсов повышения квалификации.

УДК 629.3.05(07)  
ББК 39.33я7

ISBN 978-985-519-997-8

© БГАТУ, 2019

## Содержание

<b>Введение</b> .....	5
<b>Лабораторная работа № 1</b>	
Изучение основ построения принципиальных и монтажных электросхем мобильных машин .....	6
<b>Лабораторная работа № 2</b>	
Изучение работы интегрального реле регулятора автотракторных генераторов .....	14
<b>Лабораторная работа № 3</b>	
Изучение датчиков температуры, давления, оборотов, положения, применяемых на мобильных машинах .....	25
<b>Лабораторная работа № 4</b>	
Изучение датчиков концентрации кислорода, массового расхода воздуха, детонации, применяемых на мобильных машинах .....	38
<b>Лабораторная работа № 5</b>	
Изучение устройства и работы электрических и электрогидравлических форсунок, электромагнитных клапанов, регулятора давления топлива .....	51
<b>Лабораторная работа № 6</b>	
Изучение устройства и работы электронной системы управления подачей топлива бензиновых двигателей с распределенным впрыском ....	58
<b>Лабораторная работа № 7</b>	
Изучение устройства и работы электронной системы управления зажиганием, проведение сравнительного анализа её характеристик относительно контактного зажигания .....	65
<b>Лабораторная работа № 8</b>	
Изучение устройства и работы электронных систем управления подачей топлива дизельных двигателей .....	71
<b>Лабораторная работа № 9</b>	
Изучение устройства и работы электронной системы управления задним навесным устройством тракторов «Беларус» .....	83
<b>Лабораторная работа № 10</b>	
Изучение электронных систем управления навесным оборудованием трактора «Беларус» повышенного технического уровня .....	93

<b>Лабораторная работа № 11</b>	
Изучение устройства и работы комплексной электронной системы управления трансмиссией тракторов «Беларус» .....	105
<b>Лабораторная работа № 12</b>	
Изучение устройства и работы электрогидравлических приводов валов отбора мощности, блокировки дифференциала, переднего ведущего моста тракторов «Беларус» .....	113
<b>Лабораторная работа № 13</b>	
Изучение устройства и работы электронных контрольно-измерительных приборов тракторов «Беларус» .....	123
<b>Лабораторная работа № 14</b>	
Изучение устройства и работы электронной системы управления тормозной системой автомобилей .....	134
<b>Лабораторная работа № 15</b>	
Изучение устройства и работы электронной системы управления комбайна «Палессе» .....	145
<b>Лабораторная работа № 16</b>	
Изучение устройства и работы электронной системы управления пресс-подборщика .....	156
<b>Список использованных источников</b> .....	162
<b>Приложения</b> .....	163

## Введение

Конструкции тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин постоянно совершенствуются. Высокими темпами развиваются электронные системы машин. Этому способствует высокий уровень мировых компьютерных технологий, быстрое действие, компактность, функциональность применяемых электронных устройств и оборудования. Применение электронных систем позволяет улучшить потребительские качества машин, уровень безопасности, экологичность, комфорт при управлении ими.

Цель учебно-методического пособия – обеспечить студентов материалами, необходимыми для самостоятельной подготовки к проведению лабораторных работ и их качественного выполнения, оформления отчета и последующей защиты.

Учебно-методическое пособие содержит сведения по устройству и характеристикам применяемых на автотракторной технике датчиков, исполнительных устройств, схемы, описание конструкции и работы основных электронных систем: управления двигателями, трансмиссиями, гидронавесными и тормозными системами, отдельными сельскохозяйственными машинами.

По каждой лабораторной работе указаны цель работы, материальное обеспечение, общие сведения по изучаемой теме, порядок проведения работы, содержание отчета и контрольные вопросы.

Выполненные лабораторные работы позволят закрепить теоретические знания по электронным системам машин и оборудования, понять принцип их работы, изучить современные инженерные подходы обеспечения их функционирования. Развиваются компетенции, позволяющие осуществлять диагностирование и мониторинг состояния электронных систем машин и оборудования современными средствами, обеспечивать их работоспособность, вести техническую документацию, связанную с наладкой и эксплуатацией указанных систем.

## Лабораторная работа № 1

### ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВ ПОСТРОЕНИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ И МОНТАЖНЫХ ЭЛЕКТРОСХЕМ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

**Цель работы:** изучить основы и освоить навыки пользования и построения принципиальных и монтажных схем электрооборудования (ЭО) и электронных систем (ЭС), уяснить расположение основных элементов схем на тракторах.

**Материальное обеспечение:** лабораторный стенд НТЦ-43 «Системы освещения и световой сигнализации», образцы тракторов, схемы электрооборудования мобильных машин.

#### Общие сведения

*Принципиальная электрическая схема* показывает в упрощенном виде общую электрическую цепь системы ЭО и соединение приборов и аппаратов с применением принятых стандартных изображений *без учета действительного расположения компонентов ЭО и ЭС на мобильной машине*. Принципиальная схема – удобное дополнение при выполнении ремонтных работ, а также для изучения и сравнения ее с другими схемами.

*Монтажная электрическая схема* показывает действительное расположение на машине приборов, аппаратов и соединительных разъемов между ними с указанием принятой маркировки зажимов и проводов (жгутов). Монтажная схема является рабочим чертежом, по которому ведется сборка (монтаж) или определение наличия и расположения какого-либо устройства при устранении неисправностей.

При рассмотрении схем ЭО следует иметь в виду, что на подавляющем большинстве современных мобильных машин принята *однопроводная система*, при которой роль второго провода выполняют соединенные металлические детали («масса») машины.

Принятые на принципиальных схемах буквенные обозначения элементов ЭО:

А – устройство;

ВК, ВР, ВN, ВV – датчики для указателей температуры, давления, уровня, скорости, соответственно;

ВV – выключатель;

Е – осветительное устройство, нагревательный элемент;

ЕК – контрольный элемент;

ЕР – патроны ламп;

F – дискретные элементы защиты по току и напряжению;  
 FU – предохранители;  
 G – генератор;  
 GB – батарея;  
 HA – прибор звуковой сигнализации;  
 HG – блоки контрольных ламп;  
 HL – прибор световой сигнализации;  
 K – реле, контакторы, пускатели;  
 KA – реле токовое;  
 KT – реле времени;  
 KH – реле указательные;  
 KV – реле напряжения;  
 M – двигатель;  
 P – приборы;  
 Q – выключатели и разъединители в силовых цепях;  
 R – сопротивление;  
 SA, SB – выключатели или переключатели;  
 SK – выключатель, срабатывающий от воздействия температуры;  
 SL – выключатель, срабатывающий от понижения уровня жидкости;  
 SP – выключатель, срабатывающий от воздействия давления;  
 SQ – концевой выключатель;  
 XA – розетка;  
 XP – соединители штыревые;  
 XS – соединители гнездовые;  
 XT – соединение разборное;  
 UZ – преобразователь величин напряжения и др.

На всех принципиальных схемах ЭО применяются провода разных цветов, а также провода комбинированной расцветки (двухцветной), которые обозначаются одной или двумя буквами (в скобках обозначение на английском):

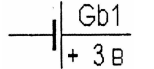
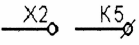
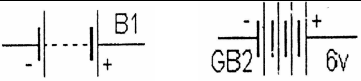
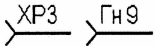

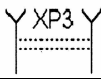
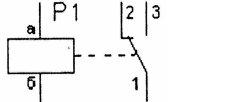
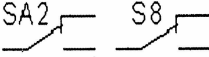
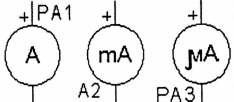

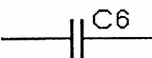
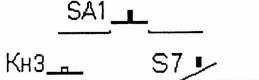
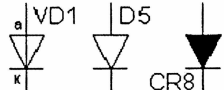
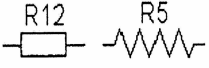
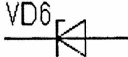
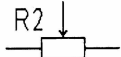
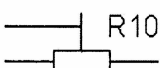
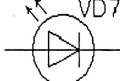
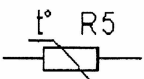
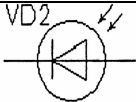
Б (ws) – белый	ОГ (or/ bl) – оранжевый – голубой
Г (bl) – голубой	ОС (or/ gr) – оранжевый – серый
ГЧ (bl/sw) – голубой – черный	ОЧ (or/sw) – оранжевый – черный
Ж (ge) – желтый	Р (rs) – розовый
ЖЧ (ge/sw) – желтый – черный	РБ (rs/ws) – розовый – белый
З (gn) – зеленый	С (gr) – серый
ЗЖ (gn/ge) – зеленый – желтый	СЗ (gr/gn) – серый – зеленый
ЗЧ (gn/sw) – зеленый – черный	СР (gr/rs) – серый – розовый
К (ro) – красный	Ч (sw) – черный
Кч (br) – коричневый	О (or) – оранжевый
КЖ (ro/ ge) – красный – желтый	Ф (vi) – фиолетовый

Наряду с буквенным обозначением расцветки может указываться сечение проводов (в мм<sup>2</sup>). Как правило, эти данные наносятся в разрыве линии провода, например "---ЗЧ---0,75---", т. е. зелено-черный провод сечением 0,75 мм<sup>2</sup>.

**Варианты графических обозначений элементов схем электрооборудования мобильных машин.** Любой элемент на схеме ЭО имеет графическое и его буквенно-цифровое обозначение. В табл. 1.1 приведены обозначения некоторых элементов, полный перечень обозначений можно найти в соответствующих справочниках. Формы и размеры обозначения определены стандартом, и любой элемент обозначается на схеме одной или двумя буквами (первая – прописная) и порядковым номером. Например, "R25" обозначает, что это резистор (R) и на схеме является 25-й по счету. Если элементов на схеме меньше двадцати, их не нумеруют.

Таблица 1.1

Обозначение некоторых элементов на схемах

Графическое обозначение (варианты)	Наименование элемента	Графическое обозначение	Наименование элемента
	Элемент питания		Контакт
	Батарея элементов питания		Гнездо
	Узел, соединение провода		Розетка
	Электромагнитное реле		Переключатель
	Амперметр, милиамперметр, микроамперметр		Тумблер
	Конденсатор		Кнопка
	Диод		Резистор
	Стабилитрон		Переменный резистор
	Подстроечный резистор		Светодиод
	Терморезистор		Фотодиод

Графическое обозначение (варианты)	Наименование элемента	Графическое обозначение	Наименование элемента
	<i>p-n-p</i> транзистор		Тиристор
	Фототранзистор		Предохранитель
	Фототранзистор		Предохранитель
	Катушка индуктивности, дроссель		Вольтметр, милливольтметр, микровольтметр

### *Примеры построения принципиальных схем электрооборудования и электронных систем мобильных машин*

**Управление электроприводом вентилятора системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания (ДВС).** Электродвигатель "М" привода вентилятора управляется электромагнитным реле "KV", обмотка которого включается в бортовую сеть через контакты "SK" термобиметаллического датчика температуры (рис. 1.1).

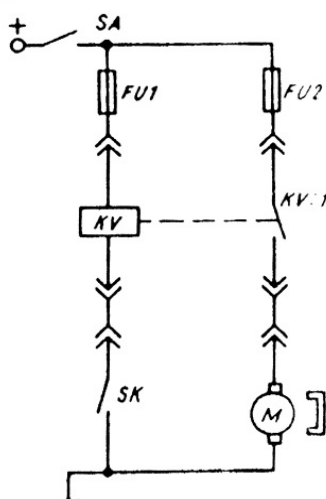


Рис. 1.1. Принципиальная схема управления электроприводом вентилятора системы охлаждения ДВС

Если температура охлаждающей жидкости в системе ниже температуры срабатывания датчика "SK", то электродвигатель "М" привода вентилятора будет оставаться отключенным от бортовой сети даже при включенном выключателе

зажигания. Если же температура охлаждающей жидкости (ОЖ) достигнет уровня срабатывания датчика SK, он замыкает свои контакты, срабатывает электромагнитное реле KV и замыкает контакты KV1. Электродвигатель М привода вентилятора включается в работу. По мере охлаждения ДВС вентилятор снова отключается. *Эта система обеспечивает автоматическое регулирование теплового режима ДВС и, как результат, улучшает топливную экономичность.*

**Управление электроочистителем.** На примере работы стеклоочистителя рассмотрим более сложную схему, когда алгоритм управления должен обеспечить работу с малой и большой частотами вращения электродвигателя М (рис. 1.2) и укладку щеток в крайнее положение, не мешающее обзору водителя при отключении стеклоочистителя.

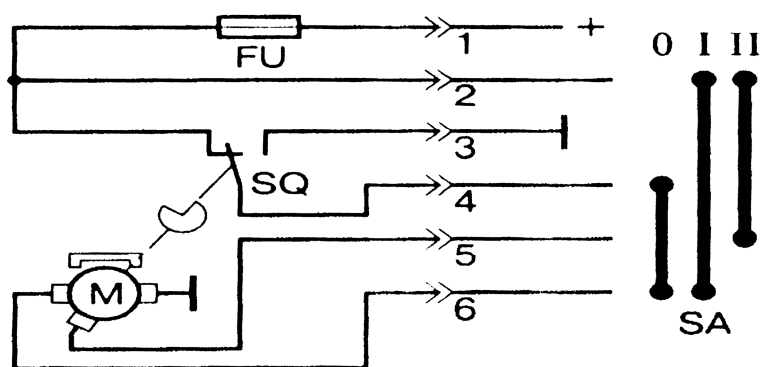


Рис. 1.2. Принципиальная схема управления двускоростным электростеклоочистителем переднего стекла кабины

На рисунке показан электродвигатель М, возбуждаемый постоянными магнитами. Переключатель SA имеет три положения согласно требованиям алгоритма. В положении "I" электропитание подается непосредственно на основные коллекторные щетки электродвигателя М, и он работает на низкой частоте вращения. Перевод переключателя в положение "II" обеспечивает подвод питания к третьей коллекторной щетке электродвигателя М, и он переходит на высокую частоту вращения для более интенсивной очистки. Для остановки привода переключатель переводится в положение "O", но электродвигатель при этом продолжает работать, получая питание через размыкающий контакт концевого выключателя SQ. В крайнем положении щеток срабатывает концевой выключатель и замыкает замыкающий контакт. При этом питание электродвигателя прекращается, и он ускоренно останавливается в режиме динамического торможения, поскольку его коллекторные щетки оказываются накоротко соединенными между собой. Показанный на схеме (см. рис. 1.2) биметаллический предохранитель FU защищает электродвигатель привода от перегрузки, возни-

кающей, например, из-за примерзания щеток к стеклу кабины. Более полный алгоритм управления стеклоочисткой содержит требования периодичности включения стеклоочистителя с перерывом в 2–7 с, а также совместное со стеклоочистителем управление стеклоомывателем. Периодичность включения обеспечивалась ранее применением теплового реле, например РС514. Но наиболее полно алгоритму управления стеклоочистителем и стеклоомывателем удовлетворяют электронные реле, например, 522.3747.

**Система энергоснабжения тракторов «Беларус-1025/1221/1523».** На тракторах «Беларус» применяется система энергоснабжения с номинальным напряжением бортовой сети 12 В и системой пуска 24 В с двумя аккумуляторными батареями (АКБ) (GB1 и GB2) (рис. 1.3) с напряжением 12 В каждая, соединенными последовательно с помощью размыкателя силовой цепи QS1. В цепи заряда установлен предохранитель F3 на 60 А, расположенный под капотом. Источником питания до пуска дизеля для всех потребителей служит батарея GB1. Цепь питания потребителей (кроме стартера) до пуска дизеля: АКБ GB1 → размыкатель цепи QS1 → предохранитель F3 (60А) → колодка XP12.2/XS12.2 → клемма АМ выключателя стартера и приборов SA9 → к потребителям щитка приборов.

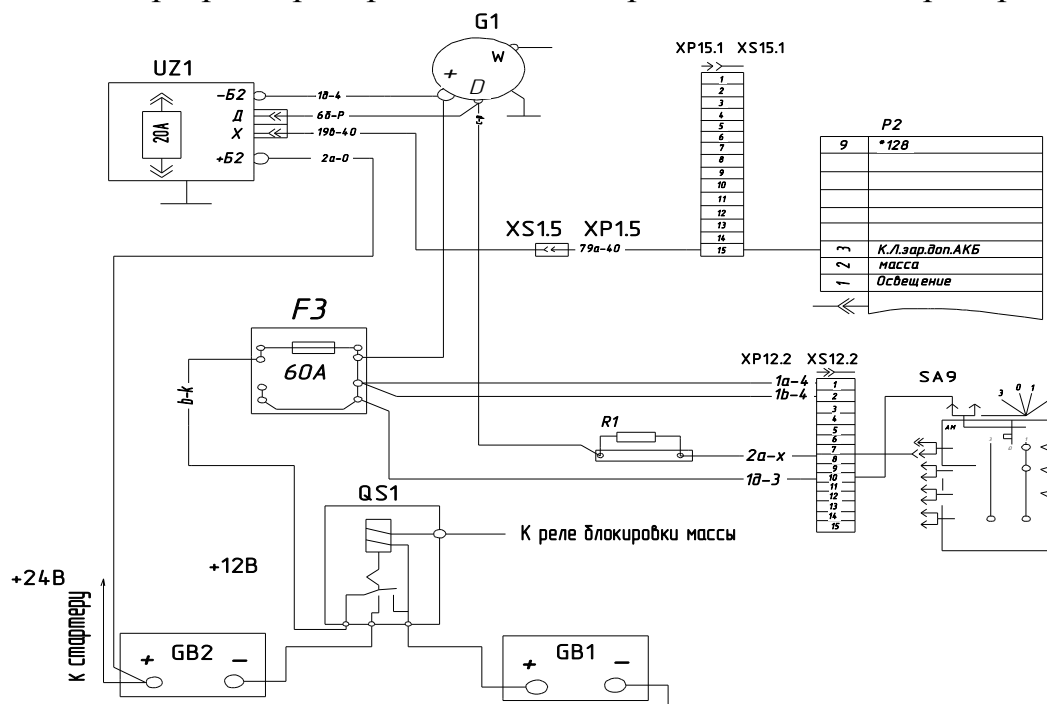


Рис. 1.3. Принципиальная электрическая схема электроснабжения тракторов «Беларус-1025/1221/1523»:

*UZ1* – преобразователь напряжения (электронно-трансформаторное устройство);

*F3* – блок предохранителей; *R1* – добавочное сопротивление; *P2* – комбинация приборов;

*G1* – генератор (щеточный); *SA9* – выключатель стартера и приборов; *GB1*, *GB2* – АКБ (12В),

*QS1* – выключатель батарей дистанционный

Добавочное сопротивление R1 (50 Ом), установленное в цепи обмотки возбуждения, необходимо для снижения напряжения подпитки обмотки возбуждения генератора.

После запуска дизеля батарея GB1 заряжается от генератора G1 по цепи: вывод + генератора, предохранитель F3, размыкатель QS1, "+" батареи GB1.

Зарядка батареи GB2 осуществляется через преобразователь напряжения UZ1 по следующей цепи: вывод "+" генератора → ввод "– B2" UZ1 → вывод "+B2" UZ1 → "+" GB2. Преобразователь UZ1 начинает работать при наличии на контакте "Д" сигнального напряжения, подаваемого от вывода "Д+" G1 при работающем дизеле. Максимальный ток зарядки GB2 составляет 8А и по мере запуска падает до сотен мА.

### ***Монтажные схемы***

Как отмечено ранее, монтажная схема является рабочим сборочным чертежом, позволяющим правильно соединить все установленные на машине источники энергоснабжения и потребители тока с помощью монтажа (укладки) электрических жгутов и проводов. Монтажные жгуты и провода устанавливаются так, чтобы удовлетворять требованиям удобства расположения трассы укладки, удобства сборки, экономии длины жгутов и проводов, обеспечения требований надежности работы ЭО и пожарной безопасности. В условиях эксплуатации наличие монтажной схемы позволяет точно и быстро находить отдельные элементы схемы. В частности разъемы, предохранители, реле, подключение массы и т. д. Эти элементы часто располагаются в труднодоступных местах и плохо идентифицируются. Можно сказать, что монтажная схема – это упрощенная электросхема, которая указывает на наличие и связи устройств в цепи, место их расположения. Монтажные схемы, представляемые производителем в различном виде, применяются для облегчения диагностики вместе с основной электросхемой.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучите принятые буквенные обозначения и графические символы элементов ЭО и ЭС, применяемые при разработке электрических и электронных схем, электрические и монтажные схемы тракторов «Беларус 1523/3022».
2. Определите на образцах тракторов «Беларус 1523/3022» расположение основных элементов электрических схем, способы их монтажа.
3. Ознакомьтесь с конструкцией и порядком работы на стенде НТЦ-43.
4. Включите стенд НТЦ-43 и смоделируйте работу системы освещения и сигнализации автомобиля.

## Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткое описание типов схематического изображения электрических цепей.
3. Схемы отдельных функциональных систем электрооборудования (по заданию преподавателя из приложения А): стеклоочиститель, отопитель, указатели поворотов, привод бензонасоса, струйная фарочистка, омыватель стекла, указатель уровня топлива, звуковых сигналов, аварийной сигнализации, управление электростартером.
4. Перечень элементов, входящих в электросхему, и их функциональное назначение.

## Контрольные вопросы

1. Объясните назначение принципиальной и монтажной схем ЭО. В чем состоит главное отличие монтажной схемы от принципиальной? Как обозначаются отдельные элементы схем ЭО на принципиальных схемах?
2. Что является датчиком, а что исполнительным устройством на принципиальной схеме, показанной на рис. 1.1?
3. Почему при монтаже ЭО применяют провода разного цвета?
4. Какое устройство определяет алгоритм работы электроочистителя?
5. Объясните назначение и работу преобразователя напряжения UZ в схеме электроснабжения тракторов «Беларус-1025/1221/1523» (рис. 1.3).

## Лабораторная работа № 2

### ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ИНТЕГРАЛЬНОГО РЕЛЕ РЕГУЛЯТОРА АВТОТРАКТОРНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

**Цель работы:** изучить устройство и функциональные возможности интегральных регуляторов напряжения (ИРН). Получить первичные навыки применения измерительных приборов (осциллограф, мультиметр), оценки технического состояния генераторов и ИРН.

**Материальное обеспечение:** лабораторный стенд КИ-968 испытаний генератора, ИРН, генераторные установки, контрольная лампа, мультиметр, осциллограф.

#### Общие сведения

*Регулятор напряжения (РН)* является важной составной частью генераторной установки тракторов и автомобилей, обеспечивающей *стабильность напряжения* в бортовой сети в широком диапазоне изменения частоты вращения коленчатого вала ДВС и нагрузок. Стабильность напряжения 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 %.

#### *Принцип действия регулятора напряжения*

*Регулятор напряжения (РН)* 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, РН соответственно уменьшает или увеличивает ток возбуждения, приводя напряжение в установленные пределы. Принцип регулирования напряжения рассмотрим с помощью структурной схемы, показанной на рис. 2.1.

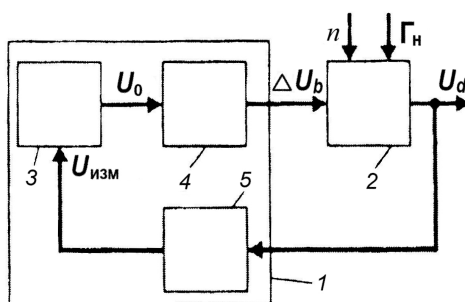


Рис. 2.1. Структурная схема регулятора напряжения: 1 – РН; 2 – генератор; 3 – элемент сравнения; 4 – регулирующий элемент; 5 – измерительный элемент (датчик напряжения)

РН (1) включает в себя 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 сравнительного элемента появляется сигнал  $U_0$ , который активизирует регулирующий элемент 4, изменяющий ток в обмотке возбуждения так, чтобы вернуть напряжение  $U_D$  генератора 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 к РН должна быть подсоединена обмотка возбуждения генератора.

Чувствительным элементом электронных транзисторных и интегральных регуляторов напряжения (ИРН) является *входной делитель (датчик) напряжения*. С входного делителя напряжение подается на *элемент сравнения 3* (см. рис. 2.1), в котором обычно роль эталонной величины играет *напряжение стабилизации ( $U_{ст}$ ) стабилитрона*. Как известно, стабилитрон находит широкое применение в качестве источника опорного (эталонного) напряжения, которое должно оставаться неизменным при изменениях каких-либо других параметров схемы. Стабилитрон не

пропускает через себя ток при напряжении ниже  $U_{ст}$  и пробивается, т. е. пропускает через себя ток  $I_{ст}$ , если напряжение на нем превысит  $U_{ст}$ . При этом напряжение на стабилитроне остается практически неизменным. Ток через стабилитрон включает электронное реле, т. е. регулирующий элемент 4, который коммутирует цепь возбуждения генератора таким образом, что ток в обмотке возбуждения ( $I_B$ ) изменяется в нужную сторону. Если провести аналогию с вибрационными и контактно-транзисторными реле-регуляторами, применявшимися ранее, то чувствительный элемент представлен в них в виде обмотки электромагнитного реле, а эталонной величиной является сила натяжения пружины, противодействующей притяжению электромагнита. Коммутацию в цепи обмотки возбуждения осуществляют контакты реле или электронная схема, управляющая контактами.

Главной особенностью автотракторных электронных (интегральных) РН является осуществление *дискретного регулирования напряжения* путем включения обмотки возбуждения (ОВ) в цепь питания или выключения ее из цепи. При этом меняется относительная продолжительность включения обмотки. Отметим, что в ранее выпускавшихся вибрационных и контактно-транзисторных РН в цепь ОВ последовательно включался и выключался дополнительный резистор с переменной длительностью включения.

### Схемы интегральных регуляторов напряжения (ИРН)

Принцип работы РН рассмотрим на примере электронного ИРН типа EE14V3 фирмы Bosch (рис. 2.2).

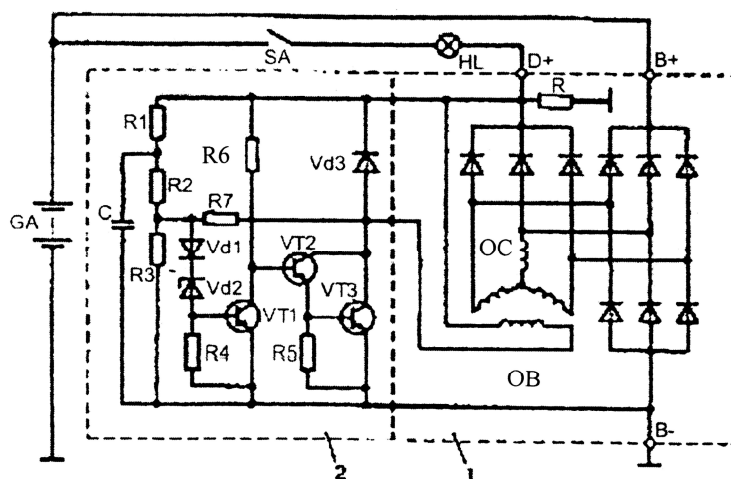


Рис. 2.2. Схема электронного интегрального регулятора напряжения EE14 V3 фирмы Bosch:  
 1 – генератор; 2 – ИРН; ОВ – обмотка возбуждения генератора;  
 SA – замок зажигания (выключатель стартера и приборов); HL – контрольная лампа;  
 OC – обмотка статора; "D+", "B+", "B-" – выходы генератора

Регулятор напряжения на схеме (рис. 2.2) работает в комплекте с генератором, имеющим выпрямитель для каждой обмотки статора и дополнительный блок выпрямления для ОВ. Для понимания работы схемы следует вспомнить, что стабилитрон  $Vd2$  не пропускает через себя ток при напряжениях ниже величины напряжения стабилизации  $U_{ст}$ . При достижении напряжением этой величины стабилитрон «пробивается», и по нему начинает протекать ток. Таким образом, стабилитрон в регуляторе является эталоном напряжения, с которым сравнивается напряжение генератора.

Транзисторы  $VT1-VT3$  пропускают ток между коллектором и эмиттером (открыты), если он протекает в цепи «база–эмиттер», и не пропускают его (закрыты), если базовый ток прерывается. Напряжение к стабилитрону  $Vd2$  подводится от вывода генератора "D+" через делитель напряжения на резисторах  $(R1+R2)$ ,  $R3$  и диод  $Vd1$ , осуществляющий температурную компенсацию. Пока напряжение генератора невелико и напряжение на стабилитроне ниже его напряжения стабилизации, стабилитрон закрыт, через него, а, следовательно, и в цепи базы транзистора  $VT1$  ток не протекает, транзистор  $VT1$  также закрыт. В этом случае ток через резистор  $R6$  от выхода "D+" поступает в цепь базы транзистора  $VT2$ , который открывается, через его переход эмиттер–коллектор начинает протекать ток в базе транзистора  $VT3$ , который также открывается. При этом обмотка возбуждения ОВ генератора оказывается подключенной к цепи питания через переход эмиттер–коллектор  $VT3$ . Соединение транзисторов  $VT2$  и  $VT3$  можно рассматривать как один составной транзистор с большим коэффициентом усиления. Обычно такой транзистор выполняется на одном кристалле кремния.

Если напряжение генератора возросло, например, из-за увеличения частоты вращения его ротора, то возрастает и напряжение на стабилитроне  $Vd2$ . При достижении этим напряжением величины напряжения стабилизации стабилитрон  $Vd2$  «пробивается», ток через него начинает поступать в цепь базы транзистора  $VT1$ , который открывается и своим переходом «эмиттер–коллектор» закорачивает вывод базы составного транзистора  $VT2-VT3$  на «массу». Составной транзистор закрывается, разрывая цепь питания обмотки возбуждения. Ток возбуждения спадает, уменьшается напряжение генератора, закрываются стабилитрон  $Vd2$  и транзистор  $VT1$ , открывается составной транзистор  $VT2-VT3$ , обмотка возбуждения вновь включается в цепь питания, напряжение генератора возрастает, и процесс повторяется. *Таким образом, регулирование напряжения генератора регулятором осуществляется дискретно через изменение относительного времени включения обмотки возбуждения в цепь питания.*

Характер изменения тока в обмотке возбуждения показан на рис. 2.3.

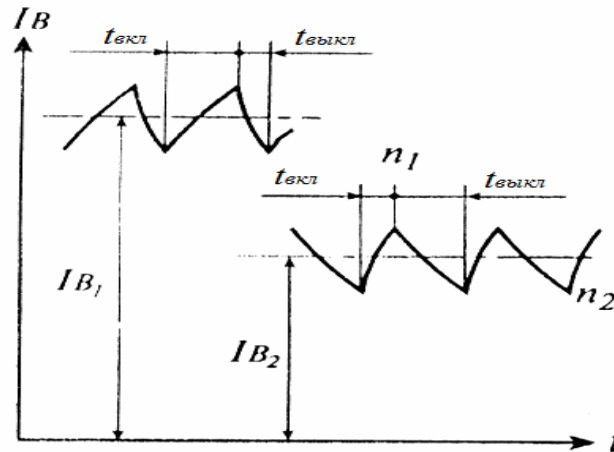


Рис. 2.3. Изменение силы тока возбуждения ( $I_B$ ) по времени ( $t$ ):  $I_{B_1}$  и  $I_{B_2}$  – среднее значение тока в ОВ;  $t_{\text{вкл.}}$ ,  $t_{\text{выкл}}$  – время включения и выключения ОВ генератора;  $n_1$ ,  $n_2$  – частота вращения ротора генератора, причем  $n_2 > n_1$

Если частота вращения ротора генератора возросла или нагрузка уменьшилась, длительность включения ОВ уменьшается, если частота вращения уменьшилась или нагрузка возросла, – длительность увеличивается. В схеме регулятора, показанной на рис. 2.2, имеются элементы, применяющиеся в схемах всех современных автотракторных регуляторов напряжения.

При неработающем двигателе замыкание контактов выключателя зажигания SA (выключателя стартера и приборов дизеля трактора) позволяет току от аккумуляторной батареи GA через лампу HL поступать в ОВ генератора. Этим обеспечивается его первоначальное возбуждение. Лампа при этом горит, сигнализируя, что в цепи обмотки возбуждения нет обрыва.

После запуска двигателя на выводах генератора "D+" и "B+" появляется практически одинаковое напряжение, и лампа гаснет. Если генератор при работающем двигателе автомобиля не развивает напряжения, то лампа HL продолжает гореть и в этом режиме, что является сигналом об отказе генератора или обрыве приводного ремня. Введение резистора R в генераторную установку способствует расширению диагностических способностей лампы. При наличии данного резистора в случае обрыва цепи ОВ при работающем двигателе лампа HL загорается. В настоящее время все больше фирм переходит на выпуск генераторных установок без дополнительного выпрямителя обмотки возбуждения. В этом случае в ИРН заводится вывод фазы генератора. При неработающем двигателе автомобиля напряжение на выводе фазы генератора отсутствует, и ИРН

переходит в режим, препятствующий разряду аккумуляторной батареи на обмотку возбуждения. Например, при включении выключателя зажигания схема ИРН переводит его выходной транзистор в колебательный режим, при котором ток в обмотке возбуждения невелик и составляет доли ампера. После запуска двигателя сигнал с вывода фазы генератора переводит схему ИРН в нормальный режим работы. Схема ИРН осуществляет в этом случае и управление лампой контроля работоспособного состояния генераторной установки.

### ***ИРН с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ)***

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 строго заданной 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, например, уровня пульсаций выпрямленного напряжения и т. п.

Примером регулятора напряжения с ШИМ является регулятор Я212А11Е, который аналогичен регулятору FL14U4С фирмы Bosch (Германия). Основой регулятора является микросхема, выполненная на кристалле кремния. Схема содержит входной делитель  $A1$  (рис. 2.4), 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  $VD1$ .

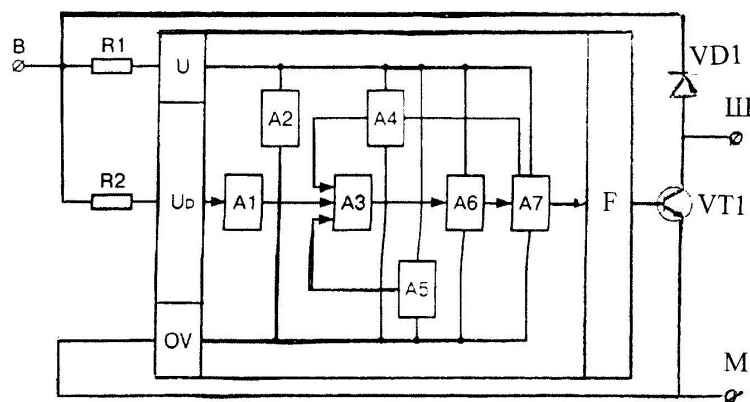


Рис. 2.4. Схема интегрального регулятора напряжения Я212А11Е со стабилизированной частотой переключения

## Схемы проверки ИРН

Исправность регулятора напряжения можно проверить по схеме, показанной на рис. 2.5.

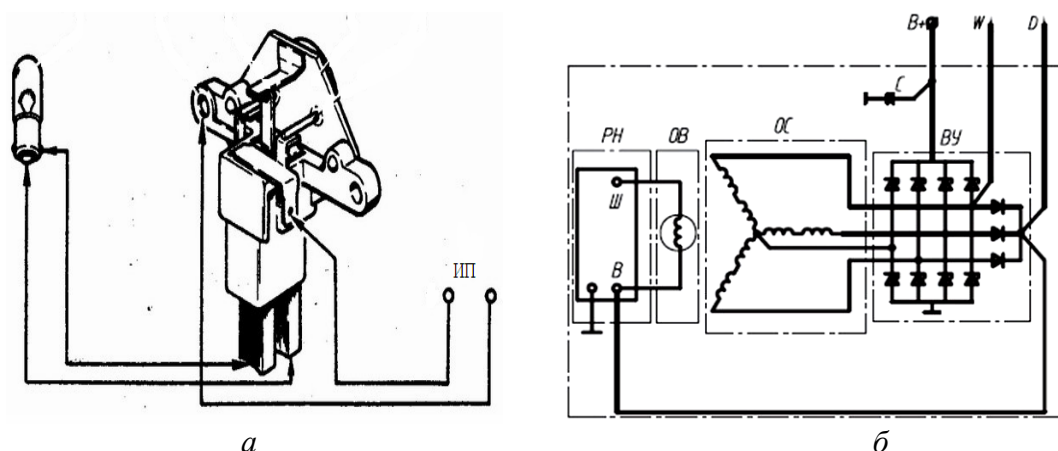


Рис. 2.5. Схемы проверки регуляторов напряжения генератора 3212М.3771:  
а – схема проверки РН со встроенным щеткодержателем; б – схема генераторной установки 3212 М.3771 с ОВ, подключенной между выводами «В» и «Ш» РН

В качестве источника питания (ИП) можно использовать любой источник с постоянным напряжением, изменяющимся в пределах 12 – 16 В (в системах электрооборудования с номинальным напряжением 28 В – вдвое больше). Контрольную лампу мощностью не более 6 Вт включают так же, как обмотку возбуждения генератора, с которой работает РН. По поведению лампы в зависимости от подводимого напряжения оценивается исправность РН. При подводе питания до 15 В лампа горит, если напряжение питания выше – лампа гаснет.

### Настройка измерительных приборов

#### Настройка мультиметра.

1. Установить переключателями на измеряемый показатель ( $U$ ,  $I$ ,  $R$ ).
2. Установить вид тока (постоянный или переменный).
3. Установить диапазон измерений. Если диапазон неизвестен, установить максимально возможный. После предварительных измерений, если данные не регистрируются, пошагово переключаться на нижние диапазоны.

#### Настройка осциллографа.

1. Включить осциллограф. Настроить яркость, фокус и освещение шкалы.
2. Ручками «Усилитель  $U$ » или « $\updownarrow$ » разместить луч на экране в нужном положении. Ожидаемый сигнал должен отображаться по размеру экрана.

3. Установить тумблер, переключающий ввод на прямой или на емкостной. Если данный переключатель в положении «прямой», то на экране отобразятся постоянная и переменная составляющие. В положении «емкостной» отобразится только переменная составляющая сигнала (рис. 2.6).

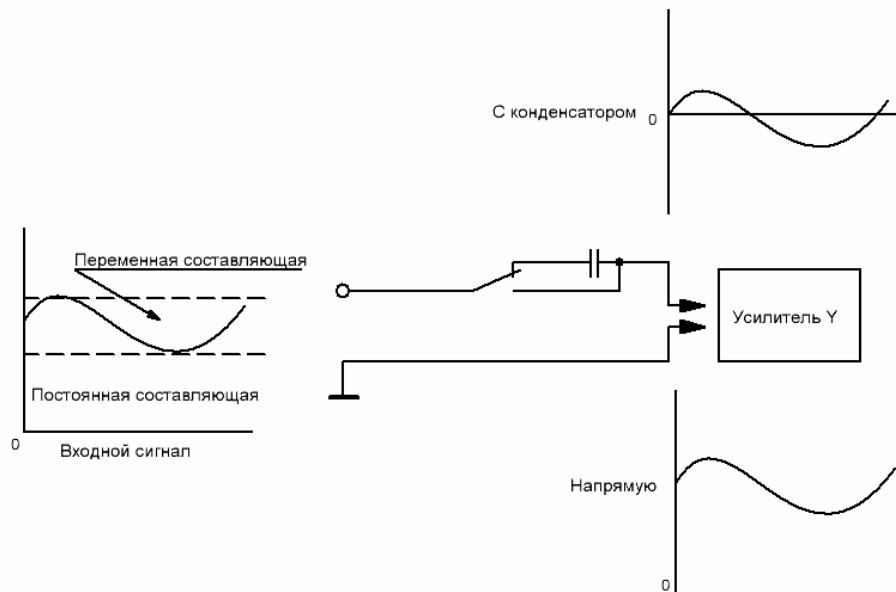


Рис. 2.6. Схема подключения прямого и емкостного входов осциллографа

4. Переключатель «Вольт/Дел» служит для масштабирования сигнала по оси Y. Там же показано, сколько вольт на деление в итоге покажет прибор. Устанавливается в соответствии с ожидаемым сигналом. После начала измерений, если сигнал отображается некорректно, можно переключать в нужное положение.

5. Переключатель «Время/Дел.» определяет частоту развертки. Чем короче выбранный интервал, тем более высокочастотный сигнал можно разглядеть. На экране видно, сколько клеток занимает сигнал на экране, а, умножив количество клеток на масштаб (показание переключателя), можно получить длительность сигнала в секундах. Также можно посчитать длительность одного периода, а, зная длительность периода, легко найти частоту сигнала  $f = 1/t$ . Данный переключатель совмещает, как правило, две ручки: «грубая» и «точная» настройка. Устанавливать до или в процессе измерений.

6. Ручка «Развертка» или « $\leftrightarrow$ » позволяет перемещать график по экрану влево и вправо, удобно расположить нужный участок под деления сетки.

7. В блоке «Синхронизация» ручкой «Уровень» выбирают уровень исследуемого сигнала, при котором происходит запуск развертки (рис. 2.7). Если между генератором развертки и сигналом нет связи, то развертка будет начинаться в разное время, изображение на экране осциллографа будет постоянно переме-

щаться. Чтобы остановить изображение, нужно «засинхронизировать» генератор. Т. е. ручкой «Уровень» обеспечивается такой режим работы, при котором луч начинает движение каждый раз с одной и той же точки графика входного сигнала. В результате движение луча рисует картинку в одном и том же положении, изображение получается стабильным и устойчивым. При выборе уровня следует учитывать такой фактор, как помехи. Так что если взять слишком низкий уровень, то слабые помехи могут запустить генератор, когда не нужно, а если взять уровень слишком большой, то сигнал может пройти под ним.

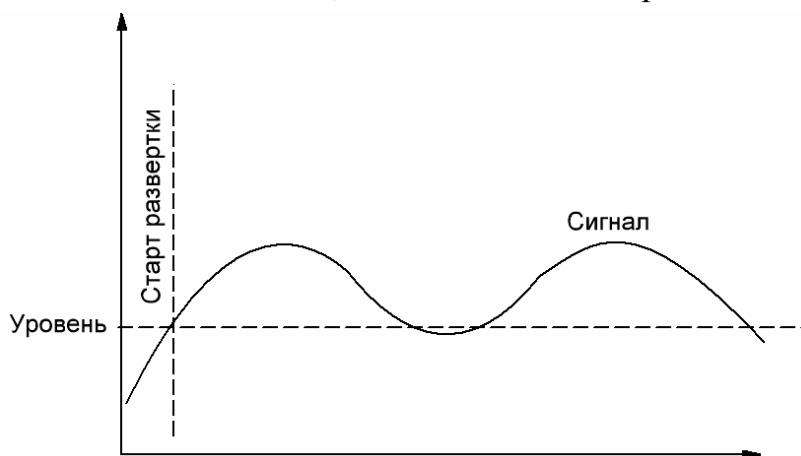


Рис. 2.7. График влияния положения ручки «Уровень» на изображение

Переключатель с надписью «+/-» переключает полярность уровня. В положении «+» синхронизация происходит, когда входное напряжение нарастает, в положении «-» когда напряжение падает.

Переключатель синхронизации с внутренней на внешнюю позволяет подать на вход синхроимпульсы с внешнего источника.

Переключатель «Режим» в положении «Авто» запускает развертки при отсутствии сигнала синхронизации или частоте ниже 25 Гц. В положении «Ждуц.» развертка запускается при наличии входного сигнала.

### Порядок выполнения работы

1. Изучите принцип регулирования напряжения в бортовой сети мобильных машин (см. рис. 2.1, 2.2) и схему интегрального регулятора напряжения EE14V3 фирмы Bosch.
2. Уясните принцип дискретного регулирования напряжения посредством включения ОВ в цепь питания или выключения ее из цепи (см. рис. 2.3).
3. Выполните операции по настройке мультиметра и осциллографа.
4. Выполните проверку исправности ИРН (см. рис. 2.5).

5. Включите стенд КИ-968 и снимите осциллограммы с генератора:

- напряжения на обмотке статора;
- напряжения на клемме вывода генератора, на двух режимах нагрузки при неизменной частоте вращения ротора генератора;
- напряжения на клемме вывода генератора, на двух режимах частоты вращения и неизменной нагрузке.

6. Измерьте на генераторе, установленном на стенд КИ-968:

- токи на обмотке возбуждения, на двух режимах нагрузки при неизменной частоте вращения ротора генератора;
- токи на обмотке возбуждения, на двух режимах частоты вращения ротора генератора и неизменной нагрузке.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткое описание методики измерений мультиметром и осциллографом, назначение ручек и переключателей.
3. Схема (см. рис. 2.5, б) с указанием точек подключения измерительного прибора.
4. Осциллограммы напряжения генератора и расчет частоты.
5. Результаты лабораторных измерений силы тока (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Результаты измерений тока на обмотке возбуждения

№ п/п	Режим работы, $n$ ( $\text{мин}^{-1}$ ), $R$ (Ом)		$I, \text{A}$
	$n, \text{мин}^{-1}$	$R, \text{Ом}$	
1			
2			
3			
4			

### Контрольные вопросы

1. Назначение и принцип работы регулятора напряжения.
2. Чем диктуется необходимость стабильности напряжения в бортовой сети тракторов и автомобилей?
3. Что такое стабилитрон и каковы его основные параметры? Какова его функция в схеме ИРН?

4. Как происходит питание и электронная коммутация обмотки возбуждения генератора?
5. Какие клеммные выводы имеют ИРН? Их назначение.
6. Как влияет нагрузка в электросети на ток в обмотке возбуждения?
7. Как влияет частота вращения генератора на ток в обмотке возбуждения?
8. Как проверить исправность ИРН с помощью мультиметра и регулируемого источника напряжения?
9. Приведите примеры, когда использование осциллографа предпочтительно или необходимо при электроизмерениях.
10. Чем принципиально отличаются осциллограф и мультиметр?
11. С какой клеммы генератора снимается сигнал частоты вращения коленчатого вала двигателя, какова форма сигнала и как провести осциллографирование?

## Лабораторная работа № 3

### ИЗУЧЕНИЕ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ, ДАВЛЕНИЯ, ОБОРОТОВ, ПОЛОЖЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА МОБИЛЬНЫХ МАШИНАХ

**Цель работы:** изучить конструкционные особенности, работу, характерные места установки датчиков температуры, давления, оборотов, положения для мобильных машин, оснащенных электронными системами управления (ЭСУ).

**Материальное обеспечение:** образцы двигателей, тракторов, лабораторный стенд НТЦ-40 «Система питания инжекторного двигателя с автоматическим управлением», мультиметр, осциллограф, стенды для имитации изменений температуры и давления, действующих на датчики, датчики температуры, давления, оборотов, положения.

#### Общие сведения

Датчики регистрируют рабочие состояния (например, частоту вращения коленчатого вала ДВС) и установочные значения параметров (например, положение педали акселератора ДВС). Они преобразуют физические величины (температуру, давление и т. д.) в электрические сигналы. Измеряемые величины оказывают влияние не только на параметры машины, например, мощность ДВС, крутящий момент, эмиссию вредных веществ с ОГ, но и на управляемость и безопасность машины. Датчики должны быть компактными, высокоточными и быстродействующими.

#### Датчики температуры

**Терморезисторный датчик температуры.** В системах, имеющих электронный блок управления (ЭБУ), применяют главным образом терморезисторные датчики (рис. 3.1) с положительным (РТС) или отрицательным (NTC) температурными коэффициентами. Спеченные керамические резисторы изготавливаются из оксидов тяжелых металлов и оксидов смешанных кристаллов и относятся к полупроводниковым материалам. Высокая температурная зависимость ограничивает их применение в диапазоне от минус 40 °С до +850 °С.

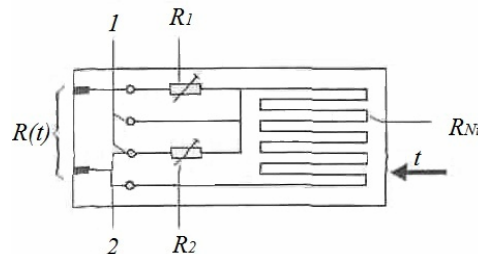


Рис. 3.1. Схема металлопленочного терморезистора: 1 – вспомогательный контакт; 2 – мост;  $R_{Ni}$  – никелевый пластинчатый резистор;  $R(t)$  – сопротивление, зависящее от температуры  $t$ ;  $R_1, R_2$  – подстроечные резисторы

Измерительный терморезистор является частью цепи делителя напряжения, на который подается напряжение 5 В. Следовательно, напряжение, измененное этим резистором, зависит от температуры. Это напряжение подается на вход ЭБУ системы через аналого-цифровой преобразователь и является мерой температуры, измеряемой датчиком. В ЭБУ (например, двигателя) хранится характеристика, с помощью которой определяется конкретная температура для каждого значения выходного напряжения или сопротивления. На основании сигналов датчика температуры (рис. 3.2) и других датчиков ЭБУ рассчитывает и корректирует количество впрыскиваемого топлива для получения оптимального состава горючей смеси, угол опережения впрыска топлива (УОВТ) или угол опережения зажигания (УОЗ) и другие параметры.

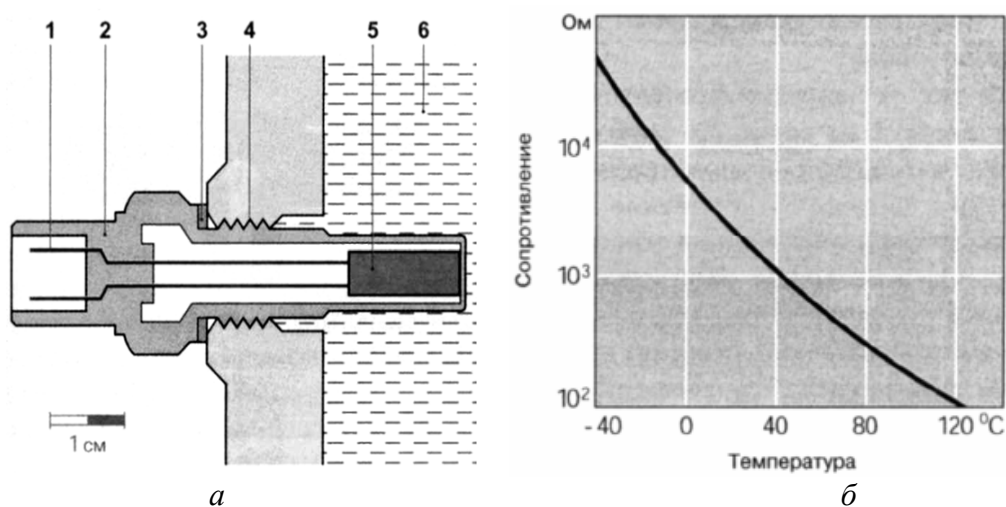


Рис. 3.2. Датчик температуры охлаждающей жидкости: *а* – конструкция; *б* – характеристика преобразования:

1 – контакты; 2 – корпус; 3 – прокладка; 4 – ввертная часть;  
5 – терморезистор *NTC*; 6 – охлаждающая жидкость

**Датчики аварийной температуры.** В качестве датчиков аварийной сигнализации в информационно-измерительной системе мобильных машин применяются **термобиметаллические датчики**, в которых используются различные термобиметаллы (рис. 3.3).

Тонкая двуслойная пластина 2 выполнена из двух слоев металлов с разными температурными коэффициентами линейного расширения, соединенных методом плакирования. При нагреве термобиметаллическая пластинка прогибается тем сильнее, чем больше температура окружающей среды. При этом подвижный контакт 3 может замкнуть контактную пару «подвижный контакт 3 и неподвижный контакт 4, запитав через вывод 6 цепь устройства сигнализации или индикации.

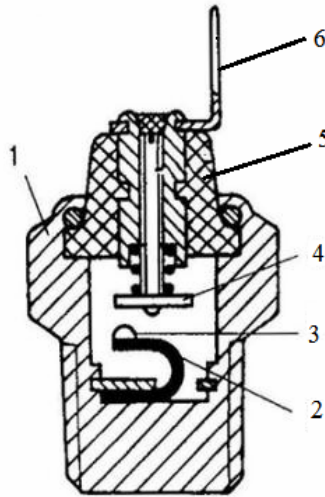


Рис. 3.3. Термобиметаллический датчик: 1 – корпус; 2 – термобиметалл; 3 – подвижный контакт; 4 – неподвижный контакт; 5 – изолятор; 6 – электрический вывод

**Датчик температуры ОЖ.** Устанавливается в контуре системы охлаждения ДВС. Измеряя температуру ОЖ, датчик играет роль индикатора теплового состояния ДВС. Эта информация необходима для ЭС бензинового и дизельного ДВС. Кроме того, сигналы датчика подаются к приемнику указателя температуры на приборной панели для информирования водителя о температурном режиме и работоспособности агрегатов машины. Диапазон измеряемых температур – в пределах от минус 40 °С до +130 °С.

**Датчик температуры воздуха.** Устанавливается во впускном тракте двигателя и измеряет температуру воздуха на впуске. Поскольку плотность воздуха обратно пропорциональна его температуре, показания датчика в сопоставлении с данными датчика давления наддува позволяют ЭБУ более точно определять массу воздуха, подаваемого в двигатель. Диапазон измеряемых температур от минус 40 °С до +120 °С.

**Датчик температуры масла.** Сигнал от датчика температуры масла в двигателе используется для контроля состояния двигателя или гидросистемы и является одним из показателей для определения интервала между техническими обслуживаниями. Диапазон измеряемых температур находится в пределах от минус 40 °С до +170 °С.

**Датчик температуры топлива.** Устанавливается в контуре низкого давления топливной системы. Температура топлива является важным фактором для точного определения требуемого количества впрыскиваемого топлива (цикловой подачи). Диапазон измеряемых температур находится в пределах от минус 40 °С до +120 °С.

**Датчик температуры отработавших газов (ОГ).** Устанавливается в том месте выпускной системы, которое является критическим в отношении температуры. Он используется для управления в системе очистки отработавших газов. Материалом для измеряющего резистора обычно является платина. Диапазон измеряемых температур находится в пределах от минус 40 °С до +1000 °С.

### **Датчики давления**

**Диафрагменно-резистивный датчик высокого давления топлива.** В топливной системе *Common Rail* дизеля и в системах *MED-Motronic* с непосредственным впрыском бензина такие датчики используются для измерения давления топлива в аккумуляторе высокого давления. Строгое соответствие с обусловленным давлением топлива является исключительно важным с точки зрения эмиссии вредных веществ, уровня шума и мощности двигателя. Давление топлива регулируется управляющим контуром, отклонения от установочного уровня давления компенсируются регулятором давления.

Датчики давления топлива в аккумуляторе имеют очень жесткие допуски, в главном измерительном диапазоне точность измерения составляет менее 2 % от всего диапазона измерений.

Основным компонентом датчика является стальная диафрагма (рис. 3.4, а) с измеряющими резисторами в виде мостовой схемы, осажденной из паровой фазы (рис. 3.4, в).

Диапазон измерения датчика есть функция толщины диафрагмы (диафрагмы большей толщины для высоких давлений и диафрагмы меньшей толщины для низких давлений). Как только давление, которое нужно измерять, подается на диафрагму через соединительный штуцер 4, диафрагма изгибается и вызывает изменение сопротивления измерительных резисторов. Выходное напряжение на выходе моста изменяет напряжение входа 5 В в пределах 0–80 мВ. Выходное напряжение подается в вычислительную схему 2 в датчике, где усиливается и передается в ЭБУ, который использует этот сигнал вместе с хранящейся в памяти характеристикой для расчета давления (рис. 3.4, б).

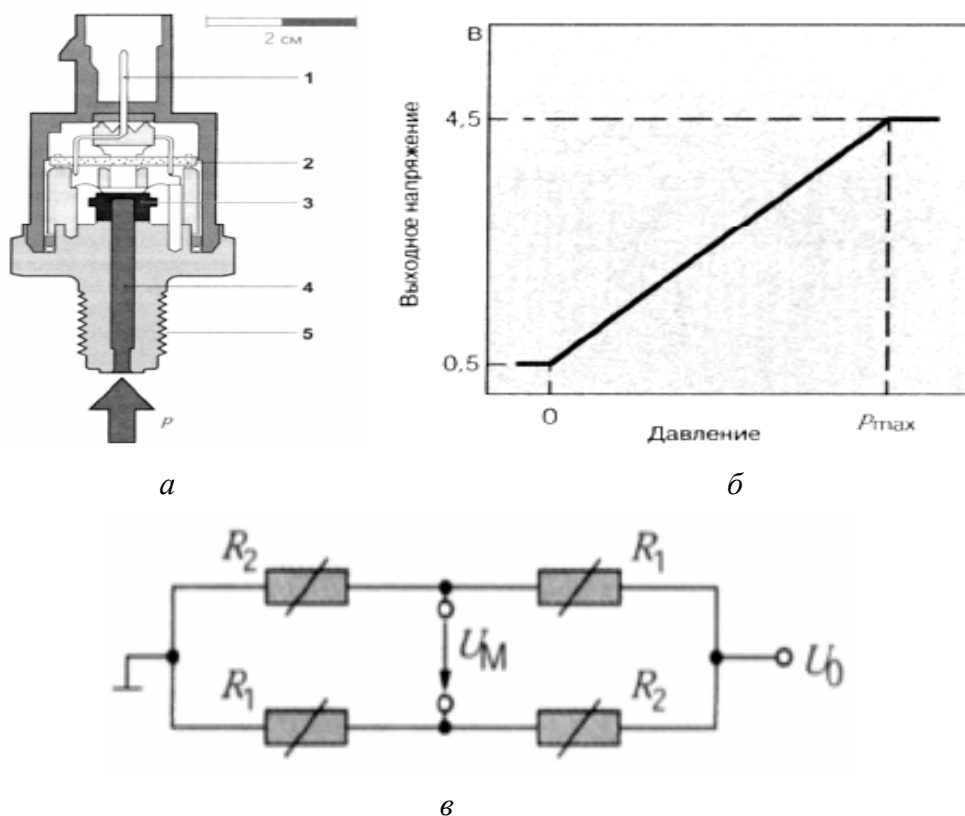
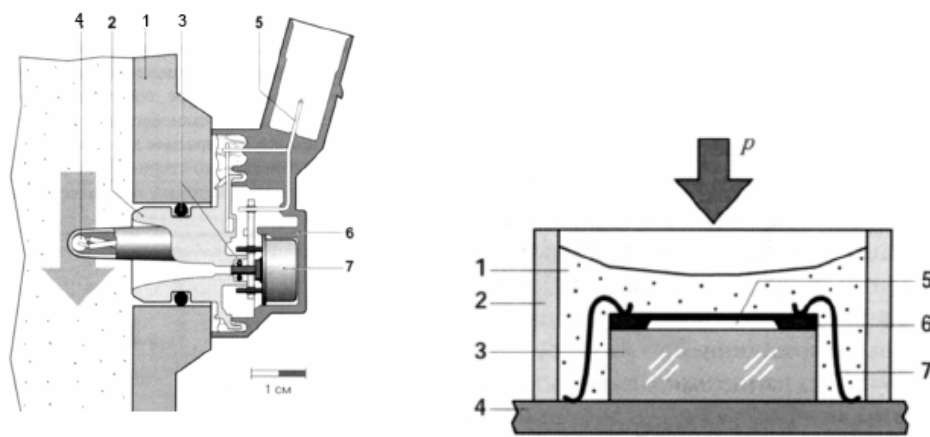


Рис. 3.4. Датчик давления топлива в аккумуляторе высокого давления (а), характеристика датчика (б) и схема моста с тензорезисторами (в):

1 – электрические выводы; 2 – вычислительный контур; 3 – стальная диафрагма; 4 – канал подвода топлива; 5 – резьбовая часть;  $P_{ак}$  – давление топлива в аккумуляторе;  $U_0$  – напряжение питания;  $U_m$  – измеряемое напряжение;  $R_1$ – $R_4$  – тензометрические резисторы

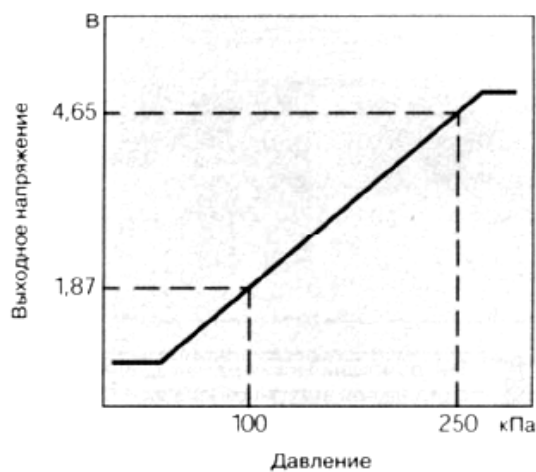
**Микромеханический датчик давления с встроенным NTC-датчиком температуры (комбинированный датчик).** Этот датчик давления (рис. 3.5 а, б) используется для измерения давления воздуха во впускном коллекторе или давления наддува турбированного ДВС.

Кремниевый чип б (рис. 3.5, б) со встроенной диафрагмой и четырьмя измеряющими тензорезисторами моста Уинстона (рис. 3.4, в) установлен на стеклянном основании 3. Давление «р» прикладывается к чипу со стороны, содержащей электронную схему, и эта сторона герметизируется специальным гелем 1 для защиты от воздействия окружающей среды. Опорное разрежение 5 действует между чипом б и стеклянным основанием 3. Измеряющий элемент установлен на керамической гибридной подложке 4. В датчик давления может быть вмонтирован температурный датчик 4, сигналы которого оцениваются отдельно. Такие датчики называют комбинированными, и их преимущество состоит в том, что в одном корпусе вмонтированы два датчика для измерения, как температуры, так и давления.



*a*

*б*



*в*

*Рис. 3.5.* Микромеханический датчик давления воздуха с встроенным *NTC*-датчиком температуры (*a*) и чувствительный элемент датчика (*б*); характеристика датчика (*в*)  
*a* – 1 – впускной коллектор; 2 – корпус; 3 – кольцо; 4 – датчик температуры (типа *NTC*); 5 – выводы; *б* – крышка; 7 – чувствительный элемент; *б* – 1 – защитный гель; 2 – корпус; 3 – стеклянное основание; 4 – керамическая гибридная подложка; 5 – полость с опорным разрезением; 6 – кремниевый чип; 7 – фиксаторы; *p* – измеряемое давление

Выходное напряжение датчика, составляющее 0...5 В, подается на ЭБУ через электрические выводы 5.

### *Датчики положения и перемещения*

***Потенциометрический контактный датчик положения педали акселератора*** применяется в системах с электронным приводом дроссельной заслонки с использованием индивидуального потенциометрического датчика (рис. 3.6, *a*) или педального модуля (рис. 3.6, *a*, *б*) различного исполнения.

В современных ЭСАУ ДВС исключены тросы и механические тяги управления. Действия водителя при нажатии на педаль акселератора в виде управляющих входных сигналов передаются в ЭБУ от датчика положения педали. Датчик регистрирует ход педали или ее угловое положение и посылает электрический сигнал в ЭБУ двигателя.

Альтернативой индивидуальному датчику (см. рис. 3.6, *a*), требующему регулировки при его установке, является модуль педали (рис. 3.6, *b*, *c*), который устанавливается как узел, включающий в себя педаль акселератора и датчик. При использовании таких модулей регулировка при их установке на машину не требуется.

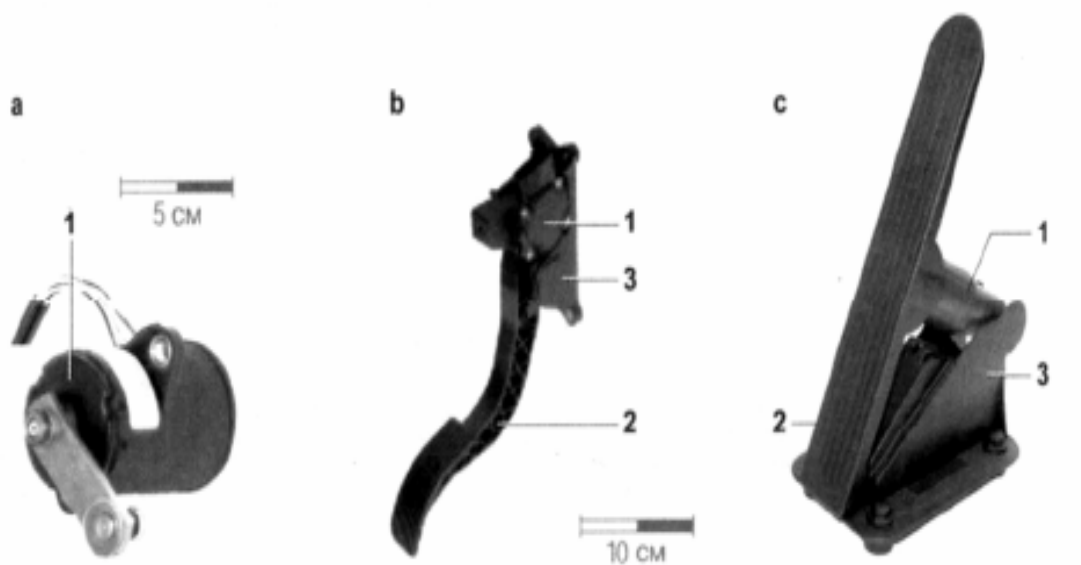


Рис. 3.6. Индивидуальный датчик положения педали (*a*), варианты pedalных модулей верхнего крепления (*b*) и напольного крепления (*c*):

1 – потенциометрический датчик; 2 – педаль акселератора; 3 – кронштейн педали

Напряжение на концах потенциометра является функцией положения педали. В память ЭБУ заложена кривая характеристики, используемая для расчета по этому напряжению хода или углового перемещения педали.

В диагностических целях и для использования в случае неисправности основного датчика монтируется второй, дополнительный датчик, который также является частью системы мониторинга. В одном из вариантов исполнения датчик работает со вторым потенциометром. Напряжение на концах этого потенциометра равно половине напряжения на первом потенциометре. Таким образом, датчик выдает два независимых сигнала, которые используются для поиска неисправностей (рис. 3.7).

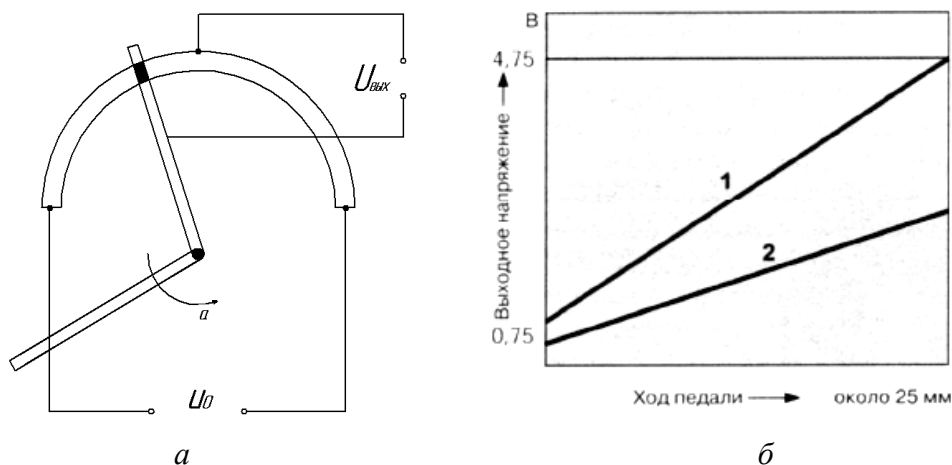


Рис. 3.7. Потенциометрический датчик положения педали акселератора:  
 а – схема; б – характеристика датчика с дополнительным потенциометром:  
 1 – основной потенциометр; 2 – второй потенциометр (50 % напряжения)

В некоторых вариантах вместо второго потенциометра используется выключатель минимальной частоты вращения холостого хода, который посылает сигнал в ЭБУ, когда педаль акселератора находится в положении режима холостого хода.

Работа **датчика углового положения на эффекте Холла** (рис. 3.8) основана на принципе подвижного магнита. Диапазон измерения датчиком составляет приблизительно  $90^\circ$ . Принцип работы датчика Холла основан на следующем: полупроводник, по которому протекает ток, располагают в магнитном поле. При этом на противоположных гранях полупроводника возникает напряжение (сигнал). Чем сильнее магнитное поле, тем больше воздействие на протекающий ток. Таким образом, перемещая магнит относительно полупроводника, меняют силу воздействия магнитного поля и регистрируют величину изменения тока.

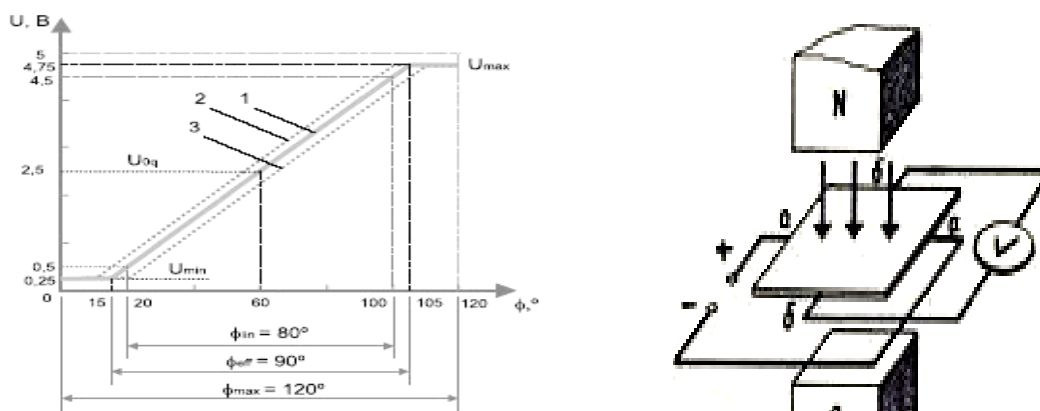


Рис. 3.8. Датчик Холла: а – выходная характеристика; б – принцип работы

Рассмотрим вариант pedalного модуля верхнего крепления с датчиком Холла. В этой конструкции датчика магнит 3 (рис. 3.9), вмонтированный в ось 2 педали, поворачивается около датчика Холла 1. Путь линий магнитной индукции создается здесь в виде дуги окружности. Поскольку только небольшой участок результирующей синусоидальной кривой характеристики дает хорошую линейность, датчик Холла немного смещен от центра дуги окружности во внешнюю сторону. Это заставляет характеристику отклоняться от синусоидальной формы, в результате чего линейный участок кривой увеличивается до 180 % и более.

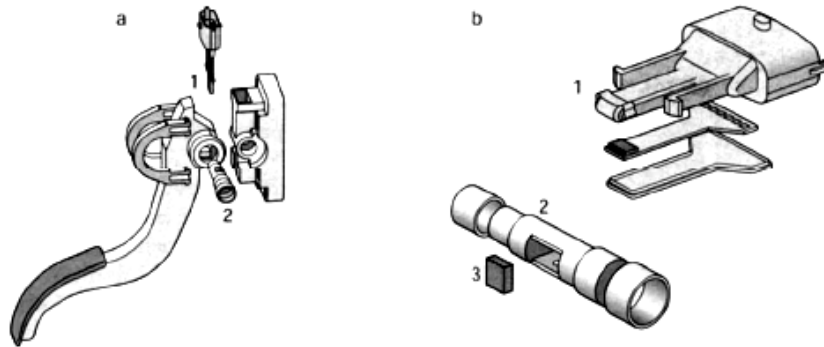


Рис. 3.9. Pedальный модуль с датчиком Холла:  
1 – датчик Холла; 2 – ось педали; 3 – постоянный магнит

**Датчики Холла углового положения распределительного вала двигателя.** При движении определенного поршня к ВМТ угловое положение распределительного вала служит индикатором типа движения (такт сжатия или такт выпуска). Датчик фазы положения распределительного вала обеспечивает этой информацией ЭБУ. Расположение датчика фазы на распределительном валу позволяет более точно определить фазу по сравнению с расположением аналогичного датчика на коленчатом валу.

Ферромагнитный диск (задатчик угловых импульсов) с зубьями, сегментами или перфорированный ротор 7 (рис. 3.10, а) вращается вместе с распределительным валом. Входной интегральный контур б (см. рис. 3.10, а) эффекта Холла расположен между задатчиком и постоянным магнитом 5, который создает магнитное поле, перпендикулярное элементу Холла.

Если один из зубьев Z задатчика проходит мимо токнесущего элемента Холла (полупроводниковая пластина), то он изменяет силу магнитного поля.

Результатом этого является сигнал напряжения (напряжение Холла) в милливольтках, который не зависит от относительной скорости между датчиком и зубчатым диском. Электронная схема во входном интегральном контуре б (см. рис. 3.10, а) датчика Холла обрабатывает сигнал и отправляет его в форме прямоугольных импульсов («Высокий»/«Низкий») (рис. 3.10, б).

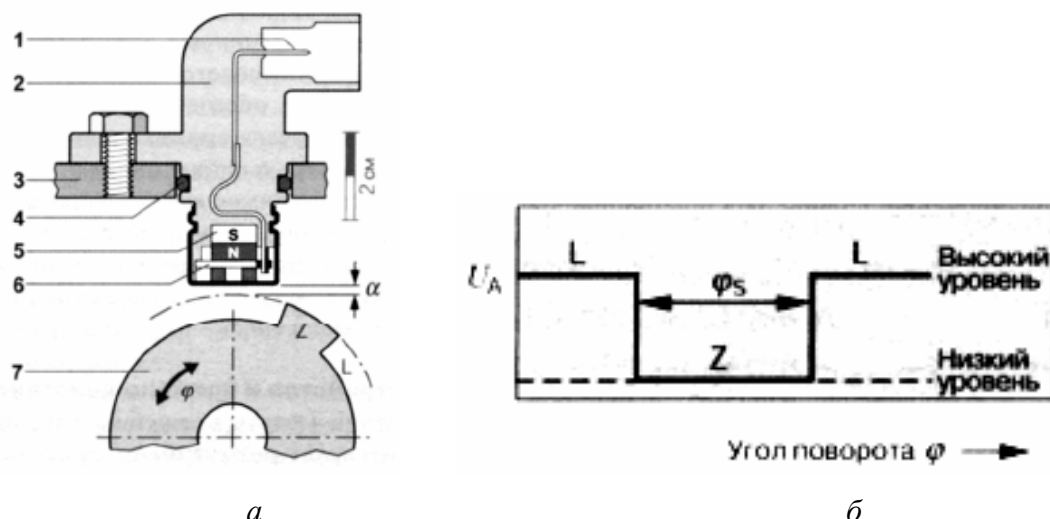


Рис. 3.10. Датчик частоты вращения на эффекте Холла:

$a$  – схема датчика с зубчатым диском;  $b$  – выходной сигнал напряжения  $U_A$ :  
 1 – выводы датчика; 2 – корпус; 3 – блок цилиндров двигателя; 4 – уплотнительное кольцо;  
 5 – постоянный магнит; 6 – входной интегральный контур; 7 – зубчатый диск (задатчик);  $\alpha$  – зазор

Разновидностью датчика углового положения (датчика фаз) на эффекте Холла является использование специального штифта на распределительном валу. Датчик обычно устанавливается в зоне заглушки головки цилиндров. Когда штифт проходит напротив торца датчика, датчик выдает на ЭБУ импульс напряжения низкого уровня (около 0 В), что соответствует положению поршня первого цилиндра в такте сжатия.

Сигнал датчика фаз используется контроллером для организации последовательного впрыска топлива в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя. При возникновении неисправности цепей или самого датчика фаз ЭБУ заносит в память ее код и включает сигнализатор неисправности.

**Индукционные датчики частоты вращения** используются для измерения следующих величин:

- частоты вращения коленчатого вала, колес машины, вала топливного насоса высокого давления (ТНВД);

- углового положения коленчатого и распределительного валов (датчики фаз).

Частота вращения рассчитывается по интервалам между сигналами датчика частоты вращения.

Датчик устанавливается непосредственно напротив ферромагнитного зубчатого диска – задатчика угловых импульсов  $b$  (рис. 3.11), от которого его отделяет определенный небольшой воздушный зазор. Датчик имеет сердечник 4 из магнитомягкого железа, который заключен в электромагнитную обмотку 5.

Сердечник соединен также с постоянным магнитом *1*, магнитное поле проходит через сердечник и зубчатый диск – задатчик импульсов. Интенсивность магнитного потока, проходящего через обмотку, зависит от того, находится ли датчик напротив зуба на диске или напротив промежутка (пропуска зубьев).

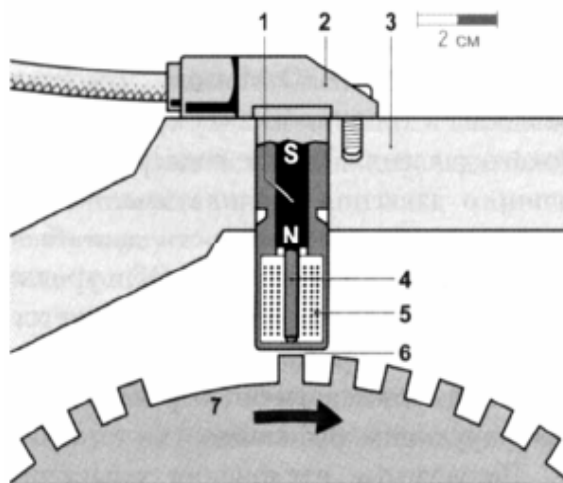


Рис. 3.11. Функциональная схема индукционного датчика:

- 1 – постоянный магнит; 2 – корпус датчика; 3 – блок цилиндров двигателя;
- 4 – магнитный сердечник; 5 – катушка индуктивности; 6 – зубчатое (импульсное) колесо;
- 7 – опорная метка синхронизации (широкая впадина)

Поскольку магнитный поток концентрируется зубьями диска, что приводит к увеличению магнитного потока через обмотку, то при подходе пропуска зубьев он ослабевает. Следовательно, при вращении зубчатого диска возникают колебания магнитного потока, которые, в свою очередь, генерируют синусоидальные колебания напряжения в электромагнитной обмотке, пропорциональные скорости изменения магнитного потока (рис. 3.12).

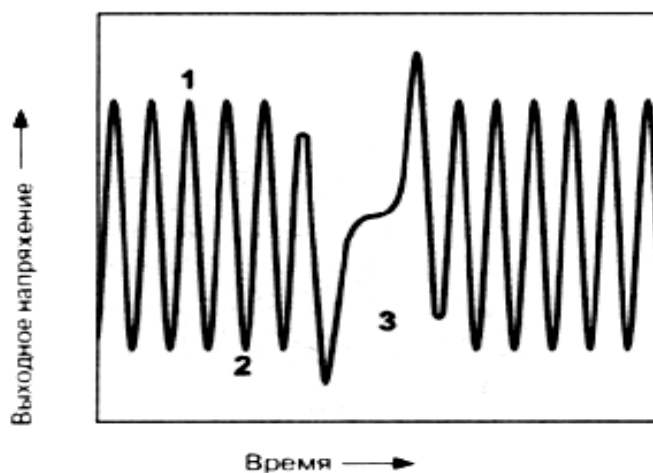


Рис. 3.12. Сигнал индукционного датчика:

- 1 – зуб; 2 – впадина между зубьями; 3 – опорная (установочная) метка

Амплитуда колебаний переменного напряжения увеличивается строго пропорционально увеличению скорости вращения зубчатого диска (от нескольких мВ до 100 В). Для генерирования достаточного уровня сигнала требуется частота вращения, по крайней мере,  $30 \text{ мин}^{-1}$ .

Количество зубьев на задатчике угловых импульсов зависит от конкретного применения. Например, в системе автоматического управления двигателем с электромагнитным клапаном управления подачей топлива обычно используется задатчик с числом зубьев 60, хотя при этом два зуба отсутствуют и диск, таким образом, имеет  $60 - 2 = 58$  зубьев. Очень большой пропуск зубьев 7 (рис. 3.11) предназначен для определения положения коленчатого вала и служит как отметка для синхронизации в ЭБУ (датчик фаз).

Существует другой вариант задатчика угловых импульсов, который имеет один зуб на цилиндр. Следовательно, в случае четырехцилиндрового двигателя задатчик имеет четыре зуба и, соответственно, генерируются четыре импульса за один оборот зубчатого диска.

Электронная схема в ЭБУ преобразует синусоидальное напряжение, которое характеризуется четко меняющимися амплитудами, в среднеквадратический сигнал с постоянной амплитудой для его оценки в микропроцессоре ЭБУ.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучите назначение, принцип действия, конструкцию и параметры датчиков температуры, давления, оборотов, положения.
2. Определите на образцах двигателей тракторов характерные места установки указанных датчиков.
3. Включите стенд НТЦ-40, ознакомьтесь с конструкцией и порядком работы на нем, имитируемыми датчиками.
4. На установках, имитирующих изменение температуры и давления, с помощью измерительных приборов снимите электрические характеристики соответствующих датчиков. Сравните их с требуемыми характеристиками, сделайте заключение о работоспособности.
5. Снимите осциллограмму датчика Холла, сделайте заключение о его работоспособности.
6. Проведите измерения электрического сигнала датчика положения.

## Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Технические характеристики датчиков температуры, давления, оборотов, положения установленных на двигателях Д-245.35Е4 и TCD 2013 L064V «Deutz», УАЗ 42164 (при необходимости используйте Интернет).
3. Графики изменения электрического сигнала датчиков температуры и давления от соответствующих физических величин.
4. Осциллограмма датчика Холла.
5. График изменения электрического сигнала датчика положения.

## Контрольные вопросы

1. Что означает термин «терморезистор с отрицательным температурным коэффициентом»?
2. Какой принцип действия датчика аварийной температуры, и в какой системе ДВС он находит применение?
3. Какие типы датчиков температуры применяют в мобильных машинах?
4. Какие типы датчиков давления вам известны и как они работают?
5. В чем преимущества микротензометрических датчиков давления, как они устроены и работают?
6. Какие датчики положения и перемещения вам известны, и в каких системах мобильных машин они применяются?
7. Какие приборы и как используются при проверке устройств с датчиком Холла?
8. В каких системах мобильных машин используется датчик Холла?
9. Какие приборы и как используют при проверке индуктивных датчиков?

## Лабораторная работа № 4

### ИЗУЧЕНИЕ ДАТЧИКОВ КОНЦЕНТРАЦИИ КИСЛОРОДА, МАССОВОГО РАСХОДА ВОЗДУХА, ДЕТОНАЦИИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА МОБИЛЬНЫХ МАШИНАХ

**Цель работы:** изучить конструкционные особенности, работу, характерные места установки датчиков концентрации кислорода ( $\lambda$ -зонда), массового расхода воздуха и детонации ЭСУ ДВС мобильных машин.

**Материальное обеспечение:** макеты автотракторных ДВС, лабораторный стенд НТЦ-40, датчики концентрации кислорода ( $\lambda$ -зонд), массового расхода воздуха, детонации, осциллограф, мультиметр.

#### Общие сведения

Работа ДВС сопровождается выделением отработавших газов (ОГ), содержащих, в основном, угарный газ, не полностью сгоревшие углеводороды и окислы азота. Чтобы уменьшить их содержание в составе ОГ, на современных автомобилях используется каталитический нейтрализатор. Однако у него есть особенность – он успешно работает в достаточно ограниченном диапазоне соотношения кислорода и топлива, и если смесь обогащенная, или, наоборот, слишком бедная, то содержание в составе ОГ токсичных веществ остается высоким. Датчик концентрации кислорода ( $\lambda$ -зонд, кислородный датчик) участвует в обеспечении необходимого соотношения кислорода и топлива. На сегодняшний день используется  $\lambda$ -зонд трех разновидностей: циркониевый, титановый, широкополосный.

#### *Датчики концентрации кислорода ( $\lambda$ -зонд) бензиновых ДВС*

Наиболее распространенным из перечисленных датчиков является циркониевый.

Циркониевый датчик (рис. 4.1) – это слоистая структура, внутренняя и наружная поверхности которой выполнены из платины и разделены слоем специальной керамики. Это твердый электролит (диоксид циркония  $ZrO_2$ ). Он защищен снаружи корпусом с отверстиями для поступления ОГ к платиновой поверхности и имеет связь с наружным воздухом.

**Принцип действия датчика.** Чувствительный элемент датчика кислорода находится в потоке ОГ. Принцип измерения остаточного содержания кислорода в ОГ основан на свойствах оксида циркония. Сигнал датчика (при замкнутой петле обратной связи) представляет собой переменное напряжение, колеблющееся между 0,1 и 0,9 вольт (рис. 4.1, б).

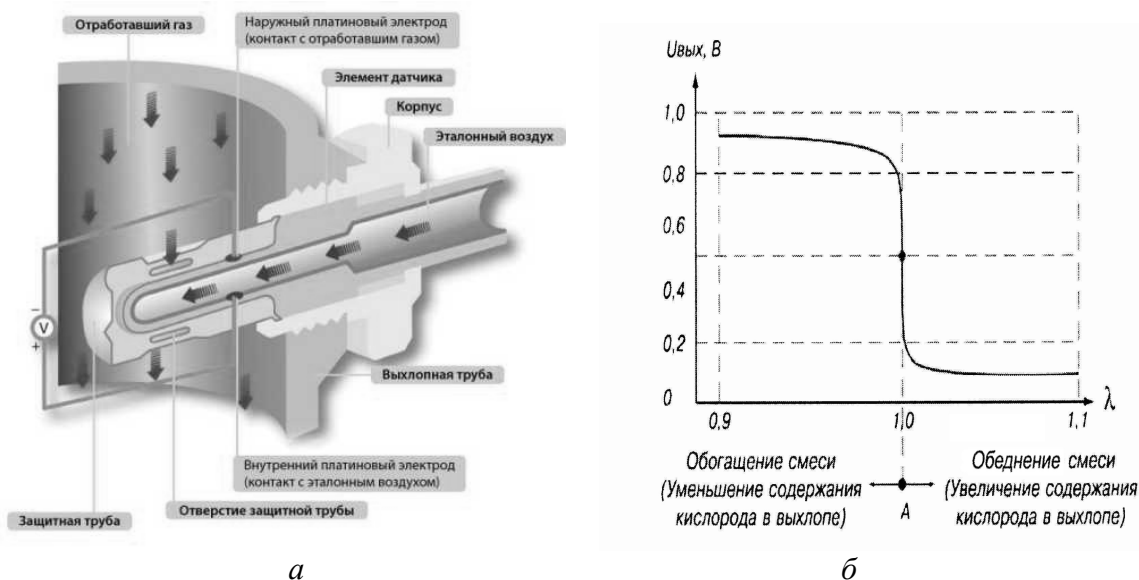


Рис. 4.1. Циркониевый  $\lambda$ -зонд (а), его характеристика (б) и схема подключения (в)

Система управления подачи топлива постоянно изменяет состав смеси вблизи точки стехиометрии (коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 1$ ), что приводит к изменению количества кислорода в ОГ. Датчик реагирует на разницу между уровнем кислорода в ОГ и в атмосфере, вырабатывая на выходе соответствующую разность потенциалов. Выходное напряжение зависит от концентрации

кислорода в ОГ. Когда  $\lambda$ -зонд находится в холодном состоянии, он не способен генерировать собственную ЭДС из-за высокого внутреннего сопротивления зонда (которое существенно снижается только при температурах более 350 °С) и напряжение на выходе равно опорному (или близко к нему). Для ускорения прогрева датчика до рабочей температуры он снабжен электрическим нагревательным элементом. ЭБУ постоянно подает в цепь датчика стабильное опорное напряжение 450 мВ. По мере прогрева датчика при работающем двигателе его внутреннее сопротивление уменьшается, и он начинает генерировать собственное напряжение, которое перекрывает выдаваемое ЭБУ стабильное опорное напряжение. ЭБУ прослеживает изменяющееся напряжение и получает информацию о прогреве датчика и его готовности в осуществлении регулирования состава смеси. ЭБУ сравнивает сигнал  $\lambda$ -зонда со значением, записанным в его памяти и, если сигнал отличается от оптимального для текущего режима, корректирует длительность впрыска топлива в ту или иную сторону. Таким образом, осуществляется обратная связь и точная подстройка режимов работы двигателя под текущую ситуацию с достижением экономии топлива, получения максимальной мощности ДВС и минимизацией вредных выбросов.

***Признаки неисправности  $\lambda$ -зонда:***

1. Неустойчивая работа двигателя на малых оборотах.
2. Повышенный расход топлива.
3. Ухудшение динамических характеристик автомобиля.
4. На современных автомобилях загорается индикатор «CHECK ENGINE».

***Причины преждевременного выхода из строя  $\lambda$ -зонда:***

1. Применение (этилированного, содержащего свинец) бензина или низкого качества топлива.
2. Использование при ремонте двигателя силиконовых герметиков.
3. Выход из строя вследствие неправильно установленного угла опережения зажигания, переобогащения топливо-воздушной смеси, перебоев в зажигании и др.
4. Попадание на керамический наконечник датчика любых эксплуатационных жидкостей, растворителей и моющих средств.
5. Обрыв, плохой контакт или замыкание на массу электропроводки цепи датчика.
6. Внешнее загрязнение датчика. Поскольку атмосферный воздух должен поступать к внутренней полости датчика, все, что загрязняет наружную поверхность или блокирует поступление воздуха, вызывает нарушения в работе датчика.

Ресурс датчиков кислорода составляет до 100 тыс. км пробега автомобиля при соблюдении условий эксплуатации. Далее чувствительный элемент датчика стареет, на изменение состава топлива начинает медленнее откликаться, что приводит к повышенному расходу топлива.

**Проверка датчика кислорода.** Для полноценной проверки требуется осциллограф (рис. 4.2) и сканер. В случае выхода из строя датчика кислорода контрольная лампа Check Engine сигнализирует о неисправности. Двигатель должен быть прогрет до рабочей температуры, а подогрев датчика нормально функционировать. Перед проведением теста надо удостовериться, что контроллер двигателя поддерживает регулировку состава смеси по датчику кислорода, то есть он не отключен программно. Основные параметры:

1. При обогащении горючей смеси напряжение на сигнальном проводе должно быть не менее 0,7 В.
2. При обеднении горючей смеси напряжение на сигнальном выводе должно быть не более 0,25 В.
3. Время срабатывания при переключении «Обеднение – Обогащение смеси» не более 350 мс.

Если сигнал на выходе датчика не меняется или время реакции превышает заданную величину, то датчик подлежит замене. При отказе датчика система переходит в аварийный режим без коррекции содержания воздуха в смеси.

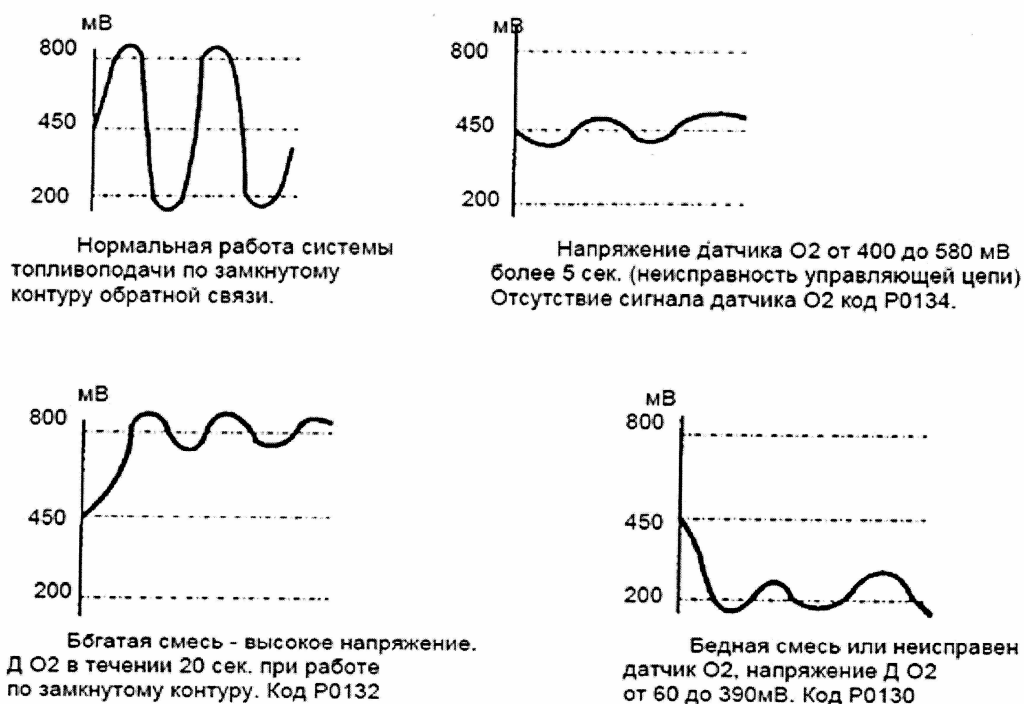


Рис. 4.2. Примеры осциллограмм выходных сигналов при проверке работоспособности  $\lambda$ -зонда

## *Датчики массового расхода воздуха (ДМРВ, расходомеры)*

Расходомер воздуха с пленочным термоанемометром – наиболее распространенный тип таких устройств, применяемых в настоящее время. Он вмонтирован в измерительный патрубок 2 (рис. 4.3), устанавливается во впускном канале за воздушным фильтром. Возможен также вариант встроенного измерительного патрубка внутри воздушного фильтра. Воздух, входящий во впускной коллектор, обтекает чувствительный элемент 5, который вместе с вычислительным контуром 3 является основным компонентом датчика.

Чувствительность датчика при наличии сильных пульсаций потока улучшена применением соответствующей конструкции обводного канала 7, при этом определяются также и обратные потоки воздуха. Датчик соединяется с ЭБУ через выводы 1.

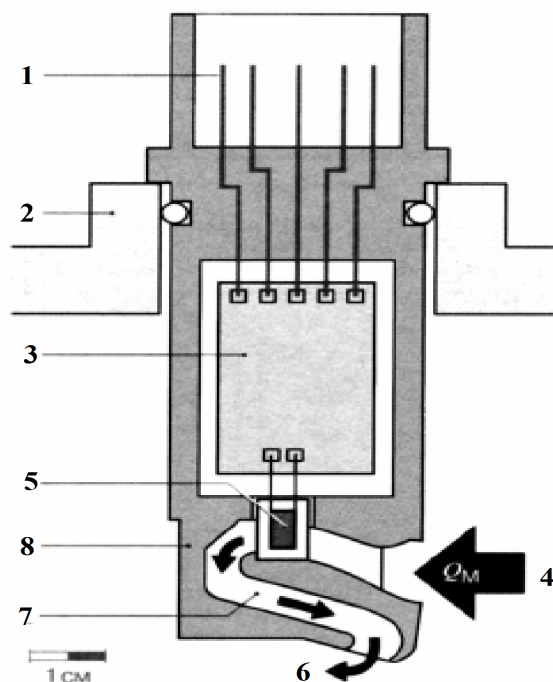


Рис. 4.3. Схема массового расходомера воздуха с пленочным термоанемометром:  
1 – выводы электрического разъема; 2 – измерительный патрубок; 3 – вычислительный контур (гибридная схема); 4 – вход воздуха; 5 – чувствительный элемент датчика;  
6 – выход воздуха; 7 – обводной канал; 8 – корпус датчика

**Принцип работы массового термоанемометрического расходомера.** Микромеханическая диафрагма 5 (рис. 4.4) датчика на чувствительном элементе нагревается центральным нагревающим резистором. Распределение температуры по диафрагме регистрируется двумя температурозависимыми резисторами, которые устанавливаются симметрично до и после нагревающего резистора (точки измерения

$M_1$  и  $M_2$ ). При отсутствии потока воздуха на впуске температурная характеристика  $1$  одинакова на каждой стороне измерительной зоны ( $T_1 = T_2$ ). Как только поток воздуха начинает обтекать чувствительный элемент датчика, распределение температуры по диафрагме меняется (температурная характеристика  $2$ ).

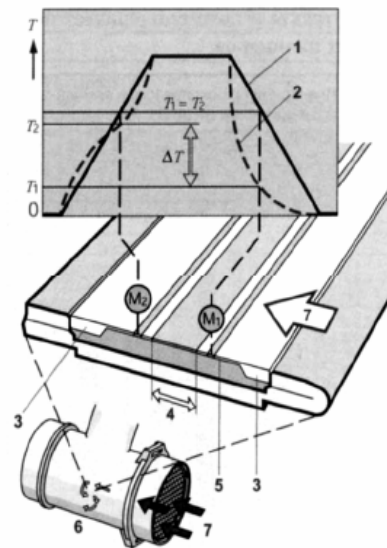


Рис. 4.4. Принцип измерения массового расхода воздуха пленочным термоанемометром:  $1$  – температурная характеристика при отсутствии потока воздуха;  $2$  – температурная характеристика при наличии потока воздуха;  $3$  – чувствительный элемент датчика;  $4$  – зона нагрева;  $5$  – диафрагма датчика;  $6$  – датчик с измерительным патрубком;  $7$  – поток воздуха;  $M_1$ ,  $M_2$  – точки измерения;  $T_1$ ,  $T_2$  – значения температуры в точках измерения  $M_1$ ,  $M_2$ ;  $\Delta T$  – перепад температур

На стороне входа воздуха температурная характеристика является более крутой, поскольку входящий воздух, обтекающий эту поверхность, охлаждает ее. Вначале на противоположной стороне (сторона, наиболее близко расположенная к двигателю) чувствительный элемент датчика охлаждается, но затем воздух, подогреваемый нагревательным элементом, нагревает его. Изменение в температурном распределении ( $\Delta T$ ) приводит к перепаду температур между точками измерения  $M_1$  и  $M_2$ .

Тепло рассеивается в воздухе и, следовательно, температурная характеристика чувствительного элемента датчика является функцией массового расхода воздуха. Разница температур, таким образом, есть мера массового расхода воздуха, при этом она не зависит от абсолютной температуры протекающего потока воздуха. Кроме того, разница температур является направленной. Это означает, что массовый расходомер регистрирует не только количество входящего воздуха, но и его направление.

Благодаря тонкой микромеханической диафрагме датчик имеет высокую динамическую чувствительность ( $<15$  мс), что важно при больших пульсациях входящего воздуха.

Разница сопротивлений в точках измерения  $M_1$  и  $M_2$  преобразуется встроенным в датчик вычислительным (гибридной схемой) контуром в аналоговый сигнал напряжением  $0 \dots 5$  В. Такой уровень напряжения подходит для обработки сигналов в ЭБУ. По характеристике датчика (рис. 4.5, а), показывающей зависимость входного напряжения от массового расхода воздуха (кг/ч) и запрограммированную в ЭБУ, измеренное напряжение преобразуется в величину массового расхода. По форме кривой диагностические устройства, встроенные в ЭБУ, могут определять такие неисправности, как обрыв цепи.

Датчик эффективно работает даже при наличии сильных пульсаций в потоке и, кроме измерений прямого потока (рис. 4.5, а), оценивает также значения обратных потоков. В датчик массового расхода может быть вмонтирован датчик температуры для выполнения вспомогательных функций.

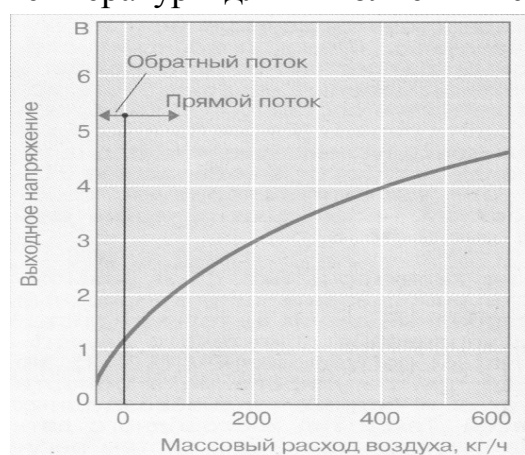


Рис. 4.5. Характеристика датчика массового расхода воздуха (выходное напряжение) в функции протекающего через него частичного расхода воздуха (а) и функциональная схема ДМРВ BOSCH HFM5 с распиновкой разъема (б)

**Проверка работоспособности датчика.** Выходной сигнал ДМРВ Bosch HFM5 представляет собой напряжение постоянного тока, изменяющееся в диапазоне от 1 до 5 В, величина которого зависит от массы воздуха, проходящего через датчик. При нулевом расходе исправный датчик должен иметь выходное напряжение около 1 В. Эталоном считается значение 0,996 В. По осциллограмме можно отследить два важных момента:

1. Скорость реакции ДМРВ можно оценить по времени переходного процесса выходного сигнала ( $U_a$ ) при подаче питания +5 В на датчик.
2. Выходное напряжение датчика при нулевом расходе воздуха (двигатель остановлен).

Осциллограмма исправного ДМРВ при подаче питания приведена на (рис. 4.6), где видно, что время переходного процесса равно 0,5 мс, а выходное напряжение при нулевой подаче воздуха равно 0,996 В.

Осциллограмма выходного напряжения при включении питания неисправного ДМРВ показана на рис. 4.7. Время переходного процесса такого датчика в десятки раз больше, чем исправного, а значит, время реакции самого датчика будет значительно снижено, и автомобиль будет «вяло» набирать скорость. Выходное напряжение такого ДМРВ при остановленном двигателе равно 1,13 В, что говорит о значительном отклонении сигнала от нормы. Двигатель с неисправным датчиком в значительной степени потеряет «приемистость», будет затруднен пуск и возрастет расход топлива.

**Важно:** система самодиагностики ЭБУ двигателем не способна выявить снижение скорости реакции ДМРВ. Такую неисправность можно выявить только путем диагностики с применением осциллографа.

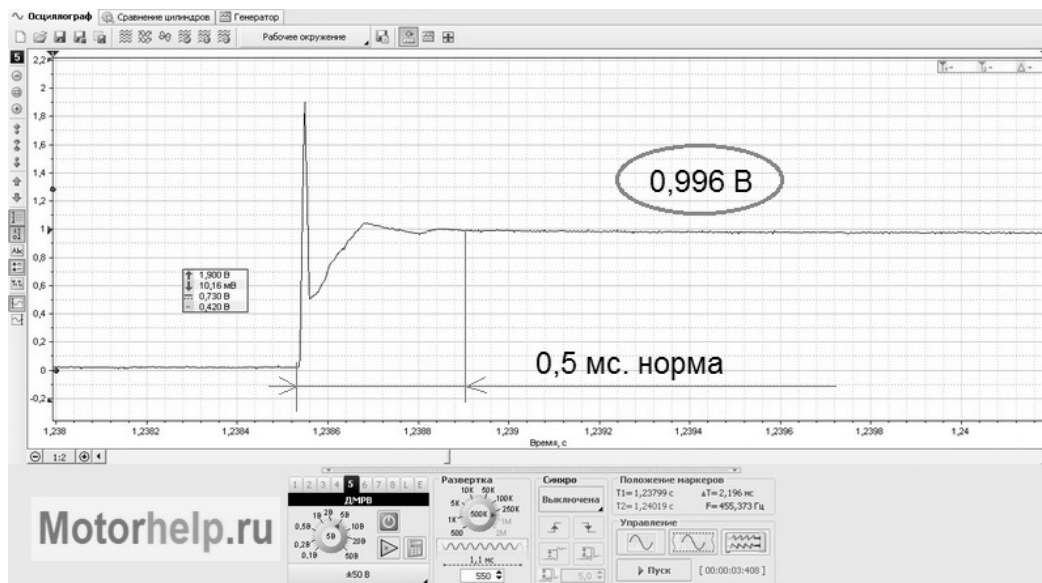


Рис. 4.6. Осциллограмма исправного ДМРВ

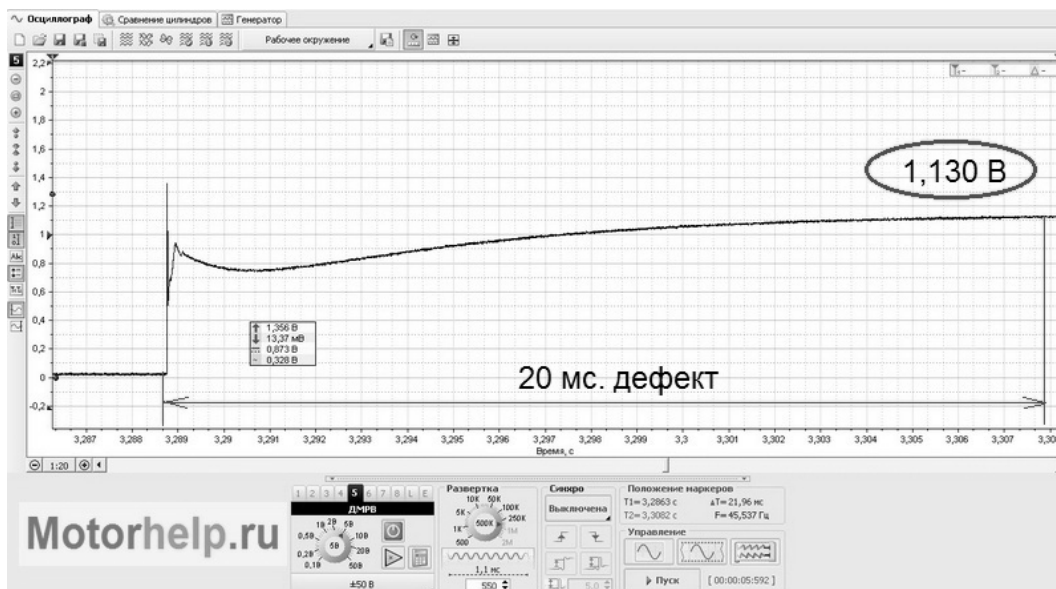


Рис. 4.7. Осциллограмма неисправного ДМРВ

Осциллограмма выходного напряжения изношенного ДМРВ при резком открытии дроссельной заслонки показана на рис. 4.8. При значительном загрязнении чувствительного элемента датчика скорость реакции на изменение воздушного потока снижается, и форма осциллограммы становится более «сглаженной». Исправный датчик при быстром открытии дроссельной заслонки должен выдавать кратковременно в первом импульсе более 4 В.



Рис. 4.8. Осциллограмма изношенного ДМРВ при резком открытии дроссельной заслонки

### *Датчики детонации бензиновых ДВС*

Детонация является акустическим сигналом неконтролируемой формы сгорания и проявляется в виде частого и резкого стука высокого тона на больших нагрузках и ускорениях. При нормальном процессе сгорания давление на поршень изменяется плавно (рис. 4.9, кривая 1). Пламя от искры распространяется равномерно, постепенно захватывая весь объем камеры сгорания. Скорость движения фронта пламени достигает 50...80 м/с.

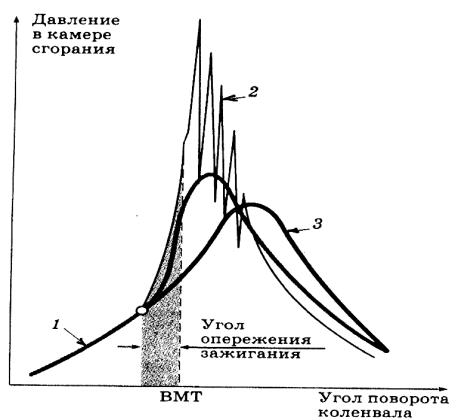


Рис. 4.9. Характер изменения давления в цилиндре двигателя:

1 – нарастание давления при нормальном процессе сгорания; 2 – нарастание давления при детонационном процессе сгорания; 3 – нарастание давления при позднем угле опережения зажигания

При детонации в специфическом спектре частот появляется составляющая с необычайно высокой амплитудой (рис. 4.9, кривая 2). Выделяя эту частотную область с помощью полосового фильтра, можно получить сигнал для распознавания детонации. Распознавание детонации производится путем сравнения (вычитания) текущего сигнала при отсутствии детонации и ее наличии, регистрируемого в течение определенного времени после поступления сигнала зажигания. *Контроль детонации сводится к управлению, обеспечивающему угол опережения зажигания, очень близкий к предельному, за которым происходит детонация.* При этом повышаются КПД двигателя, его мощность и экономичность, возможно использование бензина с разным октановым числом.

**Принцип действия датчика детонации.** Детонация обнаруживается с помощью датчиков, основой которых чаще всего служит пьезоэлектрический преобразователь. Такой датчик представляет собой пьезокристалл 1 (рис. 4.10), закрепленный в подходящем месте на блоке цилиндров и прижатый снаружи массивным диском 2, называемым сейсмическим или инерционной массой.

Пьезоэлектрический преобразователь состоит из двух пьезоэлементов, включенных параллельно. При детонации (вибрации) инерционная масса воздействует на пьезоэлементы с частотой и усилием, соответствующим режиму работы двигателя. В результате пьезоэффекта появляется переменный сигнал, который снимается с кварцевых пластин с помощью выводов из латунной фольги.

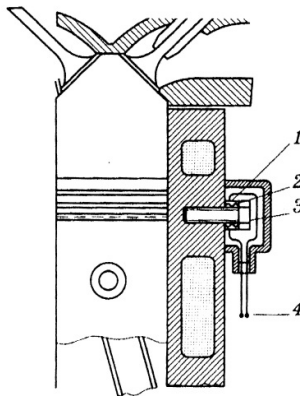


Рис. 4.10. Датчик детонации на блоке цилиндров ДВС:

1 – пьезокристалл; 2 – сейсмический диск; 3 – болт крепления; 4 – электрические провода

Пьезодатчик генерирует электрическое напряжение, пропорциональное уровню виброускорения на его поверхностях. Полученные таким образом сигналы поступают в ЭБУ для оценки их уровня и синхронизации с сигналами датчика положения (для определения вибрации каждого из цилиндров). Уровни виброускорения каждого цилиндра сравниваются с допустимым уровнем (заложеным в

память ЭБУ). Если сигнал детонации от какого-либо цилиндра в момент вспышки превзойдет пороговое значение, ЭБУ уменьшит опережение зажигания в этом конкретном цилиндре на небольшой угол –  $1...1,5^\circ$ . Процесс повторяется для каждого цилиндра в каждом цикле. Если детонации больше нет, ЭБУ начинает в каждом цикле постепенно увеличивать угол опережения зажигания с маленьким шагом, пока не достигнет значения, записанного в карте зажигания. В результате каждый цилиндр настраивается индивидуально на работу в режиме наибольшей эффективности, так как она достигается при работе на границе детонации.

**Проверить работоспособность датчика детонации** можно, подключившись щупами осциллографа к его выводам. При легком постукивании металлическим предметом на осциллограмме отобразятся импульсы (рис. 4.11). Следует отметить, что чаще причиной некорректной работы датчика детонации является ослабленное крепление, а не сам датчик.



Рис. 4.11. Осциллограмма импульсов напряжения датчика детонации

### Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучите назначение, конструкцию, принцип действия, параметры циркониевых датчиков кислорода ( $\lambda$ -зондов), массового расхода воздуха (ДМРВ), детонации.
2. Определите на образцах двигателей тракторов характерные места установки перечисленных датчиков.
3. Снимите характеристики  $\lambda$ -зонда (с запуском ДВС), выполнив следующие операции:

- включите стенд НТЦ-40;
- регулятор ДТОЖ (датчик температуры охлаждающей жидкости) установите на 15 °С;
- регулятор ДПДЗ (датчик положения дроссельной заслонки) установите на 30 °С;
- регулятор ДМРВ установите в среднее положение;
- тумблер ДКК (датчик концентрации кислорода) установите в положение «Нормальная»;
- регулятор частоты вращения ДВС установите на «2500 об/мин.»;
- имитируя запуск ДВС, установите ключ зажигания в положение «1» и затем «2»;
- с помощью мультиметра снимите характеристики  $\lambda$ -зонда, подключив его к выводам «28» и «10» датчика;
- повторите замеры для положений  $\lambda$ -зонда «Высокая» и «Низкая» и для положения «Активна» тумблера  $\lambda$ -зонда.

4. Снимите характеристики ДМРВ (с запуском ДВС), выполнив следующие операции:

- включите стенд НТЦ-40;
- регулятором ДТОЖ задайте 90 °С;
- регулятор ДПДЗ установите на 15 °С;
- тумблер ДКК установите на «Нормальная»;
- регулятором частоты вращения ДВС задайте «2500 об/мин.»;
- имитируя запуск ДВС, установите ключ зажигания в положение «1» и затем «2»;
- регулятор ДМРВ установите последовательно в каждое из положений «0», «1/4», «1/2», «3/4», «1» и с помощью мультиметра измерьте напряжение между выводами «7» и «30» регулятора для каждой настройки ДМРВ;
- переведите тумблер «Обрыв питания ДМРВ» в положение «Активна» и проследите изменения массового расхода воздуха.

5. Снимите осциллограмму выходного сигнала датчика детонации.

## Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткое описание конструкции датчиков концентрации O<sub>2</sub>, массового расхода воздуха, детонации.

3. Осциллограмма выходного сигнала датчика детонации.

4. Результаты лабораторных исследований датчиков концентрации  $O_2$ , массового расхода воздуха (табл. 4.1, 4.2 соответственно).

Таблица 4.1

Результаты измерений напряжения при различной концентрации  $O_2$

Концентрация $O_2$	Выходное напряжение, В
Нормальная	
Низкая	
Высокая	
Тумблер «Обрыв цепи ДКК» в положении «Активна»	

Таблица 4.2

Результаты измерений напряжения при различном массовом расходе воздуха

Положение регулятора массового расхода	Выходное напряжение, В
0	
1/4	
1/2	
3/4	
1	

### Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия циркониевого датчика концентрации кислорода.

2. Объясните принцип действия термоанемометрического ДМРВ и его конструктивные особенности. В чем его преимущества в сравнении с ДМРВ, имеющим поворотную заслонку и скользящий контакт?

3. Объясните принцип действия датчика детонации. На каких ДВС он устанавливается и для чего предназначен?

4. Какую роль играет инерционная масса в функционировании ДД?

5. Поясните результаты, полученные при проверке  $\lambda$ -зонда.

6. Поясните результаты, полученные при проверке ДМРВ.

## Лабораторная работа № 5

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ФОРСУНОК, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КЛАПАНОВ, РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ ТОПЛИВА

**Цель работы:** изучить конструкционные особенности и принцип работы электромагнитных форсунок, клапанов и регуляторов ЭСУ ДВС мобильных машин.

**Материальное обеспечение:** образцы автотракторных ДВС, лабораторный стенд НТЦ-40, стенд НТЦ-15.99.С «Система питания дизельного двигателя с Common Rail», осциллограф.

#### Общие сведения

Электромагнитные исполнительные устройства (приводы) образуют блок электронной системы автоматического управления двигателем и преобразуют электрические выходные командные сигналы ЭБУ в механические величины (перемещения), например, электромагнитных клапанов форсунок, регуляторов давления, экономайзера принудительного холостого хода (ЭПХХ) и др.

#### *Электромагнитные форсунки бензиновых и дизельных ДВС с автоматическим управлением*

Работа электромагнитной форсунки связана с протекающими одновременно гидравлическими, механическими, электромагнитными и электрическими процессами. Поэтому она является одним из наиболее сложных элементов в системе впрыскивания топлива.

Форсунки в комплексе с ЭБУ осуществляют дозирование и впрыскивают топливо. Обычно форсунки разрабатываются для каждой модели машины и ДВС, они постоянно совершенствуются. Поэтому имеется большое разнообразие их конструктивных исполнений.

Форсунки работают в импульсном режиме при частоте срабатывания от 10 до 200 Гц в условиях вибрации двигателя, повышенных температур. При этом должны обеспечивать линейность характеристики дозирования топлива в пределах 2–5 % на протяжении всего срока службы (около 600 млн циклов срабатывания).

**Форсунки бензиновых ДВС.** Сигнал на начало впрыскивания топлива подается от ЭБУ на обмотку 6 (рис. 5.1) электромагнита, размещенную в металлическом

корпусе. В корпусе расположен также запирающий элемент 8 клапана, поджимаемый к седлу пружиной 2. Когда на обмотку электромагнита от ЭБУ подается электрический импульс прямоугольной формы определенной длительности, запирающий элемент 8 перемещается вверх, преодолевая сопротивление пружины, и открывает отверстие распылителя. Топливо впрыскивается во впускной коллектор или цилиндр ДВС. После выключения электрического сигнала запирающий элемент под действием пружины возвращается в седло и закрывает отверстие распылителя.

В электромагнитных форсунках применяются три вида запирающих элементов клапана: плоский, конусный (штифтовой) и сферический (шариковый).

Наибольшее распространение получили форсунки с конусным запирающим элементом. Они имеют нижний подвод топлива, обеспечивающий его постоянную циркуляцию через форсунку, лучшее охлаждение электромагнитной системы и лучшие условия для отвода пузырьков газа.

**Первичная проверка** электрической части форсунки может быть сделана мультиметром. Измеряют сопротивление обмотки. Оно у большинства типов форсунок 11–16 Ом. Осциллограф позволяет проверить сигналы управления форсункой: напряжение управляющего сигнала, продолжительность и угол опережения впрыска. Но для этого нужны исходные данные на конкретный двигатель и форсунку.

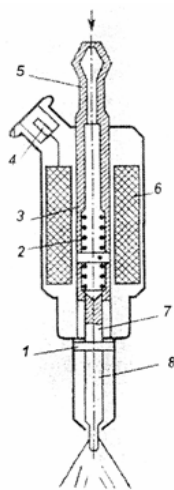


Рис. 5.1. Схема электромагнитной форсунки для бензинового ДВС:

1 – упор; 2 – пружина; 3 – магнитопровод; 4 – электрические выводы; 5 – штуцер подвода топлива; 6 – обмотка электромагнита; 7 – якорь; 8 – запирающий элемент

**Форсунка дизельного ДВС.** Наибольшее распространение имеют аккумуляторные системы впрыска топлива (Common Rail). В этих системах применяют два типа форсунок: электрогидравлические и пьезогидравлические (рис. 5.2, 5.3).

Угол опережения впрыска (начало впрыска топлива) и количество впрыскиваемого топлива (величина подачи) регулируются электрическим пусковым сигналом на форсунки от ЭБУ. Электрогидравлическая форсунка состоит из следующих основных блоков: распылителя с сопловыми отверстиями, гидравлического сервоустройства и электромагнитного клапана.

Топливо в форсунку подается через входной штуцер 4 высокого давления и далее в канал 10 и камеру гидроуправления 8 через жиклер 7.

Камера гидроуправления соединяется с линией возврата топлива 1 через жиклер 6 камеры гидроуправления, который открывается электромагнитным клапаном.

При закрытом жиклере 6 силы гидравлического давления, приложенные к управляющему плунжеру 9, превосходят силы давления, приложенные к заплечичу иглы форсунки 11. В результате игла садится на седло и закрывает проход топлива под высоким давлением в камеру сгорания.

При подаче пускового сигнала на электромагнитный клапан жиклер 6 открывается, давление в камере гидроуправления падает, и в результате сила гидравлического давления на управляющий плунжер также уменьшается. Поскольку сила гидравлического давления на управляющий плунжер оказывается меньше силы, действующей на заплечик иглы форсунки, последняя открывается, и топливо через сопловые отверстия впрыскивается в камеру сгорания.

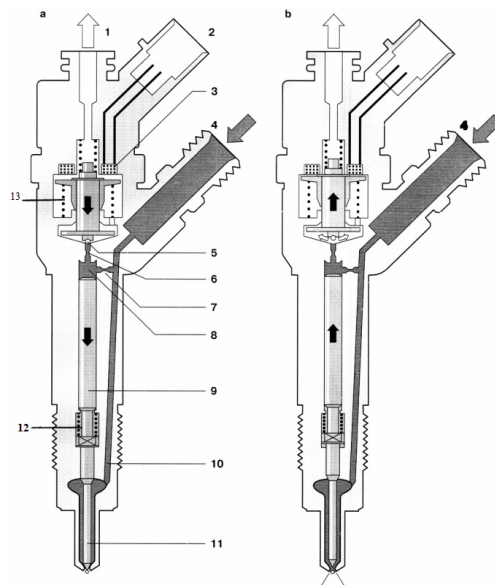
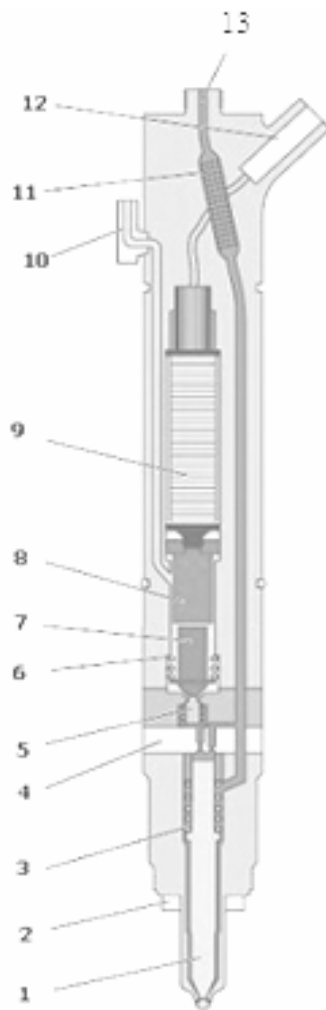


Рис. 5.2. Электрогидравлическая форсунка:

*a* – форсунка закрыта; *b* – форсунка открыта (впрыск);

1 – возврат топлива; 2 – электрические выводы; 3 – электромагнитный клапан; 4 – вход топлива из аккумулятора; 5 – шариковый клапан; 6 – жиклер камеры гидроуправления; 7 – «питающий» жиклер; 8 – камера гидроуправления; 9 – управляющий плунжер; 10 – канал к распылителю;

11 – игла форсунки; 12 – пружина; 13 – пружина якоря



*Рис. 5.3. Форсунка пьезогидравлическая:*

- 1 – игла форсунки; 2 – уплотнение; 3 – пружина иглы; 4 – блок дросселей;  
 5 – переключающий клапан; 6 – пружина клапана; 7 – поршень клапана;  
 8 – поршень толкателя; 9 – пьезоэлемент; 10 – сливной канал; 11 – сетчатый фильтр;  
 12 – электрический разъем; 13 – нагнетательный канал

Такое косвенное управление иглой форсунки, использующее систему мультипликатора, позволяет обеспечить быстрый подъем иглы, что невозможно сделать путем прямого воздействия электромагнитного клапана. Так называемая «управляющая доза» топлива, необходимая для подъема иглы форсунки, является дополнительной по отношению к действительному количеству впрыскиваемого топлива. Поэтому это топливо направляется обратно, в линию возврата топлива через жиклер камеры гидроуправления.

Кроме «управляющей дозы» в линию возврата топлива и далее в топливный бак также выходят утечки через направляющие иглы форсунки. К коллектору линии возврата топлива также подсоединяются предохранительный клапан (ограничитель давления) аккумулятора и редукционный клапан ТНВД.

При остановленном дизеле и закрытой форсунке электромагнитный клапан 3 обесточен, форсунка закрыта под действием пружины 12 или, если есть давление в аккумуляторе, под действием пружины и давления топлива на торец управляющего плунжера 9 в камере гидроуправления 8, поскольку шариковый клапан 5 закрыт пружиной 13 якоря.

Перед началом процесса впрыска, еще при закрытой форсунке, на электромагнитный клапан 3 подается большой ток, что обеспечивает быстрый подъем шарикового клапана 5. Шариковый клапан открывает жиклер 6 камеры гидроуправления и, поскольку теперь электромагнитная сила превосходит силу пружины 13 якоря, клапан остается открытым. Практически одновременно сила тока, подаваемого на обмотку электромагнитного клапана, уменьшается до тока, требуемого для удержания якоря. Это возможно потому, что воздушный зазор для электромагнитного потока теперь уменьшается.

Принцип работы пьезогидравлических форсунок аналогичен работе электрогидравлических, только вместо втягивающей катушки установлен пакет пьезокерамики (пьезоэлемент) 9 (см. рис. 5.3). При подаче управляющего напряжения на пьезоэлемент он сжимается и позволяет поршню клапана 7 переместиться вверх, открыв поток топлива из камеры гидроуправления через клапан 5 в сливной канал 10.

### ***Регулятор давления топлива в системе COMMON RAIL дизельного ДВС***

Регулятор давления устанавливают на: ТНВД, насос форсунок, насосной секции единичных насосов, аккумуляторе топливной системы. Предназначен для поддержания рабочего давления в зависимости от нагрузки на двигатель:

- при избыточном давлении клапан регулятора открывается, и часть топлива возвращается из аккумулятора в топливный бак по линии возврата топлива;
- если давление слишком низкое, то клапан регулятора закрывается и перекрывает ступень высокого давления от линии низкого давления.

Для герметичного разделения полостей высокого и низкого давления имеется шариковый клапан 1 (рис. 5.4), установленный на якоре 2 катушки 3 электромагнита. На якорь действуют две силы. Посадка шарика в седло происходит под действием пружины 4, а подъем клапана при включении электромагнита управляющим сигналом от ЭБУ.

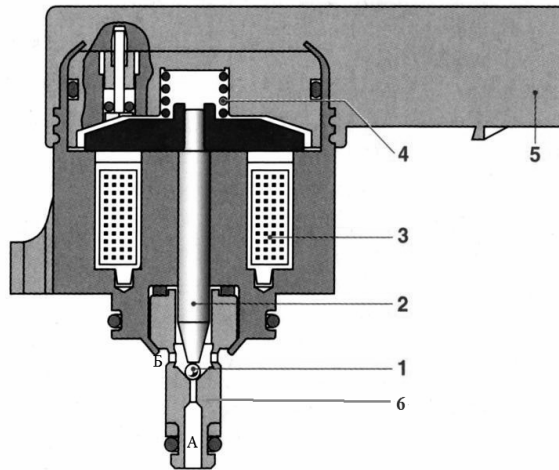


Рис. 5.4. Регулятор давления:

- 1 – шариковый клапан; 2 – якорь; 3 – электромагнит (катушка); 4 – пружина; 5 – разъем;  
 б – штуцер высокого давления; А – полость высокого давления;  
 Б – полость низкого давления (слив в бак)

Давление топлива передается на шариковый клапан 1 (клапан-регулятор) через входной штуцер высокого давления б. Если силы давления преодолевают сопротивление пружины, то клапан открывается и остается открытым в зависимости от величины подачи. Пружина спроектирована таким образом, что максимальное давление открытия клапана достигает 10 МПа. Если подать напряжение на катушку 3 (электромагнит), то регулируемое давление увеличивается, так как к усилию пружины добавляется электромагнитная сила. Шариковый клапан управляется, с одной стороны, давлением топлива, с другой стороны, комбинированными силами пружины и электромагнита. Изменение величины подачи компенсируется изменением положения клапана. Электромагнитные силы пропорциональны току питания, который изменяется под действием широтно-импульсной модуляции. Частота пульсирующих колебаний 1кГц вполне достаточна для предотвращения нежелательного перемещения якоря электромагнита и/или колебаний давления.

### Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучите конструкцию, принцип действия рабочих форсунок бензиновых и дизельных ДВС, уясните особенности и режимы работы электромагнитных форсунок бензиновых и дизельных ДВС.
2. Включите стенд НТЦ-40 и проследите за работой форсунок бензинового двигателя на разных режимах.

3. Включите стенд НТЦ-15.99.С и ознакомьтесь с работой и проверкой форсунок топливной системы Common Rail.

4. Изучите работу регулятора давления в топливной системе Common Rail дизельного ДВС.

5. Снимите осциллограммы напряжения на контактах форсунок и регулятора.

### **Содержание отчета**

1. Цель работы.

2. Краткое описание работы электрических и электрогидравлических форсунок, регулятора давления.

3. Осциллограммы напряжения на электромагнитных катушках форсунок и регулятора.

### **Контрольные вопросы**

1. Объясните назначение исполнительных устройств в ЭСУ бензиновых и дизельных ДВС.

2. Какие форсунки находят применение в ЭСУ бензиновых ДВС?

3. Какие форсунки применяются в ЭСУ дизельных ДВС?

4. Как устроена и работает электрогидравлическая форсунка Bosch и где она находит применение?

5. Назовите три основных блока электрогидравлической форсунки Bosch.

6. По какому принципу работает регулятор давления в топливной системе Common Rail?

7. Как происходит разделение полостей высокого и низкого давления? Как осуществляется регулирование высокого давления в аккумуляторе высокого давления топливной системы?

## Лабораторная работа № 6

# ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ТОПЛИВА БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ВПРЫСКОМ

**Цель работы:** изучить устройство и работу ЭСУ состава рабочей смеси систем питания бензиновых двигателей с распределенным впрыском, оценить влияние показаний основных датчиков на расход топлива.

**Материальное обеспечение:** разрезная модель двигателя УАЗ 42164, лабораторный стенд НТЦ-40, элементы ЭСУ двигателей.

### Общие сведения

На смену карбюратору и моновпрыску пришли системы питания с распределенным впрыском и электронно-вычислительными устройствами управления, послойным впрыском в коллектор или непосредственным впрыском в цилиндр.

В настоящее время наиболее распространены системы распределенного впрыска (для каждого цилиндра своя форсунка) бензина во впускной коллектор в зону впускного клапана. Такая схема имеет ряд неоспоримых преимуществ перед моновпрыском и карбюратором:

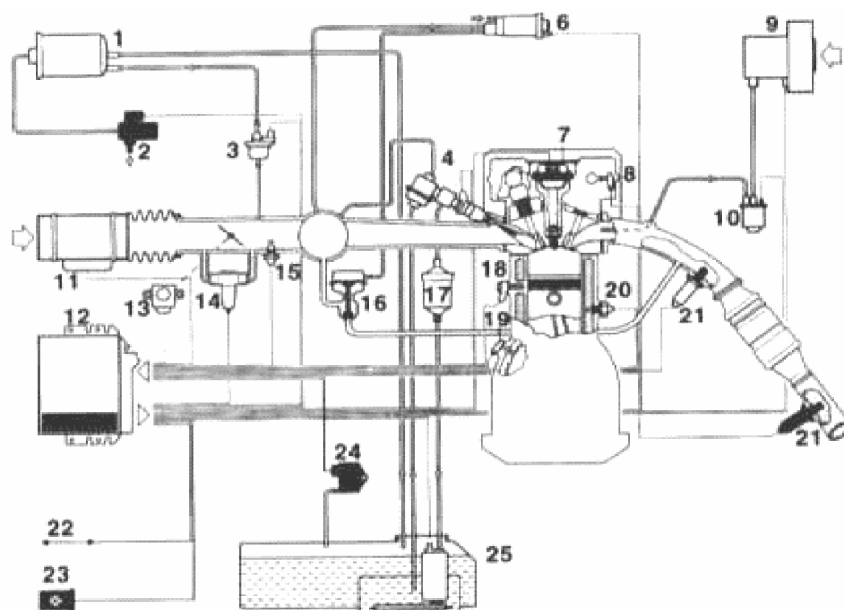
- топливо распределяется по цилиндрам более равномерно, что повышает экономичность двигателя и уменьшает его вибрацию;
- вследствие отсутствия карбюратора снижается сопротивление впускной системы и улучшается наполнение цилиндров;
- появляется возможность несколько повысить степень сжатия рабочей смеси, так как ее состав в цилиндрах более однородный;
- достигается оптимальная коррекция состава смеси при переходе с одного режима на другой;
- обеспечивается лучшая динамика двигателя;
- в отработавших газах содержится меньше вредных веществ.

Наиболее перспективной системой питания топливом бензиновых двигателей в настоящее время считается система с непосредственным впрыском бензина в камеру сгорания, позволяющая двигателю длительное время работать на сильно обедненной смеси, что повышает его экономичность и экологические показатели.

Система подачи топлива в бензиновых двигателях и их система зажигания работают под управлением одного электронного блока, т. е. эти системы находятся во взаимодействии под управлением общих программы и датчиков.

### ***Принцип работы системы питания бензиновых двигателей с распределенным впрыском***

При включении зажигания включается бензонасос 25 и топливо через фильтр 17 и демпфер попадает в топливную магистраль (рейку), в которой укреплены форсунки (рис. 6.1). На другом конце топливной рейки установлен регулятор давления топлива 4, которой настроен на определенное давление топлива.



*Рис. 6.1.* Система электронного цифрового управления бензиновым двигателем (DME):  
 1 – адсорбер; 2 – запорный клапан; 3 – клапан вентиляции топливного бака; 4 – регулятор давления топлива; 5 – форсунка; 6 – датчик давления; 7 – катушка зажигания; 8 – датчик положения; 9 – насос вторичного воздуха; 10 – запорный клапан; 11 – измеритель массы воздуха; 12 – ЭБУ; 13 – датчик дроссельной заслонки; 14 – клапан холостого хода; 15 – датчик температуры воздуха; 16 – клапан рециркуляции отработавших газов; 17 – топливный фильтр; 18 – датчик детонации; 19 – датчик числа оборотов; 20 – датчик температуры двигателя; 21 – датчик кислорода; 22 – диагностический разъем; 23 – диагностическая контрольная лампа; 24 – дифференциальный датчик давления; 25 – топливный насос

После включения стартера ЭБУ 12 двигателя распознает вращение коленвала по датчику оборотов 19. Всасываемый через фильтр воздух попадает во впускной коллектор, где расположен датчик расхода воздуха 11. По его сигналу

ЭБУ двигателем вычисляет количество воздуха поступившего во впускной коллектор. Корректировка истинного количества воздуха, поступившего во впускной коллектор, осуществляется по данным датчика температуры воздуха 15. Зная температуру двигателя 20, положение дроссельной заслонки 13 и получив данные с других датчиков, ЭБУ двигателем посылает управляющие сигналы на исполнительные элементы форсунки 5, регулятор холостого хода 14. Анализ качества управления двигателем ЭБУ производит по сигналу обратной связи – от датчика содержания кислорода 21 в отработавших газах.

**Регулятор давления топлива.** Регулятор давления топлива поддерживает давление в топливопроводе и форсунках работающего двигателя в пределах 0,28...0,33 МПа, что необходимо для приготовления горючей смеси требуемого качества на всех режимах работы двигателя. Вакуумная полость находится в крышке 3 регулятора (рис. 6.2) и связана с впускным коллектором, а топливная полость – в корпусе 1 регулятора и связана с топливным баком.

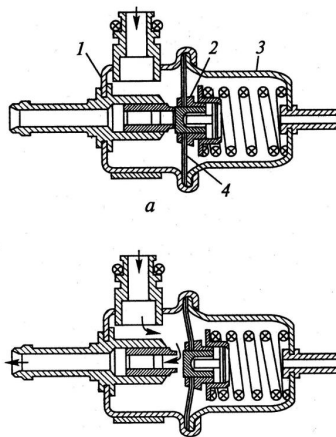


Рис. 6.2. Регулятор давления топлива:  
*а* – клапан закрыт; *б* – клапан открыт;  
 1 – корпус; 2 – клапан; 3 – крышка; 4 – диафрагма

При закрытии дроссельной заслонки разрежение в коллекторе увеличивается, клапан регулятора открывается при меньшем давлении топлива и перепускает избыточное топливо по сливному топливопроводу в топливный бак. При этом давление топлива в топливопроводе двигателя понижается. При открытии дроссельной заслонки разрежение в ресивере уменьшается, клапан регулятора открывается уже при большем давлении топлива. В результате давление топлива в топливопроводе двигателя повышается.

**Клапан холостого хода** подает дополнительный воздух во впускной коллектор в обход дроссельной заслонки, что способствует удержанию холостых

оборотов двигателя в пределах, предусмотренных его конструкцией. Электромагнитный клапан холостого хода, опираясь на показания датчиков, приводится в работу с помощью электронного блока управления. Клапаны холостого хода могут быть различны по конструкции и исполнению, в зависимости от типа двигателя и марки автомобиля, но выполняемая ими функция неизменна – по команде ЭБУ пропустить воздух, минуя дроссельную заслонку.

**Датчик расхода воздуха.** Служит для определения количества воздуха, поступающего в цилиндры.

**Датчик положения дроссельной заслонки** отражает нагрузку на двигатель, которая обусловлена положением заслонки.

**Датчик температуры двигателя.** При помощи данного датчика реализуется коррекция топливоподачи.

**Датчик положения коленчатого вала и фазовый датчик** нужны для синхронизации системы в целом. ЭБУ рассчитывает не только обороты двигателя, но и распознает с помощью этого датчика положение механизмов ГРМ в данный момент времени. В системах управления используются датчик оборотов и датчик фазы для более точного управления системами зажигания и газораспределения (если ГРМ имеет регулятор). В современных системах управления по датчикам оборотов и фазы ЭБУ двигателем вычисляют проблемный цилиндр и тип проблемы: зажигание или впрыск.

**Адсорбер** устанавливается для предотвращения выброса скапливающихся в бензобаке паров топлива в атмосферу (рис. 6.3). Это емкость, заполненная активированным углем, расположена в моторном отсеке. Адсорбер соединен с баком напрямую, а с впускным коллектором через клапан. Клапан открывается после достижения двигателем рабочей температуры. Конденсат паров топлива из адсорбера поступает на дожигание.

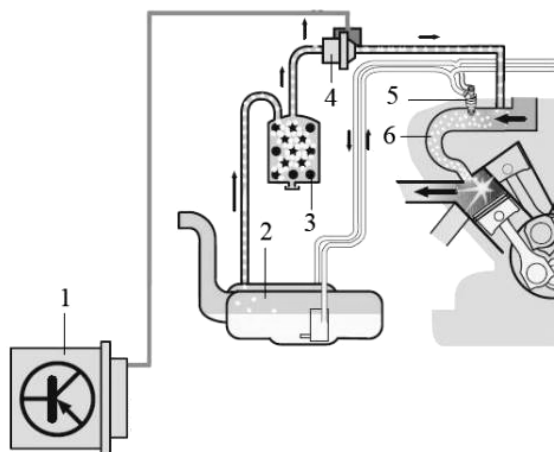


Рис. 6.3. Схема улавливания топливных испарений:

1 – блок управления двигателем; 2 – топливный бак; 3 – адсорбер с активированным углем; 4 – электромагнитный клапан продувки адсорбера; 5 – форсунка; 6 – впускной трубопровод

**Датчик кислорода ( $\lambda$ -зонд).** Информация с этого датчика передается на ЭБУ, который в зависимости от показаний корректирует эмульсию.

**Топливный насос.** Самое большое распространение получили три типа насосов: роторно-роликовый, шестеренный, центробежный (турбинный). Все типы имеют электрический привод, т. е. работают от электродвигателя. Чаще располагаются непосредственно в топливном баке и объединены в блок, состоящий из насоса, датчика уровня топлива и фильтра. Электрический топливный насос способен создавать давление топлива на отметке в 0,1–0,4 МПа, а в двигателях с системой непосредственного впрыска этот показатель доходит до 0,7 МПа. Насос и электродвигатель установлены в корпусе. Электродвигатель охлаждается топливом, при этом опасность взрыва исключена ввиду отсутствия здесь горючей смеси (нет кислорода).

Насос состоит (рис. 6.4) из герметично закрытого корпуса, внутри которого установлены сам насос 3 и электродвигатель 4. Последний приводит во вращение насос. Редукционный клапан 2 предохраняет систему от чрезмерного повышения давления, а обратный клапан 5 препятствует стеканию топлива в бак после остановки насоса.

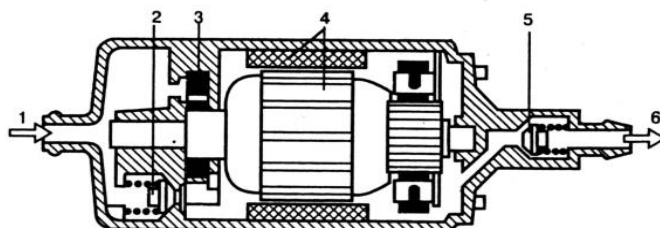


Рис. 6.4. Электрический насос бензиновой системы впрыска топлива:  
1 – вход бензина; 2 – предохранительный клапан; 3 – насос; 4 – электродвигатель;  
5 – обратный клапан; 6 – выход бензина

Принцип работы роторно-роликового насоса поясняют схемы на рис. 6.5.

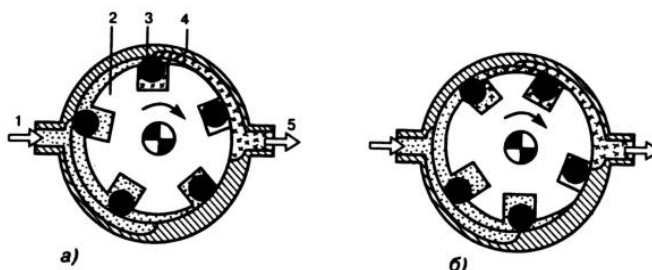


Рис. 6.5. Схема работы насоса:  
а – всасывание топлива; б – нагнетание топлива; 1 – вход бензина; 2 – ротор насоса;  
3 – ролики; 4 – опорная поверхность роликов; 5 – выход бензина

**Клапан рециркуляции отработавших газов.** Рециркуляция необходима для дополнительной переработки отработавших газов, с повышенным содержанием вредных компонентов от не полностью сгоревшего топлива. Рециркуляция осуществляется посредством перепуска отработавших газов на определенных режимах работы двигателя из выпускной системы во впускную для дальнейшей переработки. В зависимости от нагрузки двигателя степень рециркуляции необходимо менять. В современных системах рециркуляции используется клапан с электроприводом, управляемым ЭБУ. Такая конструкция позволяет более точно управлять процессом дожига отработавших газов.

**Система подачи вторичного воздуха** (рис. 6.6) включается при пуске холодного двигателя (температура ОЖ +5 °С...+33 °С) и приблизительно, в течение 100 секунд нагнетает атмосферный воздух в выпускной тракт за выпускными клапанами. Это насыщает отработавшие газы кислородом, запускает дожигание и таким образом ускоряет нагрев каталитического нейтрализатора. Управляет системой подачи вторичного воздуха блок управления двигателем посредством реле насоса вторичного воздуха и запорного клапана подачи вторичного воздуха 4.

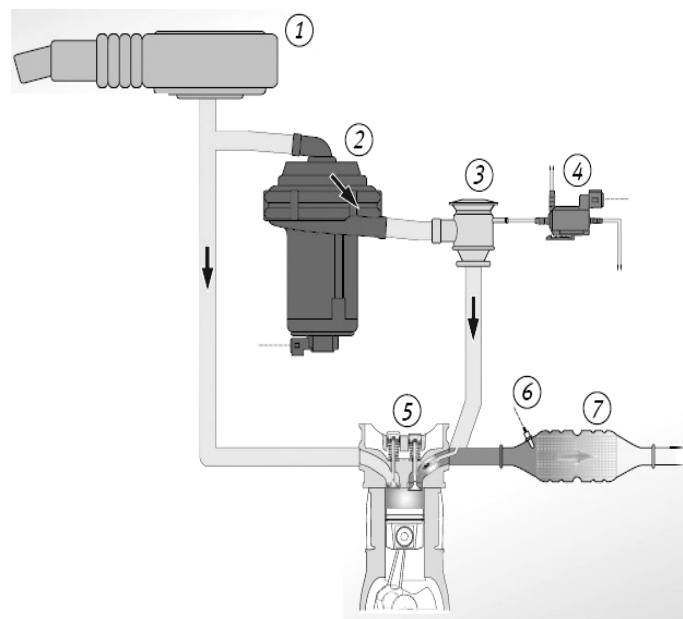


Рис. 6.6. Схема системы подачи вторичного воздуха:

1 – воздушный фильтр; 2 – насос вторичного воздуха; 3 – запорный клапан;  
4 – реле клапана и насоса; 5 – двигатель; 6 – датчик кислорода; 7 – нейтрализатор

При каждом последующем пуске двигателя (до температуры ОЖ 96 °С) система подачи вторичного воздуха включается на холостом ходу на 10 секунд, при этом режим работы двигателя контролируется с помощью самодиагностики.

## **Порядок выполнения лабораторной работы**

1. Изучите принцип работы системы питания с распределенным впрыском, конструкцию агрегатов системы питания и элементов ЭСУ состава рабочей смеси.

2. Определите на двигателе УАЗ 42164 расположение агрегатов системы питания и элементов ЭСУ двигателя.

3. Включите стенд НТЦ-40 и определите влияние показаний датчиков температуры ОЖ, концентрации кислорода и расхода воздуха на расход топлива.

4. Смоделируйте на стенде НТЦ-40 режим торможения двигателем и оцените, как влияет на расход топлива работа в данном режиме.

### **Содержание отчета**

1. Цель работы.

2. Краткое описание системы питания бензинового двигателя с распределенным впрыском. Назначение агрегатов указанной системы.

3. График зависимости расхода топлива от показаний датчиков температуры ОЖ, концентрации  $O_2$  и расхода воздуха.

4. Анализ результатов моделирования работы на стенде НТЦ-40.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите характеристики двигателя, которые улучшаются при использовании системы распределенного впрыска в сравнении с моновпрыском.

2. Объясните назначение клапана холостого хода.

3. Как влияет температура двигателя на цикловую подачу?

4. Объясните назначение датчика оборотов коленвала и фазового датчика? Где они расположены на двигателе?

5. Как влияет датчик кислорода на работу двигателя?

6. Что такое послойный впрыск топлива?

7. Назовите принципиальные отличия системы подачи топлива с электронным управлением и карбюраторной системы.

## Лабораторная работа № 7

# ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАЖИГАНИЕМ, ПРОВЕДЕНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ЕЁ ХАРАКТЕРИСТИК ОТНОСИТЕЛЬНО КОНТАКТНОГО ЗАЖИГАНИЯ

**Цель работы:** изучить устройство и работу ЭСУ зажиганием, провести сравнительный анализ её характеристик относительно контактного зажигания. Изучить влияние показаний датчиков на работу системы зажигания с ЭСУ.

**Материальное обеспечение:** разрезная модель двигателя УАЗ 42164, учебный стенд НТЦ-42 «Системы зажигания и генераторные установки автомобиля», агрегаты ЭСУ зажиганием, мультиметр.

### Общие сведения

По мере развития систем зажигания (СЗ) их можно расположить в следующей последовательности: контактная, контактно-транзисторная, бесконтактная и системы зажигания с электронным управлением.

В контактной системе зажигания (КСЗ) механический прерыватель размыкает непосредственно первичную цепь (низкого напряжения) катушки зажигания. В контактно-транзисторной системе зажигания (КТСЗ) цепь также управляется контактами, но они дают сигнал не на первичную обмотку, а на силовой транзистор, который управляет более высокими токами. В КТСЗ напряжение на контактах значительно ниже, чем у КСЗ, что позволяет увеличить мощность искры и повысить долговечность самих контактов. В бесконтактной системе зажигания вместо контактной группы применены индукционные датчики или датчики Холла, что позволило еще больше повысить надежность системы. К недостаткам выше описанных систем следует отнести неэффективную регулировку угла опережения зажигания (УОЗ). Она осуществлялась только по частоте вращения коленчатого вала двигателя только центробежным регулятором и по нагрузке (разряжению во впускном коллекторе) – вакуумным регулятором.

Применение систем зажигания с ЭСУ позволило не только повысить мощность искры, но и производить регулировку УОЗ с учетом максимального количества факторов, влияющих на его оптимальную величину.

Одним из важных факторов, предопределивших применение ЭСУ, стало приближение опережения зажигания к порогу начала детонации – чем ближе работа ДВС к этому порогу, тем выше его мощность. Электронные системы зажигания более точно выбирают УОЗ (рис. 7.1), что достигается за счет учета значительно большего количества влияющих факторов, таких как температура ОЖ двигателя, начало детонации, положение дроссельной заслонки и т. д.

Преимущество электронных систем заключается также в том, что момент зажигания определяется по углу поворота распределительного вала ДВС, а не механическим приводом распределителя от коленвала. Это исключает влияние износов и повышает точность регулирования и расширяет диапазон регулирования зажигания.

Система зажигания с ЭСУ обычно комбинируется с ЭСУ подачи топлива, антиблокировочной тормозной системой ABS и т. д., что позволяет использовать датчики и/или сигналы от других систем машины в нескольких системах управления.

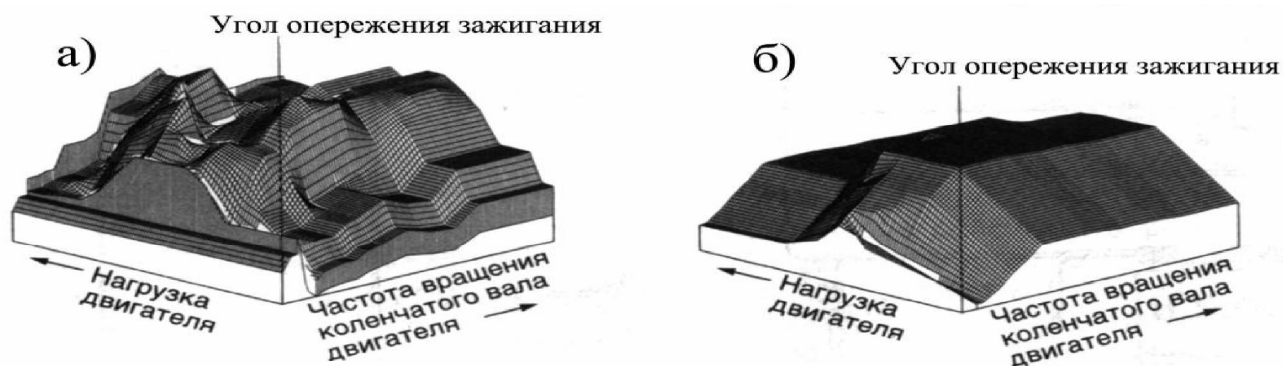


Рис. 7.1. Зависимость (карта) угла опережения зажигания от нагрузки и частоты вращения коленчатого вала ДВС в микропроцессорных (а) и механических (б) системах зажигания (с центробежным и вакуумным регуляторами)

### ***Принцип работы системы зажигания с ЭСУ***

Как и в других ЭСУ, основным устройством данной системы является электронный блок управления (ЭБУ).

Системы зажигания работают по заранее заданной для данного ДВС программе управления, хранимой в электронной памяти (постоянной – ПЗУ и оперативной – ОЗУ) (рис. 7.2).

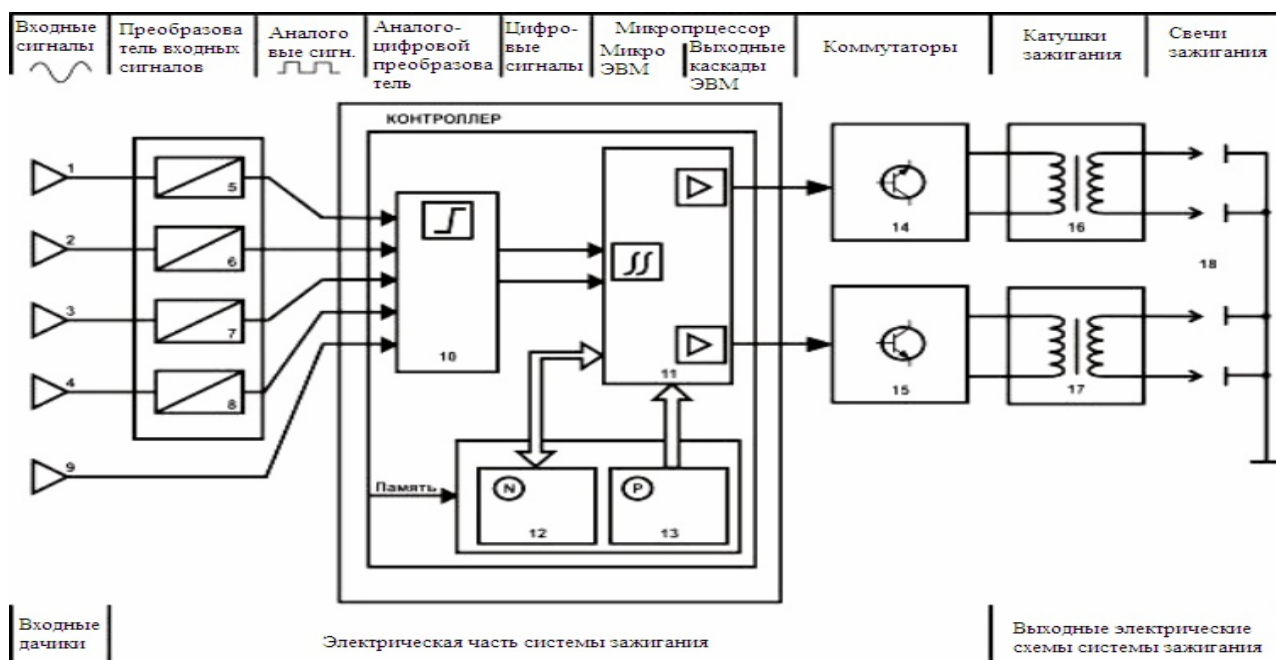


Рис. 7.2. Структурная схема микропроцессорной системы зажигания:

1 – 4 – входные датчики неэлектрических величин (давления и температуры во впускном коллекторе, детонации, температуры двигателя, напряжения аккумуляторной батареи); 5 – 8 – преобразователи неэлектрических величин в аналоговые электрические сигналы; 9 – датчики крайнего положения дроссельной заслонки; 10 – аналого-цифровой преобразователь; 11 – микропроцессор; 12 – оперативная память  $N$  запоминающего устройства; 13 – постоянная память  $P$  запоминающего устройства; 14, 15 – коммутаторы; 16, 17 – двухвыводные катушки зажигания; 18 – свечи зажигания

В постоянную память 13 микропроцессора 11 занесены карты углов опережения зажигания (см. рис. 7.1, а) в зависимости от различных режимов работы ДВС и программы для их обработки.

В процессе работы ДВС в блок управления подается следующая информация: разряжение во впускном коллекторе (косвенные характеристики нагрузки), виброускорение поверхности блока цилиндров (детонация), температура ОЖ, напряжение АКБ, частота вращения и положение коленчатого вала ДВС, положение дроссельной заслонки и распределительного вала.

Сигналы датчиков в виде неэлектрических величин (давления и температуры и т. д.) подаются на преобразователи 5...8, которые преобразуют измеряемые величины в электрические сигналы. Преобразователи входных сигналов 5...8 преобразуют её в аналоговые сигналы. Для функционирования ЭБУ аналоговые сигналы должны быть преобразованы перед входом в микропроцессор 11 в цифровую форму (двоичные коды), что делается с помощью аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Следует отметить, что в последнее время применяются

также датчики, в которых АЦП встроен в их корпус. Сигналы таких устройств передаются прямо к процессору. Некоторые сигналы, такие как частота вращения коленчатого вала, напряжение АКБ, поступают в блок управления в виде аналогового сигнала, где преобразуются в цифровые сигналы встроенными в ЭБУ АЦП 10. На основании поступившей информации микропроцессор рассчитывает угол опережения зажигания (УОЗ) в соответствии с картами УОЗ, хранимыми в постоянной памяти 13. Далее сигнал поступает на исполнительное устройство. В рассматриваемой системе зажигания – это коммутаторы 14, 15. Коммутатор разрывает цепь первичной обмотки катушки зажигания и таким образом формирует искровой разряд.

На рис. 7.3 приведена упрощенная схема расположения датчиков. В процессе работы ДВС в ЭБУ 4 подается информация от датчиков: детонации (вибрация блока цилиндров), температуры ОЖ, напряжения АКБ, частоты вращения и положения коленчатого и распределительного валов ДВС, положения дроссельной заслонки.

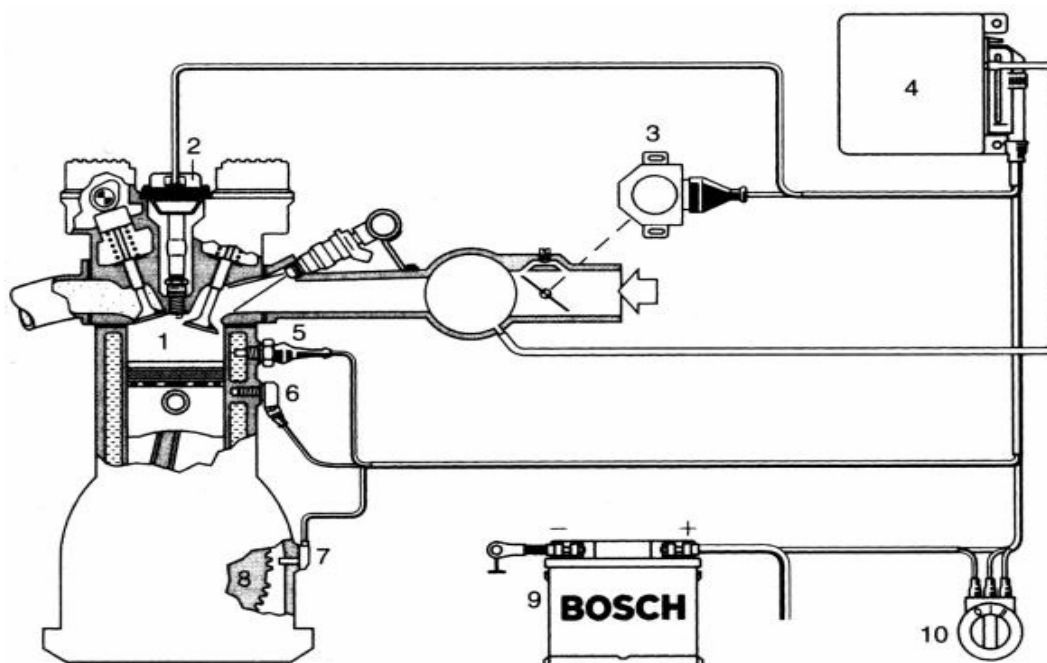


Рис. 7.3. Схема микропроцессорной системы зажигания:

1 – свеча зажигания; 2 – катушка зажигания; 3 – датчик положения дроссельной заслонки; 4 – ЭБУ; 5 – датчик температуры ОЖ; 6 – датчик детонации; 7 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 8 – зубчатый диск маховика; 9 – АКБ; 10 – замок зажигания

**Нагрузка.** Косвенно определяется датчиком по давлению во впускном коллекторе или датчика положения педали газа (на рис. 7.3 не показан). Эти данные используются и для управления впрыскиванием топлива.

**Частота вращения.** Датчик частоты вращения коленчатого вала 7 передает в систему управления зажиганием информацию о частоте вращения коленчатого вала, дает информацию для синхронизации работы системы зажигания и топливных форсунок.

**Фазы.** Фазовый датчик (на рис. 7.3 не показан) информирует систему управления зажиганием о фазовом положении распределительного вала ДВС. Как правило, располагается у шестерни привода распределительного вала.

**Детонация.** Детонация обнаруживается датчиком 6 (обычно один датчик для четырехцилиндрового ДВС и два датчика для шестицилиндрового ДВС). Это датчик измеряет виброускорение и дает данные ЭБУ об его уровне. Здесь определяется момент детонационного сгорания. Контроль детонации сводится к управлению, обеспечивающему УОЗ, близкий к предельному, за которым происходит детонация. Это дает повышение КПД, мощности и экономичности ДВС и возможность использования бензина с разным октановым числом. Если сигнал детонации от какого-либо цилиндра в момент вспышки превзойдет *пороговый уровень*, ЭБУ уменьшит УОЗ в этом цилиндре на небольшой угол –  $1 \dots 1,5^\circ$ . Процесс повторяется для каждого цилиндра в каждом цикле. Если детонации больше нет, ЭБУ начинает в каждом цикле постепенно увеличивать УОЗ с малым шагом до значения, записанного в карте зажигания.

**Температура.** Информацию о температуре ОЖ дают датчики 5, расположенные на блоке или в головке цилиндров. Температура ОЖ вводится в ЭБУ как параметр, который наряду с частотой вращения и нагрузкой ДВС позволяет микропроцессору определить требуемый УОЗ для данного режима работы ДВС (рис. 7.4).

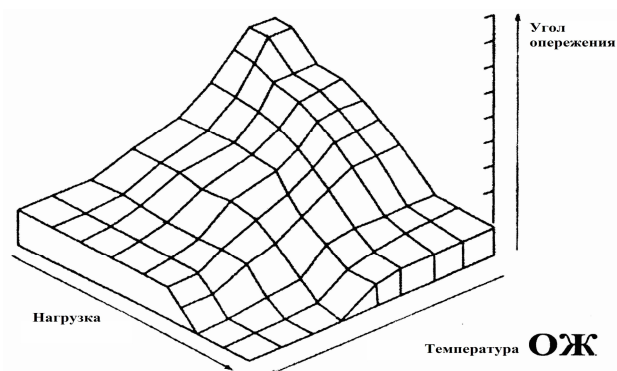


Рис. 7.4. Карта угла опережения зажигания в зависимости от температуры и нагрузки

**Положение дроссельной заслонки.** Датчик 3 посылает сигнал об угле поворота заслонки, т. е. информирует ЭБУ о положении педали газа. Эти данные необходимы ЭБУ для регулирования зажигания на различных режимах работы двигателя (холостой ход, нагрузка), а также используются для управления впрыскиванием топлива.

**Напряжение аккумулятора.** Если напряжение АКБ отличается от эталонного, то момент включения катушек зажигания для достижения постоянной мощности искрового разряда свечей сдвигается вперед или назад.

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

1. Изучите принцип работы, конструкцию агрегатов и блоков системы зажигания с ЭСУ, принцип регулирования УОЗ.
2. Определите на двигателе УАЗ 42164 расположение агрегатов системы зажигания, блоков и датчиков, влияющих на работу системы.
3. По указанию преподавателя определите марку одного из датчиков системы зажигания. С помощью интернета определите его тип, характеристики.
4. Предложите методы проверки выбранного датчика, указав необходимые приборы и электрические характеристики которые должны быть проверены. Покажите на схеме места подключения приборов проверки.
5. Включите стенд НТЦ-42, поочередно установите агрегаты бесконтактной и контактной систем зажигания, оцените достоинства бесконтактной СЗ в сравнении с контактной.

### **Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Краткое описание системы зажигания с ЭСУ. Функции основных элементов системы.
3. Принципиальная схема и параметры заданного датчика с указанием клемм на его разъеме для подключения приборов контроля.
4. Анализ результатов по оценке СЗ на стенде НТЦ-42.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие типы систем зажигания вам известны и в чем их принципиальное отличие?
2. Объясните принцип работы системы зажигания с ЭСУ.
3. Какие датчики входных сигналов обеспечивают работу системы зажигания с ЭСУ?
4. Какими сигналами оперирует микропроцессор системы зажигания?
5. Назовите параметры ДВС, которые учитываются при расчете оптимального УОЗ.
6. Какие датчики управления СЗ и где расположены на двигателе УАЗ 42164?

## Лабораторная работа № 8

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ТОПЛИВА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

**Цель работы:** изучить устройство и работу системы питания дизельных двигателей с ЭСУ, особенности конструкции ЭСУД дизелей Д-245.35Е4, ТСД2013L064V, влияние основных датчиков на смесеобразование.

**Материальное обеспечение:** лабораторный стенд НТЦ-15.99С, образцы двигателей Д-245.35Е4 и TCD 2013 L064V «Deutz», элементы ЭСУ дизелей.

#### Общие сведения

Современные ЭСУ подачи топлива пришли на смену механическим центробежным регуляторам ТНВД и позволяют получить точное и исключительно гибкое управление впрыском топлива. ЭСУ системой питания являются основой современных дизелей, позволяющей сделать их более мощными, эффективными, бесшумными, экономичными и экологичными. Они находят применение в топливных системах с насос-форсунками, индивидуальными топливными насосами (UPS), аккумуляторными топливными системами (Common Rail System-CRS).

Наиболее распространены системы Common Rail. Они же, в основном, используются на тракторах «Беларус».

Принцип работы системы CRS заключается в следующем. На основании сигналов, поступающих от датчиков, блок управления двигателем определяет необходимое количество топлива, которое топливный насос высокого давления подает через клапан дозирования топлива. Насос накачивает топливо в *аккумулятор топлива* (рэйл, рампа). Там оно находится под определенным давлением, которое обеспечивает регулятор давления топлива.

В нужный момент блок управления двигателем дает команду соответствующим форсункам на начало впрыска и обеспечивает определенную продолжительность открытия клапана форсунки. В зависимости от режимов работы двигателя блок управления двигателем корректирует параметры работы системы впрыска.

#### *Устройство и работа системы питания двигателя Д-245.5S3А*

*Устройство и расположение элементов системы питания. Система питания дизеля* (рис. 8.1, 8.2; табл. 8.1) состоит из: аккумуляторной системы впрыска Common Rail, включающей топливный насос, повышающий редуктор привода ТНВД, форсунки, аккумулятор топлива под высоким давлением, датчики частоты вращения (коленчатого вала и первичного вала привода ТНВД), датчики состояния рабочей среды (давления и температуры топлива и воздуха), электромагнитные

исполнительные механизмы (регулятор давления топлива, электромагнитные клапаны форсунок), электронный блок управления, топливопроводы низкого давления, топливопроводы высокого давления, впускной коллектор, выпускной коллектор, турбокомпрессор, фильтр тонкой очистки топлива (ФТОТ), фильтр предварительной (грубой) очистки топлива (ФГОТ), воздухоочиститель, топливный бак, охладитель надувочного воздуха, глушитель, свечи накаливания.

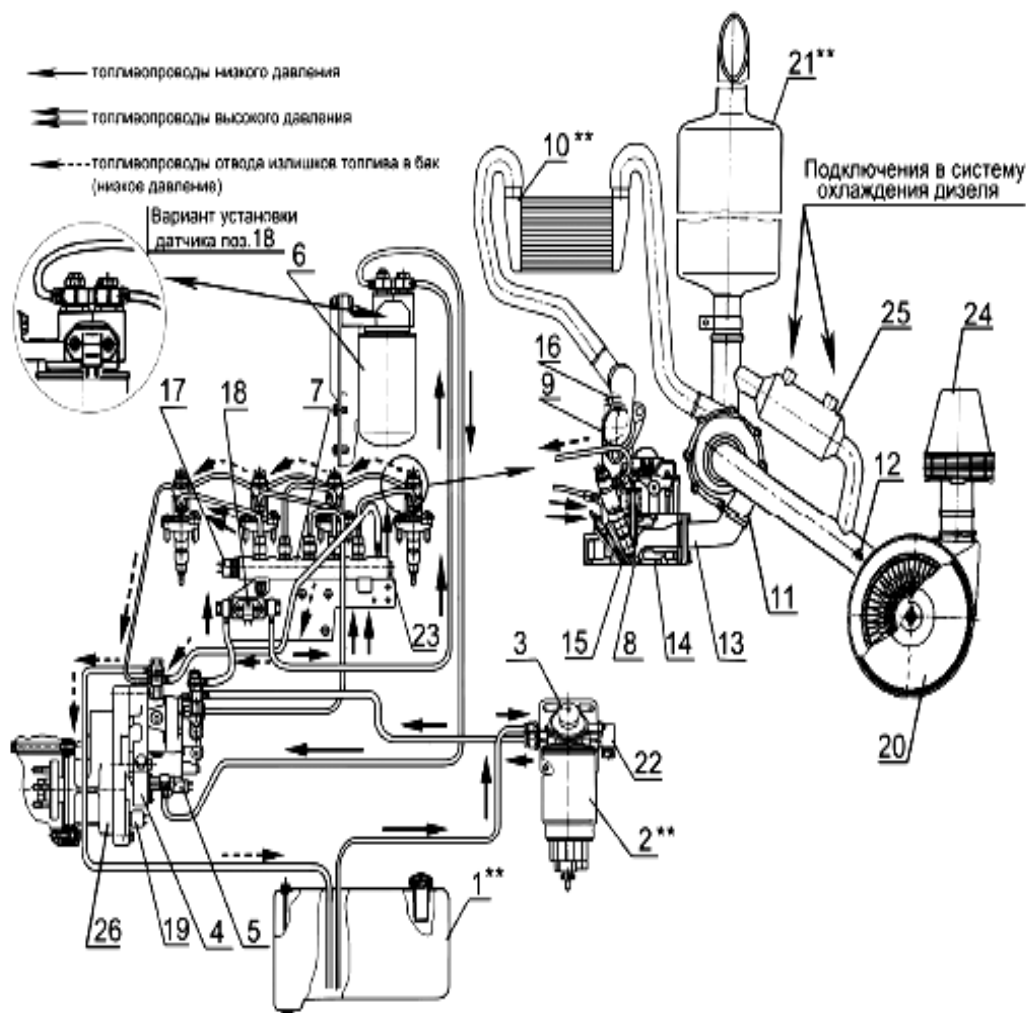


Рис. 8.1. Схема системы питания дизеля Д-245.5S3А:

1 – топливный бак; 2 – фильтр предварительной очистки топлива; 3 – ручной топливоподкачивающий насос; 4 – топливный насос высокого давления; 5 – электромагнитный регулятор давления; 6 – фильтр тонкой очистки топлива; 7 – аккумулятор топлива под высоким давлением; 8 – форсунка; 9 – впускной коллектор; 10 – охладитель надувочного воздуха; 11 – турбокомпрессор; 12 – датчик засоренности воздушного фильтра; 13 – выпускной коллектор; 14 – головка цилиндров; 15 – свеча накаливания; 16 – датчик температуры и давления наддувочного воздуха; 17 – датчик высокого давления топлива; 18 – датчик температуры и давления топлива; 19 – датчик частоты вращения распределительного вала; 20 – воздухоочиститель; 21 – глушитель; 22 – подогреватель топлива; 23 – клапан ограничения давления; 24 – моноциклон; 25 – охладитель рециркулируемых газов; 26 – редуктор привода ТНВД

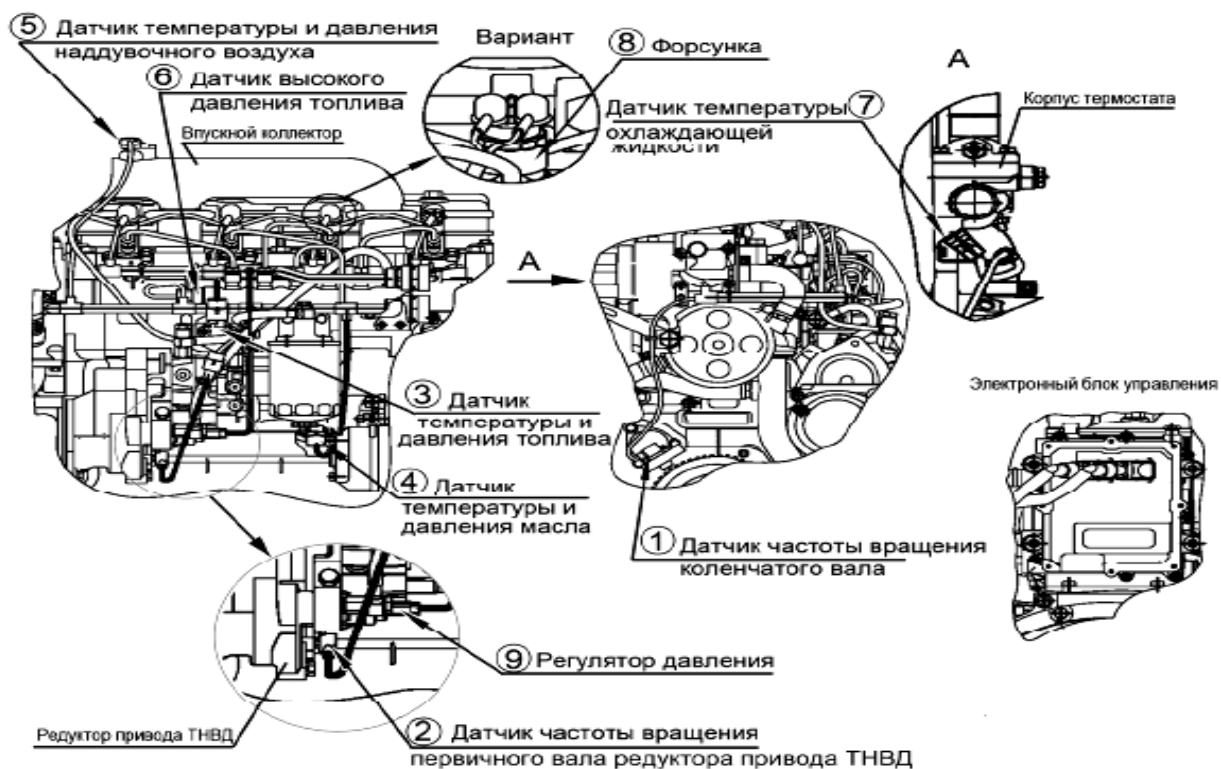


Рис. 8.2. Расположение датчиков и исполнительных механизмов на дизеле Д-245.5S3А

Таблица 8.1

Датчики дизеля Д-245.5S3А

№ п/п	Датчик или исполнительный механизм	Место установки
1	Датчик частоты вращения коленчатого вала	Крышка распределения
2	Датчик частоты вращения первичного вала редуктора привода ТНВД	Корпус редуктора топливного насоса высокого давления
3	Датчик температуры и давления топлива	На трассе топливопровода от подкачивающего насоса к фильтру тонкой очистки топлива или в корпусе фильтра тонкой очистки топлива
4	Датчик температуры и давления масла	Блок цилиндров или корпус масляного фильтра
5	Датчик температуры и давления наддувочного воздуха	Впускной коллектор
6	Датчик высокого давления топлива	Аккумулятор топлива высокого давления
7	Датчик температуры охлаждающей жидкости	Корпус термостата
8	Форсунки	Головка цилиндров
9	Регулятор давления	Топливный насос высокого давления

Система питания включает в себя также оборудование для подачи отработавших газов во впускной коллектор (рис. 8.3).

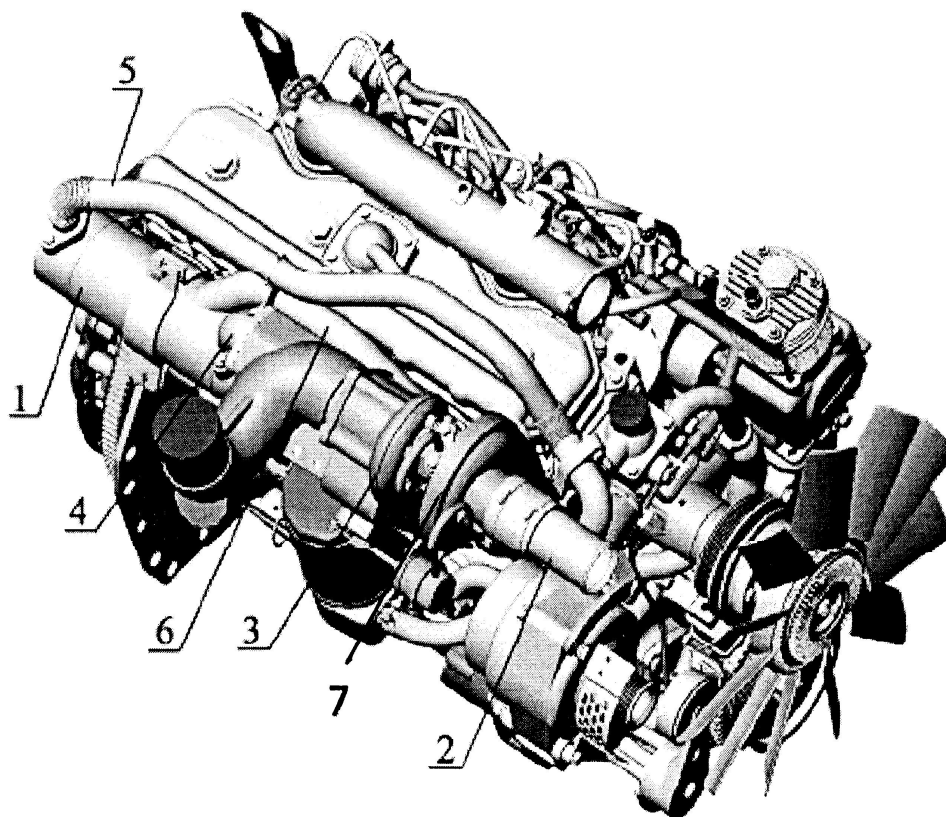


Рис. 8.3. Система рециркуляции отработавших газов дизеля Д-245.5S3А:

1 – охладитель рециркулируемых отработавших газов (РОГ); 2 – смеситель; 3 – проставка;  
 4 – труба водосборная; 5 – патрубок подвода отработавших газов от турбокомпрессора к РОГ;  
 6 – патрубок подвода рециркулируемых отработавших газов от охладителя к смесителю;  
 7 – турбокомпрессор

### ***Компоненты системы питания, их назначение и принцип работы***

*Контур низкого давления* состоит из топливного бака 1 (см. рис. 8.1), фильтра предварительной очистки топлива 2, топливopодкачивающего насоса (расположен на корпусе ТНВД), фильтра тонкой очистки топлива 6 и топливопроводов низкого давления.

Топливopодкачивающий насос забирает топливо из бака 1 и непрерывно подает его в требуемом количестве в топливный насос 6 высокого давления. Топливные фильтры 2, 6 очищают топливо и обеспечивают защиту прецизионных деталей ТНВД и форсунок 9 от преждевременного износа и отказов.

*В контур высокого давления* входят: ТНВД 4, электромагнитный регулятор давления 5, клапан ограничения давления 23, топливопроводы высокого давления; топливный аккумулятор 7 высокого давления с датчиком давления 17, электромагнитные форсунки 9 и сливные топливопроводы.

*Топливный насос высокого давления и регулятор давления.* На двигатель устанавливаются топливные насосы высокого давления СРЗ.3 с рабочим давлением до 160 МПа (рис. 8.4, 8.5). ТНВД предназначен для создания резерва топлива, поддержания и регулирования давления в топливном аккумуляторе.

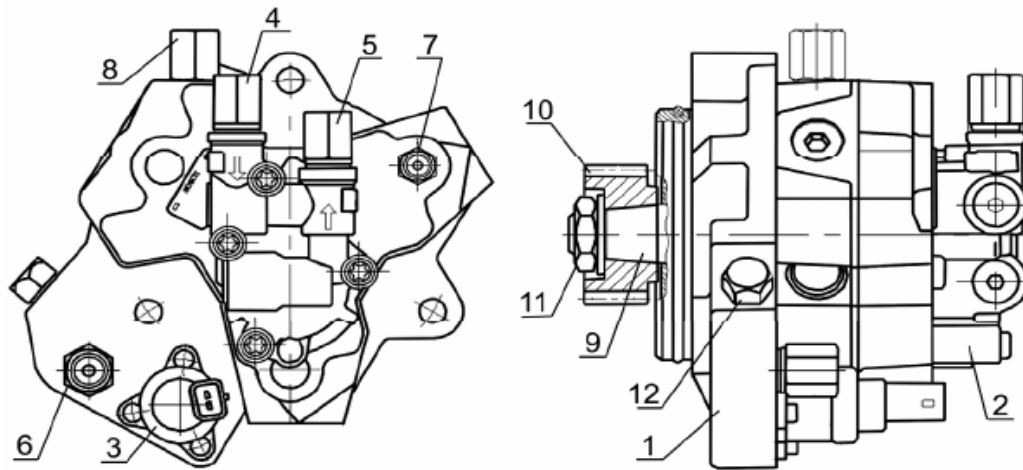


Рис. 8.4. Топливный насос высокого давления СРЗ.3:

1 – топливный насос высокого давления; 2 – топливоподкачивающий насос;  
 3 – электромагнитный регулятор давления; 4 – штуцер подвода топлива от фильтра грубой очистки топлива; 5 – штуцер отвода топлива к топливному фильтру тонкой очистки; 6 – штуцер подвода топлива от топливного фильтра тонкой очистки; 7 – штуцер отвода топлива к аккумулятору топлива; 8 – штуцер отвода топлива в бак; 9 – вал привода; 10 – шестерня привода; 11 – гайка; 12 – защитный клапан с дроссельным отверстием

В корпусе ТНВД радиально с интервалом угла  $120^\circ$  расположены три плунжера 5 (см. рис. 8.5), а на валу привода 3 установлен ротор кулачковый 4 (кулачки расположены через  $120^\circ$  по окружности ротора). Вал привода ТНВД с кулачковым ротором имеет шестеренный привод от редуктора, входной вал которого через полумуфту привода находится в кинематической связи с шестерней распределения на коленчатом валу дизеля. Топливо, прошедшее топливный фильтр грубой очистки с влагоотделителем, подается под давлением  $0,8...0,9$  МПа топливоподкачивающим насосом через фильтр тонкой очистки топлива к приемному штуцеру ТНВД. Смазка и охлаждение деталей ТНВД осуществляется дизельным топливом, поступающим в ТНВД.

Под воздействием созданного давления подкачки защитный клапан 2 открывает доступ топливу через подводящий канал 6 в надплунжерные пространства. Набегающий кулачок ротора перемещает плунжер вверх, при этом входное отверстие впускного канала перекрывается и при дальнейшем подъеме плунжера топливо сжимается в надплунжерном пространстве.

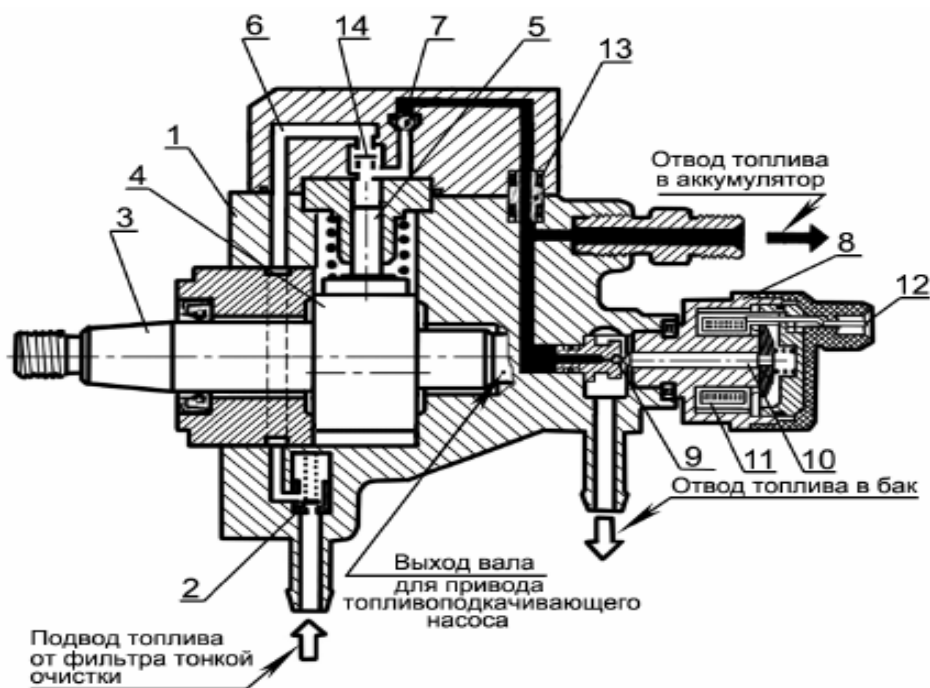


Рис. 8.5. Принципиальная схема топливного насоса высокого давления:

- 1 – корпус насоса высокого давления; 2 – защитный клапан с дроссельным отверстием; 3 – вал привода; 4 – ротор кулачковый; 5 – плунжер; 6 – канал подводящий; 7 – выпускной клапан; 8 – клапан регулирования давления; 9 – шарик; 10 – якорь; 11 – электромагнит; 12 – клеммы электромагнита; 13 – уплотнение; 14 – клапан впускной

Когда возрастающее давление достигнет уровня, соответствующее тому, что поддерживается в аккумуляторе высокого давления, открывается выпускной клапан 7. Сжатое топливо поступает в контур высокого давления. Плунжер подаст топливо до тех пор, пока не достигнет ВМТ (ход подачи). Затем давление падает, выпускной клапан закрывается. Плунжер начинает движение вниз. За один оборот вала каждый (из трех) плунжер совершает один насосный ход. Так как ТНВД рассчитан на большую величину подачи, то на холостом ходу и при частичных нагрузках возникает избыток сжатого топлива, которое через клапан регулирования давления 8 и магистраль обратного слива возвращается в топливный бак. Клапан регулирования давления управляется ЭБУ и устанавливает величину давления в аккумуляторе высокого давления в зависимости от нагрузки на двигатель, частоты вращения и теплового состояния двигателя. При слишком высоком давлении в аккумуляторе клапан открывается, и часть топлива из аккумулятора отводится через магистраль обратного слива назад к топливному баку. Клапан регулирования давления крепится через фланец к корпусу ТНВД. Якорь 10 прижимает шарик клапана 9 к седлу под действием пружины клапана так, чтобы разъединить контуры высокого и низкого давления. Включенный электромагнит

11 перемещает якорь, прикладывая дополнительное усилие к прижатию шарика к седлу. Весь якорь омывается топливом, которое смазывает трущиеся поверхности и отводит лишнее тепло.

*Аккумулятор топлива* в виде стальной герметичной трубы с клапанами поддерживает давление почти постоянным даже после впрыскивания форсункой. Давление в аккумуляторе измеряется датчиком давления 17 (см. рис. 8.1) и поддерживается на требуемом уровне регулятором давления 5 в ТНВД 4. Предельное давление в аккумуляторе ограничивается клапаном 23. Из аккумулятора топливо подается через топливопроводы к форсункам 8. Если давление превышает допустимые значения, топливо из аккумулятора уходит в бак 1 через клапан ограничения давления 23.

*Система рециркуляции отработавших газов* предназначена для снижения уровня токсичности отработавших газов и повышения топливной экономичности дизеля на частичных режимах малых частот вращения коленчатого вала.

В состав устройства рециркуляции (см. рис. 8.3) входит охладитель рециркулируемых отработавших газов (РОГ) 1, работающий по принципу теплообменника, смеситель 3, патрубки, подводящие и отводящие охлаждающую жидкость и отработавшие газы.

Функционирование устройства обеспечивается подачей части отработавших газов из выпускного коллектора через охладитель РОГ во впускной коллектор, в результате естественного перепада между давлением отработавших газов перед турбиной и давлением наддувочного воздуха.

Присутствие отработавших газов в воздушном заряде, поступающем в цилиндры дизеля, обеспечивает в процессе горения формирование локальных зон, способствующих снижению образования окислов азота. Дожиг поступивших окиси углерода и углеводородов также обеспечивает улучшение экологических показателей состава отработавших газов.

### ***Устройство и работа системы питания двигателя TCD 2013 L064V Deutz***

*Топливная система дизелей Deutz*, устанавливаемых на тракторах «Беларус-2822ДЦ/3022ДЦ.1», имеет незначительные принципиальные отличия от рассмотренного выше двигателя производства ОАО «ММЗ».

Высокое давление топлива в аккумуляторе 10 (рис. 8.6) создается двухсекционным ТНВД плунжерного типа, роликовые толкатели 9 которого приводятся от кулачков распределительного вала дизеля (на рис. 8.6 не показаны).

Топливо через топливный фильтр предварительной очистки X поступает в топливоподкачивающий насос 3 контура низкого давления и подается под давлением 0,6 МПа к ФТОТ 6, через топливопроводы 2 и 4. Очищенное топливо подводится к управляющему топливному блоку 8 и затем к двухсекционному ТНВД, который подает топливо под высоким давлением 40...160 МПа к аккумулятору 10. Из топливного аккумулятора по топливопроводам 11 высокого давления топливо поступает к электромагнитным форсункам 12. Излишки топлива отводятся в топливный бак через дренажные топливопроводы 7, 13, 14.

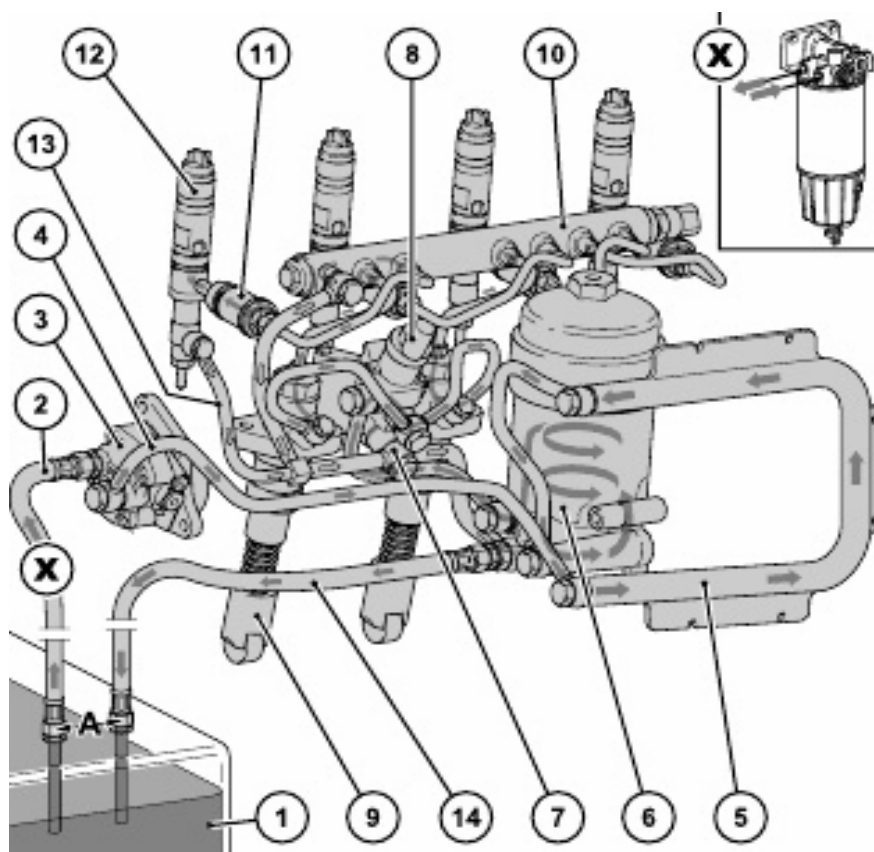


Рис. 8.6. Схема аккумуляторной топливной системы Deutz Common Rail:

1 – топливный бак; X – фильтр предварительной очистки топлива; 2 – топливопровод низкого давления; 3 – топливоподкачивающий насос; 4 – топливопровод к ФТОТ; 5 – блок охлаждения топлива; 6 – ФТОТ; 7, 13, 14 – дренажные топливопроводы; 8 – регулятор давления топлива (FCU); 9 – толкатель ТНВД; 10 – топливный аккумулятор (рейл); 11 – топливопровод высокого давления; 12 – форсунка

Управление продолжительностью и началом впрыскивания топлива осуществляется электронной системой управления дизелем (ЭСУД). Электронный блок управления по сигналам от управляемой водителем электронной педали с учетом информации от датчиков формирует управляющий (командный сигнал) на электромагнитные форсунки.

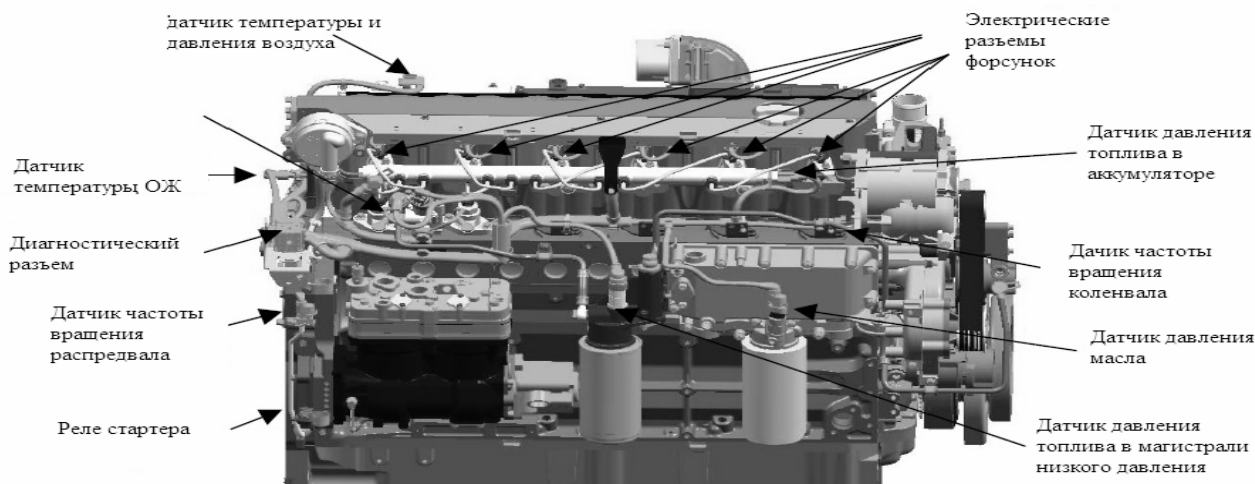


Рис. 8.7. Расположение датчиков на двигателе TCD 2013 L064V Deutz

Наряду со штатными компонентами ЭСУД, поставляемыми вместе с дизелем, изготовителем трактора (ОАО «МТЗ») устанавливаются дополнительные компоненты ЭСУД, приведенные на рис. 8.8.

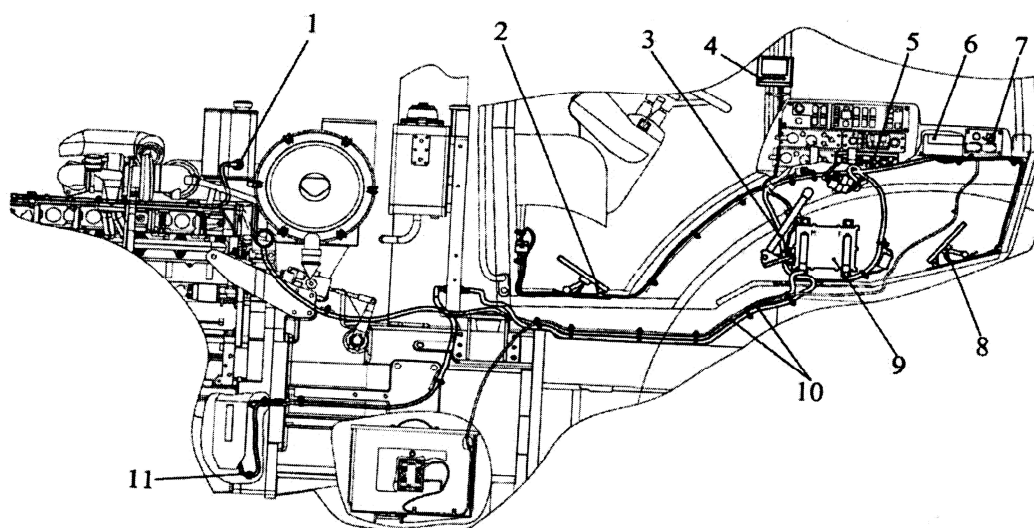
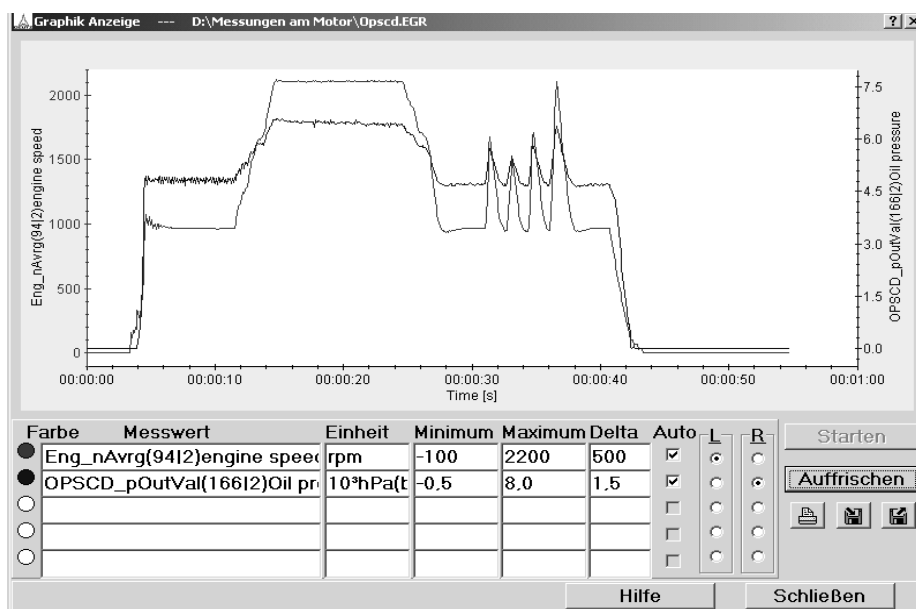


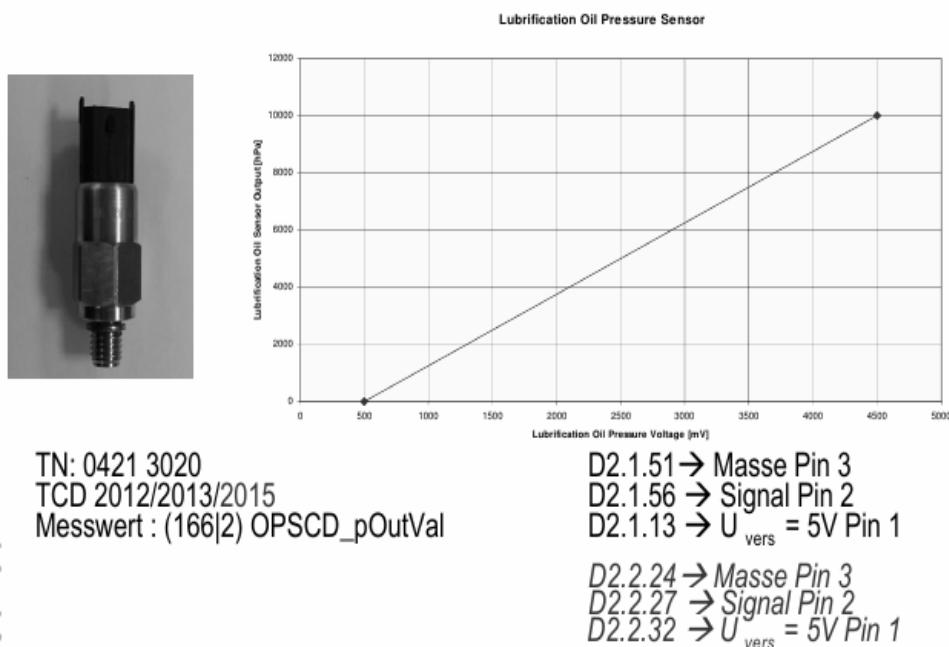
Рис. 8.8. Установка дополнительных компонентов ЭСУД на тракторе «Беларус-3022ДЦ.1»: 1 – датчик уровня ОЖ; 2 – электронная педаль подачи топлива на переднем ходу; 3 – рукоятка ручного управления подачей топлива; 4 – информационный монитор; 5 – панель электронная комбинированная; 6 – блок коммутации и защиты; 7 – панель управления дизелем с диагностическим разъемом; 8 – электронная педаль управления подачей топлива на реверсивном ходу; 9 – ЭБУ; 10 – соединительные жгуты; 11 – датчик наличия воды в ФГОТ

ЭБУ дизелей Deutz оснащены *системой самодиагностики*. В памяти ошибки сохраняются в виде *активных и пассивных* диагностических кодов неисправностей (ДКН). *Активные ошибки* регистрируются в момент проведения диагностирования при остановленном дизеле. *Пассивные ошибки* были зарегистрированы ранее, но в момент проведения диагностирования на остановленном дизеле не выявлены.

Активные ошибки отображаются лампой-сигнализатором ошибок на панели управления. Активные ошибки можно определить с помощью световых ДКН (блинк-кодов) или через диагностический разъем 7 (см. рис. 8.8) с помощью программы диагностики Deutz SerDia. Удаление пассивных ошибок в компетенции дилера по стандартной программе SerDia при подключении тестера к разъему 7. Пример диагностики по программе SerDia показан на рис. 8.9.



a



b

Рис. 8.9. Диагностика линии датчика давления масла двигателя TCD 2013 L064V Deutz диагностическим адаптором и программой SerDia:

a – диагностическая карта; б – справочная информация

## Компоненты двигателя TCD 2013 L064V

**Топливный насос.** На двигателе установлены два единичных плунжерных насоса, которые обеспечивают достаточную производительность и давление.

**Регулятор давления топлива (FCU).** Регулирует давление топлива в магистрали высокого давления. Управляется ЭБУ.

**Система рециркуляции отработавших газов (AGR)** показана на рис. 8.10. Назначение и принцип работы данного устройства аналогичны описанию и для двигателя Д-245.5S3А. Её особенностью является наличие заслонки 3 управляемой ЭБУ посредством электродвигателя вместо соленоида (УММЗ).

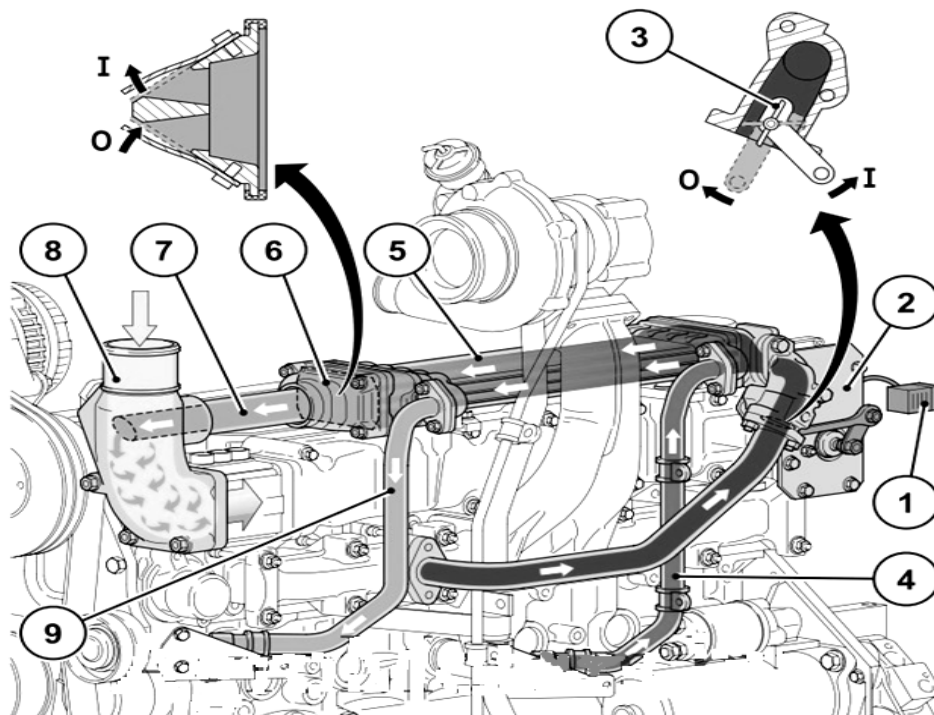


Рис. 8.10. Система рециркуляции отработавших газов двигателя TCD 2013 L064V Deutz:  
1 – штекер исполнительного устройства; 2 – исполнительное устройство; 3 – заслонка AGR;  
4 – трубка подвода охлаждающей жидкости к радиатору AGR; 5 – радиатор;  
6 – предохранительный клапан; 7 – выход ОГ из радиатора; 8 – патрубок впуска воздуха;  
9 – выход ОЖ из радиатора

### Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучите устройство и работу системы питания с ЭСУ двигателей Д-245.5S3А и TCD 2013 L064V Deutz.

2. Определите на образцах двигателей Д-245.35Е4 и TCD 2013 L064V Deutz, агрегаты системы питания, блоки и датчики ЭСУ.

3. По указанию преподавателя определите марку одного из датчиков системы питания. С помощью интернета определите его тип и характеристики.

4. Включите стенд НТЦ-15.99С, смоделируйте работу системы питания двигателя на разных режимах.

### **Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Краткое описание систем подачи топлива Common Rail.
3. Принципиальная схема одного из агрегатов (по указанию преподавателя), влияющих на подачу топлива с указанием клемм на разъеме подключения. Электрические характеристики указанного устройства, методика их измерений.
4. Анализ результатов работы на стенде НТЦ-15.99С.

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы преимущества применения ЭСУД перед механическими регуляторами ТНВД?
2. Объясните общее устройство системы питания двигателя с ЭСУД.
3. Укажите различия систем питания двигателей Д-245.35Е4 и TCD 2013 L064V Deutz.
4. Укажите расположение и назначение датчиков и исполнительных устройств, влияющих на подачу топлива двигателя Д-245.35Е4.
5. Укажите расположение и назначение датчиков и исполнительных устройств, влияющих на подачу топлива двигателя TCD 2013 L064V Deutz.
6. Объясните назначение и принцип работы системы рециркуляции отработавших газов.
7. Назовите способы диагностики двигателя, разъясните эффективность их применения.
8. Что такое самодиагностика и что означают активные ошибки и неактивные (пассивные) ошибки, индицируемые сигнализатором на панели управления или на информационном мониторе трактора?

## Лабораторная работа № 9

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАДНИМ НАВЕСНЫМ УСТРОЙСТВОМ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

**Цель работы:** изучить устройство и работу электронной системы управления задним навесным устройством (ЗНУ) тракторов «Беларус».

**Материальное обеспечение:** трактор-стенд «Беларус 1523», элементы ЭСУ навесными устройствами.

#### Общие сведения

Энергонасыщенные тракторы «Беларус» в диапазоне мощностей двигателя от 150 до 350 л. с. оснащены электронной системой управления ЗНУ, заменившей традиционную механическую систему управления, которая не отвечает современным требованиям по быстродействию, точности регулирования, надежности функционирования и эксплуатационным показателям.

Электронное управление ЗНУ значительно расширило функциональные возможности автоматического регулирования, реализуемые в интегральной системе электронно-гидравлического управления (EHS).

#### *Устройство и работа системы электронно-гидравлического регулирования ЗНУ тракторов «Беларус-1523»*

Регулирование заднего навесного устройства 2 (рис. 9.1) осуществляется электрогидравлическим регулятором 21 (EHR), гидравлические клапаны которого управляются пропорциональными электромагнитами 7 опускания и 5 подъема ЗНУ. Управляющим и задающим устройством является электронная панель управления 12. В режиме автоматического управления ЗНУ (в зависимости от настроенного оператором режима работы с помощью потенциометров панели 12) система поддерживает заданное положение почвообрабатывающего орудия, стабилизирует тяговое сопротивление, улучшает тягово-сцепные свойства агрегата за счет переноса части массы орудия на ведущие колеса трактора.

Система автоматического регулирования имеет *замкнутый контур*. Заданный алгоритм управления реализуется с помощью микропроцессорного контроллера (ЭБУ) 13 по сигналам датчиков обратной связи: позиционного датчика

18 и двух силовых датчиков 1. Электронные сигналы от датчиков 1, 18 по электропроводам 11, 14 поступают на вход микропроцессорного контроллера (ЭБУ) 13, где в компаративной схеме ЭБУ сравниваются с сигналом, заданным оператором на электронной панели 12. Если эти сигналы не совпадают, контроллер 13 вырабатывает управляющий сигнал на один из пропорциональных электромагнитов 5, 7, которые через исполнительное устройство (золотник, клапан, гидроцилиндры 3 ЗНУ) осуществляют корректирующее воздействие на почвообрабатывающее орудие в направлении подъема или опускания, стабилизируя положение орудия и тяговое сопротивление.

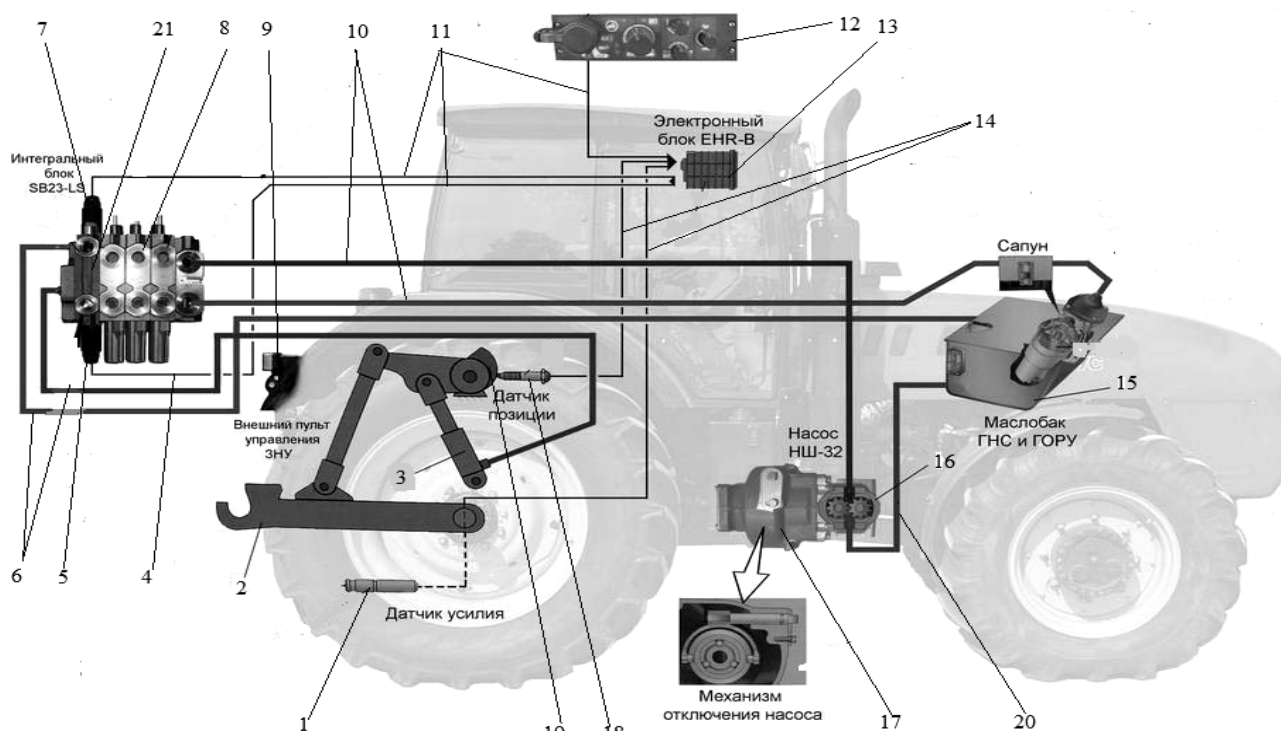


Рис. 9.1. Схема электрогидравлической системы регулирования ЗНУ тракторов «Беларус-1523.5»:

1 – силовой датчик (левый и правый); 2 – ЗНУ; 3 – гидроцилиндр ЗНУ; 4, 11, 14 – электропровода; 5 – электромагнит подъема ЗНУ; 6, 10, 20 – маслопроводы; 7 – электромагнит опускания ЗНУ; 8 – интегральный блок Bosch (EHR-23LS); 9 – внешний пульт управления; 12 – электронная панель управления; 13 – микропроцессорный контроллер (ЭБУ); 15 – масляный бак гидросистемы; 16 – масляный насос; 17 – привод насоса; 18 – позиционный датчик; 19 – эксцентрик поворотного вала ЗНУ; 21 – регулятор EHR

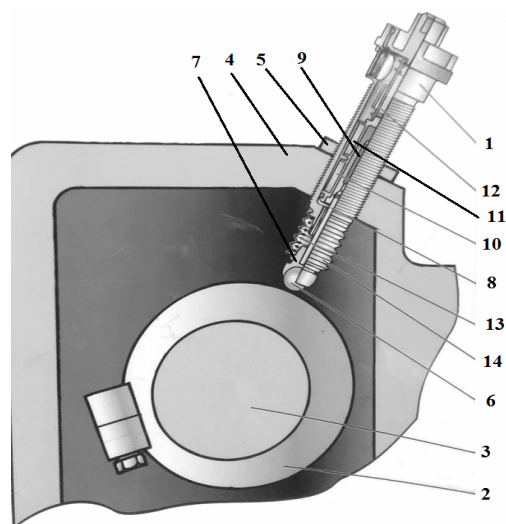
ЗНУ имеет внешнее управление с помощью пультов 9, расположенных на крыльях задних колес. С помощью кнопок подъема и опускания в пульте 9 можно изменять положение нижних тяг ЗНУ при навешивании на трактор машин и орудий.

С помощью микропроцессорного управления ЗНУ реализуются следующие функции электрогидравлического регулирования:

- силовое, позиционное и смешанное (комбинированное) регулирование;
- демпфирование колебаний навесного агрегата в транспортном положении;
- автоматическое регулирование чувствительности системы;
- самодиагностика (самотестирование) системы.

### **Основные компоненты ЭСУ ЗНУ**

**Датчик позиционный 1** (рис. 9.2) индукционного типа работает в паре с эксцентриком 2, закрепленном на поворотном валу 3 ЗНУ. Датчик ввинчивается в крышку 4 заднего моста и фиксируется в отрегулированном положении контргайкой 5. Шарик 6 находится в контакте с эксцентриком 2 под действием пружины 13. В процессе подъема или опускания ЗНУ поворачивается вал 3 и эксцентрик 2, который своей нисходящей или восходящей ветвью заставляет перемещаться шарик 6 с гнездом 7, штоком 8 и ферромагнитный сердечник 9. Чувствительный элемент датчика состоит из двух соосно-расположенных катушек индуктивности 10, 11, намотанных на полый каркас, внутри которого и перемещается ферромагнитный сердечник 9. Катушка 10 служит обмоткой возбуждения, а катушка 11 является сигнальной обмоткой. На катушку 10 подается синусоидальное напряжение от генератора, являющегося составной частью электронного преобразователя 12.



*Рис. 9.2. Установка и устройство датчика позиционного:*

1 – датчик позиционный; 2 – эксцентрик; 3 – поворотный вал ЗНУ; 4 – крышка заднего моста; 5 – контргайка; 6 – шарик; 7 – гнездо шарика; 8 – шток; 9 – ферромагнитный сердечник (стержень); 10 – катушка индуктивности (возбуждения); 11 – катушка индуктивности (сигнальная); 12 – электронный преобразователь; 13 – возвратная пружина; 14 – чехол

Перемещение ферромагнитного сердечника 9 внутри сигнальной катушки 11 вызывает изменение амплитуды выходного сигнала. Сигнал напряжения (амплитуда и фаза) затем усиливается и обрабатывается синхродетектором 4 (рис. 9.3) и фильтром 5 низких частот, поступая на окончательный усилитель. На выходе 6 датчика получается требуемый сигнал:  $U_c = (0,25-0,75)U_n$ , где  $U_c$  – напряжение сигнала,  $B$ ;  $U_n$  – напряжение питания (8–12 В).

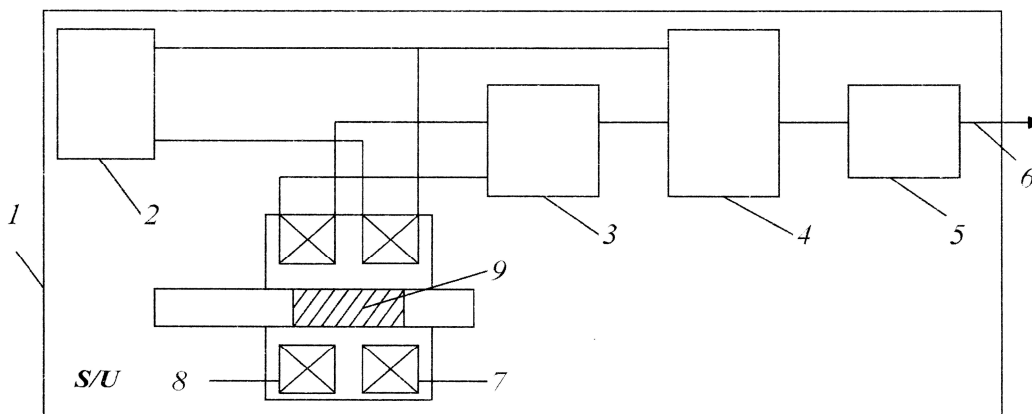


Рис. 9.3. Блок-схема электронного преобразователя сигнала позиционного датчика: 1 – позиционный датчик ( $S/U$  – преобразователь линейного перемещения « $S$ » сердечника 9 в сигнал напряжения « $U$ » на выходе 6); 2 – генератор синусоидального напряжения; 3 – усилитель первичного сигнала; 4 – синхродетектор; 5 – фильтр низких частот; 6 – выход сигнала датчика; 7 – катушка возбуждения; 8 – сигнальная катушка; 9 – ферромагнитный сердечник

График зависимости выходного сигнала от линейного перемещения (мм) сердечника 9 (рис. 9.3) показан на рис. 9.4.

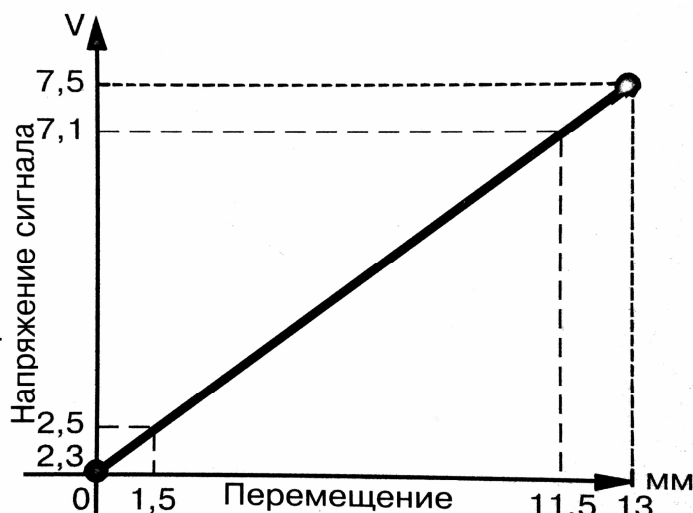


Рис. 9.4. Характеристика позиционного датчика:

$U_c / U_n$  – отношение напряжения сигнала к напряжению питания,  $B$ ;  $S$  – ход штока (сердечника) датчика, мм

**Датчик силовой 1** (рис. 9.5, а), который называют *силоизмерительным пальцем* или *датчиком усилия*, является элементом присоединения (крепления) нижней тяги 2 (левой и правой) ЗНУ к кронштейну 3, который, в свою очередь, прикреплен к корпусу заднего моста (остову) трактора.

Осевая и угловая фиксация датчика 1 в кронштейне осуществляется с помощью специальной скобы, входящей в паз датчика и прикрепленной к кронштейну болтами.

В процессе работы тракторного агрегата на корпуса (пальцы) датчиков 7 (рис. 9.5, б) действуют разнонаправленные усилия  $F$ .

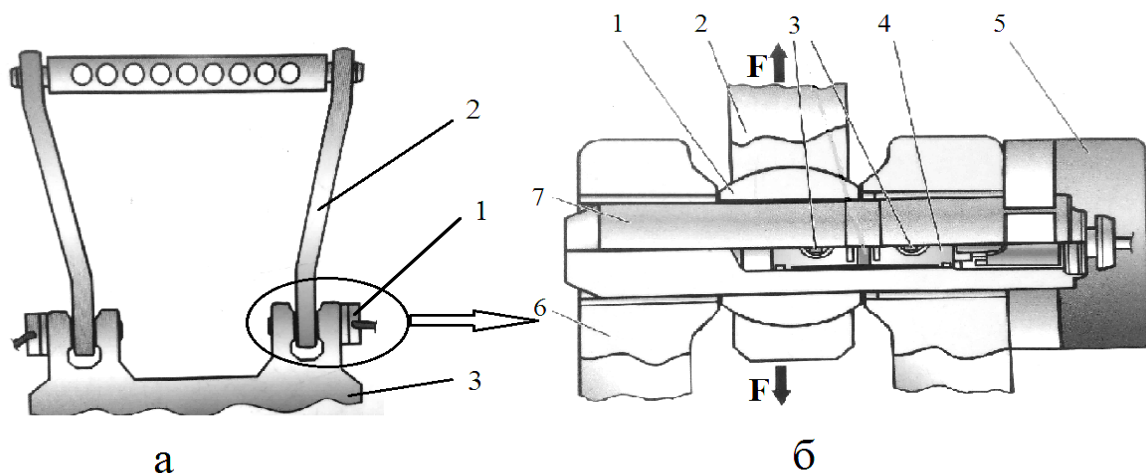


Рис. 9.5. Установка и устройство силового датчика:

- а – 1 – силовой датчик; 2 – нижняя тяга ЗНУ; 3 – кронштейн; б – 1 – шарнир; 2 – нижняя тяга ЗНУ; 3 – катушки (обмотки) датчика; 4 – электронная плата; 5 – защитная крышка; 6 – кронштейн; 7 – силовой датчик

Внутри полого соединительного пальца 7 (рис. 9.5, б) расположены: катушки (обмотки) 3, создающие магнитное поле и формирующие измерительный сигнал, электронное устройство (плата) 4, которое обеспечивает питание катушек и усиление сигналов от измерительных катушек.

Действие датчиков основано на *принципе магнитоупругости*. В магнитоупругом преобразователе происходит изменение магнитной проницаемости ферромагнитных материалов при упругих деформациях сердечника, а это, в свою очередь, изменяет магнитное сопротивление и индуктивность катушки.

Как и в датчике позиционном, сигнал измерительных катушек преобразуется и усиливается электронной схемой (рис. 9.6) и на выводе 2 генерируется напряжение сигнала:  $U_c = (0,25 - 0,75)U_n$ , где  $U_n = 8-12$  В (напряжение питания).

Тракторы «Беларус» комплектуются датчиками усилия двух типов: 60 кН и 90 кН.

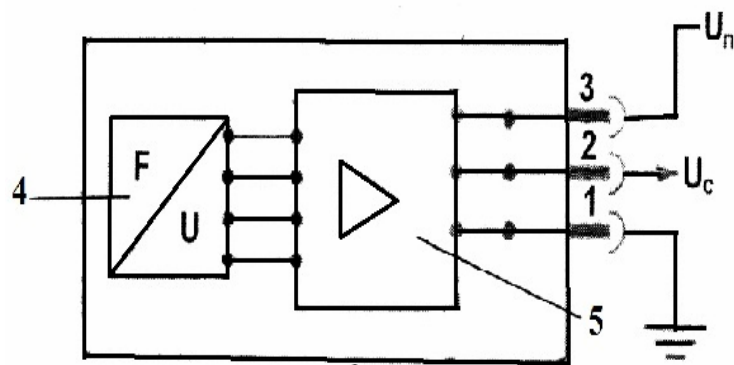


Рис. 9.6. Структурная электронная схема датчика усилия:

1 – вывод «массы»; 2 – сигнальный вывод ( $U_c = 0,25 \dots 0,75 U_n$ ); 3 – вывод питания ( $U_n = 8 \dots 12$  В);  
4 – магнитоупругий преобразователь усилия (упругой деформации); 5 – усилитель

На рис. 9.7 приведена кривая зависимости напряжения сигнала  $U_c$  от величины усилия  $F$ , действующего на датчик усилия (тензометрический палец), установленный в ЗНУ тракторов «Беларус-1523».

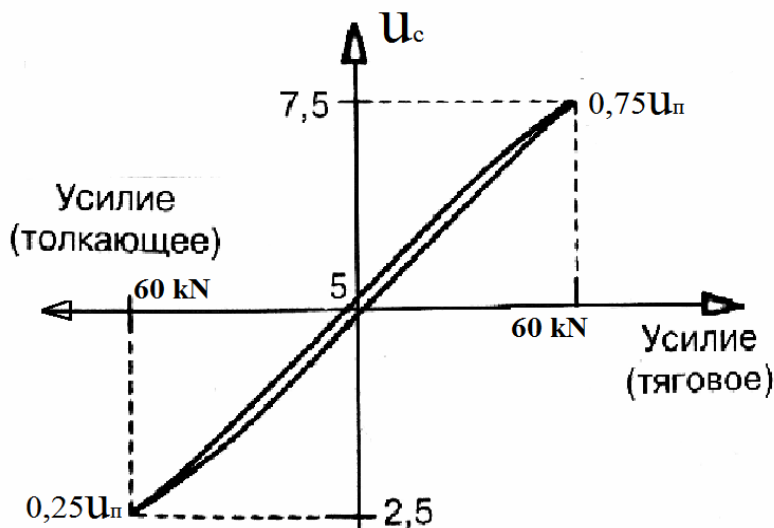


Рис. 9.7. График сигнала напряжения датчика усилия («Беларус-523»)

Из графика видно, что возрастание усилия  $F$  (тяговое) от нулевого значения до номинального, равного 60 кН, сопровождается примерно линейным увеличением сигнала  $u_c$  от 5,0 В до 7,5 В. По мере снижения усилия  $F$  кривая не следует по той же траектории, что обусловлено явлением *гистерезиса*, известным как «петля гистерезиса». Значение  $u_c = 7,5$  В при номинальном  $F_2 = 60$  кН является величиной, полученной при среднем значении напряжения питания  $u_n = 10$  В. Без нагрузки напряжение сигнала  $u_c = 5,0$  В.

**Задающие устройства электронной системы управления ЗНУ 12** (см. рис. 9.1) смонтированы на электронной панели управления, установленной в кабине трактора на правом пульте управления.

Рукояткой 10 (рис. 9.8) при ее повороте в ту или иную сторону задается режим (способы) автоматического регулирования. При повороте рукоятки перемещается движок потенциометра, обеспечивая изменение напряжения в диапазоне от 0 до 10 В, подаваемого на вход ЭБУ. При повороте рукоятки 9 в направлении по часовой или против часовой стрелки с помощью соответствующего поворотного потенциометра задается предел высоты подъема навесного орудия, при этом на вход ЭБУ подается напряжение в диапазоне от 0 до 10 В.

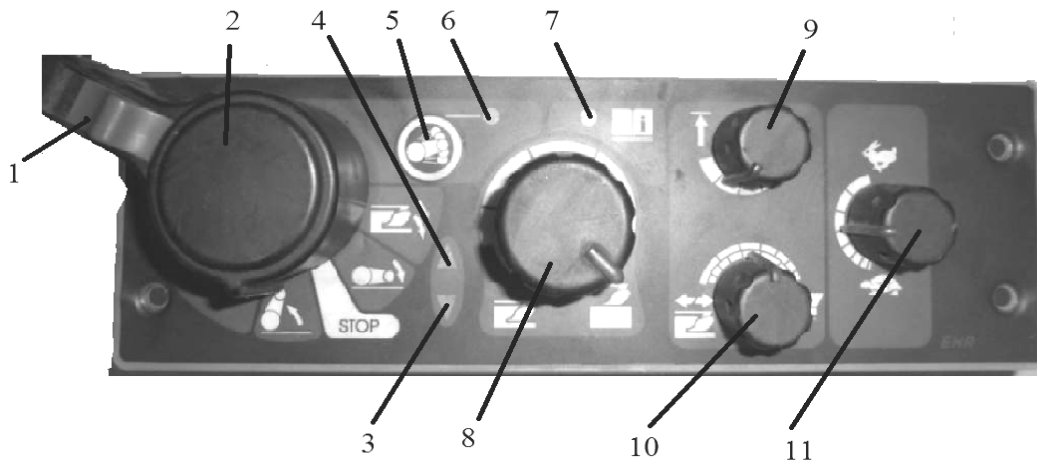


Рис. 9.8. Электронная панель управления ЗНУ («Беларус-1523/3022/3522»):

1 – блокиратор транспортного положения ЗНУ; 2 – рукоятка управления ЗНУ; 3 – сигнализатор опускания (зеленый); 4 – сигнализатор подъема (красный); 5 – кнопка активации демпфирования; 6 – сигнализатор режима демпфирования; 7 – сигнализатор диагностики; 8 – рукоятка регулирования глубины обработки почвы; 9 – рукоятка регулирования ограничения высоты подъема; 10 – рукоятка выбора способа регулирования; 11 – рукоятка регулирования скорости опускания

Рукояткой 8 поворотного потенциометра задается глубина обработки почвы путем подачи на вход ЭБУ сигнала напряжения в пределах 0–10 В.

Рукояткой 11 поворотного потенциометра задается скорость опускания ЗНУ с навешенным орудием посредством регулирования сигнала напряжения в пределах 0–10 В, подаваемого на вход ЭБУ.

Рукояткой 2 при ее повороте, как указано символикой на панели управления, происходит ступенчатое регулирование сигналов напряжения в следующем порядке:

- 1) 2,5 В (быстрое опускание «0»);
- 2) 4,0 В (опускание «1»);
- 3) 5,5 В (выключено «2»);
- 4) 7,0 В (подъем «3»).

Компоненты электронной панели управления и соединения с ЭБУ схематично показаны на рис. 9.9. В панели 1 смонтированы потенциометры 2, 15, 16, 17, четырехпозиционный переключатель 14, выключатель 11, резисторы 9 и светодиоды 8, 10, 10 а, 12, 13 подсветки и индикации режимов.

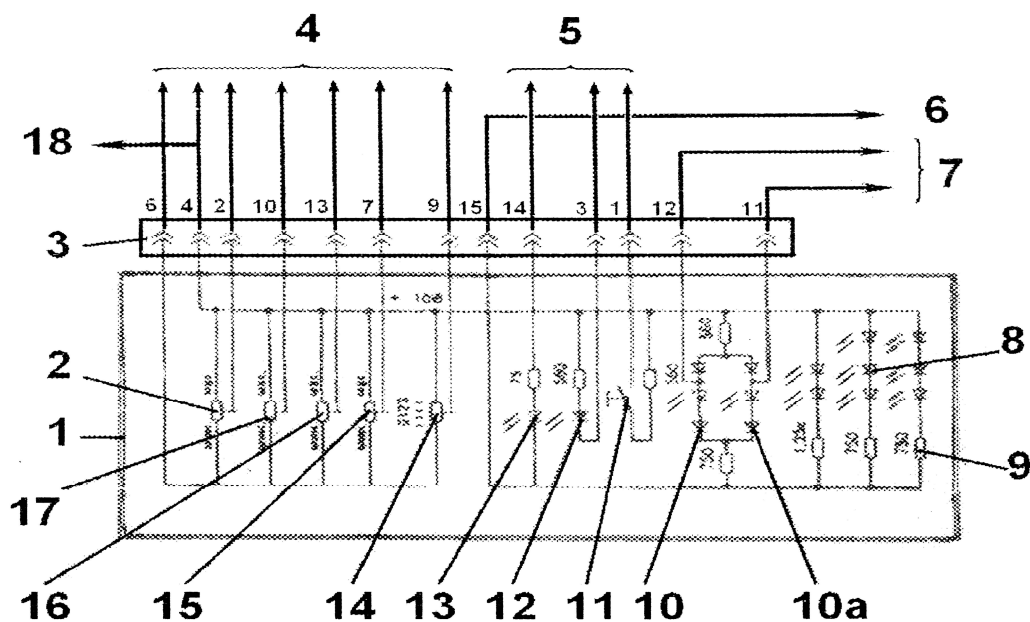


Рис. 9.9. Электрическая схема соединений панели управления ЗНУ:

1 – электронная панель управления; 2 – потенциометр режимов (позиционного, силового, смешанного); 3 – разъем; 4, 5, 6, 7 – жгут к ЭБУ; 8 – светодиоды подсветки; 9 – резистор; 10 – светодиоды индикации подъема ЗНУ; – светодиоды индикации опускания ЗНУ; 11 – выключатель режима демпфирования; 12 – светодиод индикации режима демпфирования; 13 – светодиод индикации диагностических кодов; 14 – переключатель (опускания «1», быстрого опускания «0», выключено «2», подъема «3»); 15 – потенциометр ограничения подъема в транспортное положение; 16 – потенциометр величины заглубления рабочих органов; 17 – потенциометр скорости опускания ЗНУ с навешенным орудием; 18 – к кнопкам внешнего управления ЗНУ

Сигналы потенциометров, переключателя и выключателя через разъем 3 и провода 4, 5 поступают на вход ЭБУ. По проводу 6 подводится «минус» питания. Провода 6, 7 соединяют панель с ЭБУ и исполнительными устройствами (электромагнитами подъема и опускания 1, 7) (рис. 9.10).

**Исполнительным устройством** электронной системы управления ЗНУ является электрогидравлический регулятор ENR23-SL, являющийся регуляторной секцией интегрального блока Bosch (Германия).

Электрогидравлическая регуляторная секция осуществляет регулирование положения навесной машины или орудия, как в ручном, так и в автоматическом режиме, по управляющим сигналам тока от ЭБУ к пропорциональному электромагниту 7 (рис. 9.10) опускания или к пропорциональному электромагниту 1 подъема ЗНУ, поступающим по жгутам 8, 14 соответственно. При запитке электромагнита 1 подъема (нижний по месту монтажа на тракторе) якорь электромагнита под действием магнитной ЭДС выдвигается из катушки и сдвигает золотник подъема 13,

открывая проход гидравлической жидкости под давлением через клапан 3 к окну А и к полости подъема гидроцилиндров ЗНУ. Происходит подъем орудия, т. е. коррекция его положения или коррекция тягового усилия.

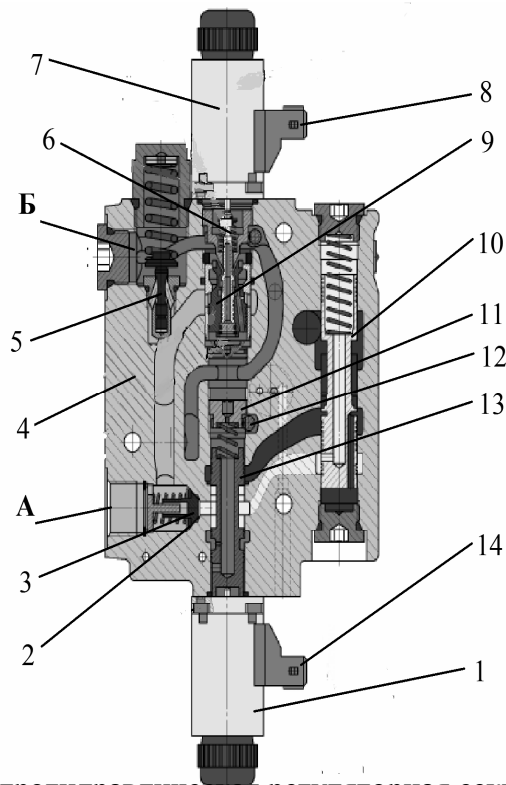


Рис. 9.10. Электрогидравлическая регуляторная секция EHR23-SL:

1 – электромагнит подъема ЗНУ; 2 – уплотнение запорного клапана; 3 – клапан запорный; 4 – корпус регулятора; 5 – клапан противоударный; 6 – управляющий золотник; 7 – электромагнит опускания ЗНУ; 8 – разъем для жгута от ЭБУ; 9 – клапан опускания; 10 – клапан компенсации давления; 11 – червячный винт; 12 – регулировочный червяк; 13 – золотник подъема; 14 – разъем для жгута от ЭБУ; А – окно давления; В – окно слива

Датчики (позиции и усилия) информируют ЭБУ о коррекции и, если она правильная, ЭБУ снимает управляющий сигнал с электромагнита 1 и под действием возвратной пружины золотник 13 подъема возвращается в исходное положение. Аналогично срабатывает электромагнит 7 опускания ЗНУ под действием управляющего сигнала от ЭБУ, подводимого по жгуту 8.

Электронная система автоматического управления ЗНУ имеет следующий алгоритм работы. После запуска дизеля напряжение питания 12 В поступает на электронный блок управления (см. приложение В). ЭБУ проводит опрос датчиков и элементов управления системой. После их анализа ЭБУ выдает необходимые команды на электромагниты электрогидравлического регулятора (исполнительных устройств). Управление осуществляется с электронной панели или с внешних пультов на крыльях задних колес.

## **Порядок выполнения работы**

1. Изучите устройство и работу системы электронно-гидравлического управления ЗНУ тракторов «Беларус-1523.5».
2. Определите на тракторе-стенде «Беларус-1523» расположение и взаимодействие системных блоков, силовых и позиционных датчиков ЭСУ ЗНУ.
3. Ознакомьтесь с органами управления и задающими устройствами на электронной панели управления ЗНУ в кабине трактора-стенда «Беларус-1523».
4. Изучите конструкцию и работу исполнительного устройства ЭСУ ЗНУ (электрогидравлический регулятор EHR23-LS).
5. На тракторе-стенде «Беларус-1523» смоделируйте изменение тягового усилия и уясните действие системы силового регулирования.

## **Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Краткое описание устройства и работы ЗНУ трактора «Беларус-1523.5».
3. График изменения положения ЗНУ в зависимости от тяговой нагрузки на него (по результатам лабораторных испытаний).

## **Контрольные вопросы**

1. Укажите преимущества ЭСУ ЗНУ перед традиционными гидромеханическими системами управления.
2. Из каких системных блоков состоит система электронно-гидравлического регулирования ЗНУ тракторов «Беларус-1523.5»?
3. Как функционирует ЭСУ ЗНУ «Беларус-1523.5»?
4. Укажите места установки позиционного и силовых датчиков на тракторе.
5. Как устроен позиционный датчик? Какой тип датчика применяется в системе автоматического регулирования и как изменяется его выходной сигнал?
6. Как устроен силовой датчик? К какому типу он относится и как изменяется его выходной сигнал?
7. Какие компоненты ЭСУ ЗНУ относятся к задающим и исполнительным устройствам?
8. Какие сигналы получаются на выходе позиционного и силовых датчиков?

## Лабораторная работа № 10

### ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НАВЕСНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС» ПОВЫШЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ

**Цель работы:** изучить устройство и работу ЭСУ выносными гидроагрегатами (гидроцилиндрами, гидромоторами) сельскохозяйственных машин.

**Материальное обеспечение:** стенд на базе трактора тягового класса 5 (трактор-стенд), лабораторный стенд НТЦ-15.06 «Электронная система управления секциями распределителей EHS внешних потребителей трактора «Беларус-3022.1», элементы ЭСУ ПНУ и ЗНУ.

#### Общие сведения

Тракторы «Беларус» повышенного технического уровня оснащены электронной системой управления (ЭСУ) выносными гидроагрегатами привода рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий, навешенных на ЗНУ и ПНУ трактора. Система позволяет более эффективно управлять оборудованием, снизить нагрузку на оператора и решает проблему шума в кабине трактора. Инновационной особенностью ЭСУ является оснащение ее электронным блоком программирования последовательности операций (*БПО ГНС*) при работе трактора с обратными плугами, сеялками и другими машинами. В этом случае задействованы несколько секций интегрального блока. Это позволяет автоматизировать управленческие функции, исключив многократное повторение оператором ручных манипуляций джойстиком, что приводит к повышению производительности и безопасности.

В электронной системе управления секциями распределителя EHS предусмотрена функция «ограничения потока», позволяющая снизить поток гидравлической жидкости на 50 %. Эта функция позволяет агрегатировать трактор с сельхозорудиями, работающими на меньших потоках гидравлической жидкости. При активировании этой функции осуществляется более точное и плавное управление на указанных потоках.

#### Устройство и работа ЭСУ

ЭСУ включает в себя следующие компоненты (рис. 10.1): электронный блок управления 14, панель управления 11, блок программирования 9, джойстики управления секциями 12, 13, панель электронную комбинированную 13а, EHS интегральный блок 6, электрогидрораспределитель переднего навесного устройства 16, гидронасос 21, масляный бак 20, клапан «или» 15, штуцеры подключения, позиционный датчик ПНУ, гидроцилиндр ПНУ, фильтр очистки масла, соединительные провода и гидропровода.

Электронная часть системы работает следующим образом. После запуска дизеля напряжение питания поступает на электронные блоки управления 8, 14 (см. рис. 10.1), который проводит диагностику элементов системы управления и после анализа выдает кодовые сигналы о состоянии системы на пульт управления (рис. 10.2). Система управляется в ручном режиме с помощью джойстиков 7, 6 (12, 13 на рис. 10.1). В автоматическом режиме с помощью БПО ГНС осуществляется программирование последовательности работы всех четырех секций электрогидрораспределителя EHS (рис. 10.3) и обработка ранее запрограммированных алгоритмов управления, хранящихся в памяти БПО ГНС.

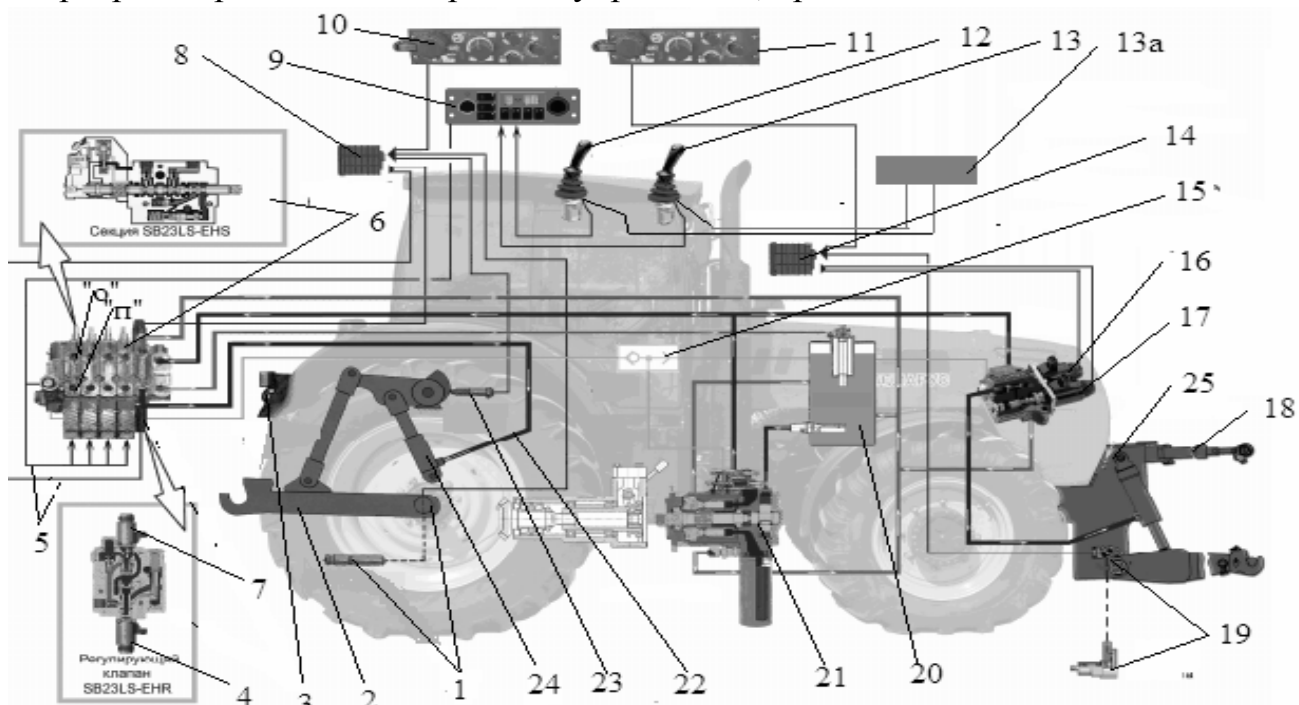
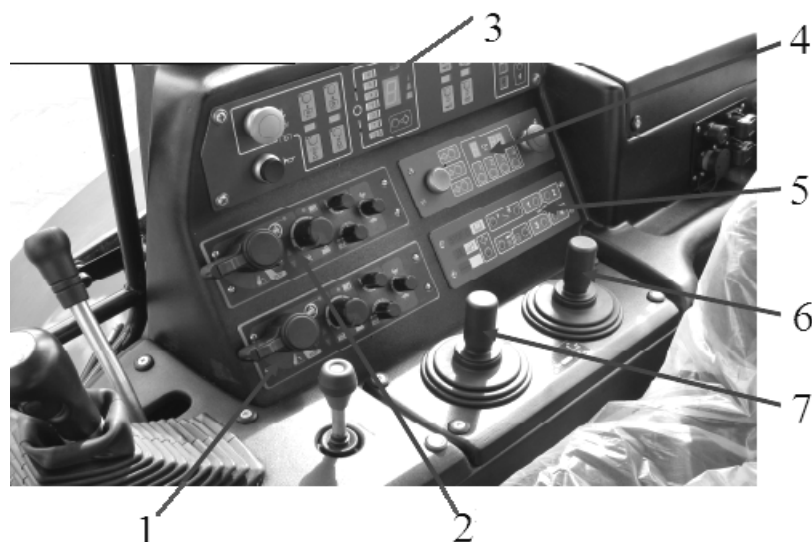


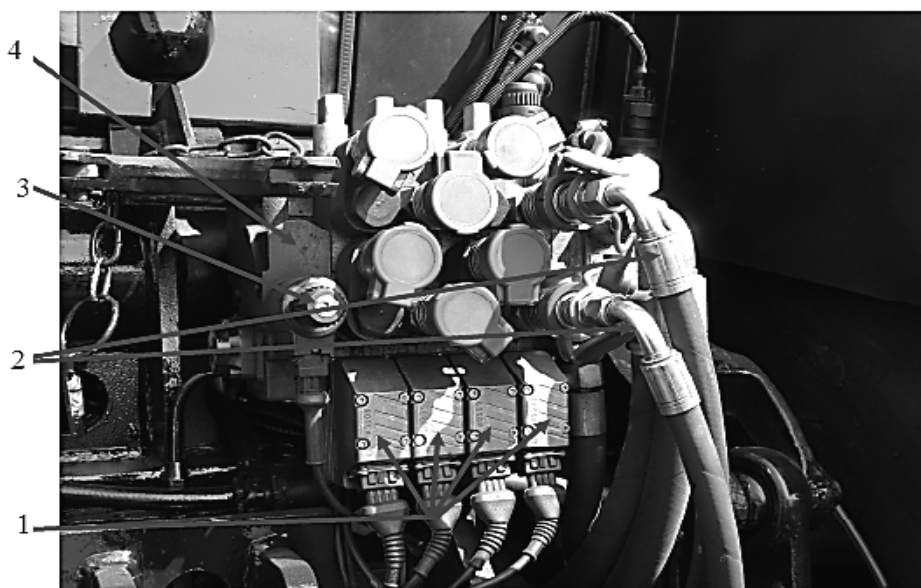
Рис. 10.1. Схема электрогидравлическая ЭСАУ рабочими органами сельскохозяйственных машин (с комплектующими фирмы Bosch-R):

- 1 – датчик усилия; 2 – ЗНУ; 3 – пульт внешнего управления ЗНУ; 4 – электромагнит подъема ЗНУ; 5 – жгут электропроводов; 6 – интегральный блок EHS с электронным управлением распределительными секциями внешних потребителей; 7 – электромагнит опускания ЗНУ; 8 – электронный блок управления ЗНУ; 9 – электронный блок программирования последовательности операций (БПО ГНС); 10 – электронная панель управления ЗНУ; 11 – электронная панель управления ПНУ; 12 – джойстик управления 3-й и 4-й распределительными секциями; 13 – джойстик управления 1-й и 2-й распределительными секциями; 13a – панель электронная комбинированная; 14 – электронный блок управления ПНУ; 15 – клапан выбора управляющего сигнала от потребителей к регулируемому гидронасосу 21; 16 – электрогидрораспределитель ПНУ; 17 – электромагнит опускания ПНУ; 18 – ПНУ; 19 – датчик позиции ПНУ; 20 – масляный бак; 21 – регулируемый гидронасос; 22 – маслопровод; 23 – датчик позиционный ЗНУ; 24 – гидроцилиндр ЗНУ; 25 – пульт внешнего управления ПНУ; «О» – выходы опускания гидроцилиндров внешних потребителей; «П» – выходы подъема гидроцилиндров внешних потребителей



*Рис. 10.2.* Пульт управления с электронными блоками ЭСУ трактора «Беларус-3022.1»: 1 – панель управления ПНУ; 2 – панель управления ЗНУ; 3 – электронный блок КЭСУТ; 4 – блок программирования последовательности операций (БПО ГНС) управления секциями распределителя ГНС; 5 – панель электронная комбинированная (ПЭК) (системы управления потоками к внешним потребителям и диагностическая панель двигателя); 6 – джойстик управления 3-й и 4-й секциями распределителя EHS; 7 – джойстик управления 1-й и 2-й секциями распределителя EHS

**Управление задним навесным устройством (ЗНУ).** К секциям электрогидрораспределителя (рис. 10.3), расположенного сзади трактора, под кабиной, поступают управляющие сигналы от блока управления.



*Рис. 10.3.* Установка интегрального блока EHS на тракторе «Беларус-3022.1»: 1 – светодиодные сигнализаторы неисправностей работы 1-й, 2-й, 3-й и 4-й секций распределителя (отсчет от насосной секции интегрального блока); 2 – гидравлические шланги к выносным цилиндрам сельхозмашины, навешанные на ПНУ; 3 – электроклапан аварийного отключения распределителя EHS; 4 – концевая плита с редукционным клапаном

Распределительная секция EHS представляет собой совмещенное исполнительное устройство, состоящее из электронной и гидравлической частей. На тракторах «Беларус» могут быть применены четыре или пять подобных секций, которые входят в состав интегрального блока «Bosch». Ввиду полной идентичности распределительных секций устройство и работа электрогидрораспределителя будет рассмотрена на примере одной из секций.

Электронная часть секции включает в себя: цифровой микропроцессорный электронный блок 1 (рис. 10.4), индуктивный датчик 12 положения управляющего поршня 11 и центрального золотника 6, светодиодный сигнализатор световых диагностических кодов неисправностей (ДКН), направляющий пропорциональный электромагнитный клапан 4.

Индуктивный датчик 12 постоянно отслеживает положение поршня 11, жестко связанного с ним золотника 6 и подает на электронный блок 1 сигнал обратной связи, обеспечивая работу ЭСАУ по замкнутому контуру, т. е. электронный блок 1, получая управляющий сигнал от оператора через джойстики или по программе блока БПО ГНС и сравнивая его с сигналом от датчика 12, подает на вход электронного блока 1 сигнал фактического положения, который обрабатывается и сравнивается с управляющим сигналом от джойстика.

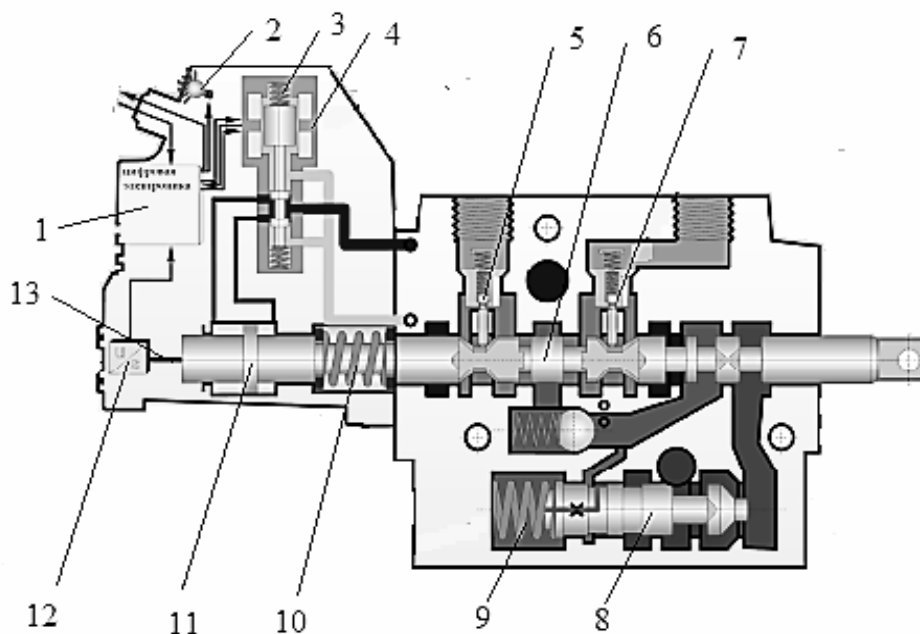


Рис. 10.4. Устройство распределительной секции электрогидрораспределителя EHS интегрального блока «Bosch-REXROTH»:

- 1 – цифровой электронный блок; 2 – светодиод диагностических кодов неисправностей;
- 3 – пружина; 4 – направляющий пропорциональный электромагнитный клапан;
- 5, 7 – запорный клапан; 6 – центральный золотник; 8 – компенсатор давления; 9 – пружина;
- 10 – возвратная пружина; 11 – управляющий поршень; 12 – индуктивный датчик положения;
- 13 – шток; R – давление слива; P – давление напорной магистрали

В случае несоответствия сигналов электронный блок выдает корректирующий сигнал на катушки пропорционального электромагнитного клапана 4, который управляет положением поршня 11 через гидравлическую часть системы управления. Клапан 4 в данной системе выполняет роль регулятора давления, подаваемого к управляющему поршню 11. В результате изменения давления производится корректировка положения золотника б, а также его перемещение в различные рабочие позиции («подъем», «нейтраль», «опускание» и «плавающее»). Такой принцип регулирования позволяет точно регулировать расход гидравлической жидкости в рабочих позициях распределительных секций.

Индуктивный датчик 12 имеет центральную задающую первичную катушку и две вторичные сигнальные катушки. При перемещении штока 13 внутри индуктивных катушек (шток механически связан с поршнем 11 и золотником б) происходит изменение электрического сигнала в сигнальных катушках, который обрабатывается электронным блоком 1.

Встроенный в электронную плату каждой распределительной секции светодиод 2 является сигнализатором системы самотестирования, который посредством миганий может выдавать диагностические коды неисправностей электрогидрораспределителя EHS.

Работу электронной и гидравлической частей электронно-гидравлического управления рассмотрим на примере переключения распределительной секции в различные рабочие позиции:

#### 1. *Нейтральное положение.*

На катушки 5 (рис. 10.5, а) пропорционального направляющего электромагнитного клапана 3 напряжение не подается. Пружины 4, б устанавливают золотник 2 в положение, при котором обе полости управляющего поршня 1 соединены со сливом (R). Золотник 7 электрогидрораспределителя находится в *нейтральном* положении.

#### 2. *Положение «подъем».*

При перемещении джойстика в положение «подъем» или отработке алгоритма автоматического управления запитывается нижняя катушка 5 (рис. 10.5, б) электромагнитного клапана 3. Направляющий золотник 2 смещается вниз, соединяя левую полость поршня 1 с напорной магистралью (P), а правую полость – со сливом (R). Под давлением масла поршень смещается вправо, перемещая золотник 7 в положение «подъем». Перемещение управляющего поршня 1 (золотника 7) в положение «подъем» контролируется датчиком 8.

#### 3. *Положение «опускание».*

При перемещении джойстика в положение «опускание» запитывается верхняя катушка 5 (рис. 10.5, в) электромагнитного клапана 3. Направляющий

золотник 2 смещается вверх и соединяет правую полость управляющего поршня 1 с напорной магистралью (P), а левую полость – со сливом (R). Под давлением масла поршень 1 смещается влево и вместе с ним золотник 7 перемещается в положение «опускания» выносного гидроцилиндра сельскохозяйственного орудия. Положение «опускания» золотника 7 прослеживается индуктивным датчиком 8.

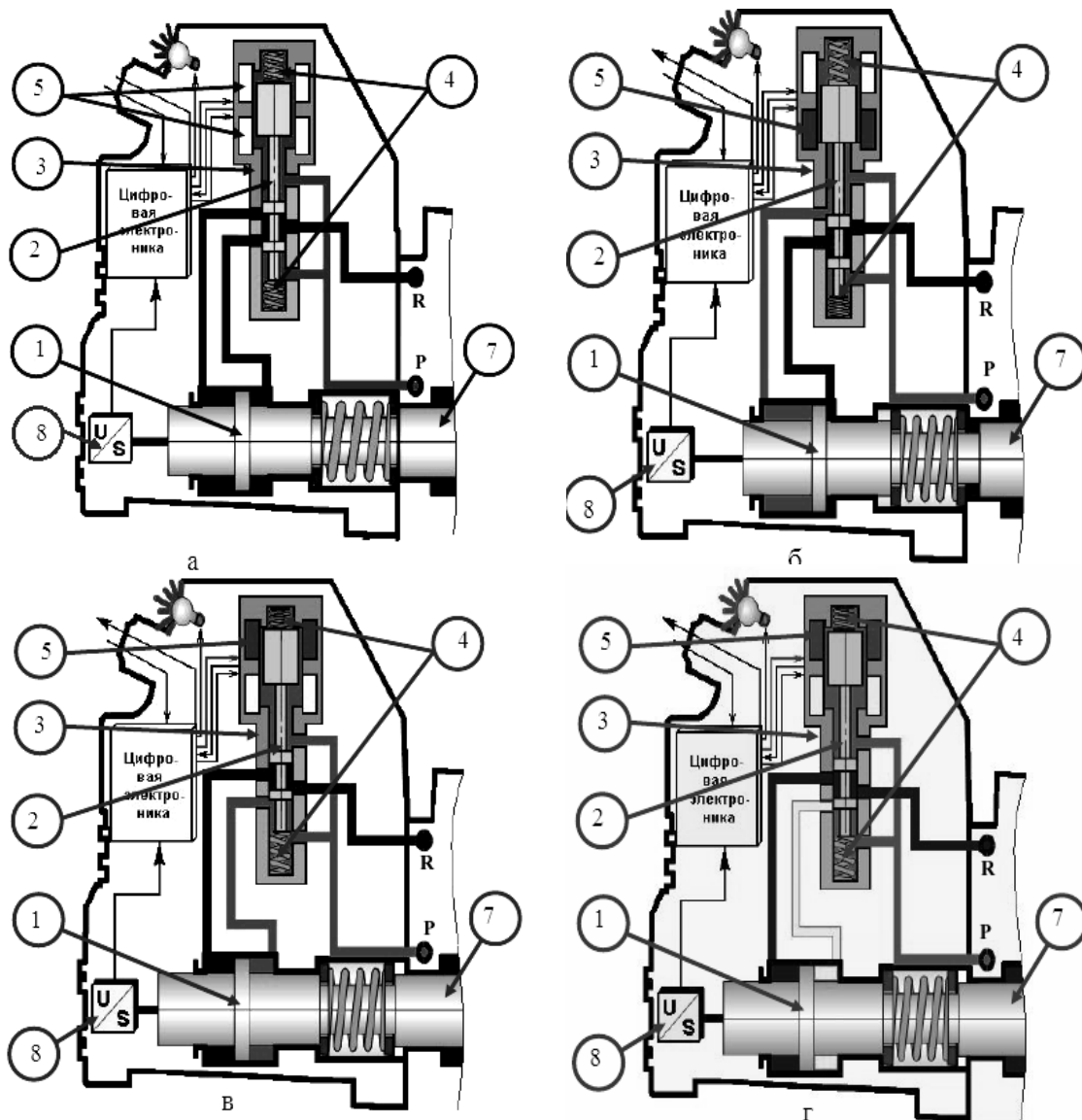


Рис. 10.5. Рабочие позиции распределительной секции EHS:

а – нейтральное положение; б – положение «подъем»; в – положение «опускание»;  
г – положение «плавающее»:

1 – управляющий поршень; 2 – золотник; 3 – электромагнитный пропорциональный клапан;  
4, б – пружина; 5 – катушка; 7 – центральный золотник; 8 – датчик положения

#### 4. Положение «плавающее»

При перемещении джойстика в положение «плавающее» или при отработке алгоритма автоматического управления на верхнюю катушку 5 (рис. 10.5, г)

подается большее напряжение, а направляющий золотник 2 смещается вверх еще больше, чем в положении «опускание». Правая полость поршня 1 окажется под большим давлением, чем в положении «опускание», и золотник 7 сдвинется в положение «плавающее».

*Концевая плита управления рабочими секциями EHS.* Для управления рабочими секциями EHS используется специальная концевая плита 4 (см. рис. 10.3) с электрическим управлением трехходовым редукционным клапаном 3 (рис. 10.6). Клапан служит для подачи давления в систему управления EHS.

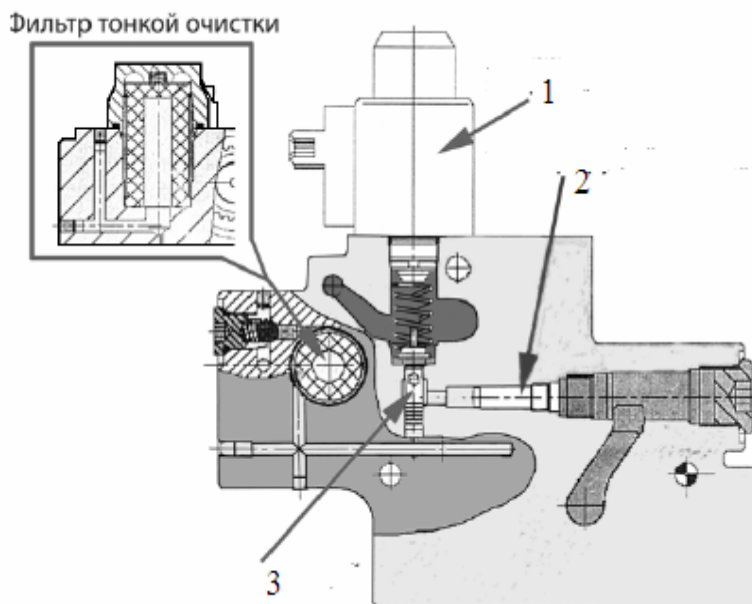


Рис. 10.6. Концевая плита управления рабочими секциями EHS:  
1 – управляющий электромагнит; 2 – фильтр грубой очистки;  
3 – клапан, снижающий давление

В начале хода золотника давление увеличивается при помощи электрически управляемого редукционного клапана. Команда на переключение дается путем отклонения рычага управления (например, джойстика). Давление в системе управления редуцируется в пределах 0,21 до 0,24 МПа. Клапан имеет систему аварийного отключения давления управления, позволяющую вернуть золотник рабочей секции в «нейтраль» при аварийных ситуациях.

*Управление передним навесным устройством (ПНУ)* осуществляется электрогидравлической системой, в состав электронной части которой входит панель управления 11 (см. рис. 10.1), блок электронный 14, датчик положения 19, внешнее кнопочное управление 25, соединительные жгуты, соединяющие между собой все элементы системы и передающие управляющие сигналы на электромагниты распределителя подъема 16 и опускания 17.

Управление осуществляется с панели управления 11 аналогично заднему навесному устройству, с тем отличием, что в системе управления ПНУ отсутствуют датчики усилия, а, следовательно, нет силового и смешанного способов регулирования. В системе управления ПНУ установлен датчик положения 19 поворотного типа.

Электрогидрораспределитель ПНУ EHR-5LS установлен справа на стенке корпуса коробки (рис. 10.7).

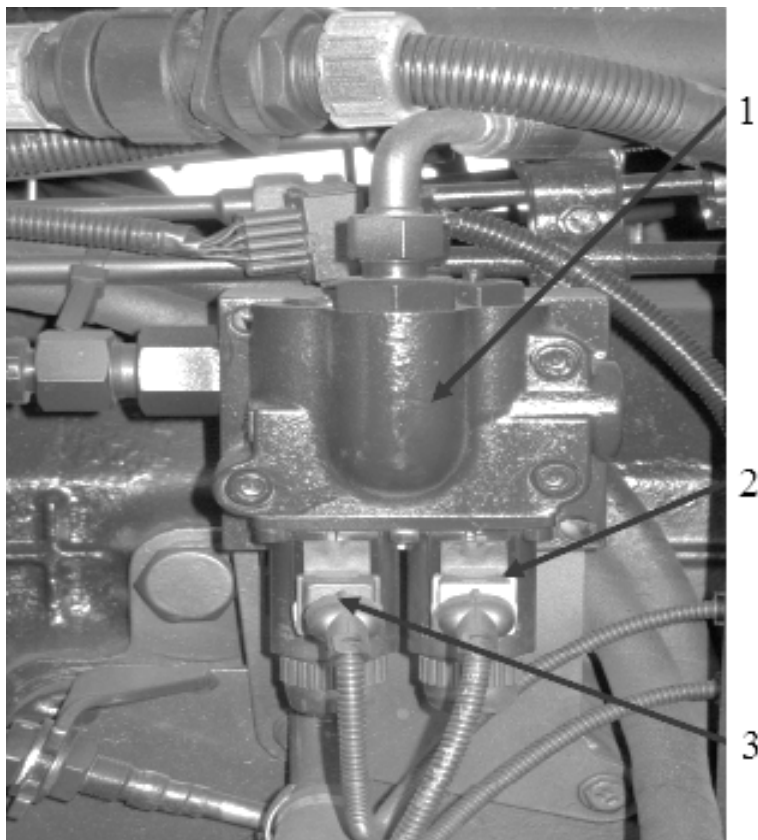


Рис. 10.7. Расположение электрогидрораспределителя EHR-5LS:

1 – электрогидрораспределитель EHR-5LS; 2 – электромагнит подъема ПНУ;  
3 – электромагнит опускания ПНУ

Конструктивно отличается от рассмотренного выше интегрального блока EHS и имеет относительно ограниченные функциональные возможности (рис. 10.8).

*Подъем.* При подаче напряжения на электромагнит подъема 21 золотник 19 перемещается вверх, и напорный канал (P) соединяется с каналом (A) (с гидроцилиндром ПНУ). Одновременно с этим напорная магистраль соединяется с полостью над перепускным клапаном 15 – давление под клапаном и над ним выравнивается, и пружина перемещает перепускной клапан вниз, перекрывая поток масла из напорной магистрали на слив. Весь поток масла из напорной магистрали поступает в гидроцилиндр – ПНУ поднимается.

*Опускание.* Условно процесс опускания можно разделить на две стадии:

- первая стадия. Вначале, при подаче напряжения на электромагнит опускания 2, управляющий золотник 3 перемещается вверх, соединяя со сливом полость над клапаном опускания 7. Сам же клапан опускания еще остается в закрытом положении;

- вторая стадия. При дальнейшем движении управляющего золотника 3 он упирается в упор клапана опускания 7 и перемещает вверх сам клапан опускания, при этом канал (А) соединяется со сливом – происходит опускание ПНУ.

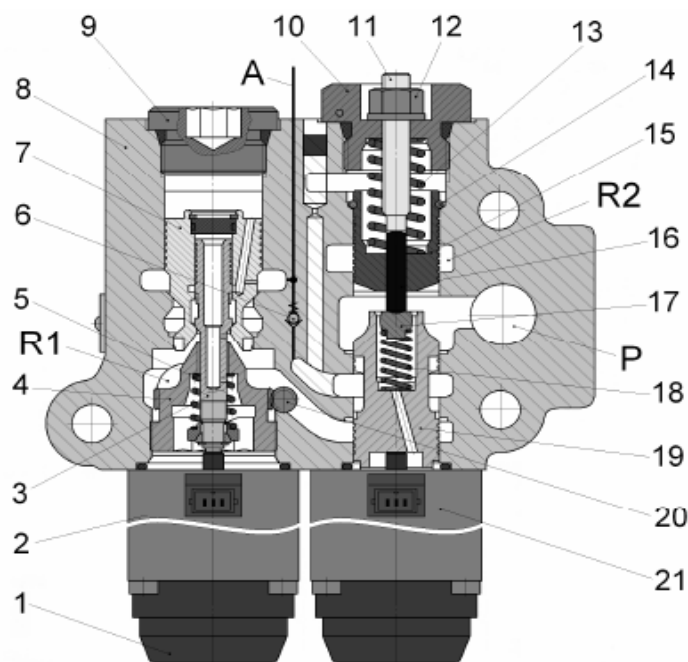


Рис. 10.8. Схема электрогидрораспределителя EHR-5LS:

*P* – напорный канал; *R1* – сливной канал; *R2* – слив канала управления; *A* – канал подачи масла к гидроцилиндрам; 1 – колпачок-кнопка; 2 – соленоид опускания передней навески; 3 – золотник-пилот; 4 – упор пружины; 5 – пружина; 6 – клапан «или»; 7 – клапан опускания; 8 – корпус; 9 – пробка; 10 – пробка; 11 – регулировочный винт; 12 – контргайка; 13 – пружина; 14 – стопорное кольцо ограничения хода клапана; 15 – перепускной клапан; 16 – шток; 17 – проставка; 18 – пружина; 19 – золотник подъема; 20 – червяк; 21 – соленоид подъема передней навески

### **Самодиагностика распределительных секций EHS**

Каждая секция имеет встроенный светодиодный сигнализатор 1 (см. рис. 10.3) диагностических кодов неисправностей (ДКН). При обнаружении неисправностей сигнализатор данной секции (или сигнализаторы нескольких секций) выдает световую кодовую информацию о неисправности. ДКН состоит из двух цифр (двузначный код).

Считывание ДКН осуществляется путем подсчета количества вспышек сигнализатора следующим образом: число вспышек с короткой паузой между ними → первая цифра кода → длинная пауза и число вспышек с короткой паузой между ними → вторая цифра кода. Например, для индикации ДКН «15» система самодиагностики будет инициировать одну вспышку → длинную паузу → пять вспышек с короткими паузами.

Если неисправностей в электронной системе нет, сигнализатор выключен.

Если в секции возникло несколько неисправностей одновременно, сигнализатор будет выдавать лишь один ДКН со следующим приоритетом:

1. Неисправность индуктивного датчика *12* (см. рис. 10.4) положения управляющего поршня *11*.
2. Уровень напряжения питания вышел за допустимые пределы (10,5...18,0 В).
3. Ток катушек клапана *4* находится вне допустимых пределов.
4. Остальные неисправности.

Расшифровка двузначных ДКН осуществляется по таблицам ДКН, которые приводятся в инструкциях по эксплуатации мобильной техники.

### ***Регулировка позиционного датчика ПНУ***

Поскольку переднее навесное устройство с позиционным регулированием не имеет принудительного опускания, для удобства регулирования позиционного датчика желательно догрузить переднее навесное устройство грузом массой от 150 до 2500 кг. Регулировка производится при работающем двигателе. Рукоятку управления навесным устройством *4* (рис. 10.9) поднять вверх, при этом сигнализатор подъема ПНУ *5* должен светиться красным цветом. В конце подъема сигнализатор *5* должен погаснуть. В максимально поднятом положении ПНУ допускается величина зеркальной зоны штока цилиндра от 1 до 10 мм. Если при максимально поднятом положении ПНУ штоки цилиндров вытянуты более чем на 10 мм, необходимо позиционный датчик повернуть на небольшой угол против часовой стрелки. Если штоки цилиндров втянуты полностью, но при этом сигнализатор *5* светится, поверните датчик по часовой стрелке. Повторите операцию «опускание/подъем». Если величина зеркальной зоны штока цилиндра соответствует вышеуказанным требованиям, зафиксируйте позиционный датчик в настроенном положении, закрутив винты *1* до упора.

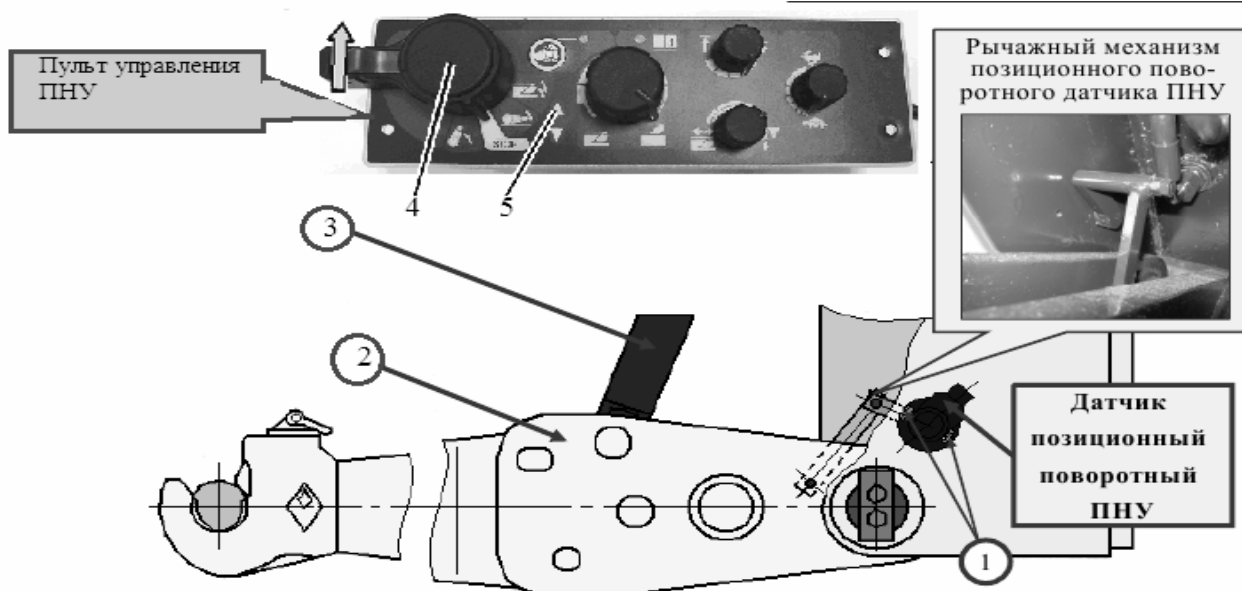


Рис. 10.9. Регулировка датчика ПНУ:

1 – винт, 2 – нижний рычаг ПНУ, 3 – раскоса, 4 – ручка управления ПНУ, 5 – сигнализатор подъема

### Порядок выполнения работы

1. Изучите устройство и работу электронно-гидравлической схемы управления рабочими органами (выносными гидроагрегатами) сельскохозяйственных машин.
2. Определите на тракторе расположение составных частей ЭСУ рабочими органами.
3. Ознакомьтесь с органами управления навесным оборудованием, используя стенд НТЦ-15.06 и трактор.
4. Изучите принцип электронно-гидравлического управления секцией распределителя EHS, устройство и работу электрогидрораспределителя EHR-5LS, устройство и работу концевой плиты.
5. Ознакомьтесь со встроенной системой самодиагностирования работы распределительных секций EHS. Уясните принцип светового контролирования информации о неисправностях в работе секции.
6. Ознакомьтесь с методикой регулировки датчика положения ПНУ.
7. На стенде НТЦ-15.06 отработайте методику управления ЭСУ выносными гидроагрегатами с помощью джойстиков, уясните принцип программирования операций.

## Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткое описание устройства и работы ЭСУ выносными гидроагрегатами у тракторов «Беларус» повышенного технического уровня.
3. Схема управления ЭСУ выносными агрегатами с помощью джойстиков.
4. Порядок регулировки датчика положения ПНУ.
5. Порядок программирования управления оборотным плугом.

## Контрольные вопросы

1. Назовите основную инновационную особенность ЭСУ тракторов «Беларус-3022.1/3522.1», касающуюся работы трактора с оборотными плугами, сеялками и другими машинами.
2. Перечислите компоненты, входящие в состав ЭСУ рабочими органами с/х машин, агрегируемых на ЗНУ и ПНУ «Беларус-3022.1».
3. Панели каких электронных блоков смонтированы на правом пульте управления «Беларус-3022.1»?
4. Объясните работу электронной части ЭСУ.
5. Для каких целей в ЭСУ применен электронный блок БПО ГНС?
6. Объясните конструкцию и принцип действия распределительной секции EHS.
7. Как устроена электронная часть распределительной секции EHS и объясните принцип работы электронной системы?
8. Объясните назначение направляющего пропорционального электромагнитного клапана.
9. Объясните устройство и принцип работы индуктивного датчика секции EHS.
10. Объясните работу электронной и гидравлической частей системы управления положением золотника распределительной секции EHS (нейтраль, подъем, опускание, плавающее).
11. Для чего предназначена и как работает концевая плита?
12. Объясните работу электронной и гидравлической частей системы управления ПНУ.
13. Как работает световой сигнализатор кодов неисправностей?
14. Как и для чего производится регулировка датчика положения ПНУ?

## Лабораторная работа № 11

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСМИССИЕЙ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

**Цель работы:** изучить общее устройство комплексной электронной системы управления (КЭСУ) трансмиссией тракторов «Беларус», устройство и работу ЭСУ коробки передач, регулировки датчиков и самодиагностику ЭСУ КП.

**Материальное обеспечение:** стенд на базе трактора тягового класса 5 (трактор-стенд), разрезная модель коробки передач (КП), лабораторный стенд НТЦ-15.98 «Комплексная электронная система управления трансмиссией трактора «Беларус-3022.1», элементы ЭСУ трансмиссией.

#### Общие сведения

Комплексная электронная система управления на тракторах «Беларус» повышенного технического уровня (мощность более 280 л. с.) предназначена для выполнения следующих функций:

- индикация включенной передачи КП;
- управление режимом переключения передач КП;
- управление задним валом отбора мощности;
- управление передним валом отбора мощности;
- управление приводом переднего ведущего моста;
- управление блокировкой дифференциала заднего моста;
- сигнализация аварийных состояний гидросистемы трансмиссии и ГНС, диагностика аварийного напряжения бортовой сети;
- диагностика неисправностей электронных систем управления заднего вала отбора мощности (ЗВОМ), переднего вала отбора мощности (ПВОМ), приводом переднего ведущего моста (ППВМ), блокировкой дифференциала заднего моста (БДЗМ), управления переключением передач.

В данной лабораторной работе рассматривается только устройство управления КП. Устройство и работа систем пропорционального электрогидравлического управления БДЗМ, ППВМ, ПВОМ и ЗВОМ будут рассмотрены в другой лабораторной работе.

## *Устройство и работа ЭСУ КП*

Управление переключением передач осуществляется посредством электронно-гидравлической системы управления. Электрическая часть системы управления переключением передач состоит из электронного блока ЭСУ 1 (рис. 11.1), джойстика 3 переключения передач, расположенного в кабине справа от водителя; кнопки 14 задания режима подтормаживания КП, расположенной на рукоятке рычага переключения диапазонов, электрогидрораспределителей 15, 17, 19, 21, 23, 25 с электромагнитами и датчиков давления 16, 18, 20, 22, 24, 26, установленных на плите 12 распределителей гидросистемы трансмиссии, расположенной сверху на корпусе сцепления, датчика 11 выключенного состояния муфты сцепления на прямом ходу, установленного в кабине над педалью сцепления, датчика 1 (рис. 11.2) выключенного состояния муфты сцепления на реверсе, датчика 8 (см. рис. 11.1) нейтрали диапазонного редуктора, установленного с правой стороны на корпусе редуктора и используемого также в системе электрооборудования в качестве выключателя блокировки запуска двигателя при включенном диапазоне КП, датчика 13 транспортного (IV) диапазона, установленного в кабине возле рычага переключения диапазонов, соединительных жгутов 9 со штепсельным разъемом 10, находящимся под кабиной, и соединительными колодками.

На лицевой панели блока 1 КЭСУ расположены сигнализаторы 36, 37, 27, 28, 29, 30, 31 включенной передачи соответственно 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, сигнализатор 32 аварийного состояния гидрораспределителей включения передач, индикатор 33 режима работы (легкий, средний, тяжелый), кнопка 34 выбора режима (легкий, средний, тяжелый), индикатор 35 номера включенной передачи и режима подтормаживания КП.

Система запитана от бортовой электросети через блок 2 коммутации и защиты, согласно схеме электрических соединений системы управления БД, ПВМ, ВОМ и переключением передач. Напряжение питания в систему поступает после поворота выключателя стартера и приборов в положение «Включены приборы».

*В исходном состоянии все передачи выключены.* На лицевой панели блока 1 КЭСУ высвечивается сигнализатор 36 («0» передача) и на цифровом индикаторе 35 высвечивается цифра «0». Это свидетельствует о том, что напряжение питания в систему переключения передач поступает, а система не выдает управляющий сигнал ни на один из электромагнитов электрогидрораспределителей переключения передач. После запуска двигателя начинает работать насос

гидросистемы переключения передач (установлен на корпусе заднего моста с правой стороны трансмиссии и приводится во вращение через систему шестерен от двигателя). Индикация «0» передачи сохраняется. Для трогания с места сначала необходимо включить выбранный диапазон рычагом переключения диапазонов, предварительно включив режим подтормаживания коробки передач. Включение режима «подтормаживания» происходит при условии нажатия на кнопку 14 на рукоятке рычага переключения диапазонов и удержании её в нажатом состоянии, нахождении рычага переключения диапазонов в нейтральном положении (срабатывании датчика 8 нейтрали диапазонного редуктора и датчика 13 транспортного (IV) диапазона), выключении сцепления (срабатывании датчика сцепления на прямом ходу или реверсе). При включении режима подтормаживания на индикаторе 35 (рис. 11.1) высвечивается символ «Р» – подтормаживание КП включено. При задании передач от джойстика 3 последовательное автоматическое переключение передач до выбранной (режим «драйв») происходит следующим образом: на цифровом индикаторе 35 отображается номер заданной передачи, а сигнализаторы включенной передачи срабатывают последовательно в соответствии со срабатыванием соответствующих датчиков давления. При нормальном режиме работы индикатор 35 индицирует номер выбранной передачи, а соответствующий сигнализатор 37, 27, 28, 29, 30, 31 постоянно горит (подтверждение срабатывания по давлению). Предусмотрено уменьшение яркости свечения индикации при включении габаритных огней.

На рис. 11.2 приведена монтажная схема соединений систем управления БД, ПВМ, ВОМ и КП, а в приложении Б подключение жгутов к плате с электрогидрораспределителями и датчиками давления.

Для корректной работы КЭСУ после регулировок, например, привода выключения сцепления необходимо проверять и регулировать срабатывание датчиков выключенного состояния сцепления на прямом ходу и на реверсе. Регулировку срабатывания датчика 1 (рис. 11.3) необходимо проводить при работающем двигателе. Перемещением датчика 1 совместно с кронштейном 5 по его пазу и регулировкой положения болта 2 отрегулировать срабатывание (закрытие контактов) датчика 1. После регулировки датчика выключенного состояния сцепления на прямом ходу 1 при полностью выжатом сцеплении зазор  $S$  между корпусом датчика 1 и головкой регулировочного болта 2 должен быть от 0,5 до 1,0 мм. После проведения регулировки кронштейн 5 закрепить болтами 3, закрепить гайкой болт 2.

## Самодиагностика КЭСУ трансмиссии

Первый этап самодиагностики КЭСУ происходит после установки ключа стартера и приборов в положение «Питание приборов», т. е. при подаче питания на панели электронного блока. При этом диагностируется исправность всех сигнализаторов панели управления. При их исправности кратковременно включаются все светодиодные сигнализаторы, индикатор 35 (см. рис. 11.1) высвечивает цифру 8, звучит зуммер.

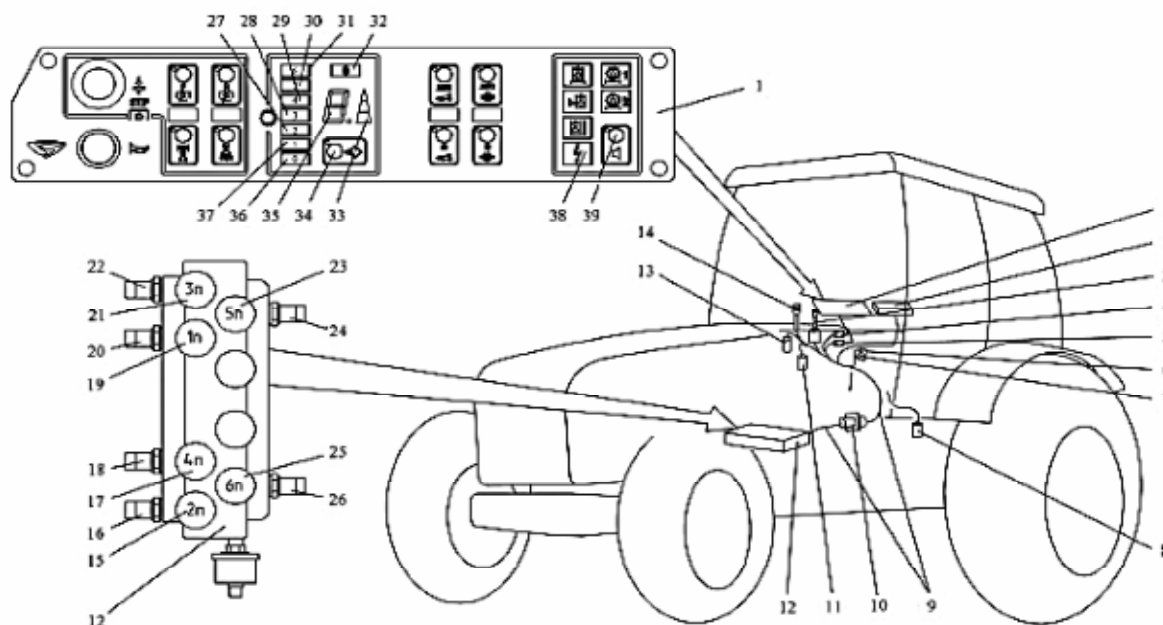


Рис. 11.1. Электрическая часть управления коробкой передач:

1 – блок электронный КЭСУ; 2 – блок коммутации и защиты; 3 – джойстик переключения передач; 4, 5, 10 – разъемы штепсельные; 6, 7 – колодки соединительные; датчик нейтрали диапазонного редуктора; 9 – жгуты соединительные; 11 – датчик выключенного состояния муфты сцепления на прямом ходу; 12 – плата с распределителями; 13 – датчик транспортного (IV) диапазона; 14 – кнопка включения режима «Подтормаживания»; 15, 17, 19, 21, 23, 25 – распределители включения передач 2, 4, 1, 3, 5, 6 соответственно; 16, 18, 20, 22, 24, 26 – датчики включенного состояния передач 2, 4, 1, 3, 5, 6 соответственно; 27, 28, 29, 30, 31, 37 – сигнализаторы включенной передачи; 32 – сигнализатор аварийного режима работы КП; 33 – индикатор режима переключения передач КП (легкий, средний, тяжелый); 34 – кнопка выбора режима переключения передач КП; 35 – цифровой индикатор включенной передачи и включения режима «Подтормаживания»; 36 – сигнализатор нулевой передачи (передача «0»); 38 – сигнализатор аварийного напряжения питания КЭСУ; 39 – кнопка выключения звукового сигнализатора

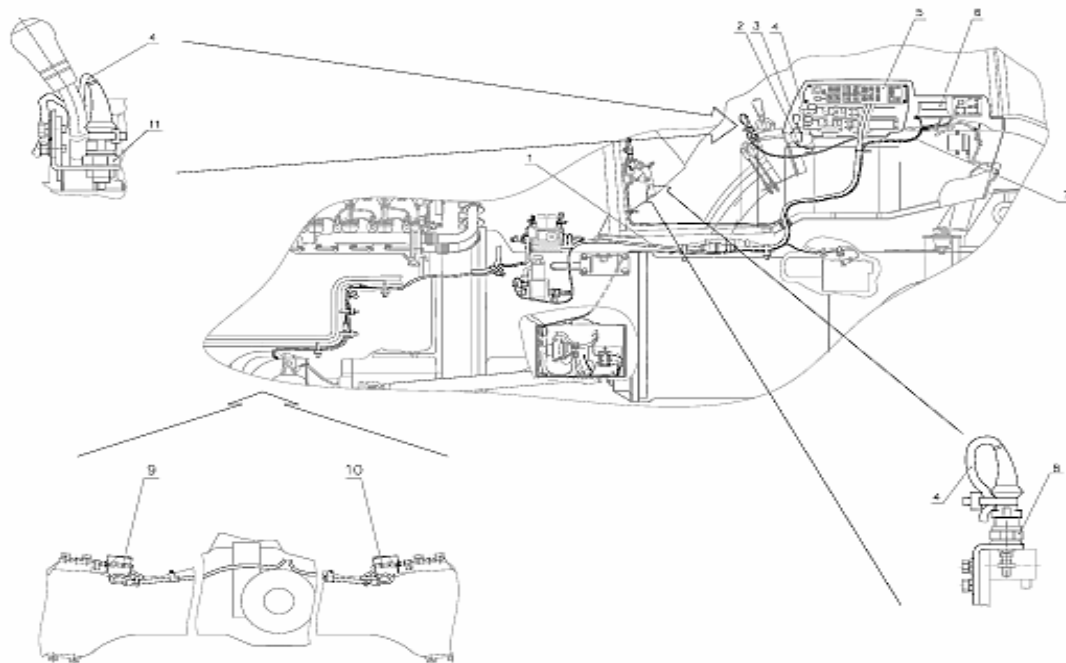


Рис. 11.2. Управление БД, ПВМ, ВОМ и КП. Монтажная схема:

1, 2 – жгуты; 3 – джойстик (WET1234DFW); 4 – жгут; 5 – блок электронный (КЭСУ);  
 6 – блок коммутации и защиты (БКЗ-4520); 7 – жгут; 8 – выключатель (ВК 12–51);  
 9 – выключатель БД заднего моста (левый) (ЭВИТ-С3); 10 – выключатель ПВМ (правый)  
 (ЭВИТ-С3); 11 – выключатель транспортного диапазона (ВК 12–21)

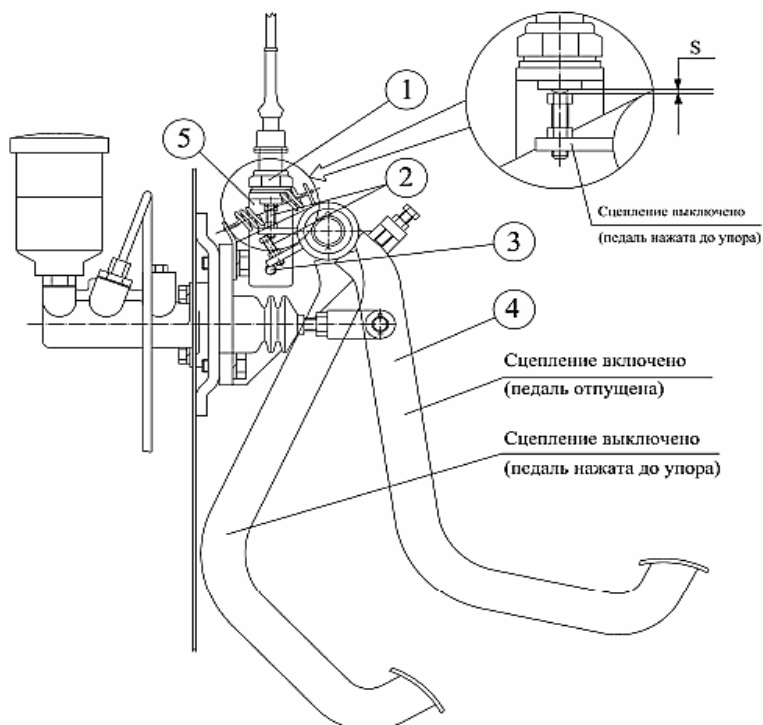


Рис. 11.3. Установка датчика выключенного состояния сцепления:

1 – датчик выключенного состояния сцепления на прямом ходу; 2 – регулировочный болт;  
 3 – болты крепления кронштейна; 4 – педаль сцепления; 5 – кронштейн

Следующий этап диагностики происходит при нажатии кнопки «Подтормаживание» на рычаге выборов диапазона. При нажатии на эту кнопку на панели загорается индикатор 35 (см. рис. 11.1) в виде буквы «Р» (рис. 11.4).

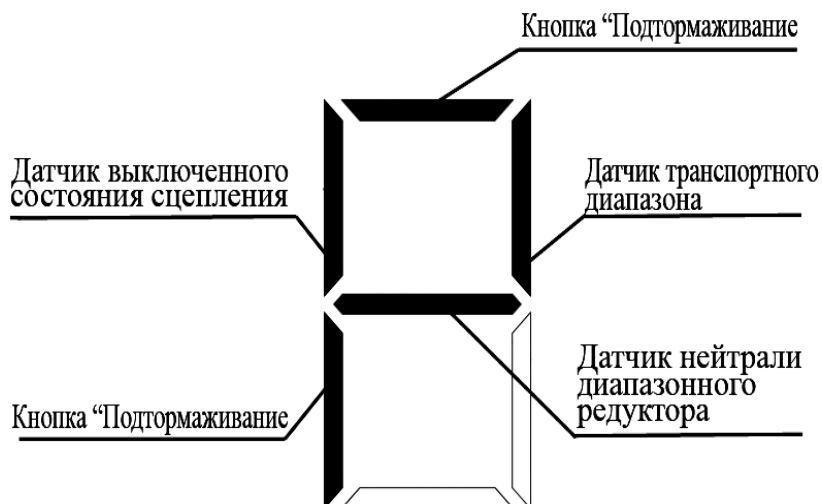


Рис. 11.4. Сигнализация срабатывания датчиков на цифровом индикаторе блока КЭСУ трансмиссии при задании режима Р (подтормаживание)

Каждый горящий сегмент символа «Р» означает выполнение того или иного условия включения режима подтормаживания. Если один из сегментов символа «Р» не горит, то не поступил сигнал от одного из датчиков в соответствии со схемой, представленной на рис. 11.4. Только при условии срабатывания всех датчиков и кнопки «Подтормаживание» на цифровом индикаторе 35 блока КЭСУ трансмиссии отобразится символ «Р».

В процессе работы КЭСУ производит диагностику других её систем:

- короткое замыкание в цепи электромагнита любого электрораспределителя (ЭГР) в блоке указывается однократным миганием сигнализаторов 27–31, 35–37 включения передачи КП (или сигнализаторов включения привода ПВМ, БД заднего моста, ПВОМ и ЗВОМ);
- обрыв в цепи к электромагниту электрогидрораспределителя в блоке указывается двукратным миганием сигнализаторов;
- несрабатывание датчиков давления 16, 18, 20, 22, 24, 26 указывается трехкратным миганием соответствующих сигнализаторов включенного состояния передачи;
- «зависание» золотника электрогидрораспределителя указывается четырехкратным миганием соответствующего сигнализатора включенного состояния передачи.

При одновременном обнаружении нескольких неисправностей в одной цепи сигнализаторы выдают диагностические коды неисправностей (ДКН) в следующей последовательности:

- короткое замыкание в цепи к электромагниту ЭГР;
- обрыв в цепи к электромагниту ЭГР;
- несрабатывание датчиков давления;
- «зависание» золотника ЭГР.

Пауза между последовательными ДКН в три раза длиннее паузы между миганиями сигнализаторов внутри ДКН.

Подтверждение задания режимов работы приводов ПВМ, БДЗМ, ПВОМ и ЗВОМ сопровождается кратковременным срабатыванием зуммера. Сигнализация неисправностей работы привода осуществляется непрерывным зуммером. Его можно выключить кнопкой 39 отключения зуммера.

Если напряжение питания превышает 18 В или падает ниже 9 В, срабатывает сигнализатор 38, и все приводы отключаются.

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучите состав КЭСУ трансмиссии тракторов «Беларус» с джойстиком электронно-гидравлическим переключением передач.

2. Определите расположение элементов КЭСУ трансмиссии на тракторе-стенде.

3. Уясните функциональное назначение датчиков сцепления, нейтрали диапазонного редуктора и выключенного транспортного диапазона, порядок самодиагностики КЭСУ трансмиссии.

4. Ознакомьтесь с расположением органов управления и контроля трансмиссией в кабине трактора, порядком переключения передач.

5. Включите стенд НТЦ-15.98, выполните операции по переключению передач, смоделируйте работу при выходе из строя датчиков.

### **Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Краткое описание КЭСУ трансмиссии трактора «Беларус».
3. Порядок регулировки датчика сцепления.
4. Анализ работы ЭСУ коробки передач.

## Контрольные вопросы

1. Назовите функции, выполняемые электронным блоком КЭСУ трансмиссии.
2. Какие функции выполняет блок электрогидрораспределителей?
3. Назовите исполнительные устройства в системе переключения и их количество.
4. Какие условия должны быть соблюдены, чтобы обеспечить безударное переключение диапазонов КП?
5. Что такое режим подтормаживания и где расположена кнопка задания этого режима?
6. Каким символом индицируется режим подтормаживания, и сигнализацию срабатывания каких датчиков показывает этот символ?
7. Объясните взаимодействие всех компонентов системы переключения передач без разрыва потока мощности.
8. Какие неисправности самодиагностируются в процессе работы КЭСУ трансмиссии?
9. Как регулируют датчики положения педалей сцепления?

## Лабораторная работа № 12

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ ВАЛОВ ОТБОРА МОЩНОСТИ, БЛОКИРОВКИ ДИФФЕРЕНЦИАЛА, ПЕРЕДНЕГО ВЕДУЩЕГО МОСТА ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

**Цель работы:** изучить устройство и работу электрогидравлического управления приводов переднего ведущего моста (ПВМ), блокировки дифференциала заднего моста (БДЗМ), переднего вала отбора мощности (ПВОМ) и заднего вала отбора мощности (ЗВОМ).

**Материальное обеспечение:** трактор-стенд, лабораторный стенд НТЦ-15.98, элементы ЭСУ приводов трансмиссии.

#### Общие сведения

Пропорциональное электрогидравлическое управление БДЗМ, ПВМ, ПВОМ и ЗВОМ является составной частью КЭСУ трансмиссией (КЭСУТ), выполняющей функции управления, сигнализации аварийных состояний гидросистемы, диагностирования неисправностей приводов БДЗМ, ПВМ, ПВОМ и ЗВОМ. Кнопки и сигнализаторы управления составными частями трансмиссии расположены на лицевой панели электронного блока КЭСУТ. Электрическая схема комплексной электронной системы управления БДЗМ, ПВМ, ПВОМ, ЗВОМ и переключением передач трактора «Беларус-3022/3522» приведена в приложении А.

#### *Управление блокировкой дифференциала заднего моста*

Элементы управления БДЗМ (кнопки и сигнализаторы состояний на различных режимах) показаны на рис. 12.1 и 12.2. Блокировка дифференциала производится путем подачи масла под давлением в бустеры, сжимающие фрикционные диски, соединяющие корпус дифференциала и одну из полуосей.

Электронное управление БДЗМ является составной частью КЭСУТ и состоит из электронного блока 1 (см. рис. 12.1), датчика 11 угла поворота направляющих колес, установленного с левой стороны на ПВМ, датчика скорости движения (не показан), установленного на рукаве полуоси, двух датчиков 15 и 16 включенного состояния рабочих тормозов, установленных в кабине над

педалями тормозов, секции 20 электрогидрораспределителя с электромагнитом и датчика 19 давления включенного состояния БДЗМ, соединительных жгутов 14 со штепсельным разъемом 7. Электронная система запитана от бортовой электросети через блок 2 коммутации и защиты. Напряжение питания в систему поступает при повороте ключа выключателя стартера и приборов в положение «включены приборы».

На пульте КЭСУТ находятся кнопки 13 и 22 (см. рис. 12.2) включения/выключения принудительного и автоматического режимов работы БДЗМ, сигнализаторы 23 заданного режима работы и сигнализатор 21 включенного состояния БДЗМ.

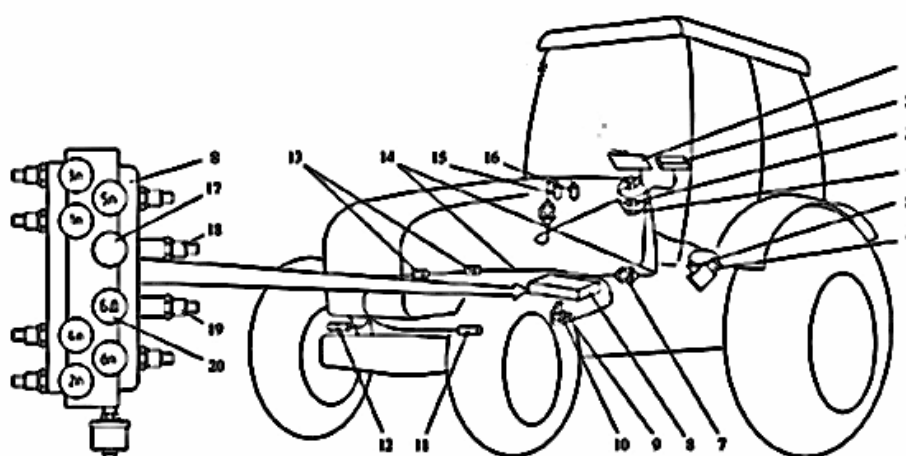


Рис. 12.1. Установка на тракторе компонентов электронной системы управления БДЗМ, ППВМ, ПВОМ и ЗВОМ:

- 1 – блок электронный КЭСУТ; 2 – блок коммутации и защиты; 3, 4, 13 – колодки соединительные; 5 – датчик включенного состояния ЗВОМ; 6 – электрогидрораспределитель ЗВОМ; 7 – разъем штепсельный; 8 – плата с электрогидрораспределителями; 9 – датчик включенного состояния ПВОМ; 10 – электрогидрораспределитель ПВОМ; 11 – датчик угла поворота направляющих колес на  $13^\circ$ ; 12 – датчик угла поворота направляющих колес на  $25^\circ$ ; 14 – жгуты соединительные; 15, 16 – датчики рабочих тормозов; 17 – электрогидрораспределитель ППВМ; 18 – датчик включенного состояния ППВМ; 19 – датчик включенного состояния БДЗМ; 20 – электрогидрораспределитель БДЗМ

Для блокировки дифференциала в автоматическом режиме работы необходимо нажать на кнопку 13 «АУТО». При положении направляющих колес, соответствующих прямолинейному движению, происходит включение распределителя 20 (см. рис. 12.1), который направляет поток масла в муфту БД и блокирует дифференциал. Разблокирование дифференциала происходит автоматически при повороте направляющих колес на угол свыше  $13^\circ$  (срабатывание датчика 11), или

нажатию на обе, либо любую из педалей тормозов (срабатывание соответственно датчиков 15, 16 тормозов), или при скорости движения свыше 16 км/ч (сигнал датчика скорости движения). При снижении скорости движения менее 13 км/ч блокировка снова должна автоматически включиться.

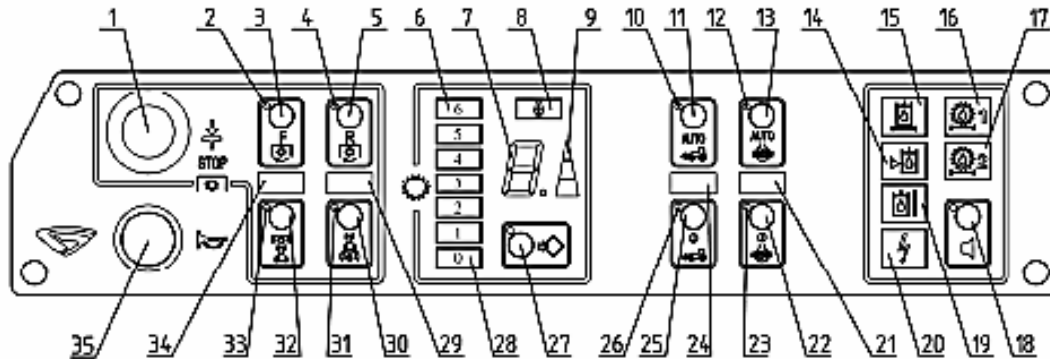


Рис. 12.2. Панель комплексной электронной системы управления:

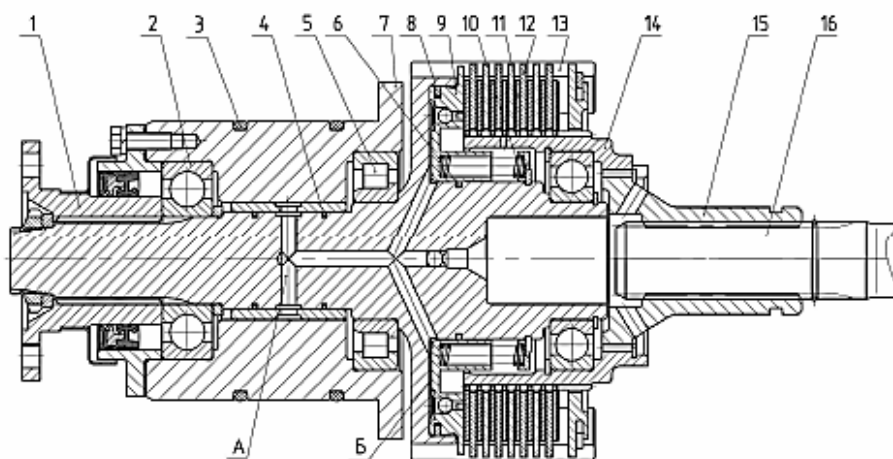
- 1 – кнопка аварийного выключения переднего вала отбора мощности (ПВОМ) и заднего вала отбора мощности (ЗВОМ); 2 – сигнализатор включения ПВОМ; 3 – кнопка включения ПВОМ; 4 – сигнализатор включения ЗВОМ; 5 – кнопка включения ЗВОМ; 6 – сигнализаторы включения передачи (с первой по шестую); 7 – цифровой индикатор; 8 – сигнализатор аварийного режима работы КП; 9 – индикатор режима переключения передач; 10 – сигнализатор включения автоматического режима привода переднего ведущего моста (ППВМ); 11 – кнопка включения автоматического режима ППВМ; 12 – сигнализатор включения автоматического режима блокировки дифференциала заднего моста (БДЗМ); 13 – кнопка включения автоматического режима БДЗМ; 14 – сигнализатор аварийного уровня масла гидронавесной системы (ГНС); 15 – сигнализатор засоренности фильтра насоса ГНС и аварийной температуры масла в насосе ГНС; 16 – сигнализатор засоренности сдвоенного фильтра гидросистемы трансмиссии; 17 – резервный сигнализатор; 18 – кнопка выключения звукового сигнализатора (зуммера); 19 – сигнализатор аварийной температуры масла в баке ГНС; 20 – сигнализатор аварийного напряжения питания КЭСУ; 21 – сигнализатор включенного состояния БДЗМ; 22 – кнопка включения принудительного режима БДЗМ; 23 – сигнализатор включения принудительного режима БДЗМ; 24 – сигнализатор включенного состояния ППВМ; 25 – кнопка включения принудительного режима ППВМ; 26 – сигнализатор включения принудительного режима ППВМ; 27 – кнопка выбора режима переключения передач; 28 – сигнализатор нулевой передачи (передача «0»); 29 – сигнализатор включенного состояния ЗВОМ; 30 – кнопка выключения ЗВОМ; 31 – сигнализатор выключения ЗВОМ; 32 – кнопка выключения ПВОМ; 33 – сигнализатор выключения ПВОМ; 34 – сигнализатор включенного состояния ПВОМ; 35 – кнопка включения звукового сигнала

Включение режима работы системы индицируется сигнализаторами 12. Включенное состояние БД заднего моста (подача под давлением масла в муфту БД) индицируется сигнализатором 21. Включение сигнализатора 21 производит-

ся по сигналу от датчика давления 19, срабатывающего (замыкающего контакты) при давлении свыше 0,6...0,8МПа. Для кратковременного принудительного включения БДЗМ используется кнопка 22 (см. рис. 12.2).

### ***Управление приводом переднего ведущего моста***

Привод ПВМ предназначен для передачи крутящего момента от вторичного вала коробки передач через пару цилиндрических шестерен, торсионный вал, многодисковую фрикционную гидроуправляемую муфту и карданный вал к переднему ведущему мосту. Включение (отключение) привода ППВМ осуществляется с помощью гидроджимной муфты. Муфта привода (рис. 12.3) установлена в расточке корпуса муфты сцепления.



*Рис. 12.3.* Привод переднего ведущего моста:

А – канал подвода масла; Б – бустер муфты;

1 – фланец; 2, 5 – подшипники; 3 – кольцо; 4, 6, 8 – кольца; 7 – стакан; 9 – поршень;  
10 – пружина; 11, 12 – диски; 13 – барабан; 14, 15 – муфты; 16 – торсион

Электронная часть ППВМ предназначена для управления и контроля и состоит из: кнопок управления, расположенных на блоке КЭСУТ 11, 25 (см. рис. 12.2), датчика 12 угла поворота направляющих колес, установленных на ППВМ с правой стороны (см. рис. 12.1), двух датчиков 15, 16 включенного состояния рабочих тормозов, установленных в кабине над педалями тормозов, электрогидрораспределителя управления ПВМ с электромагнитом и датчиком включенного состояния ППВМ, жгутов 14 с разъемом 7, датчика скорости.

В исходном положении, когда ключ выключения стартера и приборов в положении «0», ППВМ отключен. На электромагнит 17 (см. рис. 12.1) электрогидрораспределителя управления ППВМ напряжение не подается, муфта включения ППВМ соединена со сливом, и привод отключен.

При повороте ключа в положение “Г” подается напряжение к блоку управления, и при нажатии на кнопку 11 «АУТО» (см. рис. 12.2) (при положении направляющих колес, соответствующем прямолинейному движению) срабатывает электрогидрораспределитель. В муфту ППВМ подается масло под давлением, и привод включается (автоматический режим).

Отключение привода ППВМ происходит автоматически при повороте направляющих колес на угол свыше  $25^\circ$  (срабатывание датчика 12) или при скорости движения свыше 16 км/ч. При снижении скорости движения менее 13 км/ч ППВМ должен автоматически включиться.

При необходимости кратковременного принудительного включения ППВМ, независимо ни от каких условий, необходимо нажать и удерживать кнопку 25. ППВМ остается включенным на время удержания кнопки в нажатом положении (блок управления не учитывает сигналы от датчиков). При отпускании кнопки 25 происходит возврат ППВМ в исходное (отключенное) состояние.

Автоматическое включение ППВМ независимо от заданного режима (в том числе и в режиме «отключено») происходит при нажатии на заблокированные педали тормозов (срабатывании одновременно датчиков 15 и 16), а также при обрыве электрических цепей к электромагниту электрогидрораспределителя управления ППВМ.

Включенное состояние ППВМ (подача под давлением масла в муфту включения ППВМ) индицируется сигнализатором 24, включение сигнализатора происходит по сигналу от датчика давления 18, срабатывающего (замыкающего контакты) при давлении свыше 0,6...0,8 МПа.

### ***Управление передним валом отбора мощности***

Передний вал отбора мощности предназначен для привода сельскохозяйственных машин с активными рабочими органами, расположенными на переднем навесном устройстве. Передний ВОМ обеспечивает частоту вращения хвостовика  $1000 \text{ мин}^{-1}$  при частоте вращения коленчатого вала двигателя  $2100 \pm 50 \text{ мин}^{-1}$  с реализацией мощности 60 кВт. Направление вращения хвостовика ВОМ – по часовой стрелке, если смотреть на его торец. Передний вал отбора мощности выполнен в виде самостоятельного узла и представляет собой планетарный редуктор с ленточными тормозами. Передача крутящего момента на ПВОМ осуществляется от коленчатого вала двигателя к редуктору привода ПВОМ 1 (рис. 12.4) через переходник 11 и сдвоенный шарнир 3 со шлицевым валом, находящимся в зацепле-

нии с входным валом редуктора привода ПВОМ 1, и карданный вал 5, соединяющий редуктор привода ПВОМ 1 с редуктором ПВОМ 6. В редукторе ПВОМ 6 передача мощности осуществляется от входного вала 7 к хвостовику 8 посредством планетарной передачи. Планетарный редуктор ПВОМ 6 управляется гидроцилиндром 9, связанным с поворотным валиком 10, воздействующим на рычаги ленточных тормозов. Перемещение штока гидроцилиндра осуществляется путем изменения направления потока масла в распределителе 2 (рис. 12.5).

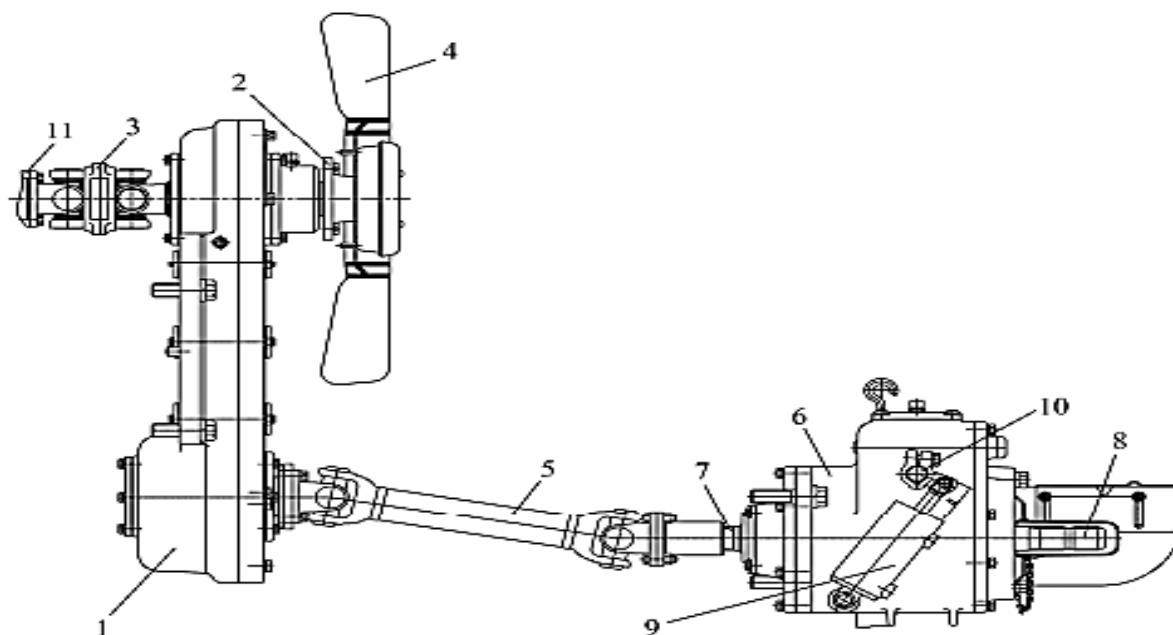


Рис. 12.4. Передний ВОМ (механическая часть):

1 – редуктор привода ПВОМ; 2 – фланец вала привода вентилятора; 3 – сдвоенный шарнир; 4 – вентилятор; 5 – карданный вал; 6 – редуктор ПВОМ; 7 – входной вал; 8 – хвостовик; 9 – гидроцилиндр; 10 – поворотный валик; 11 – переходник

Электронная часть системы управления передним ВОМ состоит из блока КЭСУТ 1 (см. рис. 12.1), дискретного электрогидрораспределителя 10 с электромагнитом и датчика давления 9 включенного состояния привода переднего ВОМ, закрепленных на кронштейне привода сцеплением, соединительных жгутов со штепсельным разъемом 7, находящимся под кабиной. Система запитана от бортовой электросети через блок коммутации и защиты 2. Напряжение питания в систему поступает после поворота выключателя стартера и приборов в положение «I».

Дискретный датчик давления 1 (см. рис. 12.5), срабатывающий (закрывающий контакты) при давлении свыше 0,6...0,8 МПа, установлен в магистрали подачи масла от электрогидрораспределителя 2 в гидроцилиндр. От датчика 1 включается сигнализатор 23 включенного состояния ПВОМ.

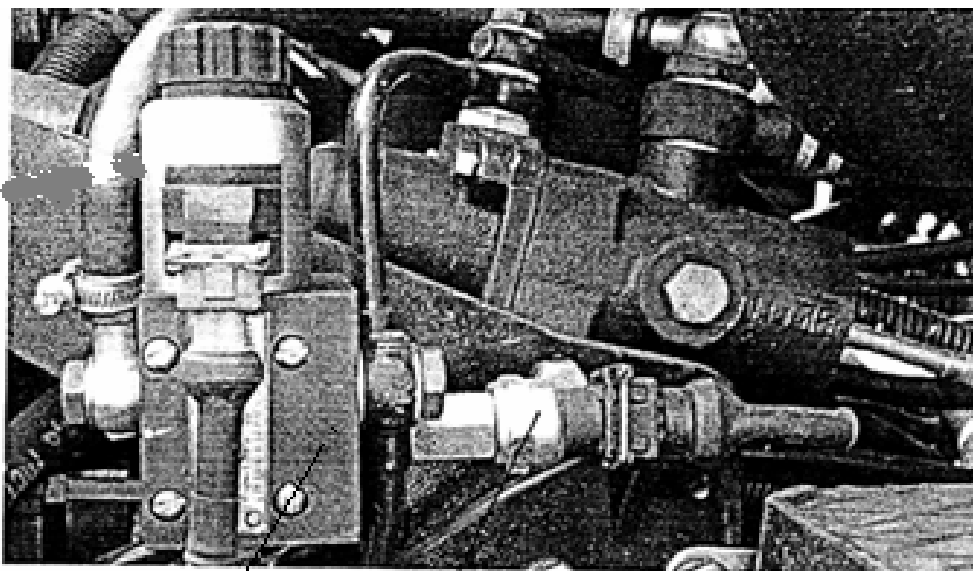


Рис. 12.5. Установка электрогидрораспределителя и датчика давления ПВОМ:  
1 – датчик давления; 2 – электрогидрораспределитель (пропорциональный электромагнитный клапан)

На лицевой панели блока КЭСУТ находятся кнопки 3 и 32 (см. рис. 12.2) включения/выключения привода ПВОМ, сигнализаторы 2, 33 индикации заданного режима и сигнализатор 34 включенного состояния привода ПВОМ (поддачи под давлением масла в муфту включения привода ПВОМ), кнопка 1 аварийной остановки ПВОМ и ЗВОМ.

### ***Управление задним валом отбора мощности***

Задний вал отбора мощности имеет независимый привод хвостовика  $1000 \text{ мин}^{-1}$  в двух режимах – основном и экономичном. Экономичный режим используется для экономии топлива на частичных режимах двигателя при работе с машинами, не требующими полной мощности. Частота вращения  $1000 \text{ мин}^{-1}$  на хвостовике ВОМ обеспечивается путем снижения оборотов двигателя до  $1435 \text{ мин}^{-1}$ . Переключение на экономичный режим осуществляется поводком 33 в редукторе ЗВОМ (рис. 12.6). Вращение заднему ВОМ передается от двигателя с помощью соединительных валов и шлицевых втулок в коробке передач и корпусе заднего моста. Узлы заднего ВОМ смонтированы в расточках корпуса заднего моста и крышки ВОМ.

Включение ВОМ осуществляется фрикционом при подаче в его бустер масла по каналу от распределителя управления ВОМ. Остановка хвостовика осуществляется тормозом при подаче масла под давлением по отдельному каналу от распределителя (см. рис. 12.6).

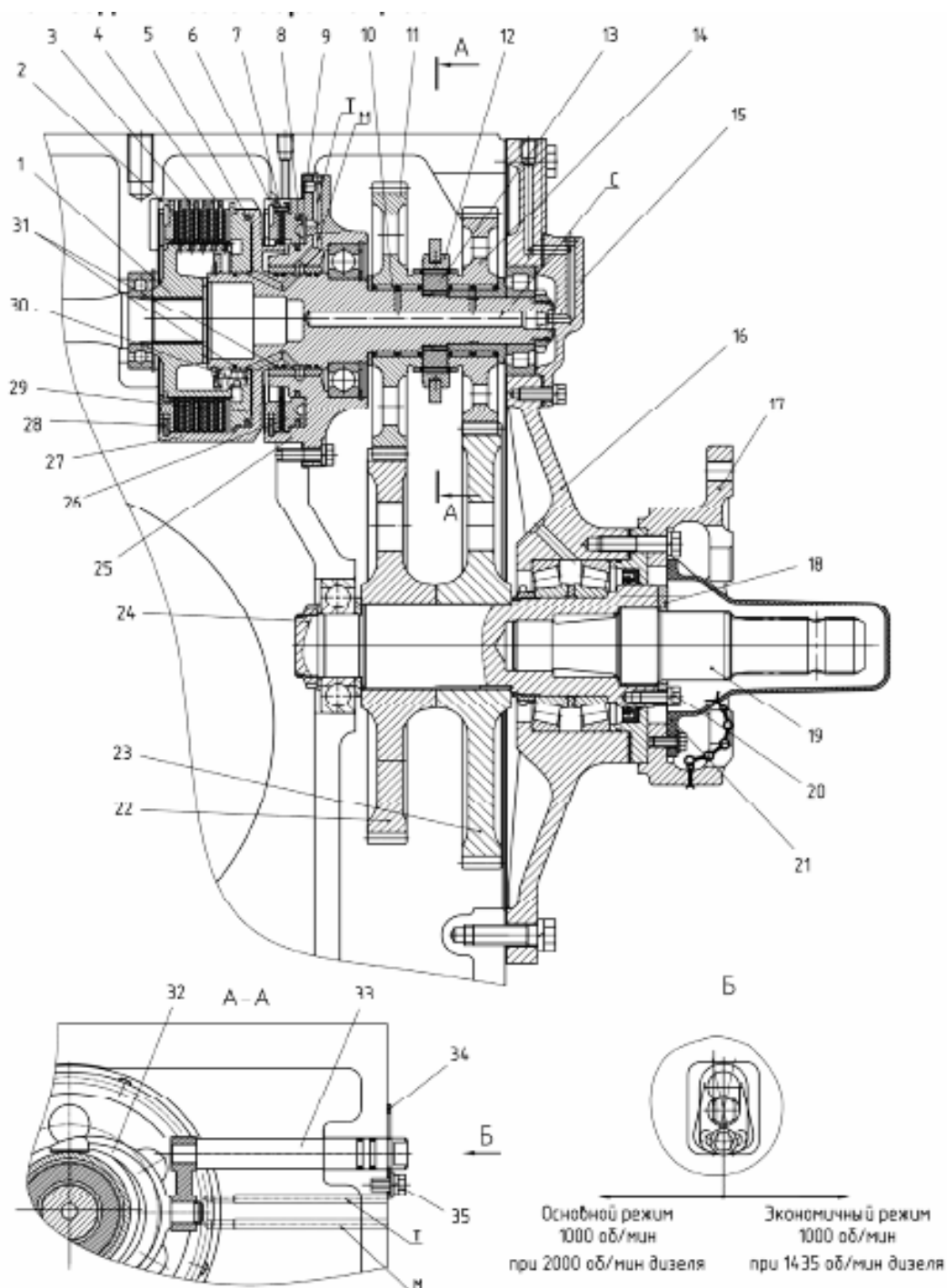


Рис. 12.6. ВОМ задний:

- 1 – муфта шлицевая; 2 – упорный диск фрикциона; 3 – ведущий диск 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 – крышка подшипника; 16 – крышка ВОМ;  
 17 – проставка; 18 – шайба торцевая; 19 – сменный хвостовик; 20 – болт; 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 – кольцо стопорное; 29 – поршень фрикциона; 30 – пружины; 31 – кольца уплотнительные; 32 – вилка;  
 33 – валик переключения; 34 – пластина стопорная; 35 – болт фиксирующий

Электрогидрораспределитель (рис. 12.7) управляет потоком масла, подводимым к фрикциону включения привода и тормоза ЗВОМ.

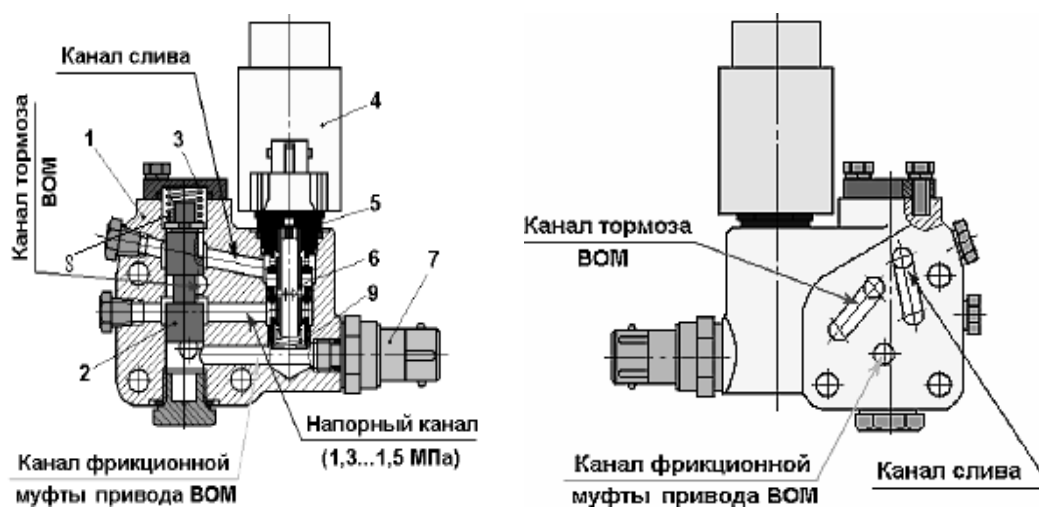


Рис. 12.7. Электрогидрораспределитель управления задним ВОМ:

1 – корпус; 2 – золотник; 3 – крышка; 4 – соленоид; 5 – корпус пропорционального клапана; 6 – золотник пропорционального клапана; 7 – датчик давления порогового типа (давление срабатывания 0,6...0,8 МПа); 8 – пружина золотника; 9 – пружина золотника пропорционального клапана

Электронная часть электрогидравлической системы управления ЗВОМ входит в КЭСУТ и состоит из электронного блока КЭСУТ (см. рис. 12.1), электрогидрораспределителя 6 с электромагнитом и датчиком 5 давления включенного состояния привода ЗВОМ, установленных на заднем мосту (правый бортовой редуктор) и соединенных с блоком 1 электрическим жгутом 14.

Питание системы от бортовой сети осуществляется через блок 2. Напряжение питания в систему подается при повороте ключа в положение «I».

Управление ЗВОМ 5, 30, 1 (см. рис. 12.2) находится на панели КЭСУТ, там же находятся сигнализаторы режимов работы 4, 29, 31.

Электронное управление позволяет обеспечивать подачу масла в гидромуфту по заданному пути и выполнить плавный пуск заднего ВОМ. КЭСУТ допускает повторное включение ЗВОМ только по истечении 30 с после его выключения.

При остановке двигателя ЗВОМ автоматически отключается и для его включения после повторного пуска двигателя необходимо нажать кнопку 5 (см. рис. 12.2).

При отсутствии напряжения электрического тока на соленоиде 4 управляющий золотник 6 пропорционального клапана под действием пружины 9 занимает верхнее положение. При этом через радиальные отверстия в управляющем золотнике канал подачи масла к муфте привода ВОМ соединяется со сливом. Золотник 2 под действием пружины занимает нижнее положение, соединяя напорную

масляную магистраль с каналом подачи масла к тормозу ВОМ. При подаче напряжения электрического тока на соленоид 4 управляющий золотник пропорционального клапана 6 перемещается вниз, преодолевая усилие пружины. При этом через радиальные отверстия управляющего золотника напорная масляная магистраль соединяется с каналом подачи масла к муфте привода ВОМ и полостью под золотником 2. Под действием давления масла золотник, преодолевая усилие пружины, перемещается вверх и соединяет канал подачи масла к тормозу ВОМ со сливом.

### **Порядок выполнения лабораторной работы**

1. Изучите устройство и работу системы управления БДЗМ, ППВМ, ПВОМ и ЗВОМ.
2. Определите на тракторе-стенде расположение компонентов системы управления БДЗМ, ППВМ, ПВОМ и ЗВОМ.
3. Определите на электрической схеме (приложение А) элементы КЭСУ трансмиссии.
4. Включите стенд НТЦ-15.98, изучите работу органов управления и сигнализации ЭСУ приводами БДЗМ, ПВМ, ЗВОМ, ПВОМ.

### **Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Краткое описание систем электрогидравлического управления ППВМ, БДЗМ, ПВОМ и ЗВОМ.
3. Электрическая схема управления одной из систем (по указанию преподавателя). Используйте приложение А.
4. Анализ результатов работы на стенде НТЦ-15.98.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите компоненты и объясните работу системы электронно-гидравлического управления БДЗМ.
2. Назовите компоненты и объясните работу системы электронно-гидравлического управления ППВМ.
3. Назовите компоненты и объясните работу электронно-гидравлической системы управления ПВОМ и ЗВОМ.
4. Объясните назначение датчиков углов поворота направляющих колес  $13^\circ$  и  $25^\circ$ . Где установлен каждый из этих датчиков?
5. Какие клавиши, сигнализаторы и другие компоненты расположены на панели КЭСУТ?
6. Как работают и взаимодействуют с клавишами сигнализаторы на панели КЭСУТ?

## Лабораторная работа № 13

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

**Цель работы:** изучить устройство и работу электронных контрольно-измерительных приборов тракторов «Беларус-2822ДЦ/3022ДЦ.1/3522.5».

**Материальное обеспечение:** образцы тракторов, лабораторный стенд НТЦ-15.99С, панели приборов.

#### Общие сведения

На тракторах «Беларус» устанавливают электронные информационно-измерительные системы (ЭИИС). Электронные контрольно-измерительные приборы (ЭКИП), входящие в эти системы, в сравнении с электрическими измерительными приборами, расширяют возможности по количеству контрольных параметров и по способам отображения информации. Применение ЭКИП повышает информативность, компактность установки и упрощает монтаж приборов за счет применения гибкого печатного монтажа. ЭИИС современных тракторов «Беларус» включает в себя комбинации приборов, индикаторы комбинированные, информационные мониторы и блоки светодиодных сигнальных ламп, датчики и др.

#### *Щиток приборов тракторов «Беларус»*

Модернизированный щиток приборов на тракторах «Беларус-2822ДЦ/3022ДЦ.1» укомплектован комбинацией приборов 1 и индикатором комбинированным 2, блоком контрольных ламп, пультом управления 3, переключателями и др. (рис. 13.1). Тракторы высокого технического уровня оснащаются информационным монитором.

На мониторе отображаются реальные параметры работы дизеля и индицируются неисправности ЭСУ дизеля (ЭСУД). Связь информационного монитора с блоком ЭСУД также осуществляется посредством CAN-шины, по которой электронные приборы могут одновременно передавать и принимать цифровую информацию.

Электрическая схема тракторов «Беларус-2822ДЦ/3022ДЦ.1» с дизелем Deutz, включающая ЭКИП, информационный монитор, блок ЭСУД, диагностический разъем для контроля с помощью информационной CAN-шины приведена в приложении Б.

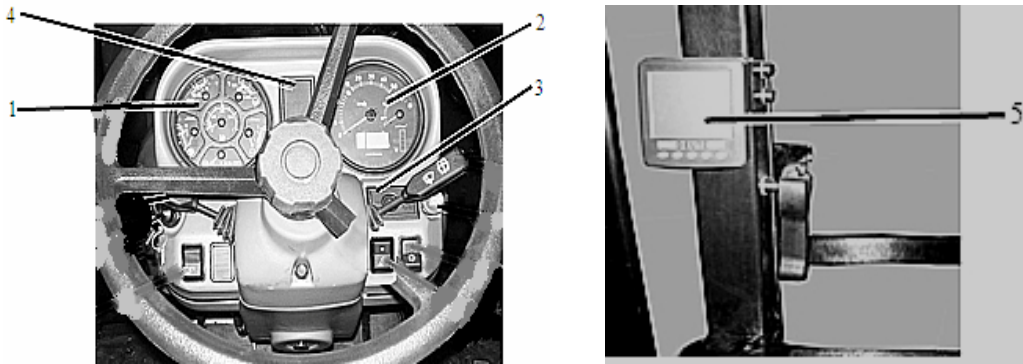


Рис. 13.1. Электронные контрольно-измерительные приборы тракторов «Беларус-2822ДЦ/3022ДЦ.1/3522.5»:

1 – комбинация приборов; 2 – индикатор комбинированный; 3 – пульт управления (программирования) ИК; 4 – блок контрольных ламп; 5 – информационный монитор

### Комбинация приборов (КП)

На лицевой панели комбинации приборов предусмотрены *шесть стрелочных указателей*, отображающих следующую информацию: давление масла в системе смазки дизеля 10, давление воздуха в пневмосистеме 3, давление масла в гидросистеме трансмиссии 1, объем топлива в баке 7, температура ОЖ в дизеле 9, напряжение в бортовой сети трактора 5.

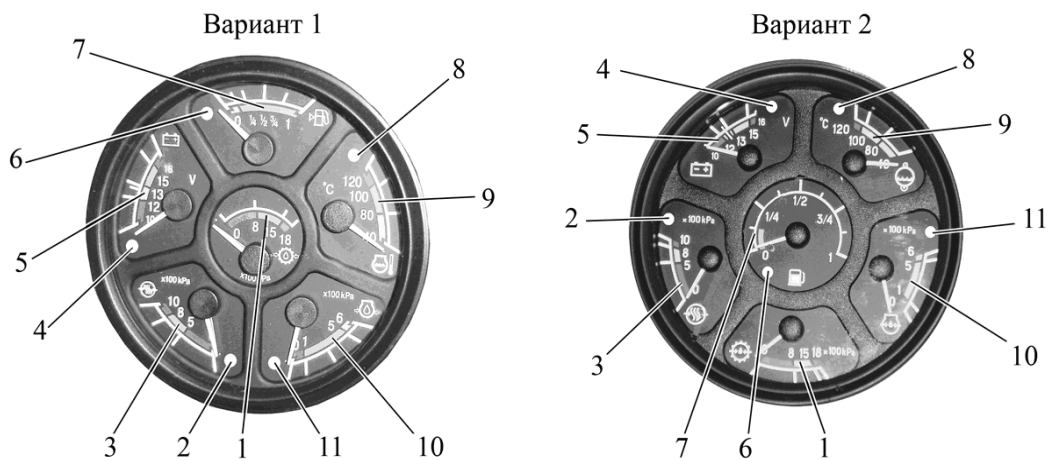


Рис. 13.2. Комбинация приборов:

1 – указатель давления масла в гидросистеме трансмиссии; 2 – сигнальная лампа аварийного давления воздуха в пневмосистеме; 3 – указатель давления воздуха в пневмосистеме; 4 – контрольная лампа зарядки дополнительной аккумуляторной батареи напряжением 24 В; 5 – указатель напряжения; 6 – сигнальная лампа резервного объема топлива в баке; 7 – указатель объема топлива в баке; 8 – сигнальная лампа аварийной температуры охлаждающей жидкости двигателя; 9 – указатель температуры охлаждающей жидкости двигателя; 10 – указатель давления масла в системе смазки двигателя; 11 – сигнальная лампа аварийного давления масла в системе смазки двигателя

Рядом со стрелочными указателями установлены лампы-сигнализаторы: аварийного давления воздуха в пневмосистеме 2, зарядки дополнительной АКБ для системы пуска 24 В 4, резервного объема топлива в баке 6, аварийной температуры ОЖ 8, аварийного давления масла в системе смазки дизеля 11.

На задней поверхности комбинации приборов (рис. 13.3) предусмотрены две гнездовые колодки: ХР1 (9-контактная) и ХР2 (7-контактная). Через эти колодки осуществляется связь комбинации с сигнальными резистивными датчиками и обмен информацией с блоком ЭСУД (давление масла и температуры ОЖ в дизеле) по CAN-шине. Распиновка выводов разъемов ХР1 и ХР2 комбинации приборов сведена в табл. 13.1.

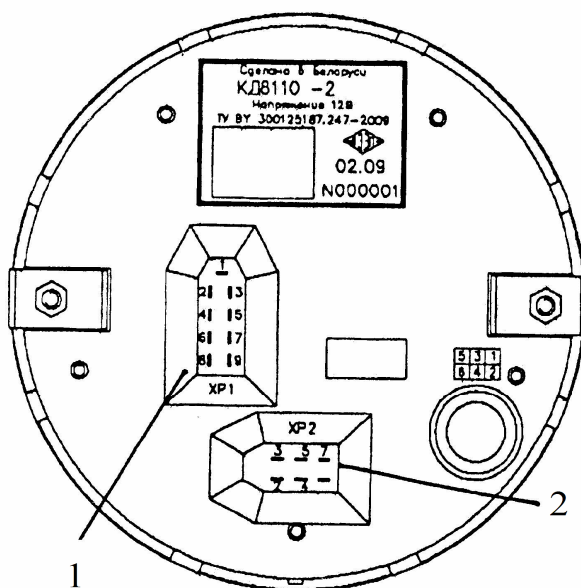


Рис. 13.3. Задняя поверхность комбинации приборов:  
1 – колодки: ХР1; 2 – колодки: ХР2

Таблица 13.1

Распиновка выводов ХР1 и ХР2 комбинации приборов

№/№ контакта	Разъем ХР1
1	Питание «12 В» подсветки прибора
2	Питание «-» прибора
3	Лампа диагностики работоспособности преобразователя напряжения
4	Цепь аварийного звукового сигнализатора (зуммера)
5	Указатель давления масла в двигателе. Сигнал по проводу CAN-High
6	Лампа аварийной температуры ОЖ в двигателе. Сигнал по проводу CAN-Gnd
7	Лампа аварийного давления масла в двигателе (резерв)
8	Указатель температуры ОЖ в двигателе. Сигнал по проводу CAN-Low
9	Питание «12 В» прибора

№/№ контакта	Разъем ХР2
1	Резерв
2	Лампа аварийного давления масла в трансмиссии (резерв)
3	Указатель объема топлива
4	Указатель давления масла в трансмиссии
5	Лампа аварийного давления воздуха в пневмосистеме
6	Лампа резервного уровня топлива в баке (резерв)
7	Указатель давления воздуха в пневмосистеме

**Датчики комбинации приборов.** Датчик давления масла в гидросистеме трансмиссии 3 (рис. 13.4) реостатного типа.

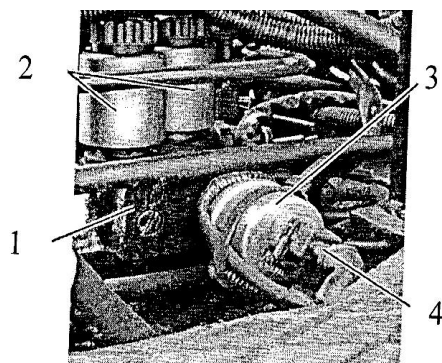


Рис. 13.4. Установка датчика 3 давления масла в гидросистеме трансмиссии трактора: 1 – плита электрогидрораспределителей; 2 – пропорциональные клапаны; 3 – датчик давления масла в гидросистеме трансмиссии; 4 – жгут проводов по трансмиссии

Значения сопротивления реостата (Ом) в контрольных точках ( $\times 100$ кПа): «0»-10; «8»-76...96; «15»-134...154; «18»-174...194.

Датчик давления воздуха в пневмосистеме реостатного типа. Установка датчика на тракторе приведена на рис. 13.5.

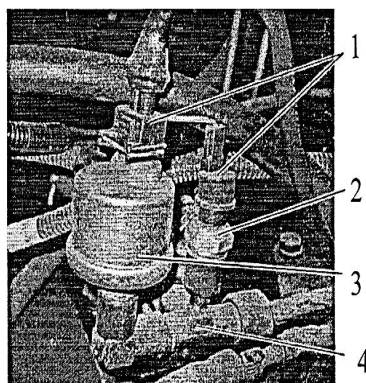
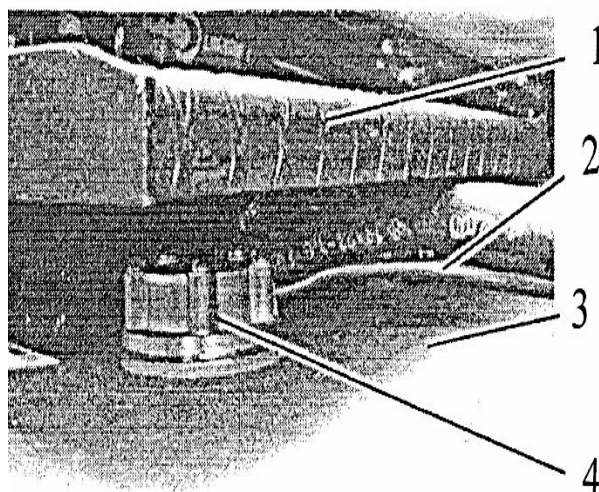


Рис. 13.5. Установка на тракторе датчика 3 давления воздуха и датчика 2 аварийного давления воздуха в пневмосистеме: 1 – чехол и провод жгута ЭО трансмиссии; 2 – датчик аварийного давления воздуха; 3 – датчик давления воздуха; 4 – штуцер установки датчиков

Значения сопротивления реостата (Ом) датчика 3 (см. рис. 13.5) в контрольных точках ( $\times 100$ кПа): «0» - 6...12; «5» - 101...107; «8» - 148...156; «10» - 174...194.

*Датчик аварийного падения давления воздуха в пневмосистеме 2* (см. рис. 13.5) контактного типа. При падении давления воздуха ниже 0,45...0,55МПа замыкаются контакты датчика, и зажигается сигнальная лампа 2 указателя 3 (см. рис. 13.2) комбинации приборов.

*Датчик объема топлива в баке 4* (рис. 13.6). Электронный датчик объема топлива (частотный) является альтернативой реостатному (резистивному) датчику уровня топлива «КМГУ» (Венгрия). В этом случае указатель 7 (см. рис. 13.2) показывает объем (количество) топлива в баке, а не его уровень. Лампа сигнализации резервного топлива зажигается при частоте сигнала 625 Гц.



*Рис. 13.6. Установка датчика объема топлива на топливном баке:*

1 – подножка кабины; 2 – провод датчика; 3 – топливный бак; 4 – датчик объема топлива

Диапазон изменений частоты сигнала датчика объема топлива по мере заполнения топливного бака в контрольных точках указателя объема топлива должен быть: «0» – 500 Гц; 1/8(резерв) – 625 Гц; «1/4» – 750 Гц; «1/2» – 1000 Гц; «3/4» – 1250 Гц и «1» – 1500 Гц.

### ***Индикатор комбинированный (ИК)***

Индикатор комбинированный (рис. 13.7) – более совершенный программируемый ЭКИП, устанавливаемый на тракторах «Беларус», отображает информацию об эксплуатационных параметрах систем и агрегатов трактора, представляет оператору данные о нарушении работы или выходе из строя

какой-либо системы. Кроме стрелочных индикаторов скорости движения 1 и указателя частоты вращения 2 (рис. 13.7) индикатор комбинированный включает многофункциональный индикатор 16. ИК отличается наглядностью, информативностью и современным дизайном.

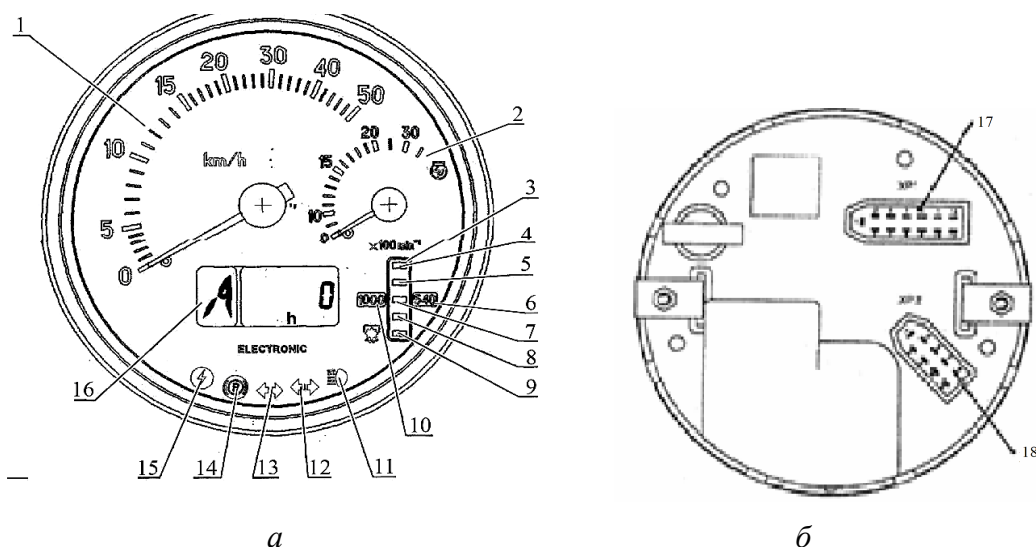


Рис. 13.7. Индикатор комбинированный AP80-3813-01:

*а* – лицевая панель; *б* – вид сзади:

1 – указатель скорости движения (стрелочный индикатор); 2 – указатель частоты вращения двигателя (стрелочный индикатор); 3 – указатель частоты вращения ЗВОМ (световой индикатор); 4, 9 – сегменты шкалы частоты вращения ЗВОМ (желтого цвета); 5, 7, 8 – сегменты шкалы частоты вращения ЗВОМ (зеленого цвета); 6 – сигнализатор диапазона шкалы частоты вращения ЗВОМ «540 мин<sup>-1</sup>» (желтого цвета); 10 – сигнализатор диапазона шкалы частоты вращения ЗВОМ «1000 мин<sup>-1</sup>» (желтого цвета); 11 – контрольная лампа-индикатор включения дальнего света фар (синего цвета); 12 – контрольная лампа-индикатор включения указателей поворотов прицепа (зеленого цвета); 13 – контрольная лампа-индикатор включения указателей поворотов трактора (зеленого цвета); 14 – контрольная лампа-сигнализатор включения стояночного тормоза (красного цвета); 15 – контрольная лампа-сигнализатор повышенного напряжения бортовой сети (красного цвета); 16 – многофункциональный индикатор; 17 – колодка 13-контактного разъема ХР1; 18 – колодка 9-контактного разъема ХР2

Таблица 13.2

Распиновка выводов разъемов ХР1 и ХР2 ИК

№ контакта	Распиновка контактов разъема ХР1 (17, см.7,б)
1	Питание «-» прибора (масса)
2	Питание «12 В» прибора
3	Сигнал с датчика частоты вращения ЗВОМ
4	Сигнал с датчика частоты вращения заднего левого колеса
5	Кодовая посылка с блока КЭСУ – номер включенной передачи

6	Сигнал с датчика частоты вращения заднего правого колеса
7	Резерв
8	Резерв
9	Питание «12 В» подсветки прибора
10	Сигнализация включения дальнего света дорожных фар
11	Сигнализация включения указателей поворотов прицепа
12	Сигнализация включения стояночного тормоза
13	Сигнализация включения указателей поворотов трактора
№ контакта	Распиновка контактов разъема ХР2 (18, см. рис.7, б)
1	Питание «-» пульта программирования от ИК
2	Кнопка «Режим индикации»

Составной частью ИК является многофункциональный дисплей (рис. 13.8). На последнем, кроме номера включенной передачи (поле 1), в поле 2 отображается информация: суммарное астрономическое время наработки дизеля (ч), мгновенный расход топлива (л/ч), напряжение бортовой сети (В), объем оставшегося топлива (л), время работы на остатке топлива (ч), частота вращения ЗВОМ (об/мин), диагностика работоспособности датчиков скорости, диагностика работоспособности частотного датчика объема топлива, диагностика работоспособности и подключения CAN-шины к ИК.

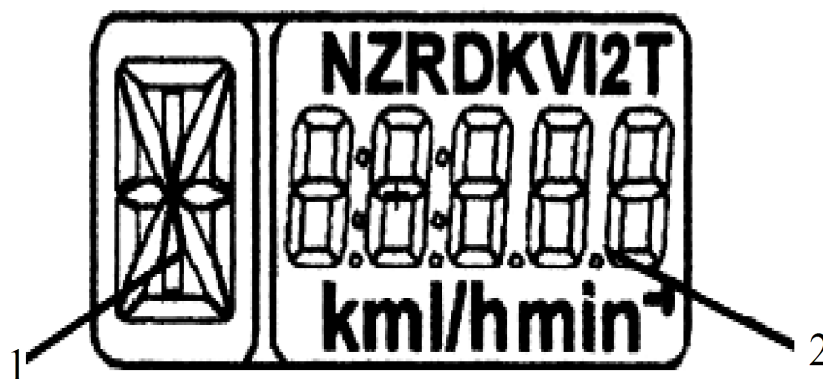


Рис. 13.8. Многофункциональный ЖК-дисплей ИК:

1 – цифровое обозначение номера включенной передачи КП; 2 – текущее числовое значение одного из параметров систем трактора

Переключение (навигация) между указанными выше параметрами индикации, а также между сообщениями о неисправностях осуществляется кнопкой «Режим» пульта управления (программирования) ИК (рис. 13.9).

Пульт управления (рис. 13.9) позволяет вручную программировать ИК с помощью кнопок «Параметр» и «Значение», а также изменять режим отображаемых на дисплее параметров кнопкой «Режим». Разъем ХР1 пульта управления

позволяет производить автоматическое программирование ИК с помощью специального прибора, если имеется. ИК может применяться на различных машинах и программируется на заводе по различным параметрам: числу зубьев импульсных дисков датчиков скорости движения, радиусу качения задних колес, передаточному числу ЗВОМ, числу зубьев импульсного диска датчика частоты вращения ЗВОМ, объему топливного бака (л).

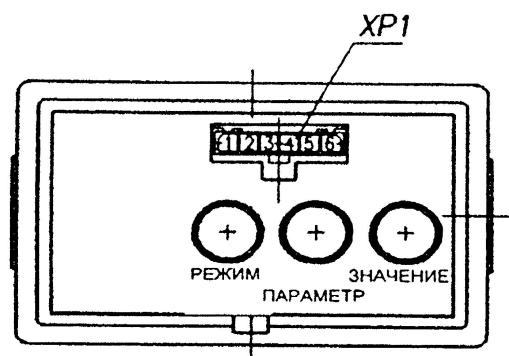


Рис. 13.9. Пульт управления (программирования) ИК

На ИК имеется также ряд контрольных ламп-сигнализаторов (см. рис. 13.7), в том числе сигнализаторы (указатели) частоты вращения ЗВОМ (поз. 3...10).

Между КПр и ИК расположен блок контрольных ламп (см. рис. 13.1).

*Датчики ИК.* Датчики частоты вращения левого и правого задних колес трактора индукционного (импульсного) типа. Установка датчиков показана на рис. 13.10.

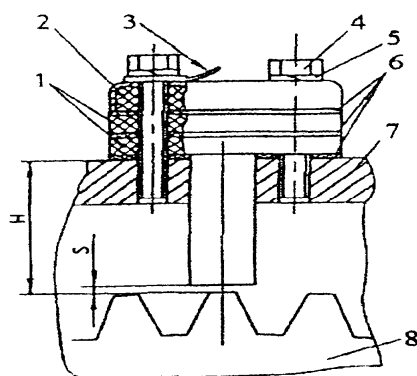


Рис. 13.10. Установка датчиков частоты вращения задних колес трактора:

1 – прокладка пластиковая; 2 – датчик скорости; 3 – провод «массы»; 4 – болт; 5 – шайба;  
6 – прокладки регулировочные; 7 – рукав полуоси; 8 – зубчатый диск (шестерня); «S» – зазор;  
«H» – размер, измеряемый до установки датчика (мм)

При установке датчиков необходимо обеспечить зазор  $S = (1,9...2,8)$  мм между датчиком 2 (рис. 13.10) и зубом шестерни 8 с помощью прокладок 6, предварительно измерив размер «H».

Уровень сигнала напряжения датчика должен изменяться в пределах от 0 до (5 – 9) В.

Указатель скорости дает показания по импульсам датчика от зубчатого диска на полуоси, вращающейся с меньшей скоростью. При неисправности одного из датчиков указатель скорости ИК будет давать показания по сигналам исправного датчика.

*Датчик частоты вращения ЗВОМ* индукционного (импульсного) типа. Установка датчика приведена на рис. 13.11.

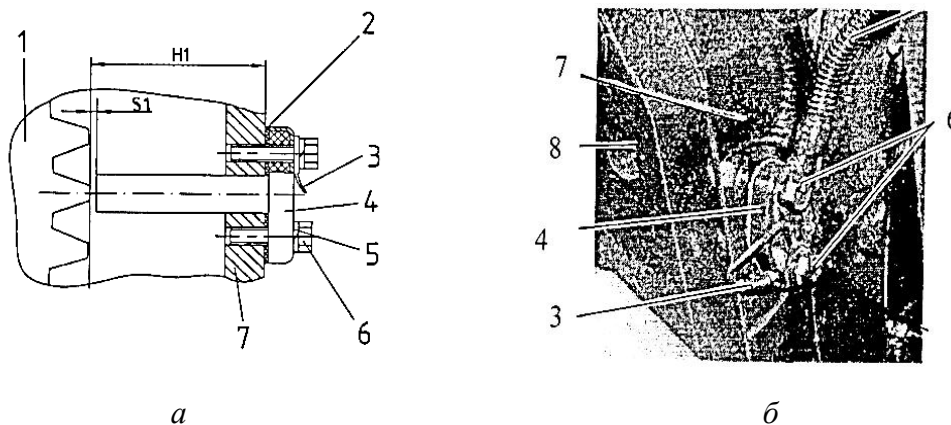


Рис. 13.11. Установка датчика частоты вращения ЗВОМ:

*a* – чертеж установки датчика; *б* – вид сбоку:

- 1 – ведомая шестерня редуктора ЗВОМ; 2 – прокладка регулировочная; 3 – провод «массы»;  
4 – датчик частоты вращения ЗВОМ; 5, 6 – болт, шайба; 7 – корпус заднего моста;  
8 – корпус ЗВОМ

Так же, как и для датчиков частоты вращения колес трактора, при установке датчика 4 (рис. 13.11, *a*) важно предусмотреть зазор  $S1 = (1,9...2,8)$  мм между торцом датчика и выступом зуба шестерни 1. Это достигается путем определения размера «Н1» и установки регулировочных прокладок 2.

Уровень сигнала напряжения датчика должен изменяться в пределах от 0 до (5...9) мм.

### ***Информационный монитор двигателя Deutz***

Информационный монитор 5 (рис. 13.12) предназначен для отображения реальных параметров работы двигателя Deutz и индикации неисправностей ЭСУД, включая систему избирательной каталитической нейтрализации отработавших газов SCR. Монитор по CAN-шине получает информацию через блок управления двигателем.

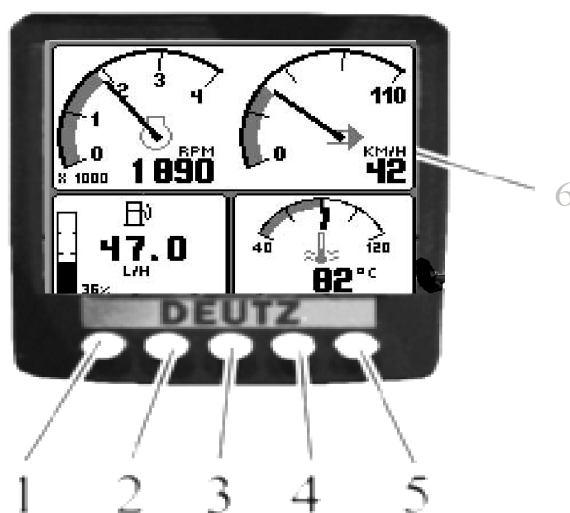


Рис. 13.12. Информационный монитор Deutz:

1 – кнопка вызова основного (трехсекционного) отображения и перебора индицируемых параметров; 2 – кнопка вызова четырехсекционного отображения и перебора индицируемых параметров; 3 – кнопка вызова графического отображения и перебора индицируемых параметров; 4 – кнопка вызова индикации списка ошибок (неисправностей) и перебора индицируемых параметров; 5 – кнопка входа/выхода в режим настройки контрастности, яркости и PIN-кода; 6 – экран

При установленном ключе выключателя стартера и приборов в положении “Г” в электронную систему управления двигателем подается напряжение питания. После поступления напряжения питания ЭСУД постоянно проводит самодиагностику. При отсутствии неисправностей в работе ЭСУД информационный монитор функционирует в рабочем режиме – отображает реально измеренные параметры работы двигателя и системы SCR.

При обнаружении ошибок информационный монитор выдает звуковой и световой сигналы. После нажатия на любую из пяти кнопок информационного монитора на экране появляется краткое описание выявленных ошибок (обозначение кода ошибки и ее описание). Расшифровка кодов ошибок, а также рекомендуемые действия по устранению выявленных неисправностей приведены в руководстве по эксплуатации двигателя.

### Порядок выполнения работы

1. Изучите конструкцию и функциональные особенности КПр и ее связи с датчиками сигналов.
2. Изучите конструкцию и функциональные особенности ИК и его связи с датчиками сигналов.

3. Определите на электрической схеме элементы КПр и ИК, их соединение с датчиками (приложение Б).

4. Определите расположение элементов КПр, ИК, датчиков на тракторе.

5. Уясните функционирование пульта управления ИК.

6. Включите стенд НТЦ-15.99С и проследите за показаниями приборов КПр и ИК на разных режимах работы двигателя.

### **Содержание отчета**

1. Цель работы.

2. Краткое описание контрольно-измерительных приборов и их датчиков.

3. Перечень указателей КПр, ИК, их условное обозначение и значения соответствующих параметров в рабочей и аварийной зонах.

4. Электросхема соединения одного из датчиков (по указанию преподавателя) с прибором (используйте приложение Б).

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите преимущества комбинаций приборов и индикаторов современных тракторов «Беларус» перед индивидуальными приборами.

2. Какие параметры КПр и ИК индицируют по сигналам блока ЭСУД и какие – по сигналам от датчиков?

3. С какими датчиками работают КПр и ИК, и к какому типу они относятся?

4. Что программируется при эксплуатации трактора с ИК?

5. На каких моделях тракторов «Беларус» устанавливается информационный монитор?

## Лабораторная работа № 14

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМОЙ АВТОМОБИЛЕЙ

**Цель работы:** изучить устройство и работу тормозной системы с пневмоприводом автомобиля МАЗ с электронным управлением (EBS).

**Материальное обеспечение:** узлы тормозной системы МАЗ, элементы ЭСУ тормозной системы, мультиметр.

#### Общие сведения

На автомобилях МАЗ может быть установлена 4-канальная антиблокировочно-противобуксовочная система (АБС/ПБС или ABS/ASR) типа 4S/4M (4 датчика /4 модулятора), которая предотвращает блокировку («юз») колес при торможении и пробуксовку при разгоне. Система оборудуется микропроцессорным блоком управления фирмы Wabco (Германия) или БПО «Экран» (Беларусь). Основное назначение системы АБС – автоматическое поддержание оптимального торможения автомобиля без блокировки колес независимо от того, на какой дороге происходит торможение – скользкой или сухой. Назначение системы ПБС – исключить пробуксовку ведущих колес при начале движения, резком ускорении или на скользкой дороге.

EBS работает с электрическими сигналами. С помощью сигналов блок управления EBS в любой момент может связаться с любым компонентом системы. Клапаны, расположенные на тормозных механизмах, регулируют требуемое тормозное давление в соответствии с сигналами управления. Различные комплексные функции программы, записанной в микропроцессорном блоке, распознают отклонения от нормальных условий движения и в случае необходимости вмешиваются в процесс движения. Благодаря EBS повышается безопасность, комфорт движения и оптимизируется износ тормозных колодок и шин.

#### *Устройство и принцип работы EBS*

*Устройство.* Система содержит индукционные датчики 1 частоты вращения колес (рис. 14.1), электропневматические модуляторы 2 тормозного давления, установленные в тормозных магистралях перед тормозными камерами задних и передних колес, электронный блок 3, закрепленный на коммутационной плате 4, установленной за сидением пассажира, реле 5 и блок 6 предохранителей. Диагностический разъем 11 и кнопки 12 и 13 вызова режима диагностики АБС автомобиля-тягача и прицепа (рис. 14.2), расположены под правой крышкой панели

приборов. Контрольные лампы 1, 2, 3 и 4 и переключатели 5, 6 режимов работы АБС установлены на основном и дополнительном щитке панели приборов. Контрольные лампы 1 и 2 (красного цвета) с символом АБС сигнализируют об исправности/неисправности АБС тягача или прицепа, лампа 4 (ASR/INF) – служит средством вывода информации о пробуксовке колес, а также вида и места неисправности в системе в режиме диагностики. При установке АБС БПО «Экран» на указанную лампу обеспечивается также вывод информации об эффективности торможения.

Переключатель 5 предназначен для переключения АБС в специальный режим работы при торможении автомобиля в горной местности (например, при спуске с горы) на дороге, покрытой гравием или рыхлым снегом. На задней балке опоры кабины расположена розетка 10 для подключения кабеля питания АБС прицепа и парковочная розетка 13 (см. рис. 14.1).

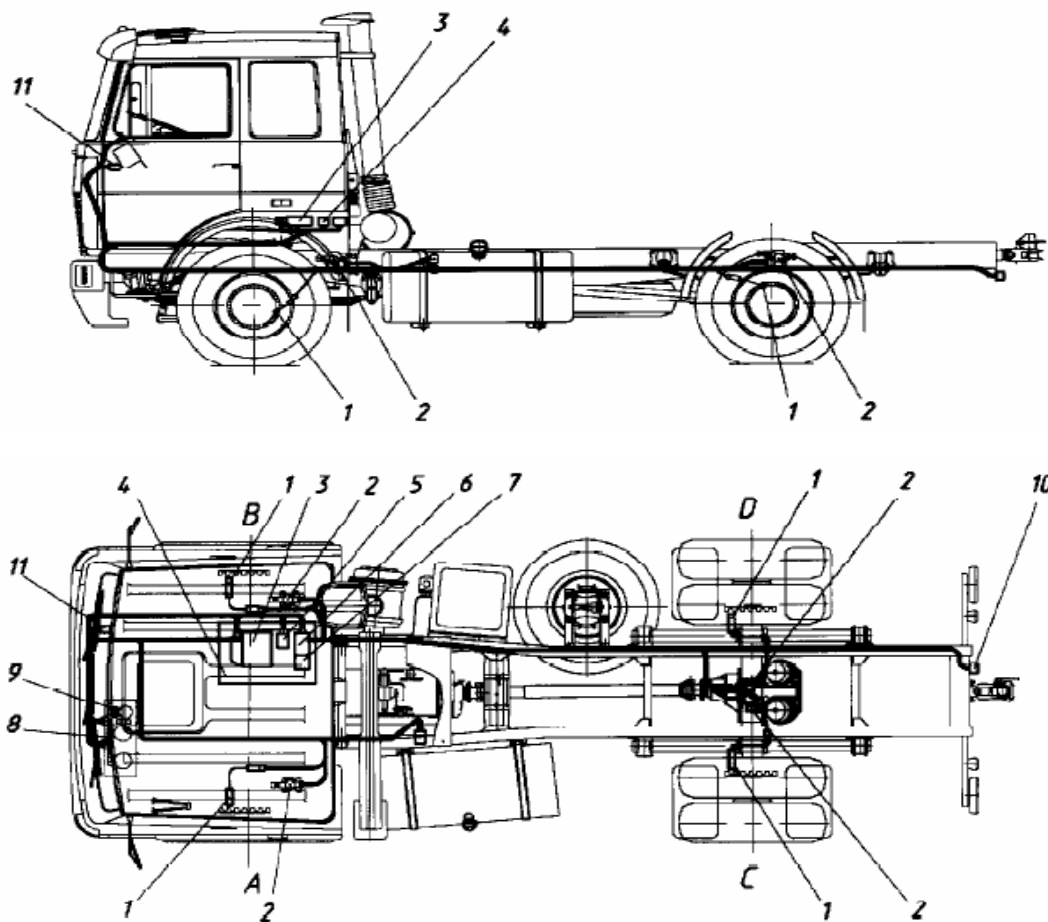


Рис. 14.1. Расположение элементов АБС/ПБС на двухосном автомобиле МАЗ:

- 1 – датчики частоты вращения колес; 2 – электропневмомодуляторы тормозного давления;  
 3 – микропроцессорный блок управления АБС/ПБС; 4 – плата монтажная;  
 5 – коммутационное реле; 6 – блок предохранителей; 7 – инфомодуль; 8 – контрольные лампы; 9 – переключатели режимов работы АБС/ПБС; 10 – розетка питания АБС прицепа;  
 11 – диагностический разъем

*Принцип работы.* Электронный блок является блоком управления, он принимает электрические сигналы, которые поступают с датчиков, и определяет по ним количество оборотов колес. Полученные данные обрабатываются, и на их основании программа блока делает вывод о том, скользит колесо или нет, замедляется или ускоряется. После чего передает управляющий электрический сигнал на электропневматические модуляторы, которые повышают или снижают давление в тормозных камерах. В зависимости от того, с каким усилием водитель будет воздействовать на педаль тормоза и в какой дорожной ситуации это происходит, давление в тормозной системе будет всегда оптимальным.

*Компоненты системы EBS МАЗ.* Тормозная система МАЗ отличается от обычной системы (без ABS/ПБС) наличием в ней дополнительных устройств: электронного блока управления, датчиков частоты вращения колеса (ДЧВК) и осевых модуляторов. Электрическая схема управления этими устройствами показана на рис. 14.3, схема их расположения в тормозной системе – на рис. 14.4.

Система не требует специального обслуживания, кроме контрольной проверки функционирования и проверки установки датчиков ABS при регулировке или замене подшипников в колесных узлах или смене тормозных накладок (если при этом производилось снятие ступиц). Для нормальной работы ABS необходимо установить зазор согласно рис. 14.5.

*Индукционный ДЧВК* предназначен для создания сигнала о частоте вращения колес. Его устройство и принцип работы описаны в лабораторной работе № 3.

*Осевой модулятор* предназначен для подачи или удаления воздуха из тормозных камер колес по команде от центрального блока.

### ***Проверка функционирования системы***

Предусмотрено три вида проверки:

- упрощенная (по состоянию контрольных ламп);
- при помощи световых мигающих кодов (блинк-кодов);
- полная (с помощью специального диагностического оборудования).

*Упрощенная проверка.* Включить замок включения стартера в положение, соответствующее включенным приборам и цепям потребителей (1 положение). При этом загорается контрольная лампа 1 (см. рис. 14.2) с символом ABS. При исправной электрической части системы контрольная лампа ABS должна погаснуть через 2–3 секунды (если перед этим не проводился ремонт системы).

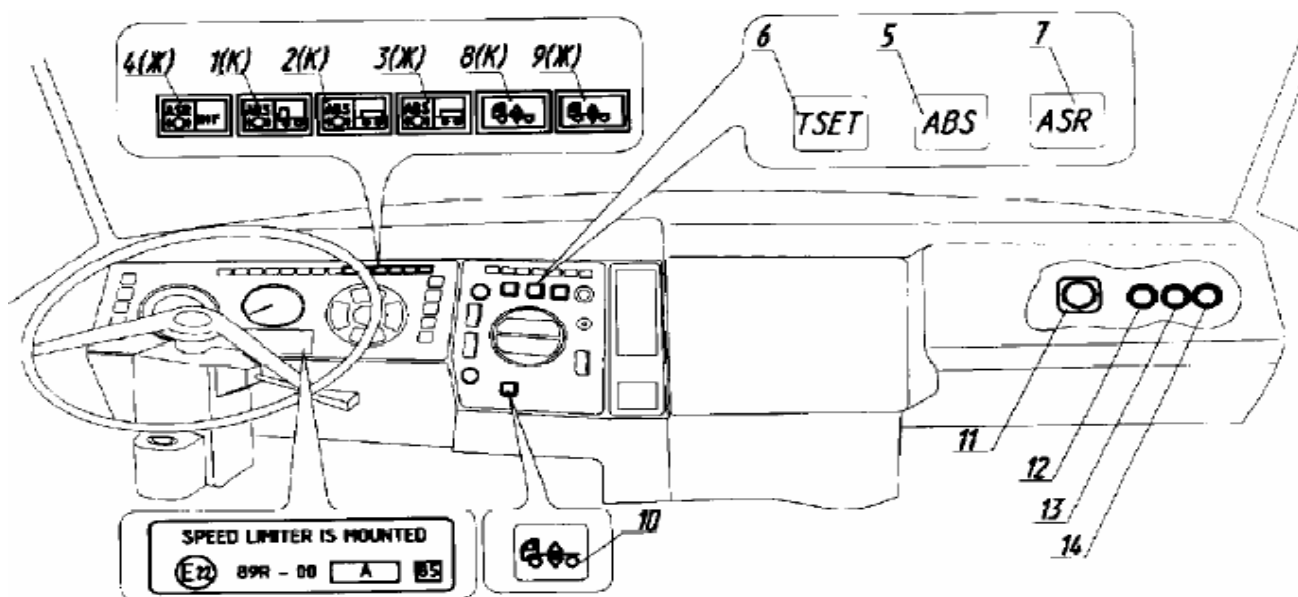


Рис. 14.2. Расположение элементов в кабине автомобиля МАЗ:

1 – контрольная лампа АБС тягача; 2 – контрольная лампа АБС прицепа; 3 – контрольная лампа цепи питания АБС прицепа; 4 – контрольная лампа режима АБС и диагностики АБС/ПБС; 5 – переключатель режима работы АБС; 6 – выключатель режима «TempoSet» (только для автомобилей, оснащенных устройством ограничения скорости); 7 – выключатель режима ПБС; 8 – контрольно-диагностическая лампа управления подвеской; 9 – контрольная лампа транспортного положения подвески; 10 – переключатель режима второго транспортного положения подвески; 11 – диагностический разъем ISO 9141; 12 – кнопка диагностики АБС автомобиля; 13 – кнопка диагностики АБС прицепа; 14 – кнопка диагностики системы управления подвеской (если установлена)



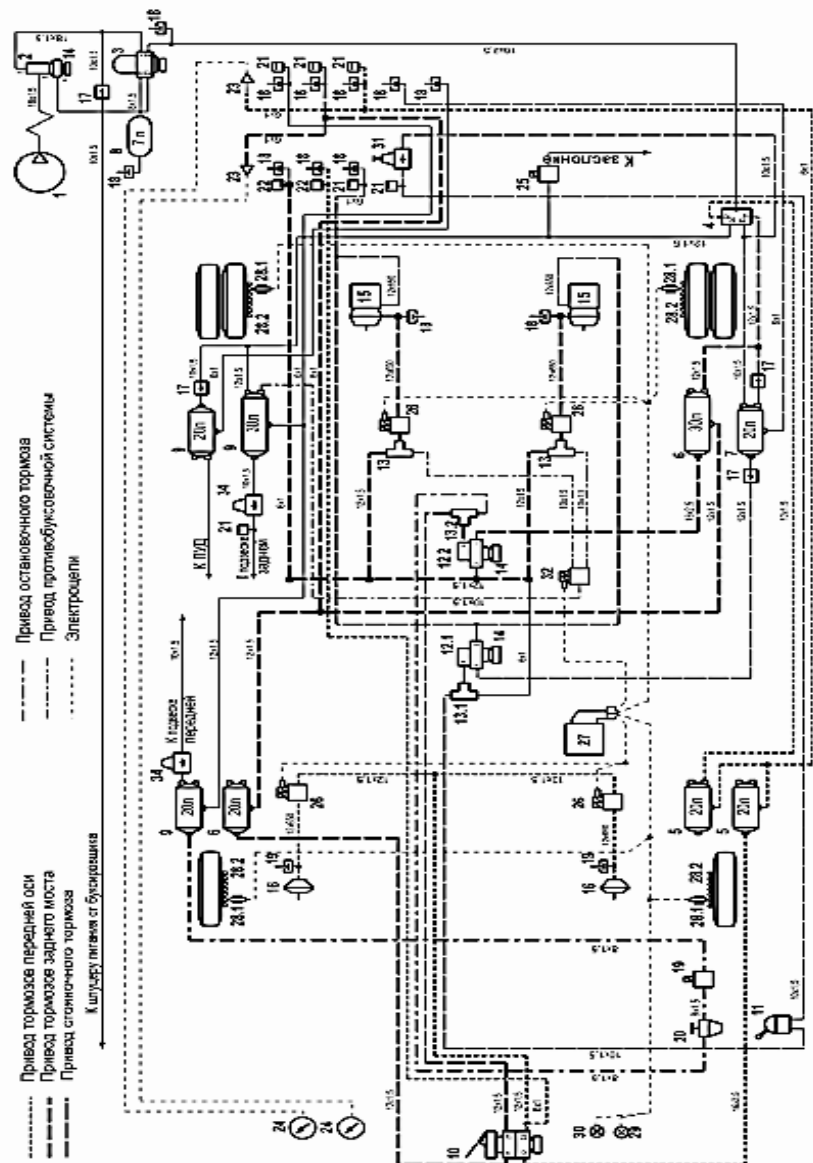


Рис. 14.4. Принципиальная схема тормозов МАЗ:

1 – компрессор; 2 – маслоотделитель; 3 – осушитель воздуха; 4 – четырехконтурный защитный клапан; 5 – ресивер тормозов передней оси; 6 – ресивер тормозов ведущего моста; 7 – ресивер стояночного тормоза; 8 – регенерационный ресивер; 9 – ресивер потребителей; 10 – кран рабочего тормоза; 11 – кран стояночного тормоза; 12 – ускорительный клапан; 13 – двухмагистральный защитный клапан; 14 – глушитель шума пневмоаппаратуры; 15 – тормозная камера с пружинным энергоаккумулятором; 16 – передняя тормозная камера; 17 – обратный клапан; 18 – обратный клапан; 19 – электропневмоклапан остановочного тормоза; 20 – клапан ограничения давления; 21 – датчик аварийного давления воздуха; 22 – выключатель сигнала торможения; 23 – датчик давления воздуха ММ 370; 24 – манометр электрический; 25 – электропневмоклапан моторного тормоза; 26 – модуль давления АБС; 27 – электронный блок АБС/ПБС; 28–28.1 датчик АБС, 28.2 – ротор АБС; 29 – контрольные лампы АБС; 30 – контрольные лампы ПБС; 31 – перепускной клапан без обратного потока, клапан ПБС; 32 – перепускной клапан с ограниченным обратным потоком

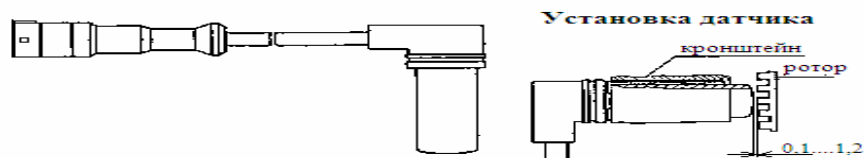


Рис. 14.5. Установка ДЧВК

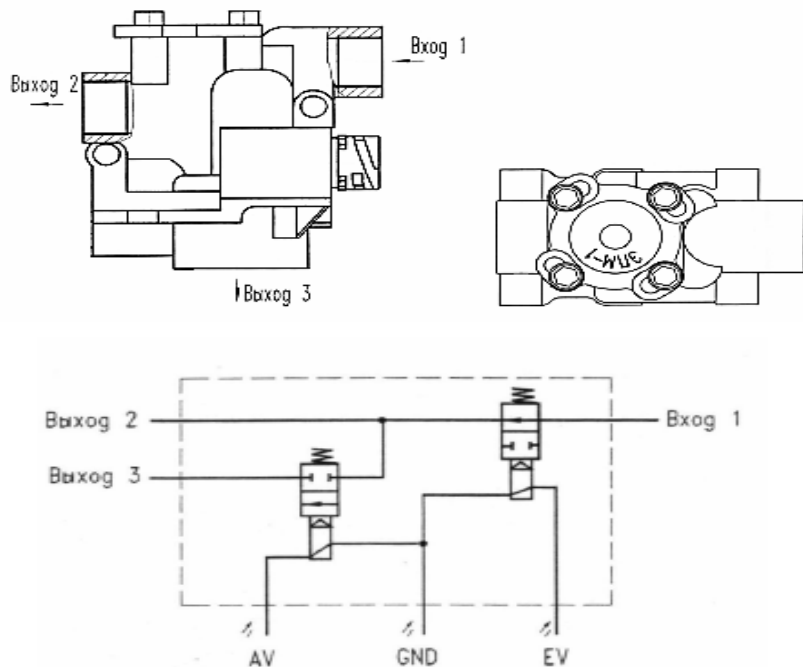


Рис. 14.6. Внешний вид и схема электропневматического модулятора ЭПМ-1

Если проводился ремонт или контрольная проверка электронного блока, лампа должна погаснуть при начале движения и достижении скорости от 7 до 10 км/ч. Запустить двигатель и довести давление в контурах до нормы (690–820 кПа). Нажать педаль тормоза. При этом должны срабатывать тормозные механизмы, не должно быть утечек воздуха из системы. Начать движение. При скорости выше 7 км/ч красная контрольная лампа 1 должна погаснуть. Если контрольная лампа не погасла или загорелась в процессе движения, – это говорит о наличии или возникновении неисправности в системе.

*Проверка при помощи блинк-кодов.* Основное назначение такой диагностики состоит в быстрой оценке состояния АБС и эффективности торможения автомобиля без применения специальной аппаратуры. При включенном питании электронный блок управления постоянно контролирует исправность элементов АБС с помощью встроенной системы диагностики и сохраняет информацию о неисправностях (в том числе при отключении питания), возникших в процессе эксплуатации. Информация о неисправностях может быть выведена в виде светового мигающего кода на контрольную лампу 4.

При этом встроенная система диагностики различает две категории отказов или видов неисправностей:

- *активные или текущие неисправности*, т. е. отказы или неисправности, обнаруженные при включении (или после включения) питания блока управления;
- *пассивные или ранее обнаруженные и устраненные неисправности*, т. е. отказы или неисправности, которые были, но в текущий момент отсутствуют.

Информация об активных неисправностях записывается в энергонезависимой памяти (ППЗУ) электронного блока и сохраняется, пока присутствует сама неисправность. Стереть ее можно только после устранения неисправности.

Проверка возможна на неподвижном транспортном средстве или при скорости менее 8 км/ч. Получение информации о неисправности осуществляется нажатием на кнопку 12 на время 3–5 с при включенном питании (ключ в положении «приборы»).

При наличии неисправностей лампа АБС будет соответствующим образом мигать. Последовательность и продолжительность миганий соответствует определенным неисправностям системы. Коды неисправностей расшифровываются по таблицам в инструкции по эксплуатации соответствующего транспортного средства.

После вывода всех неисправностей лампа АБС горит постоянно и погаснет после их устранения.

Если в ходе ремонтных работ неисправности были устранены, их коды необходимо стереть из памяти блока. Для стирания неисправностей необходимо войти в режим диагностики, как описано выше, затем после индикации кода конфигурации (перед началом выдачи кодов неисправности) нажать кнопку диагностики и удерживать ее во время выдачи кодов неисправностей. Через 2 с после вывода кода последней зафиксированной неисправности необходимо отпустить кнопку.

Далее требуется выключить и вновь включить питание АБС. Производится автоматическое полное тестирование системы. При этом если коды отказов были стерты, а сами неисправности не были устранены, то их коды будут заново записаны в память.

Информация о конфигурации АБС не может быть стерта или изменена с помощью кнопки диагностики, это может быть сделано только с помощью программы компьютерной диагностики.

*Проверка цепей питания блоков АБС/ЛБС, модуляторов, датчиков.* Проверка блоков производится отдельно, после отключения от цепей. Для проверки используют цифровой мультиметр с функцией проверки диодов.

Проверку проводят согласно табл. 14.1 между указанными контактами в обоих направлениях, поочередно, между цепями GND и KL15, KL30. Дополнительно необходимо проверить целостность связей между контактами, для блоков: ЭБК (-01, -03) – между 15/4 и 15/9; ЭБК-ДМ и ЭБК-А-03 – между 18/8 и 18/9, и контактов 18/11, 18/12, 6/2, 9/9, 15/3 и 15/12 между собой. Нумерация и расположение контактов на разъемах блоков представлены на рис. 14.7...14.9. На разъемах блоков также имеется маркировка номера контактов. Дополнительно, на дне корпуса блока ЭБП, есть наклейка с обозначением разъемов и контактов.

Таблица 14.1

Параметры для диагностики блоков

Электронный блок, где применяется	Цель блока	Разъем/ контакт	Результат проверки	
			На исправном блоке	На неисправном блоке
ЭБК (-01, -03), АБС тягача	KL15	15/7	OL/OL	0,3–0,7 В / OL
	GND	15/9	-	-
ЭБП, АБС прицепа	KL15	XS6/1	OL/OL	0,1–0,3 В / OL
	GND	XS6/4	-	-
ЭБК-04, АБС-ПБС для Евро-3	KL15	15/7	OL/OL	0,3–0,7 В / OL
	KL30	15/8	OL/OL	0,3–0,7 В / OL
	GND	15/4	-	-
ЭБК-ДМ, АБС-ПБС для Евро-2; ЭБК-А-03, АБС-ПБС для Евро-3	KL15	18/7	OL/OL	0,3–0,7 В / OL
	KL30	18/9	OL/OL	0,3–0,7 В / OL
	GND	18/10	-	-

Приняты сокращения:

15/7–15- контактный разъем/7-й контакт разъема;

- х/х – показание мультиметра в прямом/обратном направлении, переключатель мультиметра в положении проверки диодов;

- прямое направление – щуп «СОМ» (-) мультиметра подключается к контакту GND блока, а щуп «V, Ω» (+) поочередно подключается к контактам KL15 и KL30 блока;

- обратное направление – щуп «V, Ω» (+) мультиметра подключается к контакту GND блока, а щуп «СОМ» (-) поочередно подключается к контактам KL15 и KL30 блока;

OL – максимальные показания мультиметра. В зависимости от типа мультиметра максимальное значение может отображаться по-иному, например «1»;

КЗ – короткое замыкание (показание мультиметра менее 0,1 В). Переключатель мультиметра при этом в положении проверки диодов.

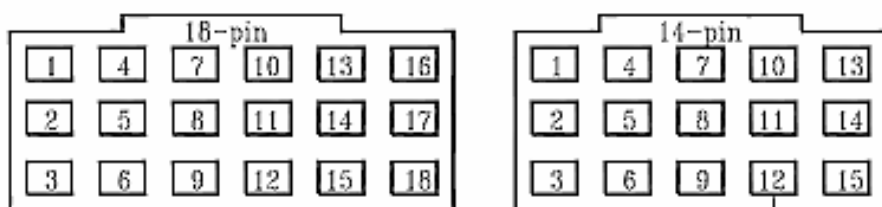


Рис. 14.7. Расположение контактов разъемов блоков ЭБК (-01, -03, -04)

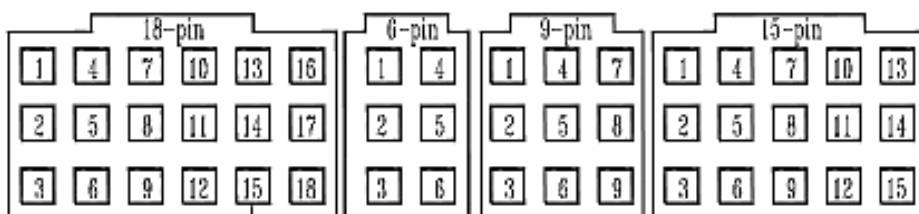


Рис. 14.8. Расположение контактов разъемов блоков ЭБК (-ДМ, -А-03)

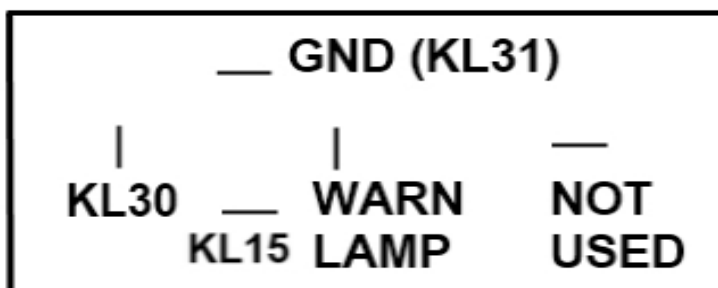


Рис. 14.9. Расположение контактов на разъеме XS6 блока ЭБП

Проверка ДЧВК производится мультиметром в положении «Ом» по следующим параметрам:

- а) «короткое замыкание» (КЗ). Сопротивление между контактом датчика и корпусом «0» или близко «0» означает КЗ, т. е. датчик неисправен;
- б) «обрыв» – сопротивление между контактами за пределами диапазона измерений прибора «OL»;
- с) датчик исправен, если сопротивление между контактами 1,1–1,5 кОм.

Проверка осевых модуляторов производится аналогично проверке ДЧВК.

Модулятор исправен если сопротивление на обмотках его клапанов 12–18 Ом. Расположение контактов на штекерном разъеме модулятора показано на рис.14.10.

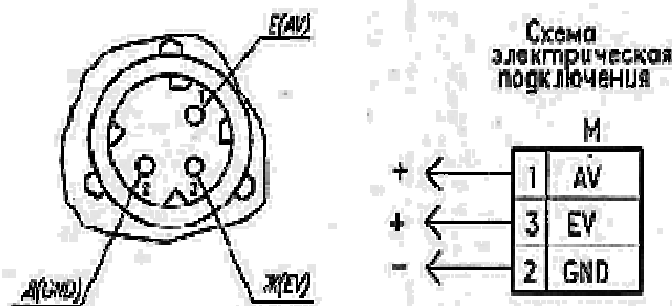


Рис. 14.10. «Распиновка» разъема модулятора

## **Порядок выполнения работы**

1. Изучите устройство и работу тормозной системы автомобиля имеющего функции АБС/ПБС. Определите конструкционные отличия данной системы от системы, не имеющей электронного управления.
2. Определите места установки блоков и датчиков электронного управления тормозами на узлах автомобиля.
3. Определите элементы АБС/ПБС на электросхеме.
4. Ознакомьтесь с порядком оценки технического состояния АБС/ПБС.
5. Проведите проверку ДЧВК, осевого модулятора или одной из цепей АБС/ПБС (по заданию преподавателя).

## **Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Краткое описание тормозной системы МАЗ с функциями АБС/ПБС.
3. Перечень электронных компонентов тормозной системы МАЗ с указанием методики их проверки и приборов.
4. Результаты проверки одного из устройств (по указанию преподавателя).

## **Контрольные вопросы**

1. Какое назначение систем АБС/ПБС?
2. Каким образом электронная система исключает ненужные пробуксовки или блокировки колес?
3. Как работает осевой модулятор?
4. Назначение и принцип работы ДЧВК?
5. Какие варианты проверки функционирования электронных систем тормозов существуют?
6. Какие электрические параметры нужно проверить при диагностике системы?
7. Для чего в системе установлен диагностический разъем?

## Лабораторная работа № 15

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМБАЙНА «ПАЛЕССЕ»

**Цель работы:** изучить устройство и работу автоматической системы управления и контроля (АСУиК) комбайна «Палессе GS12» КЗС-1218.

**Материальное обеспечение:** комбайн «Палессе», элементы ЭСУ комбайна.

#### Общие сведения

В высокопроизводительном комбайне «Палессе GS12» применена автоматическая система контроля технологических режимов комбайнирования с использованием электронных блоков контроля и индикации или бортового компьютера и электрогидравлическая система управления рабочими органами. Это, наряду с другими инновациями, позволило повысить производительность машины, улучшить условия труда и повысить качество работ.

#### *Устройство и принцип работы АСУиК*

АСКиУ является составной частью электрооборудования комбайна и предназначена для выполнения следующих функций:

- измерения частоты вращения молотильного барабана, вентилятора очистки, колосового и зернового шнеков, соломотряса, соломоизмельчителя;
- измерения скорости движения комбайна;
- выявления отклонений от номинальной частоты вращения основных агрегатов комбайна;
- звуковой и световой сигнализации об отклонениях от нормы режимов работы основных рабочих органов комбайна, заполнения бункера зерна;
- индикации потерь зерна.

#### *Устройство и принцип работы системы контроля*

Структурная схема автоматической системы контроля показана на рис. 15.1. Программное обеспечение, заложенное в МТГ (см. рис. 15.1) БИУС-03, содержит данные об оптимальных скоростных режимах работы агрегатов комбайна для различных культур. Данные о текущих значениях потери зерна и режимах работы аг-

регатов поступают в режиме реального времени от соответствующих датчиков в МТГ, где происходит их программная обработка (сопоставление с оптимальными значениями). Текущие значения контролируемых параметров выводятся на дисплей МТГ и прослеживаются оператором. При отклонениях от предельных норм срабатывают световая и звуковая сигнализация. Оператор, воздействуя на переключатели пульта управления, корректирует скоростные режимы и другие параметры комбайна, приводя их к номинальным значениям.

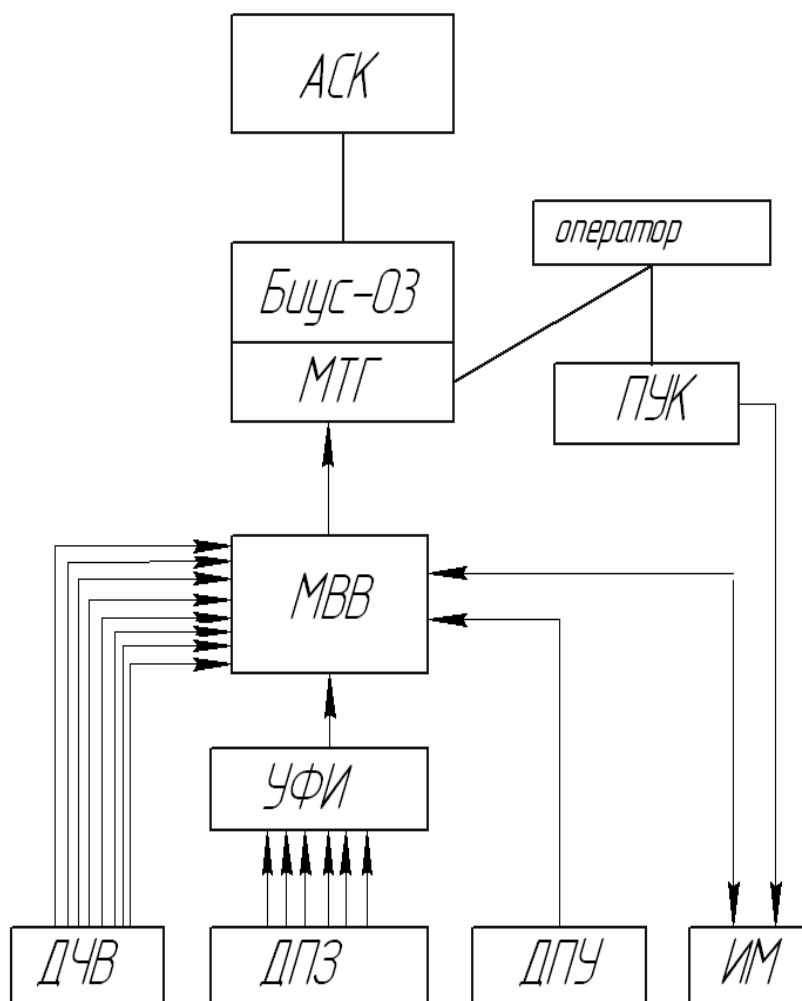


Рис. 15.1. Структурная схема автоматической системы контроля комбайна КЗС-1218:

АСК – автоматическая система контроля; БИУС-03 – бортовая информационная управляющая система с модулем терминальным графическим (МТГ); МВВ – модуль ввода/вывода информации; УФИ – устройство формирования импульсов; ДЧВ – датчики частоты вращения и др.; ДПЗ – датчики потерь зерна; ДПУ – датчики положения, уровня (концевые выключатели); ИМ – исполнительные механизмы; ПУК – пульт управления комбайна

Расположение элементов системы контроля показано на рис. 15.2, схема их электрических соединений показана на рис. 15.3. Обозначения, примененные на схеме, приведены в приложении В.

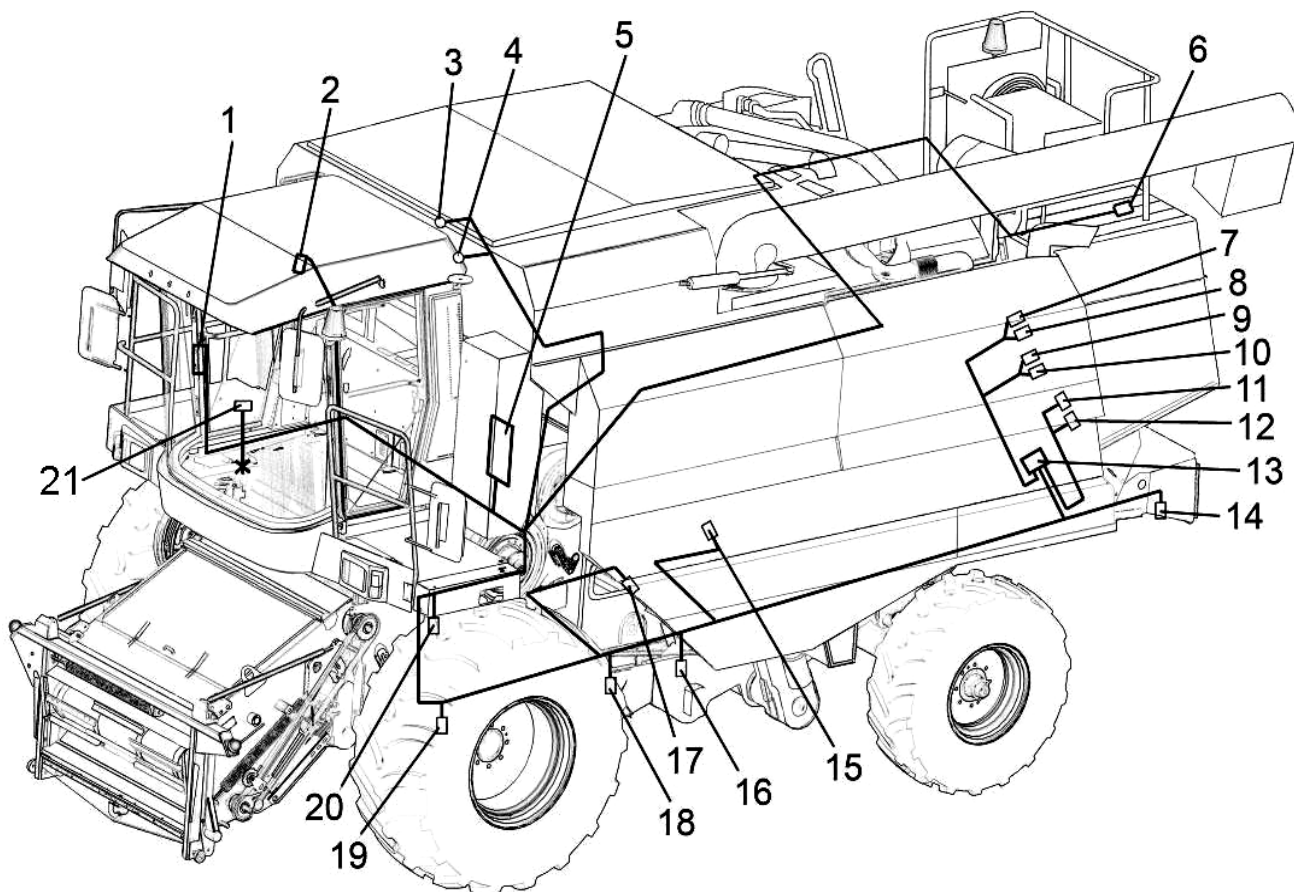


Рис. 15.2. Схема монтажная автоматической системы контроля комбайна:

1 – модуль терминальный графический (МТГ) системы БИУС-03 (или бортовой компьютер «Вулкан»); 2 – датчик блокировки крышки лаза в бункер; 3, 4 – указатели заполнения бункера зерна на 70 % и 100 %; 5 – модуль ввода-вывода (МВВ); 6 – датчик забивания соломотряса; 7, 8, 9, 10 – датчики пьезоэлектрические потерь зерна за соломотрясом; 11, 12 – датчики пьезоэлектрические потерь зерна за очисткой; 13 – устройство формирования импульсов (УФИ); 14 – датчик частоты вращения соломоизмельчителя; 15 – датчик частоты вращения соломотряса; 16 – датчик частоты вращения зернового шнека; 17 – датчик частоты вращения колосового шнека; 18 – датчик частоты вращения вентилятора; 19 – датчик скорости движения комбайна; 20 – датчик частоты вращения молотильного барабана; 21 – разъем для подключения системы мониторинга





Модуль терминальный графический (МТГ) (рис. 15.4) служит для отображения информации и управления технологическими режимами работы. МТГ устанавливается в кабине оператора комбайна и настраивается с учетом конструктивных особенностей комбайна путем программирования исходных данных режимов комбайнирования изготовителями блока БИУС-03 и комбайнов, на которых он устанавливается.

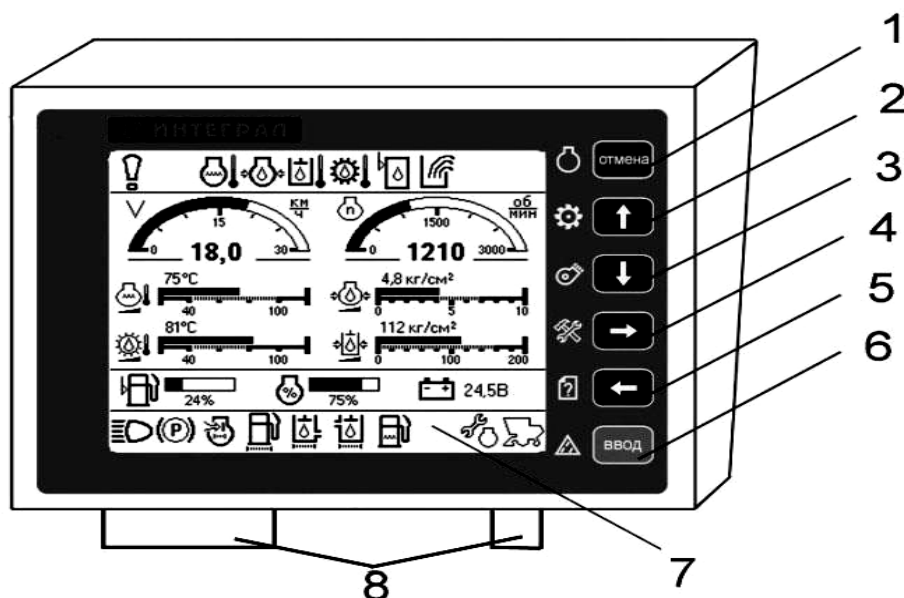


Рис. 15.4. Лицевая панель МТГ (схематичный внешний вид):  
 1...6 – кнопки управления; 7 – жидкокристаллический (ЖК) дисплей;  
 8 – разъемы подключения блока

Модуль ввода-вывода 5 (см. рис. 15.2) служит для сбора и обработки информации, поступающей от датчиков и для управления исполнительными механизмами (электроприводы, электромеханизмы и т. д.), т. е. этот блок можно классифицировать как аналого-цифровой преобразователь. МВВ устанавливается в кабине оператора или в отдельном шкафу для подключения к схеме электрооборудования комбайна.

Устройство формирования импульсов 13 (см. рис. 15.2) служит для предварительной обработки и усиления сигналов от датчиков потерь зерна. УФИ устанавливается вблизи от датчиков потерь (для минимизации потерь слабого сигнала пьезодатчиков) на боковине комбайна или в отдельном шкафу.

Датчик потерь зерна пьезоэлектрического типа (ДПЗП) работает по принципу преобразования кинетической энергии зерен, падающих на чувствительный пьезоэлемент, в электрические сигналы, поступающие к устройству

формирования и усиления импульсов. Датчики потерь зерна установлены в конце решет системы очистки и за соломотрясами. Максимальный уровень выходного сигнала с датчика при падении зерен пшеницы, ржи, ячменя, кукурузы, гороха влажностью 9–30 % с высоты 130 мм под углом  $60^\circ$  от нормали – не менее 100 мВ. Длительность импульса выходного сигнала на уровне 0,5 – не более 1 мс. Электрическая емкость датчика – не менее 7 нФ.

*Датчики частоты вращения* индукционного типа (преобразователь первичный П<sub>р</sub>П-1М) имеют катушку индуктивности, магнитный сердечник и постоянный магнит. Датчик устанавливается напротив ферромагнитного зубчатого диска или звездочки (датчика угловых импульсов) с зазором 4 мм. Частота вращения рассчитывается по интервалам между сигналами датчика. Например, при установке звездочки с шестью зубьями один оборот вала рабочего органа будет соответствовать шести импульсам (сигналам) датчика.

Амплитуда выходного сигнала П<sub>р</sub>П-1М не менее 0,5 В, сопротивление обмотки постоянному току 1100–1350 Ом, сопротивление изоляции между корпусом и выводами не менее 10 МОм. Амплитуда выходного сигнала обеспечивается при приближении датчика к звездочке, вращающейся с окружной скоростью  $7,5 \pm 0,5$  м/с на расстоянии  $4,0 \pm 0,5$  мм.

Датчики 2, 3, 4, 6 (см. рис. 15.2) являются *концевыми выключателями* различных типов.

### ***Устройство и принцип работы исполнительных механизмов***

В качестве исполнительных механизмов АСУиК комбайна используются электрогидрораспределители (которые, в свою очередь, управляют работой гидромуфт и гидроцилиндров) и устройства управления электродвигателями.

На рис. 15.5 и 15,6 приведена электросхема управления некоторыми электрогидрораспределителями.

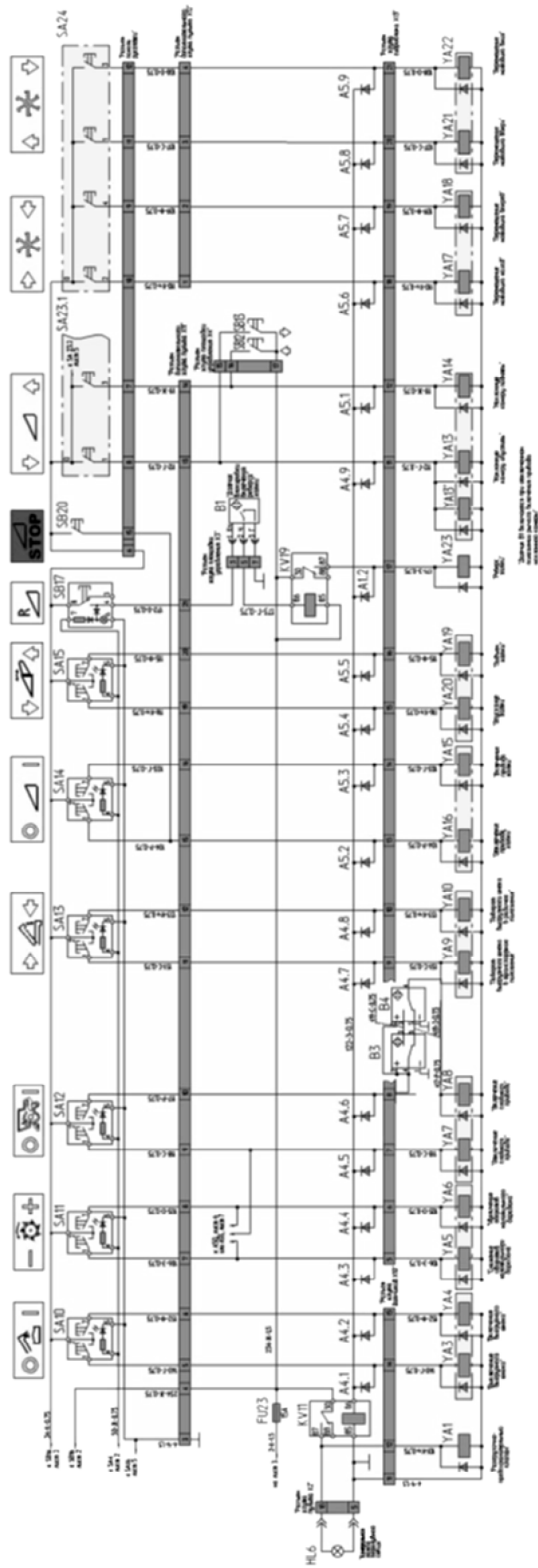


Рис. 15.5. Схема управления электрогидрораспределителями

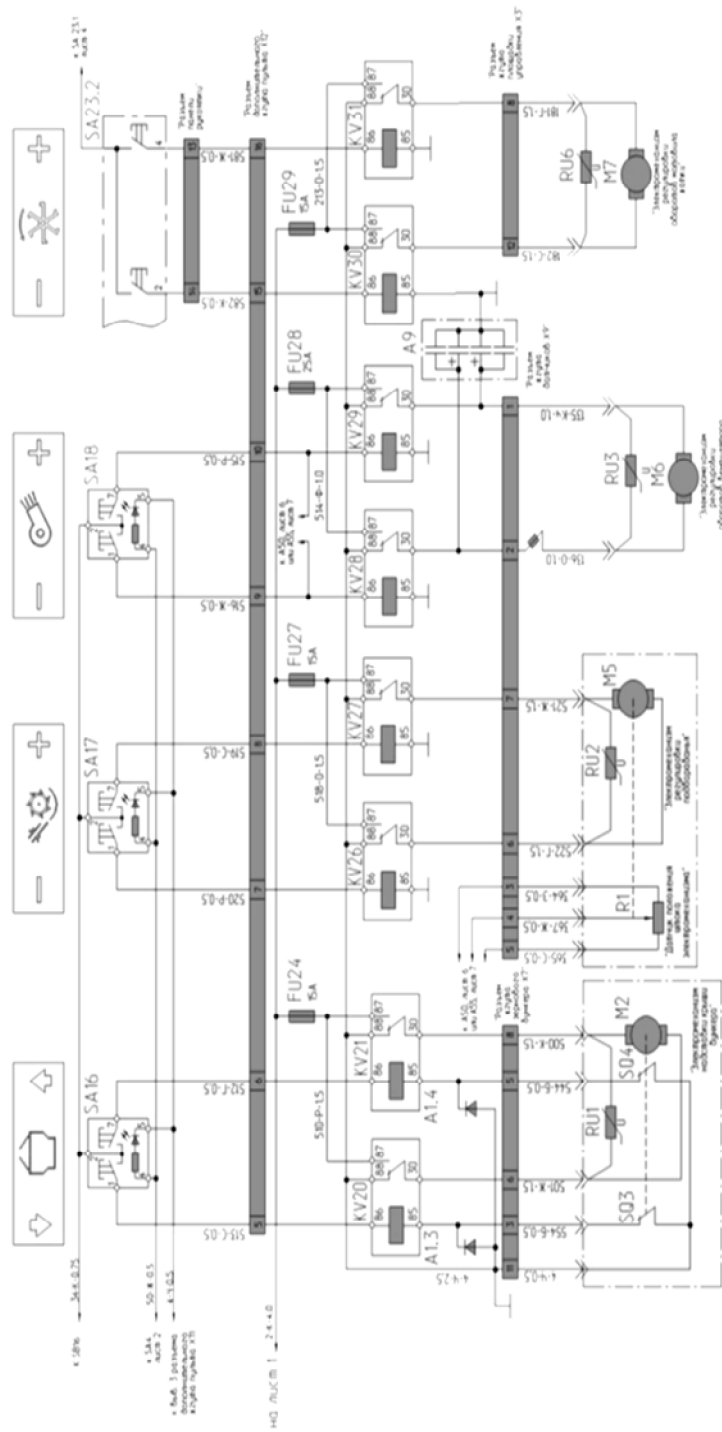




Рис. 15.6. Электросхема управления электроприводами двигателей

*Рассмотрим пример:* На схеме (см. рис. 15.5) видно, что выдвижения/втягивания гидроцилиндров рамки наклонной камеры производятся кнопкой SA15 (на приборном щитке обозначена пиктограммой ) , оборудованной светодиодным сигнализатором. Кнопка соединена с двумя электромагнитами YA19 и YA20 электрогидрораспределителя, при этом в цепи присутствуют два разъема X11 и X13. Соединение производится коричневым и фиолетовым проводами сечением 0,75 мм<sup>2</sup>. Установлены диоды защиты от обратного тока, расположенные в жгуте между разъемами и на электромагнитах.

По схеме на рис.15.6 проанализируем цепь регулировки зазора подбарабанья. Данная регулировка производится кнопкой SA17 (обозначена пиктограммой ) Управляющий сигнал от кнопки, через разъем X12, поступает (синий и розовый провода, сечение 0,5 мм<sup>2</sup>) на два реле KV26 и KV27, клемма 86. Силовой ток (оранжевый провод, сечение 1,5 мм<sup>2</sup>) поступает на клемму реле 87/88 от предохранителя FU27 (15 А), выход силового тока на клемме 30 (голубой и желтый провода, сечение 1,5 мм<sup>2</sup>). От клеммы 30 ток поступает к электродвигателю через разъем X9. В цепь включена варисторная защита RU2. Варистор включен параллельно электродвигателю, который нужно защитить от перегрузок. При возникновении импульса напряжения (нагрузка резко выросла выше допустимой), варистор шунтирует цепь, а энергия от перенапряжения поглощается им и рассеивается в виде тепла. При этом предохранитель, который находится в электрической цепи перед варистором, выходит из строя, а электродвигатель повреждений не получает.

*Электрогидрораспределитель.* На комбайне применено значительное количество этих устройств, объединенных в блоки или стоящих отдельно. Они управляют выгрузным шнеком, оборотами молотильного барабана, включением главного привода, включением/выключением и положением жатки, положением наклонной камеры, перемещением мотовила.

Упрощенная схема электрогидрораспределителя показана на рис. 15.7. Как видно из рисунка, по принципу работы и конструкции данное устройство похоже на аналогичное, применяемое на тракторе «Беларус» для управления ЗНУ. Основное различие в системе управления этими механизмами – отсутствие коррекции положения золотника с помощью программного обеспечения, т. е. на комбайне это ручное управление электрическими сигналами (см. схему рис. 15.5). При нажатии на кнопку управления подается напряжение на один из электромагнитов, который перемещает и удерживает золотник, пока нажата кнопка. Золотник соединяет каналы гидросистемы соответствующим образом.

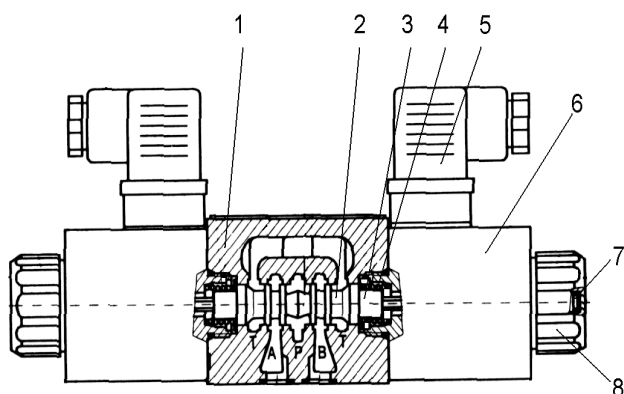


Рис. 15.7. Электрогидрораспределитель:

А, В – цилиндрические отводы; Р – подвод рабочей жидкости; Т – слив рабочей жидкости;  
 1 – корпус; 2 – золотник; 3 – толкатель; 4 – пружина; 5 – штепсельный разъем;  
 6 – катушка электромагнита; 7 – аварийная (контрольная) кнопка; 8 – гайка

### Порядок выполнения лабораторной работы

1. Изучите устройство и работу автоматической системы управления и контроля комбайна. Уясните назначение и принцип работы датчиков, исполнительных устройств, систем управления.
2. Определите основные элементы АСУиК на электрических схемах комбайна.
3. Определите расположение элементов ЭСУ на комбайне.
4. Ознакомьтесь с методикой проверки электрических цепей ЭСУ комбайна.

### Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Краткое описание устройства ЭСУ комбайна «Палессе GS12» КЗС-1218.
3. Электросхема управления одной из систем комбайна с указанием точек подключения приборов для проверки (по указанию преподавателя).
4. Методика проверки цепей ЭСУ комбайна.

### Контрольные вопросы

1. Обоснуйте применение АСУиК на комбайнах.
2. Используя приведенные в лабораторной работе схемы и рисунки, объясните принцип работы АСУиК.
3. Как осуществляется управление электрогидрораспределителями?
4. Что такое варистор, где и для чего он установлен на комбайне?
5. Укажите назначение блоков МТГ, МВВ и УФИ системы БИУС-03.
6. Назовите примеры применения концевых выключателей, выполняющих функции датчиков в системе контроля.

## Лабораторная работа № 16

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕСС-ПОДБОРЩИКА

**Цель работы:** изучить устройство и работу системы автоматизированного контроля (САК) пресс-подборщика ПРМ-150.

**Материальное обеспечение:** пресс-подборщик ПРМ-150, элементы ЭСУ пресс-подборщика.

#### Общие сведения

На рулонные многоцелевые пресс-подборщики ПРМ-150 и других типов (ПР-Ф) устанавливается система (СИУ-П.02). Она предназначена для контроля процесса формирования рулона прессуемой массы (сено, солома) путем включения световой и звуковой сигнализации при достижении заданного диаметра и плотности рулона, автоматического или ручного управления электроприводом механизма подачи шпагата (сетки), контроля работы обматывающего аппарата (обвязки), включения сигнализации об окончании обвязки, контроля защелок открытия/закрытия камеры формирования рулона, подсчета количества рулонов.

#### Устройство и работа системы

Виды индикации режимов работы САК приведены в табл. 16.1.

Таблица 16.1

Индикация режимов работы САК

Режим работы	Вид индикации и ее наличие	
	Пиктограмма или надпись	Звуковая
Готов (готовность к работе)	+	+
Плотность (достижение заданной плотности рулона)	+	+
Остановка (остановка агрегата)	+	+
Шпагат (работа обматывающего аппарата)	+	+
Выгруз (выгрузка рулона)	+	+
Камера (открытие, закрытие камеры)	+	+
Количество рулонов	-	цифровая

Система состоит из блока контроля (БК), блока ввода-вывода (БВВ), индукционного (импульсного) датчика, трех концевых выключателей (датчиков) и соединительного жгута.

Электрическая схема соединений САК показана на рис. 16.1.

Блок контроля (БК) служит для отображения информации на дисплее 4 (рис. 16.2) и управления технологическими режимами, кнопками управления 1–3, 5–7. БК представляет собой герметичную коробку, на которой расположена панель индикации и управления. БК устанавливается в кабине трактора и настраивается с учетом конструктивных особенностей машины путем программирования исходных данных изготовителем САК.

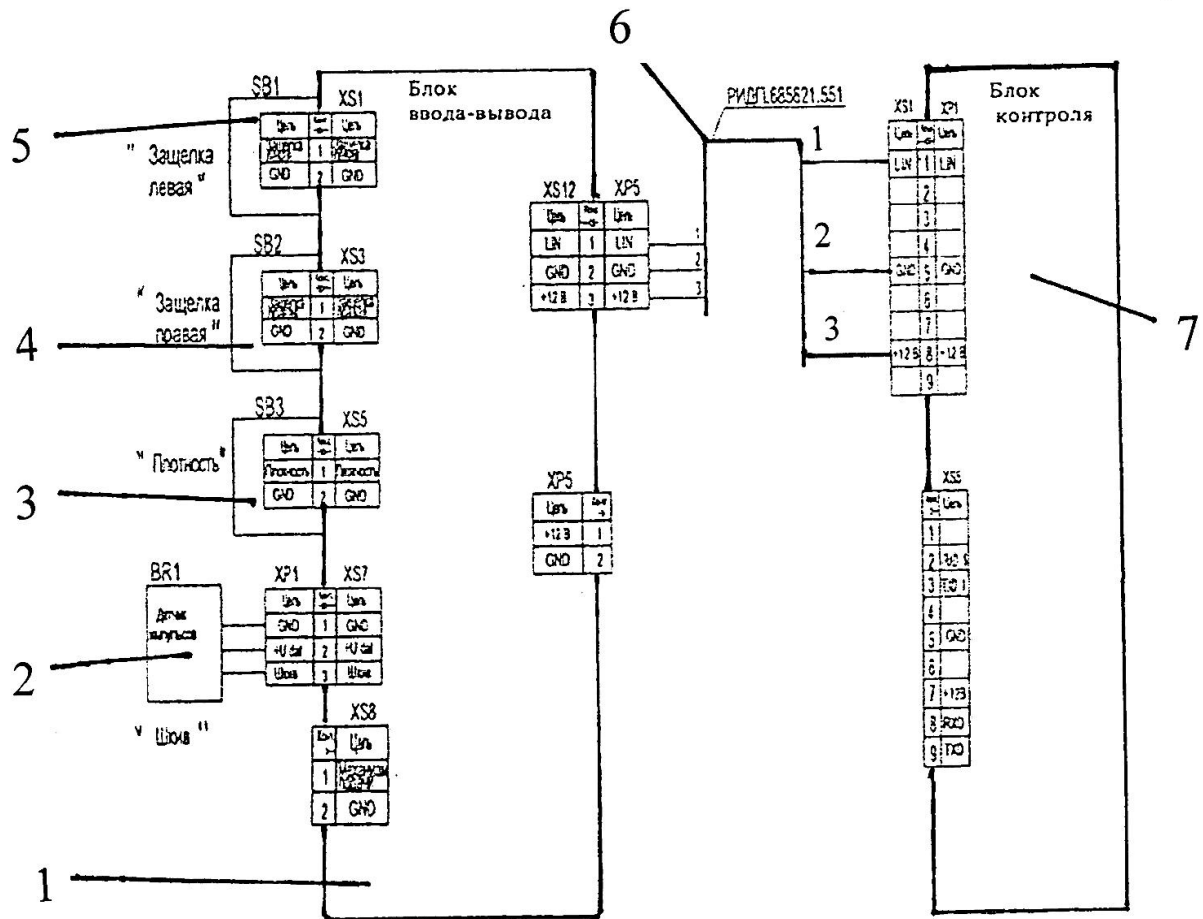


Рис. 16.1. Электрическая схема соединений САК:

1 – БВВ; 2 – датчик индукционный (импульсный); 3 – датчик (концевой выключатель) плотности рулона; 4, 5 – датчики (концевые выключатели) правой и левой защелок задней камеры; 6 – соединительный жгут; 7 – БК

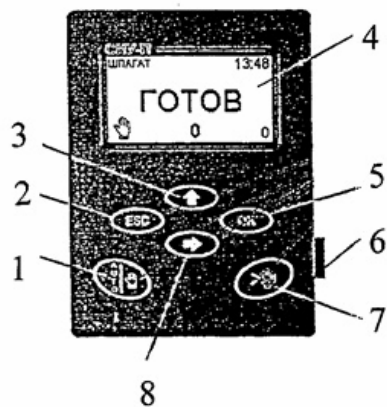


Рис. 16.2. Лицевая панель БК:

1 – кнопка автоматического/ручного режима;  
 2 – выход на экраны «Главный» или «Меню»; обнуление текущего значения счетчика рулонов – при длительном нажатии; 3 – выбор нужного режима, числового значения, параметра; 4 – индикаторный ЖК-дисплей; 5 – подтверждение выбора пиктограммы, числового значения, параметра; вход в режим «Меню»; 6 – переключатель «Вкл/Выкл» системы; 7 – включение подачи шпагата (сетки) в ручном режиме; 8 – выбор пиктограммы на экране, перемещение по экрану

Блок ввода-вывода (БВВ) устанавливается на пресс-подборщике, обеспечивает сбор и обработку информации от датчиков системы, а также управляет работой пресс-подборщика.

Индукционный (импульсный) датчик (РИДП.68141.503) 4 (рис.16.3) установлен на кронштейне 2 обматывающего аппарата.

Расположение всех датчиков показано на изображении общего вида пресс-подборщика (рис.16.4).

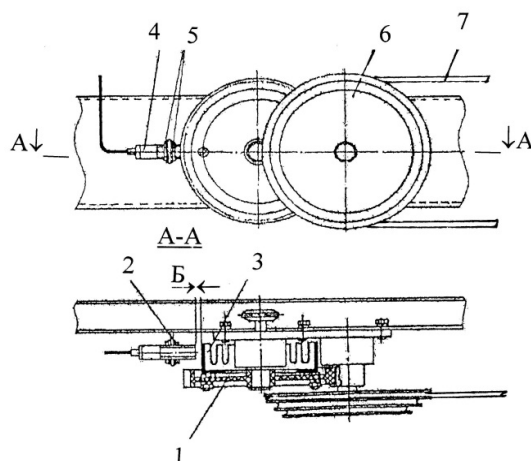


Рис. 16.3. Установка и регулировка датчика импульсов обматывающего аппарата:  
 1 – шестерня; 2 – кронштейн; 3 – импульсный диск (колесо); 4 – датчик импульсов;  
 5 – регулировочные гайки; 6 – шкив обматывающего аппарата; 7 – шпагат

Шкив 6 обматывающего аппарата через зубчатую передачу связан с шестерней 1 привода импульсного диска 3. Поскольку через шкив 6 осуществляется подача шпагата обвязки, вращение шкива передается диску 3. Вращение диска, имеющего прорези и перемычки, преобразуется датчиком 4 в импульсные сигналы напряжения, которые учитываются БК как информация о числе оборотов шкива обматывающего аппарата, т. е. о режиме обвязки рулона. При отсутствии сигналов датчика БК индицирует на дисплее сообщение «Обрыв шпагата». Необходима проверка работы электродвигателя механизма подачи и датчика импульсов. Зазор «Б» между датчиком 4 и диском 3 должен быть в пределах 2...4 мм. Регулировка производится гайками 5. Не допускается касание датчика о диск.

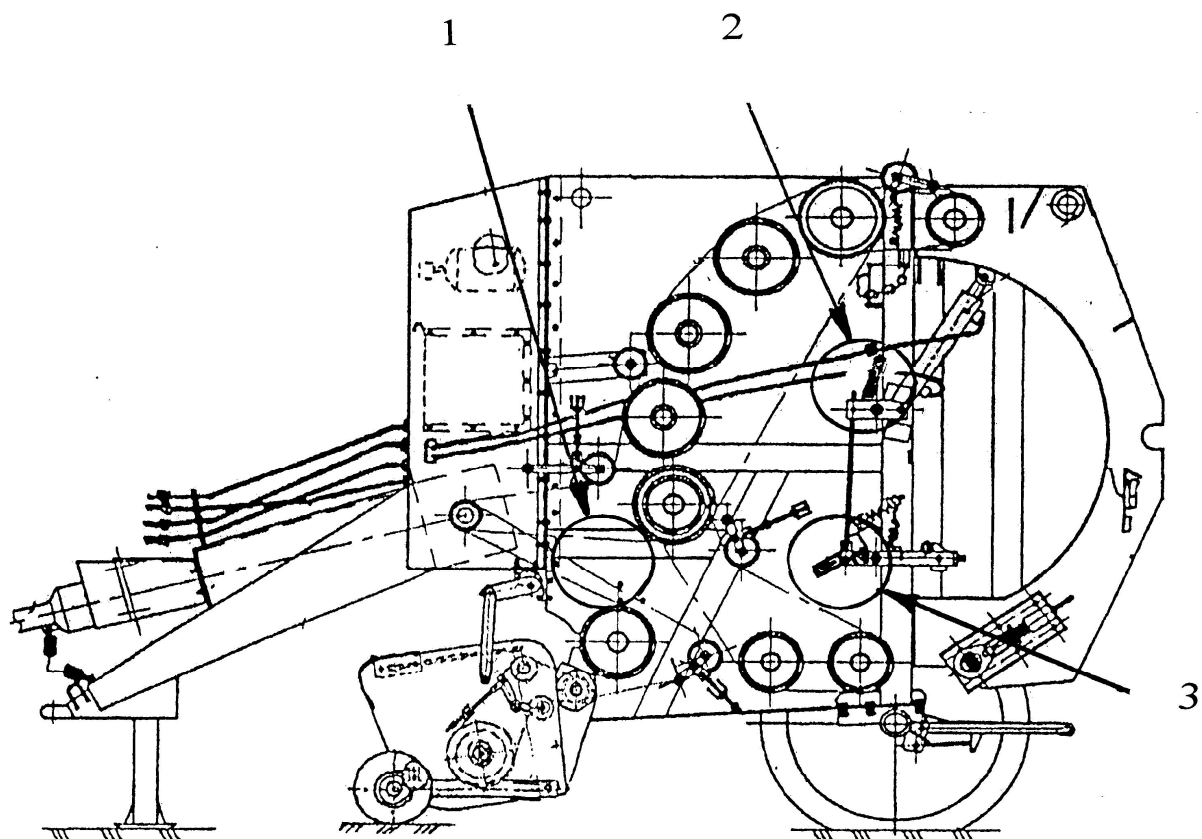


Рис. 16.4. Установка датчиков САК на пресс-подборщике ПРМ-150:

- 1 – датчик импульсов; 2 – датчик (концевой выключатель) плотности прессования;  
3 – датчики (концевые выключатели) левой и правой защелок задней камеры

Датчик (концевой выключатель) плотности прессования (выключатель ВК 12–21) 9 (рис. 16.5) установлен на кронштейне 10, прикрепленном болтами к кронштейну 11.

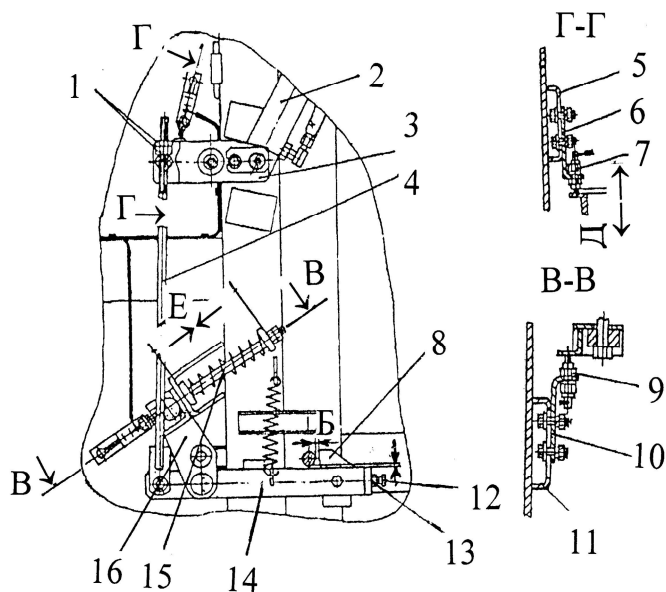


Рис. 16.5. Установка и регулировка датчиков (концевых выключателей) защелок задней камеры и плотности прессования (ВК 12–21):

1 – регулировочные гайки; 2 – гидроцилиндр; 3 – рычаг; 4 – тяга; 5, 6 – кронштейн; 7 – датчик защелки; 8 – упор; 9 – датчик плотности прессования; 10, 11 – кронштейн; 12 – болт; 13 – гайка; 14 – защелка; 15 – пружина; 16 – рычаг контроля плотности

Шток датчика (концевого выключателя) должен быть «утоплен» рычагом 16 контроля плотности на 1...2 мм. Регулировка при незаполненной камере производится перемещением кронштейна 10 с датчиком относительно кронштейна 11 по предусмотренным пазам, предварительно ослабив и затем затянув гайки болтов крепежа. Для проверки правильности регулировки произведите пробную намотку рулона и убедитесь в появлении на дисплее пиктограммы «STOP» с голосовым сообщением «СТОП». Далее необходимо осмотреть спрессованную массу и при избыточной плотности приблизить датчик 9 к рычагу 16, и наоборот. В зависимости от прессуемой массы необходимо опытным путем подбирать величину «Е» сжатия пружины 15. Плотность прессования уменьшается при сжатии пружины, и наоборот. Расчетная величина  $E = 150^{+2}$  мм.

Датчики (концевые выключатели) защелок камеры прессования (левый и правый выключатели ВК12-21) 7 (см. рис. 16.5) установлены на кронштейнах 6, прикрепленных болтами с гайками к кронштейнам 5. Регулировка датчиков производится при открытой задней камере в нижнем положении рычага 3 гидроцилиндра 2. Зазор «Д» между датчиком 7 и упором рычага 3 должен быть 4...6 мм, при этом шток датчика должен быть утоплен на 5 мм. Регулировка датчика производится перемещением кронштейна 6 с датчиком по пазу кронштейна 5.

## **Порядок выполнения лабораторной работы**

1. Изучите устройство и работу системы автоматизированного контроля (САК) операций процесса рулонного прессования ПРМ-150. Уясните параметры процесса прессования, контролируемые САК.
2. Определите на схеме электрических соединений элементы САК, их связь.
3. Определите расположение элементов САК на пресс-подборщике ПРМ-150.
4. Ознакомьтесь с методикой регулировки датчиков.
5. Произведите регулировку одного из датчиков (по указанию преподавателя).

### **Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Краткое описание ЭСУ пресс-подборщика ПРМ-150.
3. Методика регулировки датчиков.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие параметры контролирует САК пресс-подборщика ПРМ-150?
2. Из каких блоков и датчиков состоит САК?
3. Где установлен, о чем сигнализирует и как регулируется индукционный датчик САК?
4. Где установлены, о чем сигнализируют и как регулируются датчики защелок камеры прессования?
5. Где установлен, о чем сигнализирует и как регулируется датчик плотности прессуемой массы?
6. Чем регулируется плотность рулона?

## Список использованных источников

1. Электронные системы мобильных машин: пособие / И. Н. Шило, А. И. Бобровник, В. Г. Левков. – Минск : БГАТУ, 2013. – 320 с.
2. Компоненты зарубежных электрических и электронных систем : пособие / И. Н. Шило [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2012. – 264 с.
3. Акимов, С. В. Электрооборудование автомобилей: учебник для вузов / С. В. Акимов, Ю. П. Чижков. – М. : ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. – 336 с.
4. Савич, Е. Л. Легковые автомобили : пособие / Е. Л. Савич. – Минск : Новое знание, 2009. – 651 с.
5. Беларусь 3522.5: руководство по эксплуатации 3522.5-0000010 РЭ / – Минск, 2011. – 337 с.
6. Автомобили МАЗ 437040, 437041, 437043, 437141, 437143: руководство по эксплуатации 437040-3902002 РЭ / – Минск, 2011. – 288 с.
7. Комбайн зерноуборочный самоходный КЗС-1218 «Палессе GS12»: инструкция по эксплуатации КЗК-12-0000000Б ИЭ / – Гомель, 2013. – 237 с.
8. Коваленко, О. Л. Электронные системы автомобилей : учебное пособие / О. Л. Коваленко. – Архангельск : ИПЦ САФУ, 2013. – 80 с.
9. Эксплуатация электронных систем автомобилей : учебное пособие / В. Е. Ютт [и др.]. – М. : МАДИ, 2012. – 253 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

Учебное издание

**Ловкис** Виктор Болеславович,  
**Гедроить** Геннадий Иванович,  
**Безручко** Александр Фомич и др.

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ.  
ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *Г. И. Гедроить*  
Редактор *Г. В. Анисимова*  
Корректор *Г. В. Анисимова*  
Компьютерная верстка *Д. А. Пекарского*  
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 06.09.2019. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 19,06 + вкл. Уч.-изд. л. 7,45 + вкл. Тираж 98 экз. Заказ 517.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/359 от 09.06.2014.  
№ 2/151 от 11.06.2014.  
Пр-т Независимости, 99-2, 220023, Минск.