

Конспект лекций

проведения лекционных занятий

по учебной дисциплине “*Электронные системы машин и оборудования*”

для студентов специальности *1-74 06 01 – Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства*

Лекция 1. Введение. Основные принципы электронного управления ДВС. Требования, предъявляемые к электронным системам автоматического управления ДВС мобильных машин

Широкое применение электронных систем для функционального управления:

- двигателем внутреннего сгорания (ДВС),
- трансмиссией,
- ходовой частью,
- рулевым управлением,
- тормозной системой,
- системой электрического питания
- коммуникацией

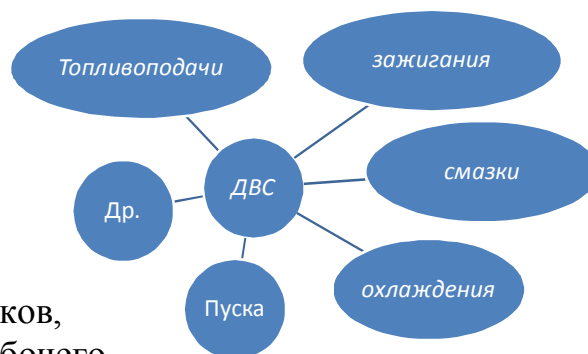
позволяет достичь значительного улучшения эксплуатационных свойств мобильных машин

- снижения токсичности ОГ (NO_x , CO , CH , твердые частицы);
- снижения уровня шума;
- повышения топливной экономичности
*точное дозирование топлива при высоком давлении впрыска
автоматическое регулирование угла опережения впрыска топлива;*
- повышения безопасности движения
*применения антиблокировочных (АБС)
противобуксовочных (ПБС) систем*
- повышения комфорта
*автоматическое переключение передач,
систем круиз-контроля,
систем регулирования подвески и контроля давления в шинах;*
- облегчения условий труда операторов;
- улучшения управляемости и устойчивости;
- упрощения операций технического обслуживания.

ДВС мобильных машин представляют собой систему, состоящую из отдельных подсистем, связанные друг с другом и образуют единое целое

К основным задачам электронных систем управления относятся

1. обработка информации от датчиков, контролирующей протекание рабочего процесса в двигателе,
2. выработка управляющих командных импульсов для исполнительных механизмов.





При классификации по способу и достигнутому уровню **обработки информации** электронные системы управления двигателем можно подразделить на четыре основные группы с управлением:

- ✓ программным;
- ✓ программно-адаптивным;
- ✓ адаптивным;
- ✓ интеллектуальным.

К системам с **программным управлением** относят системы с жесткими постоянными программами действия, заложенными в датчиках или в электронных устройствах системы. Программное управление осуществляется в электронных системах с низким уровнем автоматизации управления и в неизменном виде сохраняется в течение всего времени эксплуатации.

В реальных условиях эксплуатации автомобиля и трактора неизбежно появление рассогласования между заложенными в систему и требуемыми на данный момент эксплуатации программами. Рассогласование программ управления двигателем связано с

изменением его технического состояния в процессе эксплуатации, изменением свойств топлива и смазочных материалов, а также многих других факторов, не поддающихся прогнозированию при составлении программы управления. Корректировка программ в жестко программируемых системах управления практически невозможна.

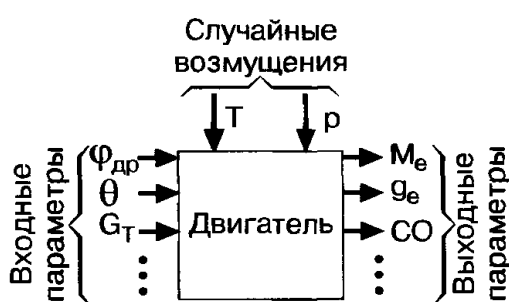
Программно-адаптируемые системы относятся ко второму, более совершенному поколению электронных систем управления двигателем. В таких системах заложенная при проектировании программа управления корректируется с учетом информации на выходе системы за счет введения обратной связи по заданному критерию. В большинстве современных систем с программно-адаптивным управлением, в частности, систем управления впрыскиванием топлива и зажиганием, обеспечивается адаптация по критерию стехиометрического состава топливоздушонной смеси или по критерию детонации.

Отличительной особенностью **комплексных адаптивных систем** управления является возможность изменения законов регулирования при изменении технического состояния и условий эксплуатации двигателя самой системой.

Основные принципы электронного управления ДВС.

Принцип (от лат. *principium* – начало, основа) – основное исходное положение какой-либо теории, науки, мировоззрения.

Схема двигателя как объекта автоматического управления



Входные параметры (угол открытия дроссельной заслонки $\varphi_{др}$, УОЗ, цикловой расход топлива G_T и др.) – параметры, которые влияют на протекание рабочего цикла двигателя. Их значения определяются

внешними воздействиями на двигатель со стороны водителя или системы автоматического управления, поэтому они называются также управляющими.

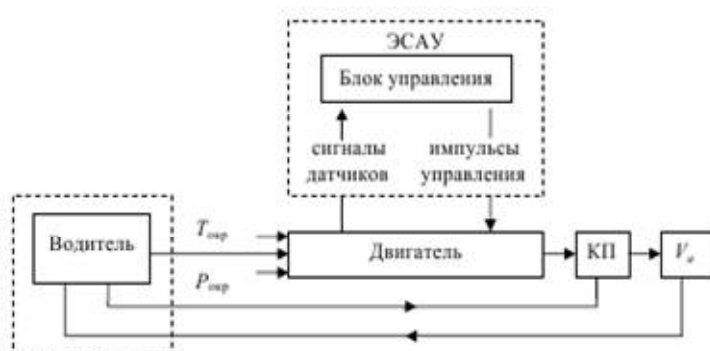
Выходные параметры, которые называются управляемыми, характеризуют состояние двигателя в рабочем режиме. К ним относятся: частота вращения коленчатого вала, крутящий момент M_e , показатель топливной

экономичности g_e и токсичность отработавших газов (например, содержание CO), а также многие другие. Кроме входных управляющих параметров, на двигатель во время его работы воздействуют случайные возмущения, которые мешают управлению. К случайным возмущениям можно отнести изменение.

Схема электронного управления

ДВС, в которой сигналы датчиков ДВС поступают к устройству ввода электронного блока управления в виде таких входных параметров как

двигатель с ИЗ



1. угол открытия дроссельной заслонки,
2. угол опережения зажигания,
у дизеля
3. положение педали управления подачей топлива,
4. угол опережения впрыска и др.

Эти управляющие параметры влияют на протекание рабочего цикла двигателя.

Электронный блок управления (ЭБУ) анализирует сигналы датчиков и рассчитывает длительность импульса управления, определяющий выходные управляемые параметры

- ✓ (частота вращения коленчатого вала (n)),
- ✓ Крутящий момент M_e
- ✓ показатели топливной экономичности (g_e),
- ✓ токсичности ОГ (CO, NO_x, CH и др.).

Наряду с входными управляющими параметрами на ДВС в процессе работы воздействуют случайные возмущения, мешающие управлению (окружающая температура $T_{окр}$, атмосферное давление $P_{окр}$, относительная влажность, свойства топлива, масла и др.). Поскольку ДВС работает на

нестационарных режимах, возникает трудности оптимального управления двигателем. Возможность такого оптимального управления появилась с внедрением ЭСАУ. Система управления двигателем является многомерной, поскольку в ДВС каждый входной параметр воздействует на несколько выходных параметров, что приводит к многовариантности систем управления (современные системы впрыска бензина и дизели с топливной системой Common Rail)

Большинство силовых электронных аппаратов по принципу управления являются импульсными системами. Такое определение вытекает из импульсного характера функционирования основных элементов силовой части схемы – тиристоров, транзисторов и др.

Теория импульсных систем получила развитие в основном применительно к информационным системам. Многие положения этой теории оказались справедливыми и для импульсных энергетических систем, к которым следует отнести большинство устройств силовой электроники. При их рассмотрении широко используются термины и определения, сформулированные значительно раньше, чем появились системы импульсного преобразования энергии.

В импульсных энергетических системах применяются элементы с дискретно изменяемыми параметрами, например проводимостью. Кроме того, такие системы содержат также и непрерывную, обычно линейную часть, например фильтр, нагрузку и др. В электронных аппаратах импульсным элементом с дискретно изменяемым состоянием проводимости является электронный ключ. Периодическое изменение состояния ключей аналогично во многом квантованию сигналов информационных систем по уровню и времени. Квантование происходит дискретно, в определенные моменты времени, по определенным законам, характеризующим преобразование непрерывных сигналов в импульсные. При анализе импульсных информационных систем эти законы называют законами модуляции. Такая же терминология в основном сохранилась и для энергетических импульсных систем, в которых различают следующие основные виды модуляции:

- Амплитудно-импульсную (АИМ);*
- Широтно-импульсную (ШИМ);*
- Частотно-импульсную (ЧИМ).*

Существуют и другие способы модуляции, сочетающие различные виды. Особо следует отметить широко применяющиеся релейные системы с квантованием по уровню. Но этот вид импульсных систем может быть отнесен также к разновидности импульсных систем, сочетающих ШИМ и ЧИМ.

Амплитудно-импульсная модуляция. При этом виде модуляции частота импульсов управления постоянна и соответствует периоду квантования по времени. Выходной сигнал модулируется импульсами управления различными по своему уровню (амплитуде), что и определило название способа.

Широтно-импульсная модуляция. При широтно-импульсной модуляции ключ переключается с также с постоянной частотой, а длительность импульса управления изменяется в соответствии со значением модулирующей функции.

Частотно-импульсная модуляция. В системах с ЧИМ изменяется частота переключения ключа, что соответствует изменению периода переключения ключа согласно значениям модулирующей функции. Длительность импульса при этом остается постоянной, как и при АИМ.

Требуемый закон управления иногда может быть реализован посредством релейной модуляции, сочетающей признаки ШИМ и ЧИМ. Этот принцип управления благодаря ряду преимуществ в технической реализации за последние годы стал широко использоваться в различных силовых электронных устройствах.

Кроме указанных видов модуляции существует большое разнообразие их модификаций. В частности, в силовой электронике широко используется модуляция разнополярных сигналов. Эту разновидность модуляции иногда называют двух- или трехпозиционной в зависимости от топологии схемы.

В системах с программным управлением, например содержащих микропроцессор, возможна реализация более сложных законов управления силовыми электронными ключами, чем в рассмотренных выше видах модуляции. Эти законы должны соответствовать стратегии оптимального управления. Учитывая, что импульсные системы, за исключением систем с АИМ, являются существенно нелинейными, определение законов оптимального управления является сложной задачей. Решение ее обычно можно получить, применяя специальные методы теории нелинейных цепей. Особенно решение подобных задач затруднительно для многоконтурных систем управления со значительным количеством переменных. Перспективным направлением в решении подобных задач является использование методов нечеткой логики. Методы этой логики не требуют создания сложных аналитических моделей системы и базируются на математической обработке простейших функций. Такие функции соответствуют набору правил и инструкций, сформулированных для конкретной системы в виде высказываний: «много», «мало», «если ... то...» и др.

Требования, предъявляемые к электронным системам автоматического управления ДВС мобильных машин

На рис. 7.3 приведена одна из возможных схем МПСУД, составными частями которой являются электронноуправляемые системы топливоподачи (ЭТС), газообмена (ЭСГО) и управления охлаждением двигателя. Управляемым параметром этой МПСУД является частота n вращения коленчатого вала. Необходимый крутящий момент M_e на коленчатом валу двигателя обеспечивает тепловое звено ТЗ, в котором выделяемая при сгорании топливовоздушной смеси тепловая энергия преобразуется в механическую энергию (механическое звено). Управляющие сигналы U_1 - U_7 , воздействующие на тепловое звено, вырабатываются микроконтроллером МК на основании информации, получаемой от различных датчиков. На вход микроконтроллера подается только один сигнал $I_{уд}$, несущий информацию о положении педали управления двигателем, которое устанавливается водителем автомобиля.

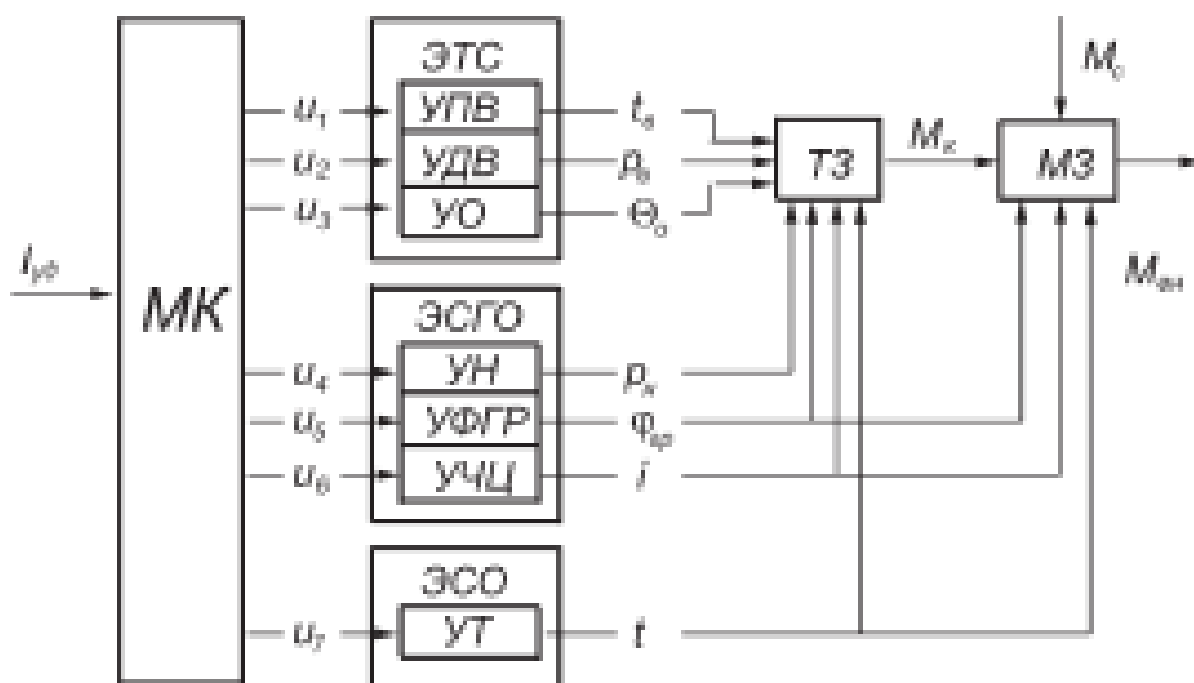


Рис. 7.3. Схема МПСУД:

МК – микроконтроллер; *ЭТС, ЭСГО, ЭСО* – соответственно электронные системы управления подачей топлива (электронная топливная система), газообмена и охлаждения; *УПВ, УДВ, УО* – соответственно каналы управления продолжительностью, давлением и опережением впрыскивания топлива; *УН, УФГР, УЧЦ* – каналы управления наддувом, фазами газораспределения и числом работающих цилиндров; *УТ* – канал управления температурой в различных системах двигателя; *ТЭ* – тепловое звено; *МЭ* – механическое звено; *М_к* – крутящий момент; *М_с, М_{вн}* – внешний и внутренний моменты сопротивления; *t_в* – продолжительность впрыскивания топлива; *p_в* – давление впрыскивания топлива; *Θ_в* – угол опережения впрыскивания топлива; *p_н* – давление наддува; *φ_{ГР}* – фазы газораспределения; *i* – число работающих цилиндров; *t* – температура охлаждающей жидкости; *I_{уд}* – положение педали управления; *α_{1-м2}* – управляющие сигналы

Структурная схема обобщенного микроконтроллера МПСУД приѳ ведена на рис. 7.4. Основой микроконтроллера МК является микропроцессор МП, который получает информацию от датчиков Д из а датчиков З через интерфейс ввода и управляет исполнительными механизмами через интерфейс вывода.

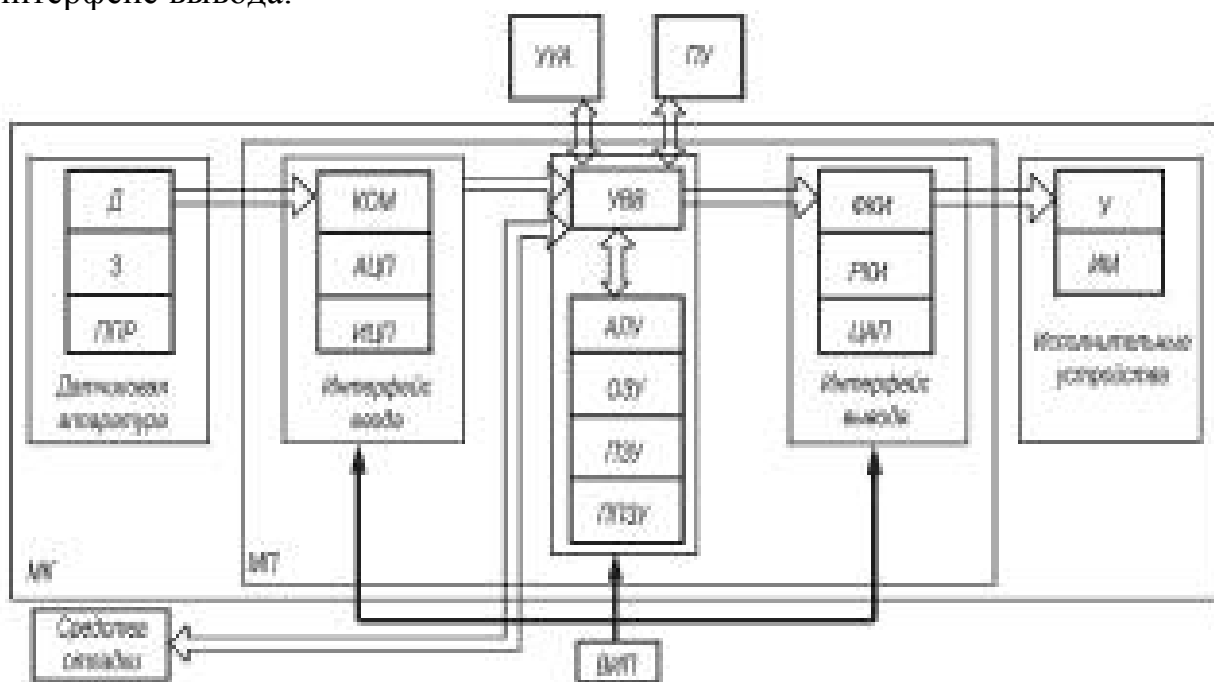


Рис. 7.4. Структурная схема обобщенного микроконтроллера МК:

УУА – устройство управления автомобилем; *ПУ* – пульт управления; *ВНП* – вторичные источники питания; *МП* – микропроцессор; *Д* – датчики; *З* – задатчики; *ППР* – первичные измерительные преобразователи; *У* – усилители; *ИМ* – исполнительный механизм; *УВВ* – устройства ввода-вывода; *АЛУ* – арифметическо-логическое устройство; *ПЗУ* – программируемое запоминающее устройство; *ОЗУ* – оперативное запоминающее устройство; *ППЗУ* – перепрограммируемое запоминающее устройство; *КОМ* – коммутатор; *АЦП* – аналого-цифровой преобразователь; *ЦАП* – импульсно-цифровой преобразователь; *ФКИ* – формирователь командных импульсов; *РКИ* – распределитель командных импульсов; *ЦАП* – цифро-аналоговый преобразователь

Лекция 2. Датчики ЭСАУ ДВС. Исполнительные устройства ЭСАУ ДВС. Электронные блоки управления ДВС.

Датчик — средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

Датчики, выполненные на основе электронной техники, называются *электронными датчиками*.

Отдельно взятый датчик может быть предназначен для измерения (контроля) и преобразования одной физической величины или одновременно нескольких физических величин.

В состав датчика входят чувствительные и преобразовательные элементы. Основными характеристиками электронных датчиков являются чувствительность и погрешность.

Основные характеристики электронных датчиков

1. чувствительность — это мера изменения выходного сигнала прибора при заданном изменении сигнала на входе.

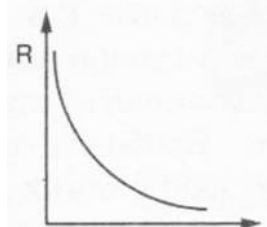
Чувствительность оценивается на практике как наклон характеристики прибора в линейной зоне. Показатель в $0,1 \text{ В}/^\circ\text{C}$, например, означает, что система будет увеличивать свой выходной сигнал на $0,1 \text{ В}$ при увеличении температуры на входе на 1°C .

2. погрешность — отклонение измеренного значения величины от её истинного (действительного) значения

Например, если длина в 30 см измеряется обычной деревянной линейкой, тогда ошибка может достигать 1 мм в большую или меньшую сторону. Это расценивается как точность $\pm 1 \text{ мм}$. Ошибка может быть выражена также в процентах, что в данном случае составляет $0,33\%$. Для измерителей электрических величин часто указывают максимальную ошибку в процентах от полной шкалы отклонения стрелки. Максимальная ошибка, или точность, зависит от ряда факторов, поясняемых ниже.

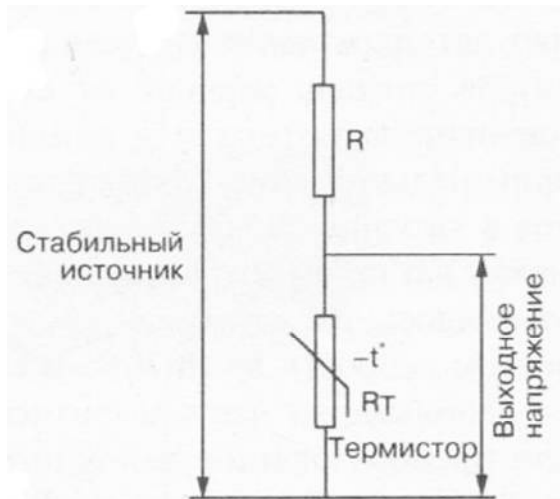
Термисторы

Термисторы являются наиболее распространенными приборами, используемыми для измерений температуры двигателя автомобиля.



Принцип измерения состоит в том, что **изменение температуры вызывает изменение сопротивления термистора** и, следовательно, можно получить электрический сигнал, пропорциональный измеряемой величине.

Большинство термисторов — приборы с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (ОТКС). Реальные характеристики термисторов для термисторов, применяемых в двигателях, будут изменяться от нескольких кОм при 0°C до нескольких сотен Ом при 100°C .



Термисторы конструируются из полупроводниковых материалов, таких как окись кобальта и никеля. Изменение сопротивления в зависимости от изменения температуры обусловлено тем, что электроны при высоких температурах легко освобождаются от ковалентных связей. Система измерения температуры на основе термистора может быть очень чувствительной за счет значительного изменения со-

противления при относительно малом изменении температуры.

Сопротивление термистора R_t уменьшается нелинейно с температурой в соответствии с отношением:

$$R_t = Ae^{(B/T)}$$

где R_t — сопротивление термистора,

T — абсолютная температура;

B — характеристическая температура термистора (типичное значение около 3000 K),

A — нормирующая константа термистора.

Для конфигурации показанной мостовой схемы зависимость выходного напряжения определяется формулой:

Термопары

Если один из спаев находится при более высокой температуре, чем другой, этот эффект может быть зарегистрирован. На этом принципе основано действие датчика, известного как термопара.

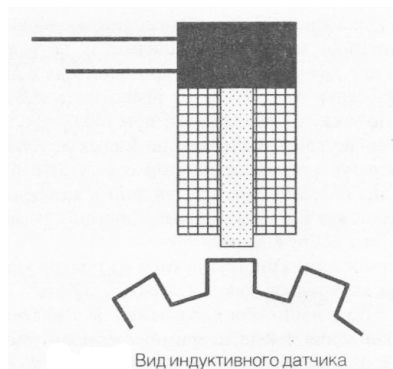
показано устройство термопары и соответствующих ей цепей. Заметим, что термопара измеряет разность температур ($T_2 - T_1$) чтобы сделать систему измерения более полезной, температуру T_1 , нужно поддерживать на известном уровне.



Термопары используют для измерения высоких температур. Термопара из комбинации сплава 70% платины и 30% родия в сочетании со сплавом 94% платины и 6% родия известна как термопара типа В и имеет диапазон применения от 0 до 1500 °С. Область применения этой термопары в автомобиле — измерение температуры выхлопных газов и температуры воздуха наддува.

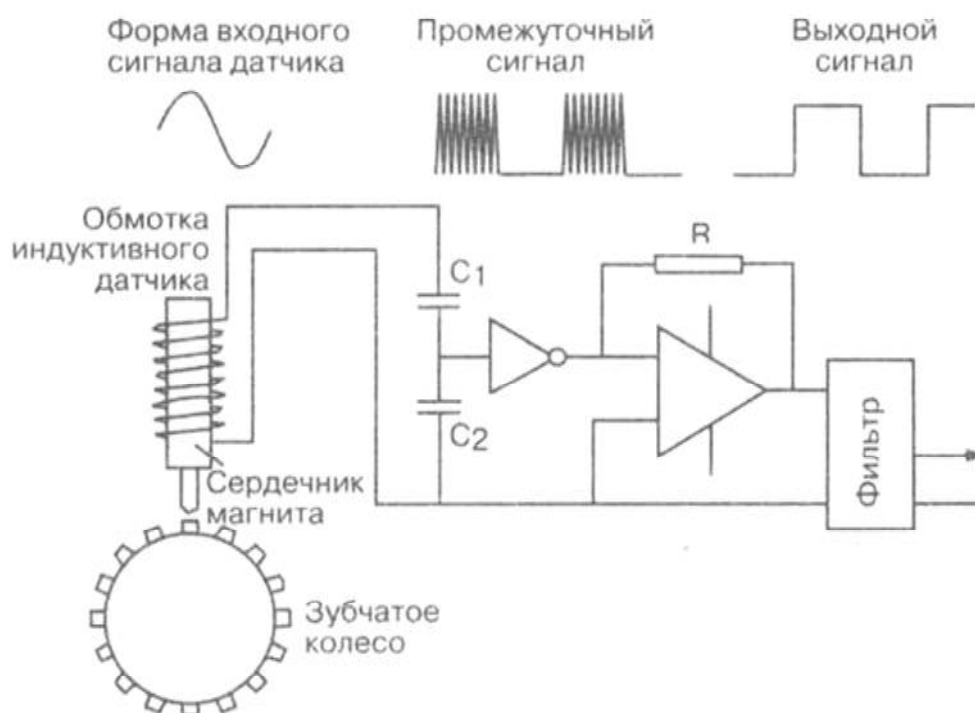
Индуктивные датчики

Датчики индуктивного типа используются для измерения скорости и положения вращающихся деталей. Их действие основывается на **принципе электрической индукции** (изменение магнитного потока наводит э.д.с. в катушке). На рис. 2.47 показан принцип действия индуктивного датчика и типичный прибор, применяемый в качестве датчика скорости вращения и положения коленчатого вала двигателя.



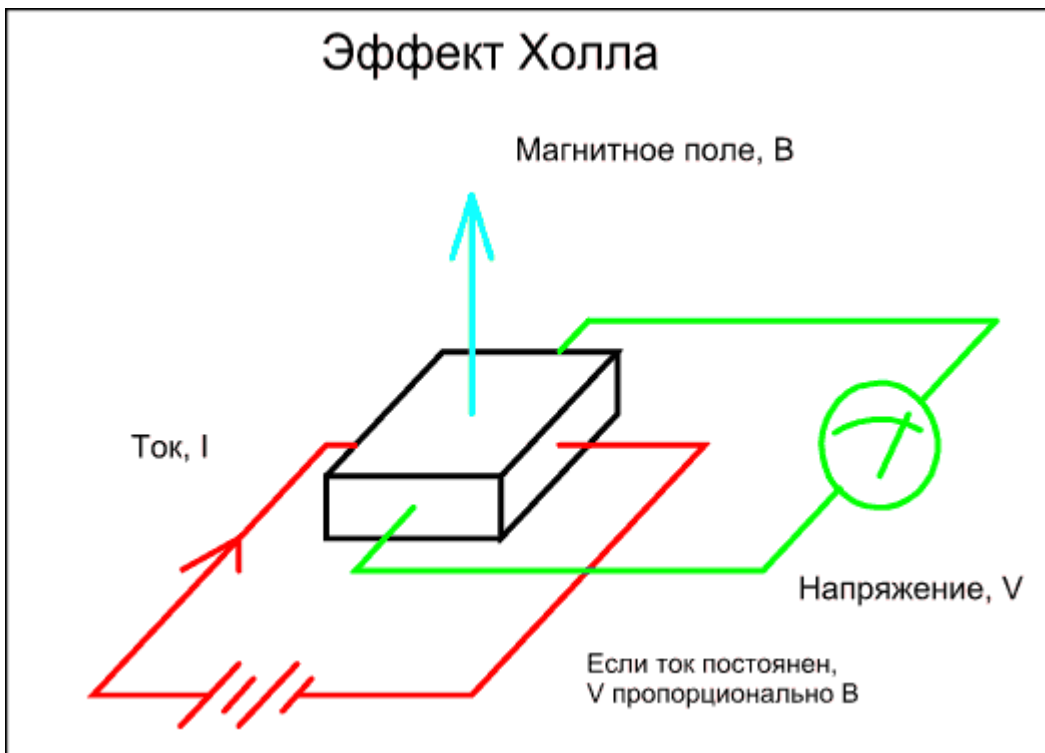
Выходное напряжение большинства индуктивных датчиков имеет синусоидальную форму. Амплитуда сигнала зависит от скорости измерения магнитного потока и в основном определяется конструкцией датчика: числом витков в катушке, силой магнита и величиной зазора между датчиком и вращающейся деталью. Выходное напряжение увеличивается с ростом скорости вращения. В большинстве случаев

используется частота сигнала. Наиболее часто для преобразования выходного напряжения индуктивного датчика в полезный сигнал его пропускают через триггер Шмидта. Он позволит создать напряжение прямоугольной формы постоянной амплитуды и переменной частоты.



Эффект Холла

Данный эффект был впервые обнаружен доктором Э. Г. Холлом (Dr E.H. Hall). Суть его очень проста (см. рис. 2.49): если через кристалл пропустить ток и поместить его в магнитное поле, перпендикулярное направлению тока, то в нем возникает напряжение.



Амплитуда этого напряжения пропорциональна величине тока источника и напряженности магнитного поля.

принцип действия которого состоит в том, что пластина прерывателя создает эффект «включения» и «выключения» магнитного поля. Выходной сигнал такого датчика — волна почти прямоугольной формы с постоянной амплитудой.

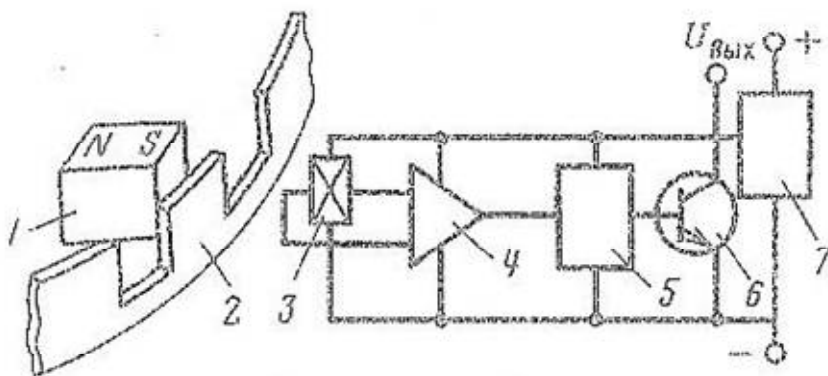


Схема бесконтактного микро-
реле с элементом Холла

Магнитное поле создается постоянным магнитом 1, а прерывание магнитного поля осуществляется ротором с прорезями, который укреплен на валике распределителя. При прохождении прорези ротора около постоянного магнита магнитное поле пронизывает поверхность элемента Холла 3, и на его выходе возникает ЭДС. Усилитель 4 усиливает сигнал датчика, и через релейный усилитель 5 сигнал попадает на базу транзистора 6 и открывает его. Когда магнитное поле не пересекает элемент Холла, ЭДС Холла

исчезает и транзистор закрывается, ток в цепи низкого напряжения прерывается. Чтобы исключить влияние на сигнал датчика колебаний напряжения сети и температуры в схеме используется блок стабилизации 7.

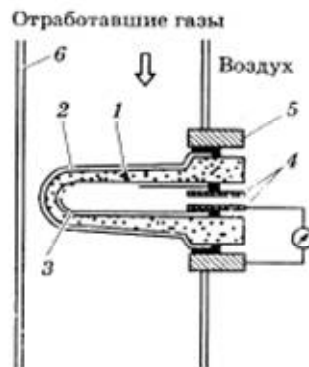
Кислородные датчики

Кислородные датчики выхлопа (exhaust gas oxygen - EGO) размещаются вблизи коллектора для сохранения адекватного температурного режима.

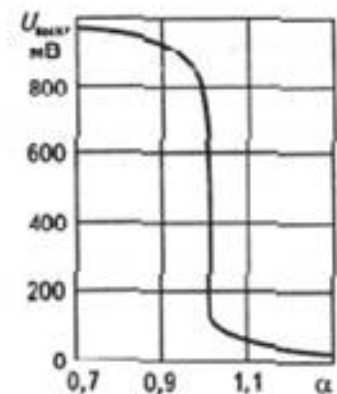
Такие датчики надежно работают при температурах свыше 300 °С. В некоторых конструкциях вводится нагревательный элемент, чтобы требуемая температура достигалась быстрее. Этот тип датчика носит название нагреваемый кислородный датчик выхлопа (heated exhaust gas oxygen — HEGO). Нагревательный элемент (который потребляет около 10 Вт) работает не постоянно, а лишь поддерживает температуру датчика в безопасной области (не выше 850 °С). Именно по этой причине датчики обычно не помещают непосредственно в выпускной коллектор.

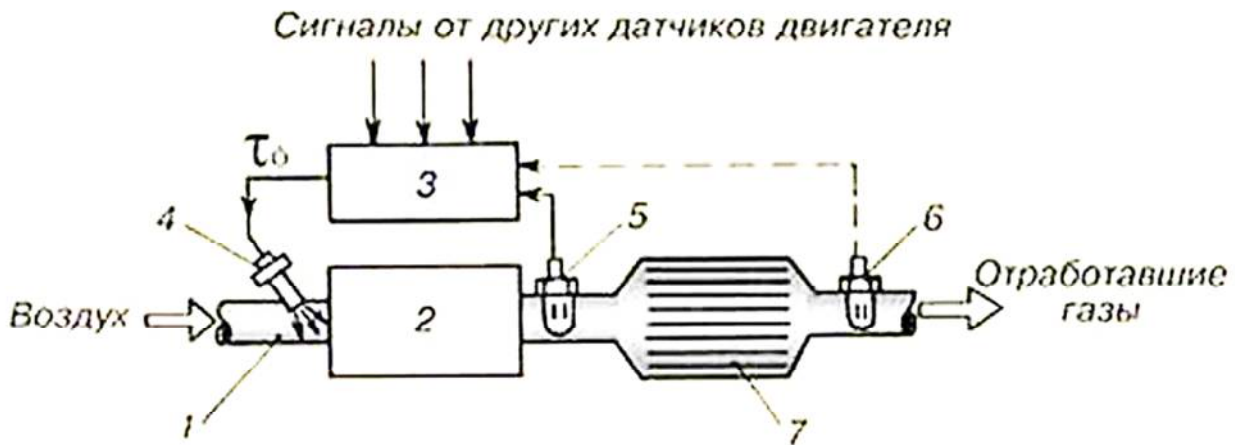
Основной активный компонент большинства типов кислородных датчиков — **двуокись циркония**. Принцип действия датчика состоит в том, что при температурах свыше 300 °С двуокись циркония начинает проводить ионы кислорода. Датчик сконструирован таким образом, чтобы максимально точно реагировать на значение λ -фактора. Поскольку один электрод связан с атмосферным воздухом (это реперная точка для измерений), большее количество ионов кислорода будет присутствовать именно на этой стороне. Вследствие диффузии эти ионы проникают в электрод и мигрируют через электролит, то есть ZrO_2 . Этот процесс приводит к созданию заряда аналогично действию батареи. Величина этого заряда зависит от содержания кислорода в выхлопных газах. Обычно в зоне оптимального λ -фактора датчик развивает напряжение порядка 400 мВ.

Система управления двигателем с обратной связью по λ -фактору позволяет очень точно отслеживать процесс сгорания топлива в двигателе. И, следовательно, возможен точный контроль выбросов выхлопных газов.



λ -зонд: 1 – твердый электролит двуокиси циркония; 2 – платиновый наружный электрод; 3 – платиновый внутренний электрод; 4 – контакты; 5 – корпусный контакт; 6 – выпускная труба





Датчик массового расхода воздуха

Датчик массового расхода воздуха (ДМРВ) - устройство, предназначенное для оценки количества воздуха, поступающего в двигатель. Может применяться совместно с датчиками температуры воздуха и атмосферного давления, которые корректируют его показания.

Расходомер воздуха с пленочным термоанемометром

Принцип работы основан на увеличении теплотерь нагретого тела при увеличении скорости обдувающего более холодного газа — изменение числа Нуссельта.

Это явление всем знакомо, известно, что при холодной ветреной погоде ощущение холода сильнее, при равных температурах воздуха.

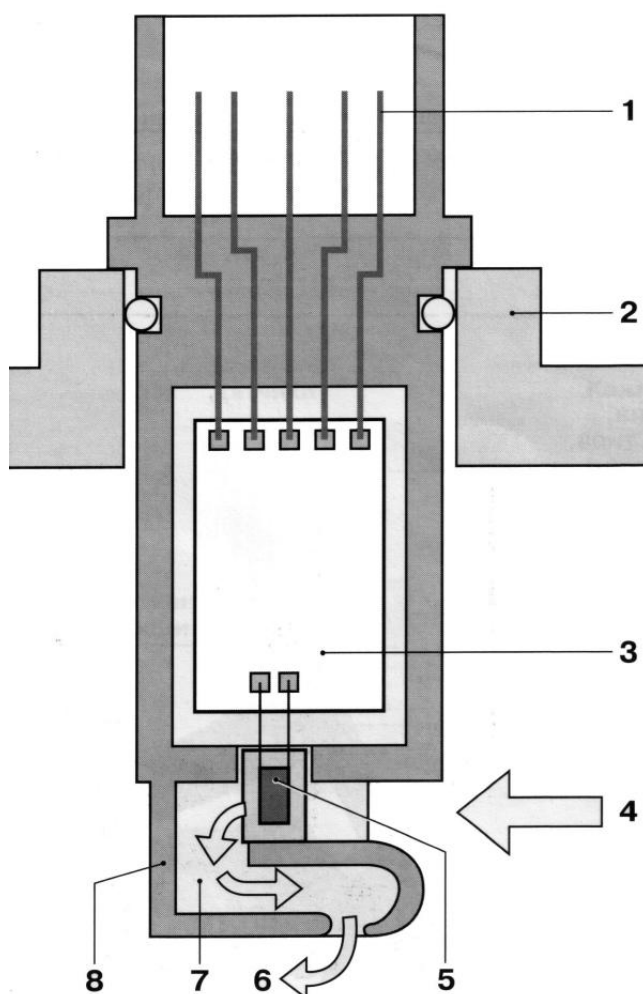


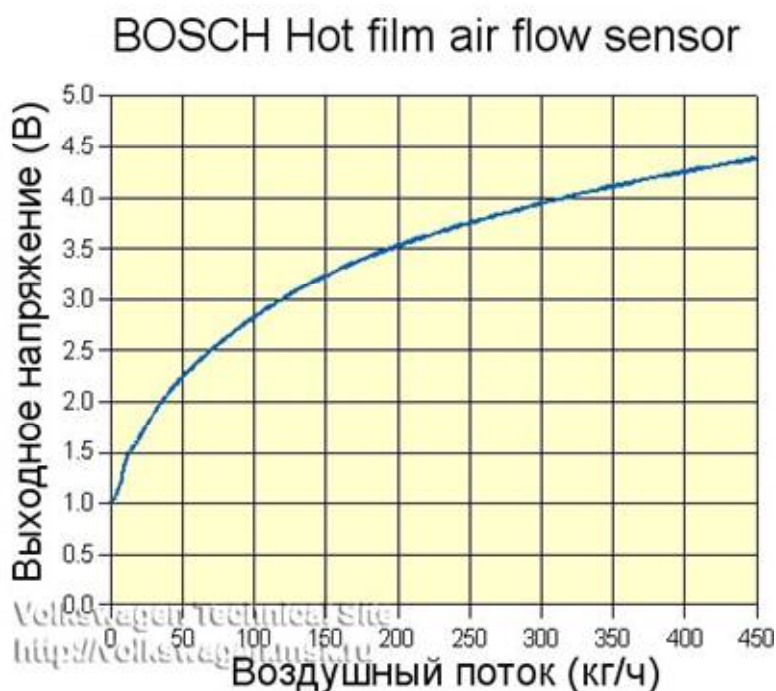
Схема массового расходомера воздуха с пленочным термоанемометром:

1 — выводы электрического разъема, 2 — измерительный патрубок или корпус воздушного фильтра, 3 — вычислительный контур (гибридная схема), 4 — вход воздуха, 5 — чувствительный элемент датчика, 6 — выход воздуха, 7 — обводной канал, 8 — корпус датчика.

Принцип работы массового расходомера воздуха заключается в следующем. Микромеханическая диафрагма датчика 5 на чувствительном элементе 3 нагревается

центральным нагревающим резистором. При этом имеет место резкое падение температуры на каждой стороне зоны нагрева 4.

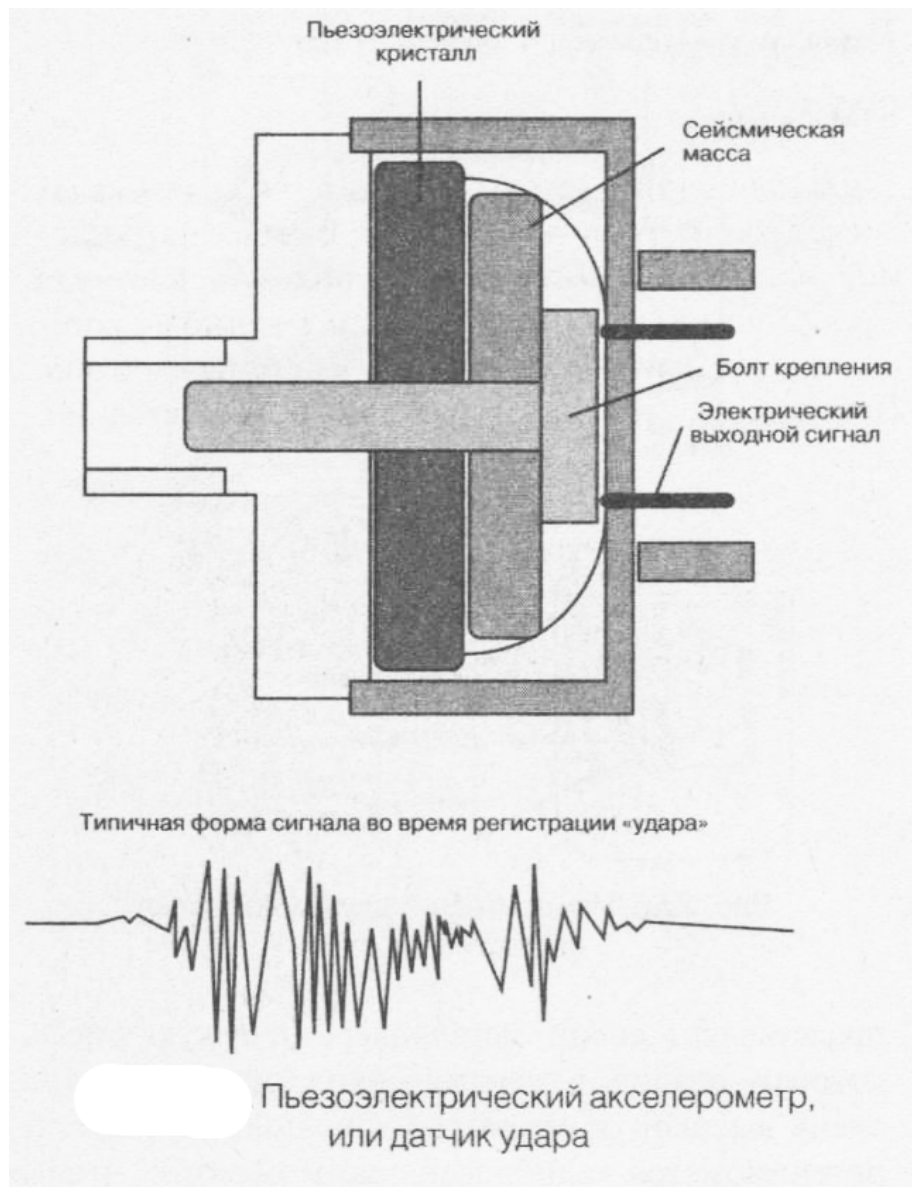
Распределение температуры по диафрагме регистрируется двумя температурозависимыми резисторами, которые устанавливаются симметрично до и после нагревающего резистора (точки измерения M1 и M2). При отсутствии потока воздуха на впуске температурная характеристика 1 одинакова на каждой стороне измерительной зоны ($T_1 = T_2$). Как только поток воздуха начинает обтекать чувствительный элемент датчика, распределение температуры по диафрагме меняется (характеристика 2).



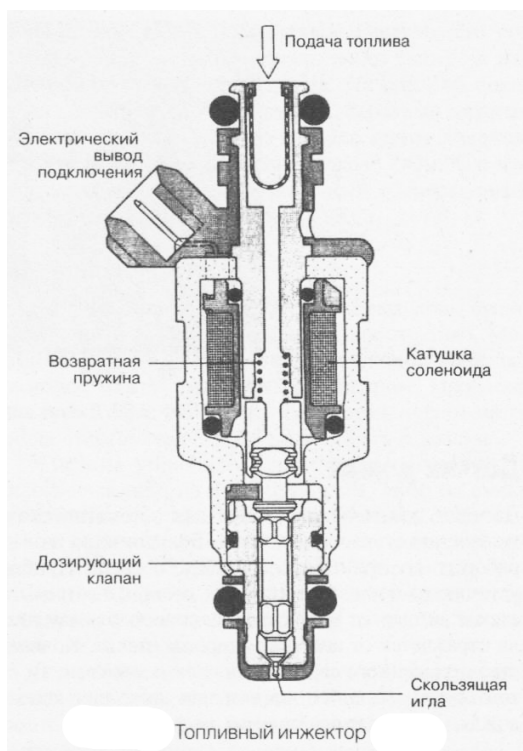
Акселерометр (датчики удара)

Пьезоэлектрический акселерометр измеряет силу, вызванную ускорением подвижной массы. Для преобразования этой силы в выходной электрический сигнал используется пьезоэлектрический кристалл

Кристалл помещается в виде прослойки между основанием датчика и инерционной массой и закрепляется резьбовым соединением. Силы ускорения, действующие на инерционную массу, вызывают изменение силы сжатия кристалла и, следовательно, генерируют пьезоэлектрическое напряжение. Возникающие колебания демпфируются исключительно за счет упругости материала кристалла. Это значит, что такой датчик будет иметь ярко выраженную резонансную частоту, причем она будет очень высокой (свыше 50 кГц). На частотах до 15 кГц датчик будет иметь плоскую амплитудно-частотную характеристику (АЧХ).



Соленоидные приводы



Основной принцип действия соленоидных приводов очень прост. Термин «соленоид» означает: многовитковая катушка, намотанная на пустую трубку. Этот термин стал настолько распространенным, что зачастую используется неверно, например,

В оригинале используется термин «актуатор» (от англ. actuators), но при переводе он заменен термином «привод» или «приводной механизм», так как термин «актуатор» практически не используется в отечественной практике. — *Прим. перев.*

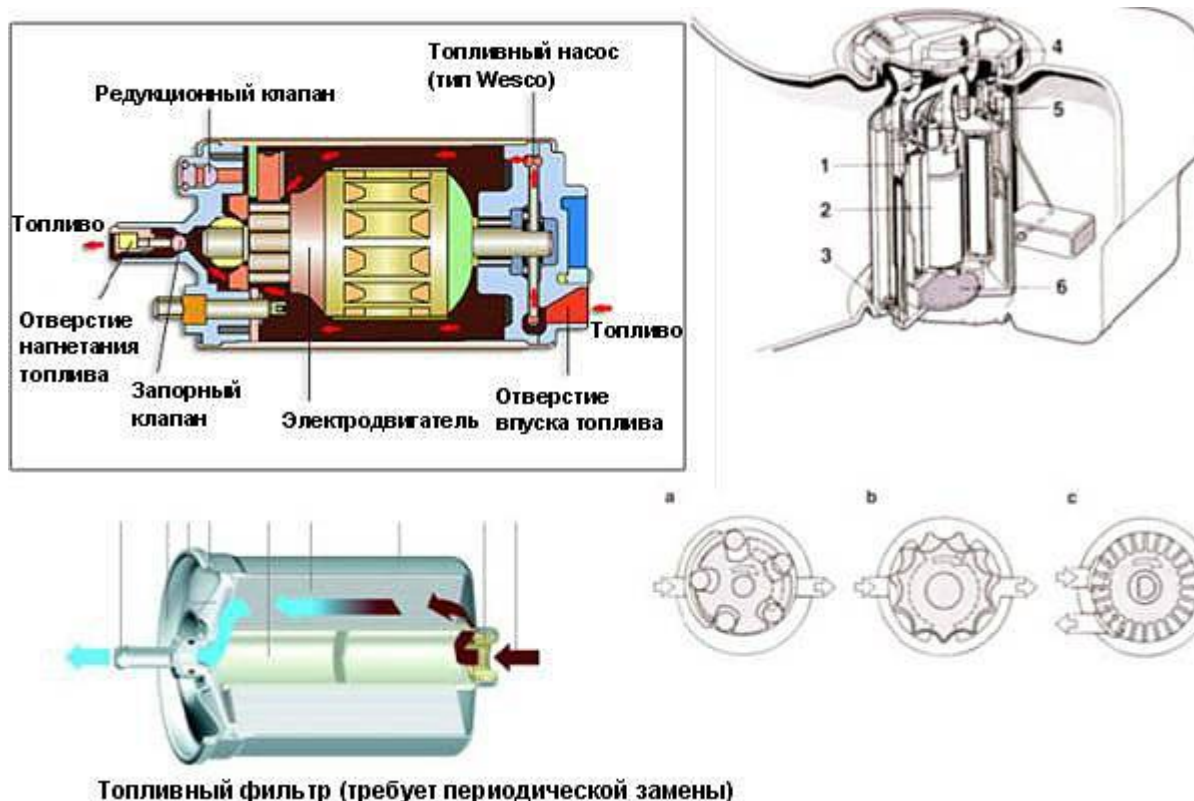
пример соленоида — инжектор топлива, показанный. Когда на обмотки подается питание, якорь увлекается магнитным

полем и сжимает пружину. В случае топливного инжектора это движение ограничивается всего 0,1 мм. Интервал времени, во время которого инжектор остается открытым, весьма незначителен — обычно в пределах от 1,5 до 10 мс. Это время, требуемое инжектору, чтобы открыться и закрыться, является очень важным для отмеривания дозы топлива.

Время реакции для узлов соленоидного принципа действия, таких как инжектор топлива, в значительной степени зависит от индуктивности обмотки.

Моторные приводы

Электрические моторы с постоянными магнитами используются во многих случаях ввиду своей универсальности. Выходом мотора является, конечно, вращение, но оно может быть использовано различными способами. Вращение может быть легко преобразовано в линейное перемещение, если электродвигатель приводит во вращение ходовой винт с гайкой, на которой установлен плунжер. В большинстве случаев использования в автомобиле вращение вала мотора должно быть преобразовано с помощью зубчатой передачи, которая служит для уменьшения скорости и увеличения крутящего момента.

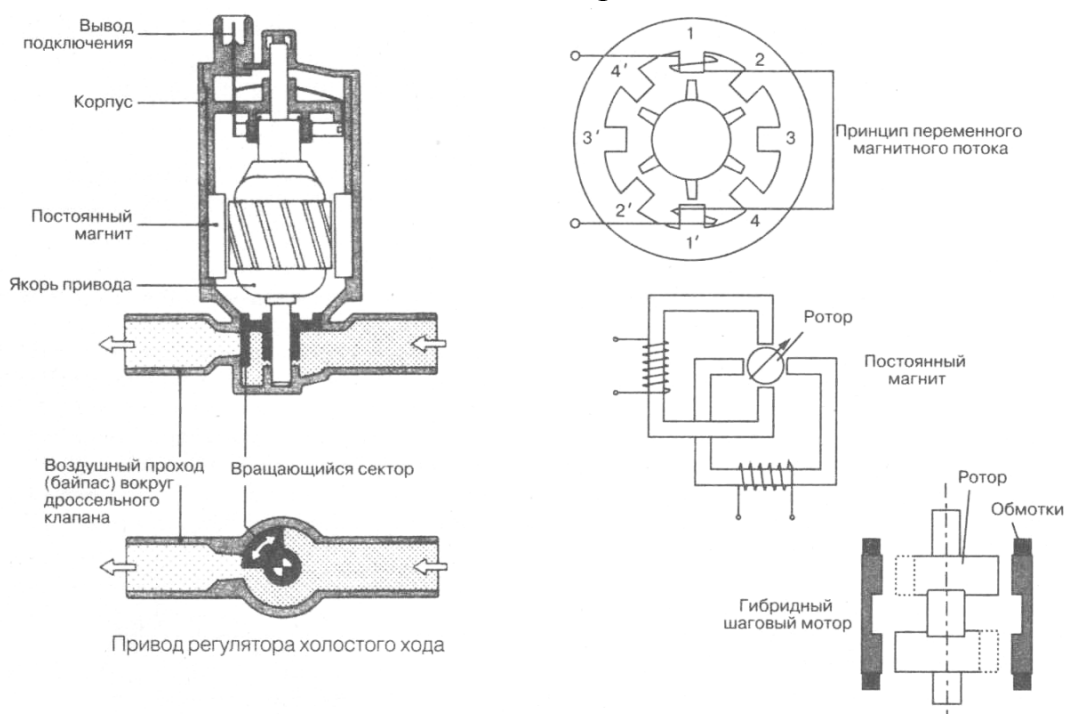


Исполнительный механизм холостого хода

Этот прибор используется для управления скоростью холостого хода благодаря воздушному обходному каналу¹. Существует два основных типа

устройств общего применения: с **одной обмоткой**, которые имеют две клеммы, и **двойной обмоткой**, которые имеют три клеммы. Под управлением блока управления двигателем электромотор должен открывать и закрывать заслонку, регулируя, таким образом, внутреннее сечение обходного канала. Эти исполнительные механизмы поворачиваются на 90° , чтобы открывать или закрывать клапан. Поскольку речь идет о моторах с постоянными магнитами, термины «одиночные» или «сдвоенные» обмотки относятся к якорю.

На механизм с одиночной обмоткой подается импульсное напряжение прямоугольной формы. Преодолевая силу пружины, двигатель сначала открывает заслонку, затем она снова закрывается под действием пружины. Отношение периодов «включено/выключено», или рабочий цикл (скважность) прямоугольного сигнала, будет определять среднее время открытого состояния клапана и, следовательно, скорость холостого хода.



Шаговые моторы

Шаговые моторы делятся на три группы:

- ♦ моторы с изменяемым магнитным сопротивлением;
- ♦ моторы с постоянными магнитами;
- ♦ моторы гибридного типа.

Моторы с изменяемым магнитным сопротивлением используют прямоугольного сигнала, будет определять среднее время открытого состояния клапана и, следовательно, скорость холостого хода.

В приводах с двойной обмоткой напряжение прямоугольной формы направляется в одну обмотку, а инвертированный сигнал — в другую. Поскольку обмотки включены навстречу друг другу, то при рабочем цикле в 50% никакого движения не будет. Изменение этого соотношения заставит заслонку двигаться в ту или другую сторону.

Шаговые моторы

Шаговые моторы все в большей степени становятся популярны в качестве приводных механизмов в автомобилях и многих других случаях. Это объясняется той легкостью, с которой они могут управляться электрическими системами.

Шаговые моторы делятся на три группы:

- ♦ моторы с изменяемым магнитным сопротивлением;
- ♦ моторы с постоянными магнитами;
- ♦ моторы гибридного типа.

На рис. 2.74 проиллюстрирован принцип действия шаговых электромоторов каждой из перечисленных групп. Кратко описан основной принцип их функционирования. Моторы с изменяемым магнитным сопротивлением используют

принцип максимального магнитного потока. Несколько обмоток устанавливается по окружности зубчатого статора. Ротор также имеет зубчатый профиль и изготавливается из магнитопроницаемого материала. Заметим, что в этом примере ротор имеет на два зуба меньше статора. Когда ток поступает на пару обмоток одной фазы, ротор повернется и установит два зубца так, чтобы обеспечить максимальный магнитный поток. Теперь, чтобы привести в движение ротор, остается просто подавать напряжение на обмотки в соответствующей последовательности. Например, если возбуждается фаза 4, мотор сделает один «шаг» по часовой стрелке. Если возбуждается фаза 2, то шаг будет против часовой стрелки.

Эти моторы не обеспечивают большой крутящий момент и не дают никакого крутящего момента в отсутствие возбуждения. Однако они могут работать на относительно высоких частотах. Углы поворота за один шаг обычно составляют 15° , $7,5^\circ$, $1,8^\circ$, или $0,45^\circ$.

Шаговые моторы с постоянным магнитом имеют значительно больший пусковой момент, а также обладают удерживающим моментом при снятии возбуждения. В данном случае ротор является

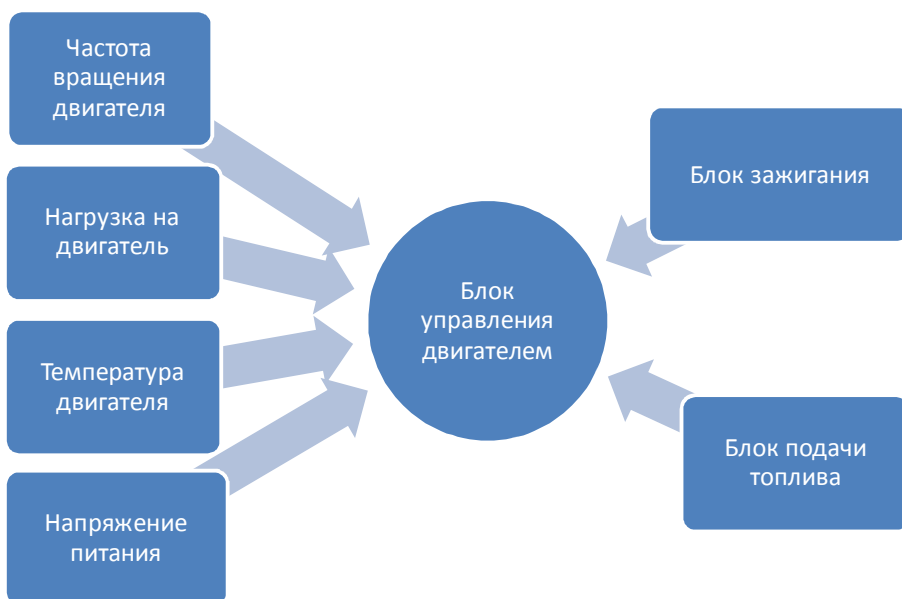
Термоприводы

Примером термопривода является движение традиционного указателя уровня топлива или стрелки температурного датчика

Следующий пример— воздушный прибор, применяемый на многих ранних системах впрыска топлива (рис. 2.79). Когда ток подается на клеммы прибора, нагревательный элемент заставляет изгибаться биметаллическую пластинку, и она закрывает клапан.

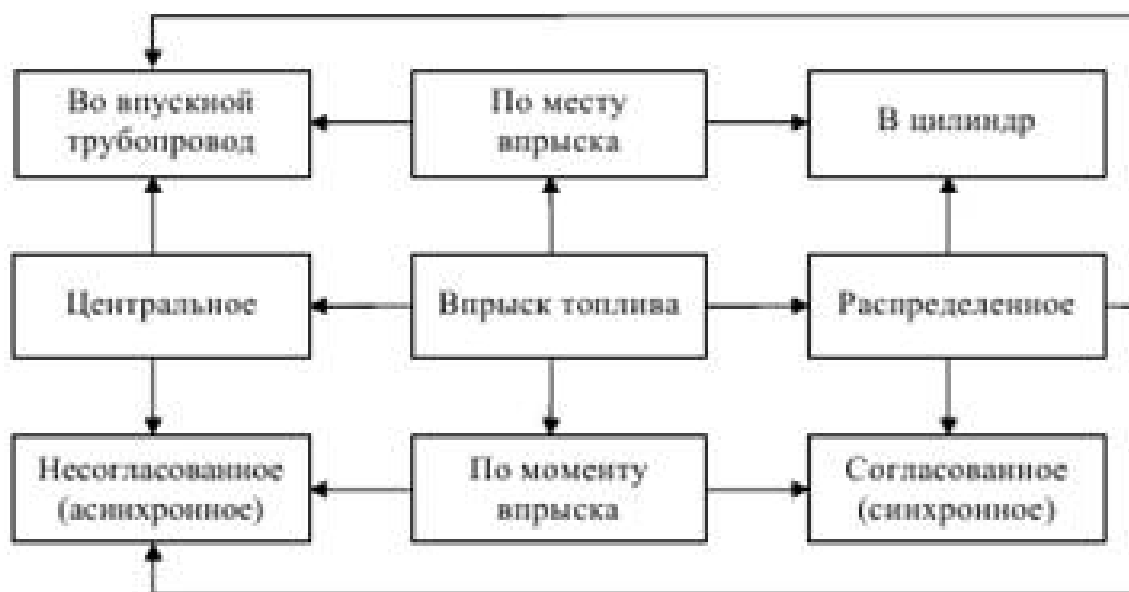
Главное преимущество такого типа привода, помимо его простоты, заключается в том, что, если поместить его в подходящее место, время реакции будет зависеть от температуры окружающей среды. Этот прибор идеально подходит для таких случаев, как управление запуском двигателя из холодного состояния, а когда двигатель запущен и разогрет, никакого действия от привода не требуется.

Лекция 3. Электронные системы автоматического управления (ЭСАУ) двигателей с искровым зажиганием.



БЛОК-СХЕМА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ С ИЗ

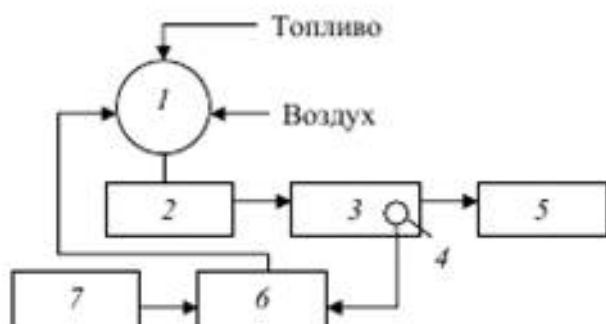
Классификация способов впрыска топлива



1. — форсунки;
2. — свечи зажигания;
3. — модуль зажигания;
4. — колодка диагностики;
5. — контроллер;
6. — колодка, присоединяемая к жгуту панели приборов;
7. — главное реле;
8. — предохранитель главного реле;

В электронных системах оптимального управления впрыском топлива реализуется **принцип работы следящей системы автоматического**

управления с обратной связью. В процессе управления контролируется результат воздействия управляющих сигналов и, если результат отклоняется от требуемого значения параметра, управляющее воздействие корректируется (это делается непрерывно до ввода системы в требуемый оптимальный режим). Как и в любой следящей системе, процесс управления носит **колебательный характер**. Практически из трех желаемых параметров (тяговые характеристики автомобиля, расход топлива, токсичность отработавших газов) оптимизировать можно только один. Так для улучшения тягово-скоростной характеристики увеличивают топливopодачу (обогащают рабочую смесь), в то время как для уменьшения расхода топлива требуется обеднение рабочей смеси. Токсичность отработавших газов уменьшается приготовлением рабочей смеси в определенном соотношении ее химических составляющих.



1 – дозирующее устройство; 2 – двигатель; 3 – выпускной тракт;
4 – датчик кислорода; 5 – нейтрализатор; 6 – схема сравнения;
7 – задатчик опорного напряжения

Дозирующее устройство 1 двигателя 2 приготавливает рабочую смесь, в которой обеспечивается ее стехиометрический состав. Если состав смеси отличается от требуемого, то датчик кислорода 4 (λ -зонд), установленный в выпускном тракте 3 двигателя 2, вырабатывает соответствующий электрический сигнал, который подается в электронную схему сравнения 6. В эту же схему поступает сигнал от задатчика опорного напряжения 7, соответствующего тому, которое должен формировать датчик кислорода 4, если состав отработавших газов соответствует по токсичности требуемым нормативам. В противном случае схема сравнения вырабатывает сигнал рассогласования, отличный от нуля, которым корректируется работа дозирующего устройства. Окончательная очистка отработавших газов от таких составляющих, как CO, CH, NO_x, производится каталитическим нейтрализатором 5. С помощью датчиков температуры и давления корректируется длительность управляющего импульса дозирования топлива.

Рабочие функции.

Фаза запуска. Вход в фазу запуска происходит сразу же, как только ECU получает сигнал от датчика частоты вращения коленчатого вала. Момент

Попыткой удовлетворить современные требования к экологическим характеристикам автомобилей является внедрение **программно-адаптивных систем топливopодачи**, когда обратная связь осуществляется путем контроля химического состава отработавших газов

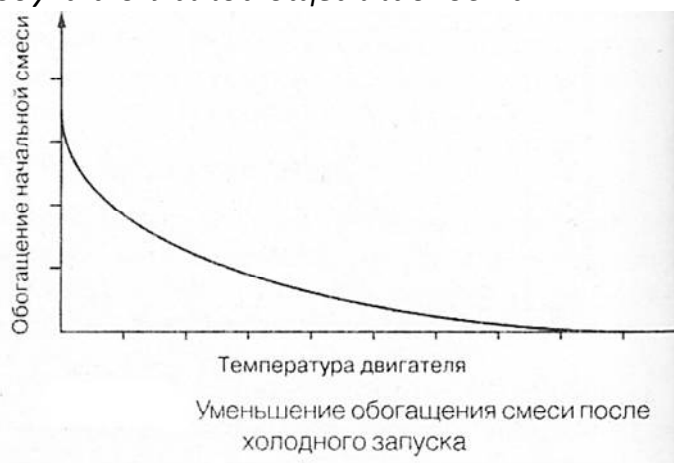
зажигания определяется в соответствии со скоростью двигателя и температурой охлаждающей жидкости. ECU активирует инжекторы четыре раза за цикл (дважды за один оборот коленчатого вала) чтобы получить наиболее однородную смесь и избежать забрызгивания свечей в течение фазы запуска.

Фаза обогащения после запуска.

Фаза обогащения смеси после запуска необходима, чтобы избежать остановки двигателя после старта. Степень обогащения определяется температурой охлаждающей жидкости и температурой воздуха и постепенно уменьшается под контролем ECU.

Если двигатель холодный или его температура средняя, смесь является *функцией температуры хладагента*.

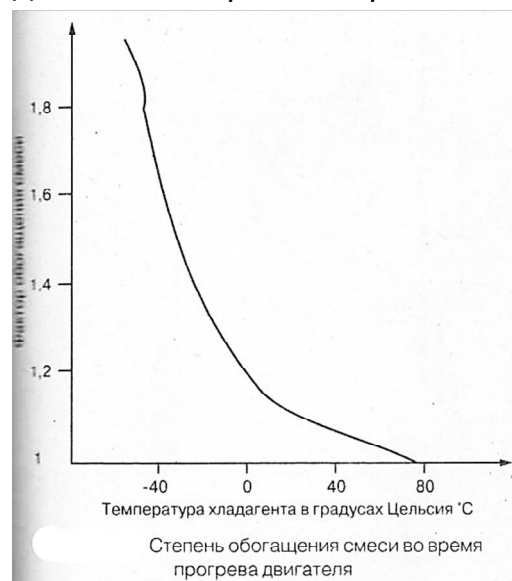
Если же двигатель горячий, начальная смесь — *функция температуры воздуха и охлаждающей жидкости*



Фаза работы холодного двигателя.

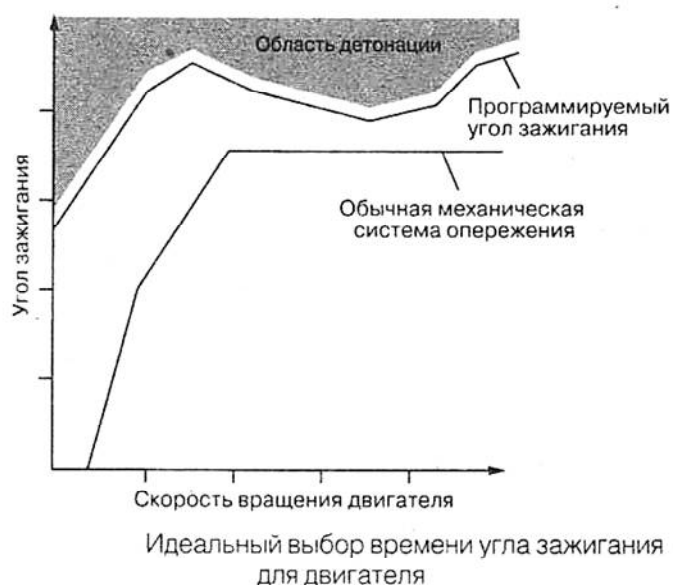
В период прогрева двигателя выбор времени зажигания корректируется в соответствии с температурой охлаждающей жидкости. Выбор этого времени также меняется в зависимости от скорости двигателя и нагрузки. В течение фазы прогрева период открытия инжектора увеличивается по сигналу датчика температуры ОЖ, чтобы восполнить потери топлива и предотвратить понижение скорости двигателя.

Степень обогащения уменьшается по мере того, как падает сопротивление температурного датчика, и, наконец, достигает финального значения при 80 °С.

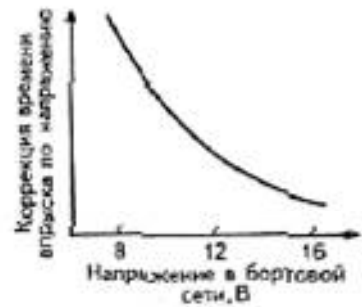
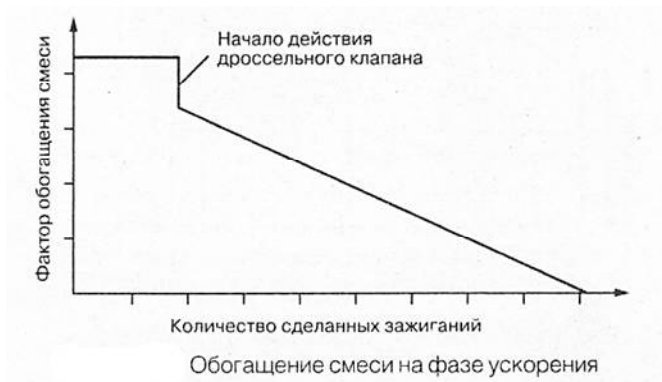


Фаза холостого хода. Параметры зажигания и впрыска для режима холостого хода устанавливаются по информации от потенциометра о том, что заслонка дросселя находится в положении холостого хода, а скорость вращения двигателя устанавливается по информации от датчика частоты вращения.

Фаза полной нагрузки. В условиях полной нагрузки выбор момента зажигания связан со скоростью вращения двигателя и информацией о полной нагрузке от потенциометра дроссельной заслонки. Для достижения максимальной мощности объем впрыска должен быть таким, чтобы отношение смеси увеличилось до 14,7:1. Сигнал от потенциометра дросселя заставляет программу в ECU обогащать смесь соответственно частоте вращения двигателя таким образом, чтобы гарантировать максимальную мощность в заданном диапазоне скорости, но при этом еще и **минимизировать риск детонации**. Также важно не увеличивать потребление топлива сверх меры и не допускать существенного роста вредных выбросов.



Фаза ускорения. Когда блок управления обнаруживает быстрое ускорение по скорости изменения сигнала потенциометра дросселя, обогащение происходит за определенное количество циклов зажигания. Степень обогащения определяется по температуре охлаждающей жидкости и изменению давления в коллекторе впускного тракта. Затем обогащение уменьшается также за несколько циклов зажигания. Степень обогащения устанавливается за период калиброванного числа зажигания, а затем уменьшается с фиксированной скоростью, пока не вернется к исходной. Обогащение не будет происходить, если скорость двигателя окажется выше 5000 1/мин или в режиме холостого хода. **При очень сильном ускорении возможен несинхронизированный впрыск.** Он определяется по температуре хладагента и ROM-карты положения дроссельного клапана в зависимости от скорости двигателя с поправкой на напряжение батареи

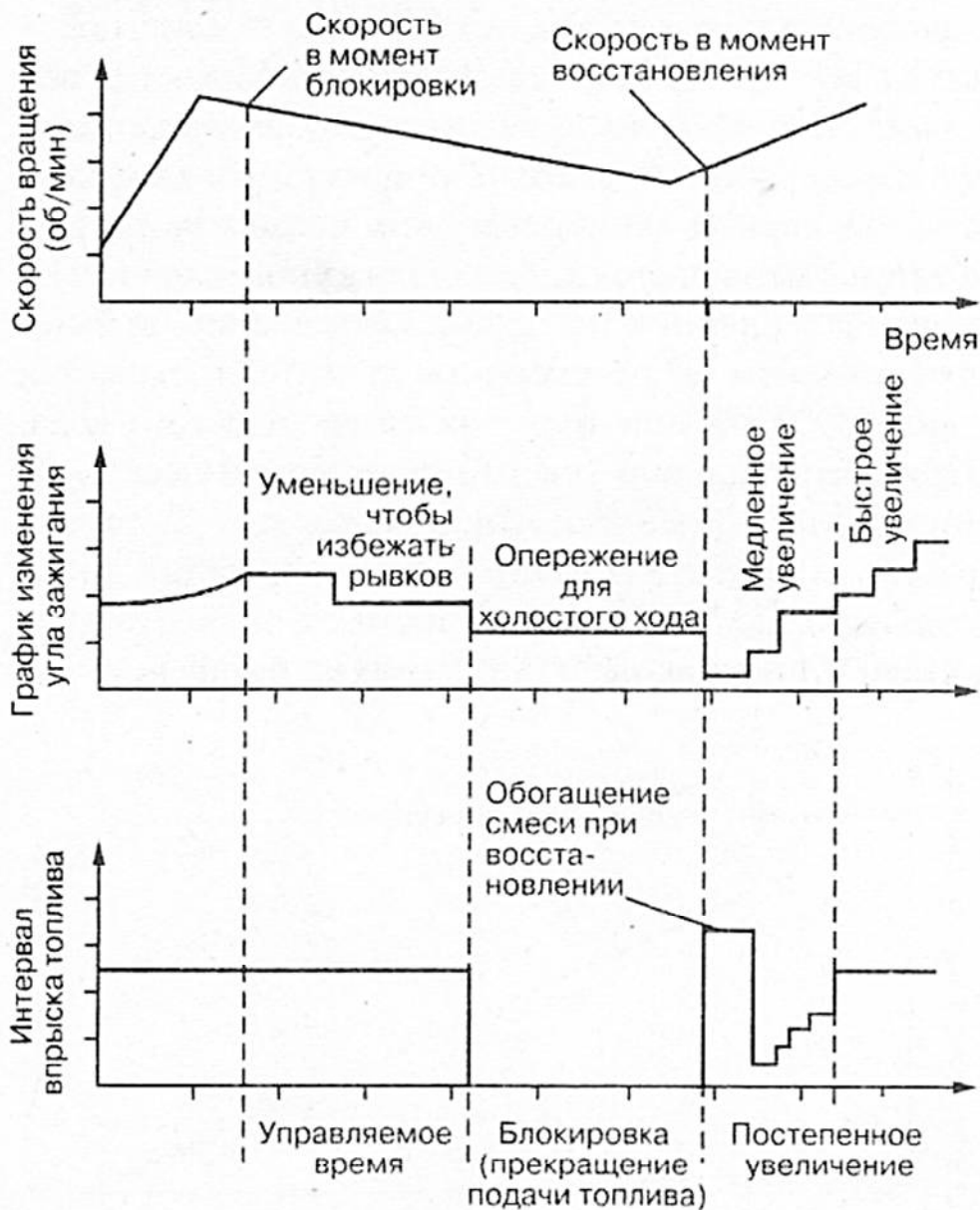


Коррекция по напряжению в бортовой сети, В

ФАЗА ЗАМЕДЛЕНИЯ.

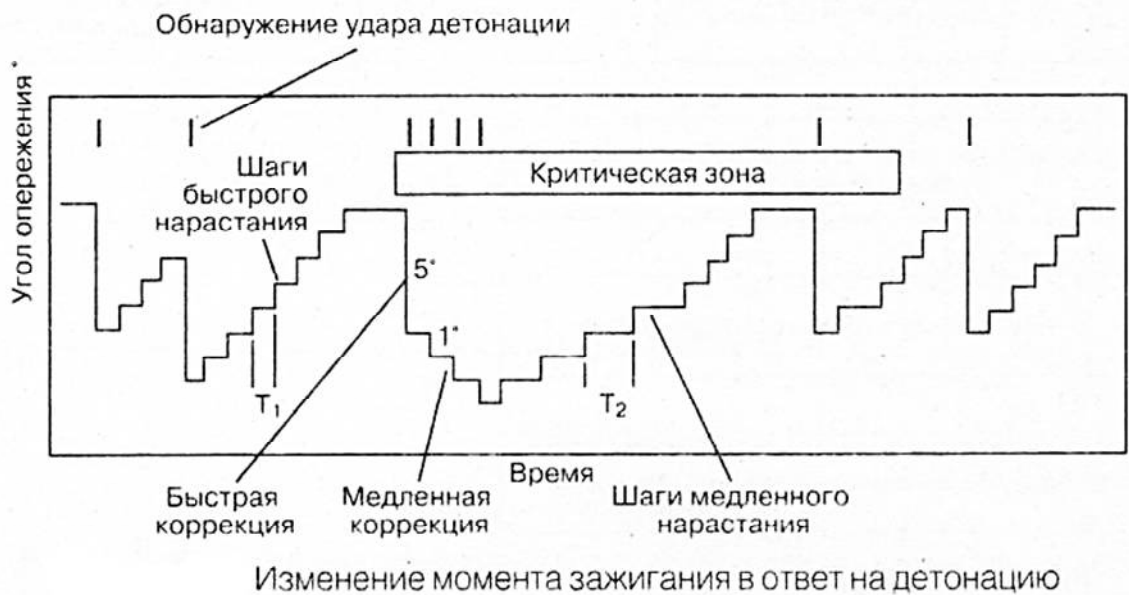
Если изменение давления во впускном коллекторе больше 30 мБар, ECU обедняет смесь в соответствии с обнаруженным изменением давления.

Блокировка впрыска на фазе замедления (экономайзер). Блокировка срабатывает, когда заслонка дросселя закрыта, а скорость двигателя — выше порога, определяемого температурой хладагента (около 1500 1/мин). Когда скорость двигателя падает примерно до 1000 1/мин, впрыск возобновляется с периодом, повышающимся до величины, связанной с текущими значениями скорости двигателя и нагрузки.



Стратегия, используемая для управления блокировкой и восстановлением впрыска

Фаза защиты от детонации. Выбор времени зажигания также регулируется для того, чтобы уменьшить рывки и возможные удары в период блокировки и восстановления впрыска. Расчетный момент опережения зажигания уменьшается, чтобы удержать зажигание возможно ближе к границе детонации. Программа коррекции опережения для защиты от детонации учитывает период впрыска, скорость вращения и температуры воздуха и ОЖ.



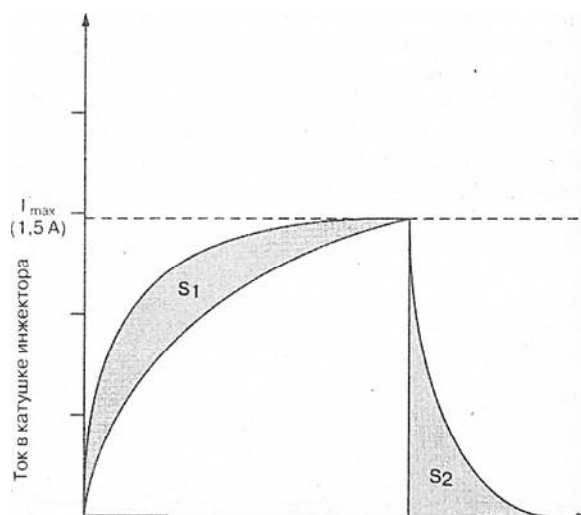
Ограничение скорости двигателя. Впрыск блокируется, когда скорость двигателя превысит 6900 1/мин, и восстанавливается, когда скорость уменьшается ниже указанной цифры. Это предотвращает возможность повреждения двигателя из-за чрезмерной скорости вращения.

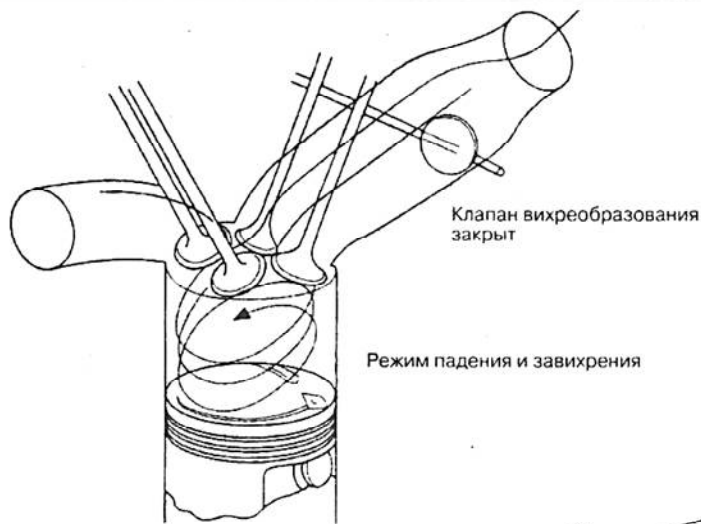
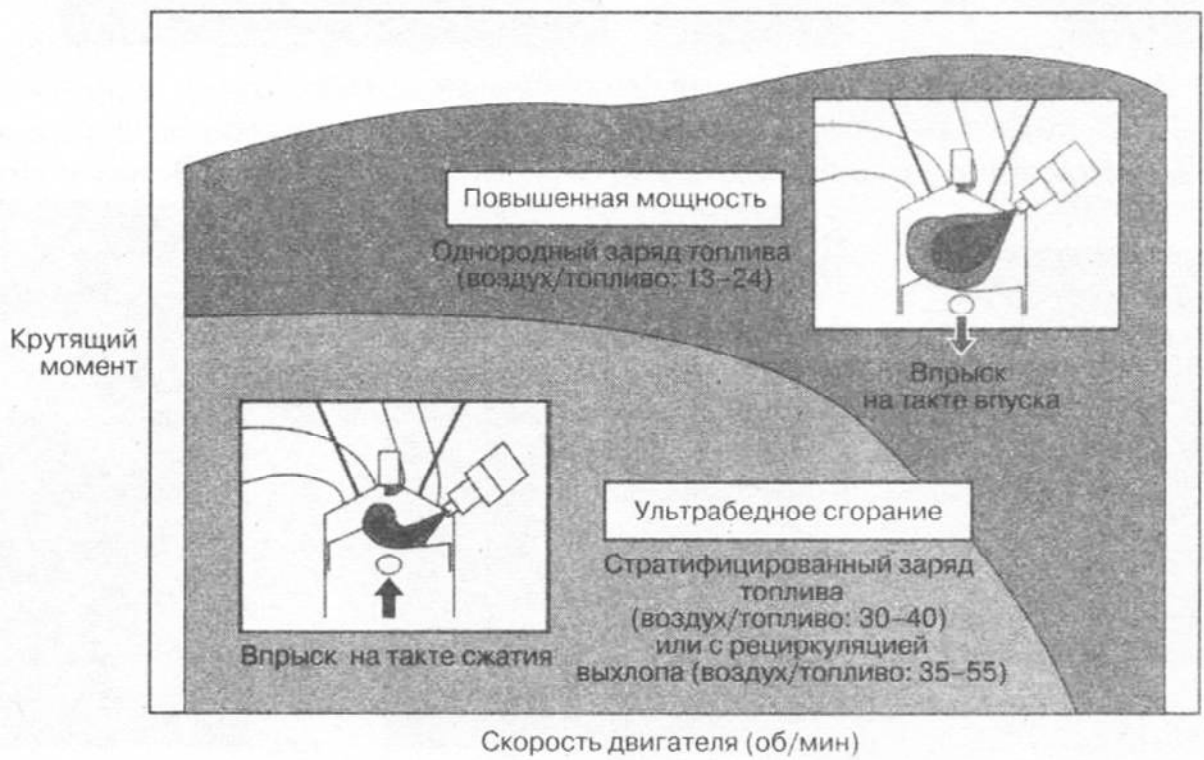
Поправка на напряжение батареи. Эта коррекция дополняет все другие функции, чтобы компенсировать изменения в напряжении питания системы. Значение напряжения формируется каждый момент ВМТ, а затем поправка применяется ко всем вычислениям периода впрыска. приложенного напряжения зависит время, затрачиваемое на установление полного тока, текущего в обмотке инжектора, и время, необходим для прекращения этого тока.

если S_1 больше чем S_2 , требуется коррективровка:

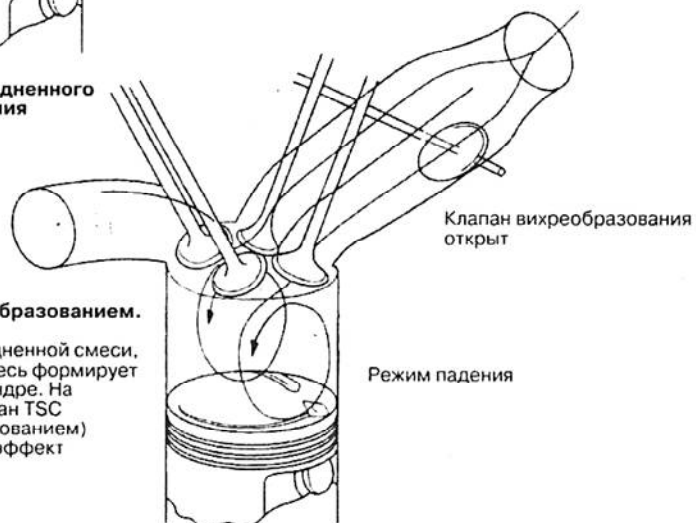
$$S_1 - S_2 = S$$

где S представляет задержку времени из-за индуктивности обмотки инжектора.





Условия обедненного горения



■ Управление вихреобразованием.

В условиях горения обедненной смеси, воздушно-топливная смесь формирует падающие вихри в цилиндре. На высоких скоростях, клапан TSC (управления вихреобразованием) открывается, создавая эффект падения смеси.

Условия высокой скорости

Клапан управления вихреобразованием

Система впрыска высокого давления для бензиновых двигателей, разработанная в компании Bosch, основана на применении резервуара топлива и топливной магистрали которую насос высокого давления наполняет топливом с регулируемым давлением до 120 бар. Масса всасываемого воздуха может быть отрегулирована посредством электронно управляемого дроссельного клапана (регулятора газа) и измерена с помощью измерителя массы воздуха. Для контроля качества смеси используется широкополосный датчик кислорода в выхлопном тракте. Этот датчик может измерять лямбда-показатель в диапазоне от 0,8 и до бесконечности. Электронный блок управления двигателем регулирует рабочие режимы двигателя с прямым впрыском бензина тремя способами:

- режим стратифицированного заряда топлива— $\alpha > 1$;
- режим однородной смеси, $\alpha = 1$;
- режим обогащенной однородной смеси, $\alpha = 0,8$.

Лекция 4. Электронные системы автоматического управления (ЭСАУ) дизельных ДВС.

Лекция 5. Электронные системы управления трансмиссией мобильных машин

С начала 90-х гг. 20-го века по мере внедрения электронных систем управления двигателем (ЭСУД) аналогичные электронные системы стали применяться для управления автоматическими КП. В электронной автоматике потоками гидравлической рабочей жидкости АКП управляют соленоидные клапаны (электрогидрораспределители) по командам электронного блока управления. Электронная автоматика повысила плавность и комфортность переключения передач и улучшила экономические показатели (снижение расхода топлива) за счет повышения эффективности работы АКП.

Рассмотрим следующие типы АКП:

- традиционную **электронно-гидромеханическую** с переключением передач электромеханическими клапанами и электронной системой управления;
- **электронно-механическую** (роботизированную) с переключением передач электрогидроуправляемым двойным сцеплением, электрогидроуправляемыми вилками включения передач и электронным блоком управления.

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ АКП позволили обеспечить следующие преимущества:

- автоматизацию переключения передач и исключение педали сцепления, что значительно облегчило работу водителя автомобиля;
- улучшение проходимости автомобиля в условиях бездорожья за счет переключения передач без разрыва потока мощности;
- повышение долговечности агрегатов двигателя и трансмиссии в связи с использованием гидротрансформатора, планетарных редукторов (рядов), фрикционных муфт (пакетов) обгонных муфт, тормозных лент, барабанов и валов.

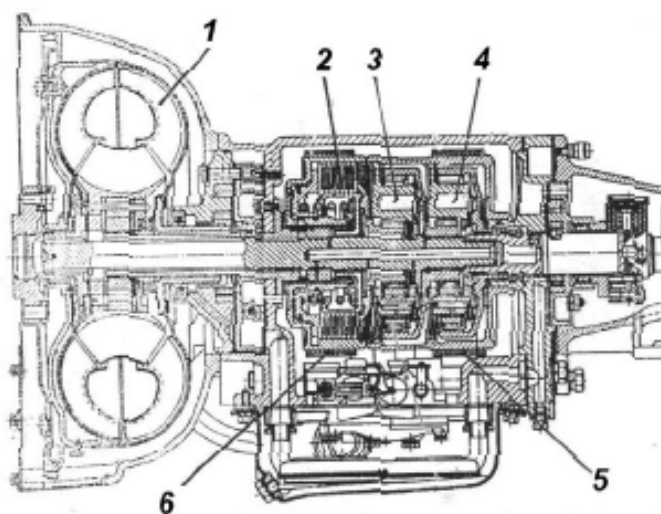


Рис. 1.2. Гидромеханическая КП с двухступенчатым планетарным редуктором:
1 – гидротрансформатор; 2 – многодисковая фрикционная муфта;
3, 4 – планетарный ряд; 5, 6 – ленточный тормоз

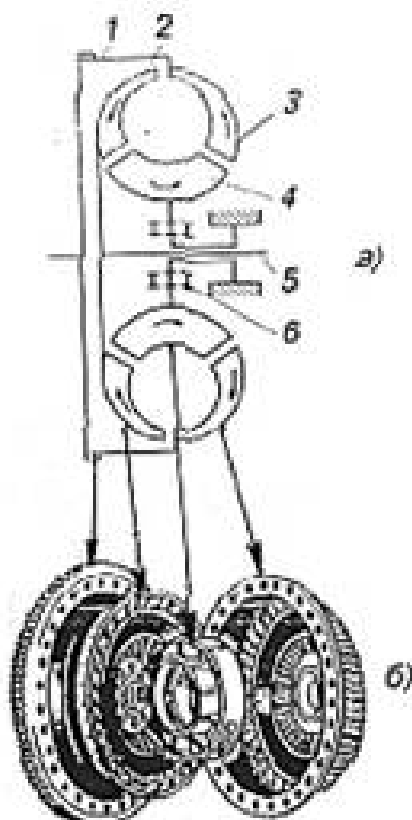


Рис. 1.1. Гидротрансформатор: а – схема; б – в разобранном виде; 1 – маховик двигателя; 2 – турбинное колесо; 3 – насосное колесо; 4 – реактор; 5 – входной вал КП; 6 – обгонная муфта

Сжатие пакета дисков и включение фрикциона осуществляется поршнем 4 под действием давления жидкости, подводимой в надпоршневое пространство от гидронасоса по сверлениям в корпусах и валах КП. При сбросе давления фрикцион выключается под действием возвратной пружины 5 поршня. В нейтральном положении (N) фрикцион и ленточные тормоза 2, 16 выключены. Для включения I-й передачи затягивается ленточный тормоз 2 и затормаживается солнечная шестерня 9, связанная с остановленным барабаном 3 фрикциона. В положении селектора D (Drive – движение) осуществляется автоматическое переключение на вторую передачу посредством выключения ленточного тормоза 2 и включения фрикциона, т. е. сжатия пакета дисков 7, 8. Оба планетарных ряда вращаются как одно целое (прямая передача). Для включения передачи R (задний ход) выключается фрикцион (3, 4, 5, 7, 8, 17), отпускается ленточный тормоз 2 первого планетарного ряда и затягивается ленточный тормоз 16 второго планетарного ряда.

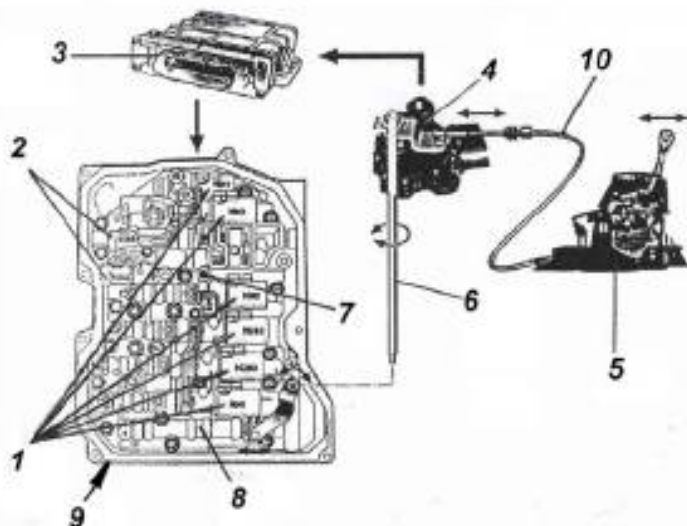


Рис. 1.9. Компоненты электронно-гидравлической системы управления АКП: 1 – электромагнитные клапаны давления; 2 – электромагнитные клапаны переключения передач; 3 – ЭБУ; 4 – многофункциональный датчик; 5 – селектор передач; 6 – валик переключения передач; 7 – точка подключения датчика рабочей жидкости; 8 – золотник выбора диапазонов передач; 9 – электрогидравлический модуль; 10 – гибкий трос

В ЭСАУ применяются электромагнитные клапаны 1 регулирования давления с питанием сигналами ШИМ и клапаны 2 переключения передач двухпозиционного типа, имеющие положения «открыто» и «закрыто». Эти клапаны управляют потоками жидкости к исполнительным устройствам (гидроприводам) переключения передач. Регулирующие клапаны 1 изменяют давление жидкости в соответствии с током, протекающим через катушки клапанов. Клапаны 1, 2 и золотник выбора диапазонов 8 смонтированы в одном блоке 9, называемом электрогидравлическим модулем. В этом модуле предусмотрена точка 7 для контроля давления жидкости. Она представляет собой резьбовое отверстие закрытое пробкой. При диагностировании неисправностей системы вывинчивают пробку и ввинчивают штуцер для присоединения к нему контрольно-измерительного прибора.

Многофункциональный датчик 4 связан с селектором 5 гибким тросом 10. Перемещения рычага селектора преобразуются датчиком в электрические сигналы, которые передаются в ЭБУ 3 автоматической КП. В многофункциональном датчике предусмотрены несколько скользящих контактов: – для определения позиции рычага селектора (четыре контакта); – для обеспечения пуска двигателя, когда рычаг селектора находится в позициях Р (парковка) и N (нейтраль) (один контакт); – для запитки выключателя ламп заднего хода (один контакт). В системе управления АКП находят применение датчики: – частоты вращения коленчатого вала двигателя (на входе КП); – частоты вращения выходного (вторичного) вала КП; – температуры рабочей жидкости; – активизации режима kick-down (режим полного газа). При полном нажатии на педаль газа с помощью этого датчика временно нарастает давление в контуре переключения передач, что

ускоряет переход на очередную повышающую передачу. В систему управления АКП входит также микровыключатель (датчик) системы Tiptronic, предусмотренной для ручного переключения передач с помощью специальных клавиш 11 (рис. 1.8, б) на рулевом колесе.

Поскольку ЭБУ обладает адаптивными свойствами, манера вождения данного водителя запоминается в памяти ЭБУ и осуществляется корректировка алгоритма программы автоматического режима переключения. Используя расширенный обмен данными с другими системами автомобиля (электронной системы стабилизации курсовой устойчивости (ESP) и др.), повышается точность определения состояния движения и характера вождения на моментальном уровне.

АКП С ДВОЙНЫМ МНОГОДИСКОВЫМ СЦЕПЛЕНИЕМ «МОКРОГО» ТИПА DSG (DIRECT SHIFT GEARBOX)

Коробки передач с двойным многодисковым «мокрым» сцеплением предлагает потребителям следующие преимущества:

- быстрое переключение передач без разрыва потока мощности в течение не более 8 мс, т. е. в два раза быстрее гидромеханической (секвентальной) КП;
- экономия топлива до 20 % в сравнении с традиционной гидромеханической АКП;
- отсутствуют потери мощности, поскольку в таких КП не применяется гидротрансформатор, имеющий приемлемый КПД лишь в ограниченном диапазоне;
- повышенная комфортность в сравнении с электронно-гидромеханическими АКП (отсутствие рывков при переключении).

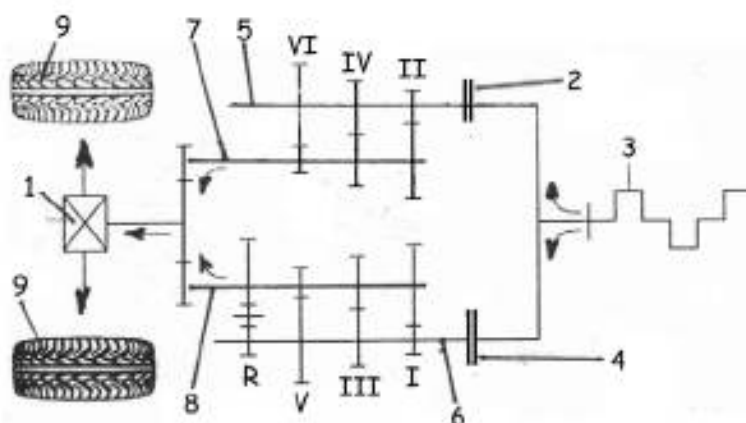


Рис. 1.5. Кинематическая упрощенная схема коробки передач DSG: 1 – главная передача ведущего моста; 2 – многодисковое сцепление четных (II, IV, VI) передач; 3 – коленчатый вал двигателя; 4 – многодисковое сцепление нечетных (I, III, V) передач; 5 – вал четных передач; 6 – вал нечетных передач и заднего хода; 7 – выходной вал четных передач; 8 – выходной вал нечетных передач и заднего хода; 9 – ведущие колеса автомобиля; R – передача заднего хода

Трансмиссия DSG может работать как в автоматическом, так и в ручном режиме, но в обоих режимах процесс переключения передач осуществляется по командам ЭБУ, которые обрабатываются гидроприводами вилок переключения наружных колец синхронизаторов переключения нечетных и четных передач.

КОМПЛЕКСНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСМИССИЕЙ (КЭСУТ) ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

ЭСУТ тракторов «Беларус-3022.1ДВ» повышенного технического уровня включает в себя следующие подсистемы:

- джойстикового электронно-гидравлического переключения передач без разрыва потока мощности в пределах диапазона;
- пропорционального электрогидравлического управления задним ВОМ, блокировкой дифференциала заднего моста и передним ведущим мостом (ПВМ).

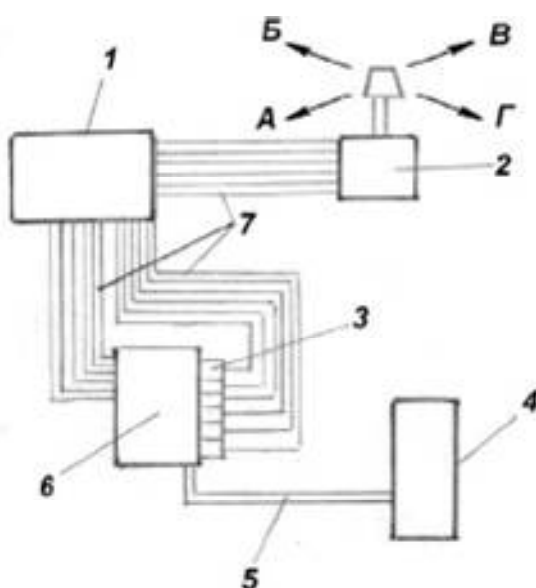
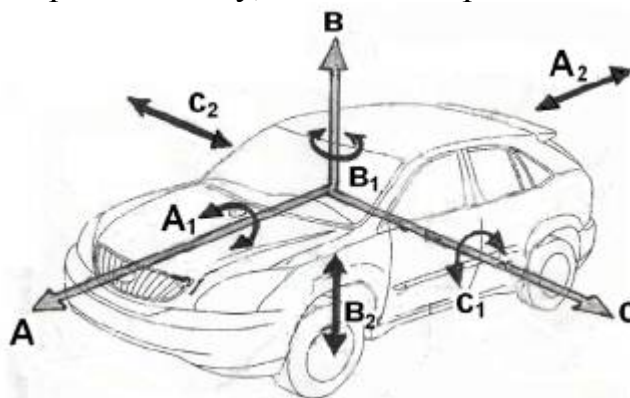


Рис. 2.5. Структурная схема электронно-гидравлической системы переключения передач: 1 – электронный блок КЭСУТ; 2 – джойстик; 3 – датчики давления; 4 – гидроцилиндр фрикциона передачи; 5 – гидравлическая магистраль; 6 – блок электрогидрораспределителей; 7 – электрические соединения; А, Б, В, Г – позиции джойстика вперед, вправо, назад, влево соответственно

Лекция 6. Электронное регулирование подвески автотранспортных средств. Электроника колесных движителей.

Подвеска автомобиля, являясь соединительным звеном между кузовом (шасси) автомобиля и дорогой, передает на несущую систему силы и моменты, возникающие при взаимодействии колес с дорогой, а также обеспечивает требуемый характер перемещения колес относительно кузова или рамы и не-обходимую плавность хода автомобиля. Нормальные (вертикальные) силы реакции дороги, возникающие при наезде колеса на неровности, воспринимают упругие элементы подвески, а возникающие при этом колебания кузова гасятся амортизаторами. Характер и сочетание возникающих при движении автомобиля колебаний и перемещений кузова и колес, передаваемых через подвеску, показан на рис. 3.1.



Колебания и перемещения, воздействующие на подвеску автомобиля в процессе движения: А – продольная ось автомобиля; А 1 – поперечные раскачивания и крены; А 2 – осевые перемещения и подергивания; В – вертикальная ось автомобиля; В 1 – занос (рыскание); В 2 – вертикальные колебания кузова и колес; С – поперечная ось автомобиля; С 1 – продольная раскачка («клевки», приседания кузова); С 2 – снос

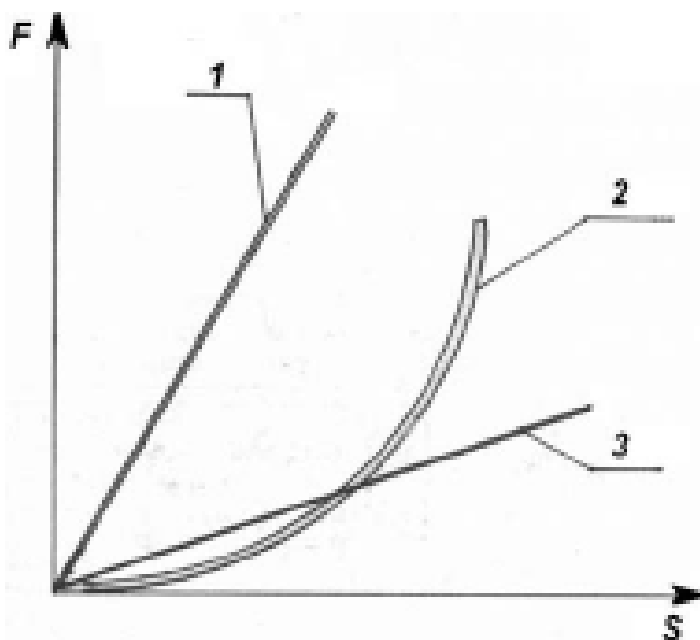
Плавность определяет комфортность езды. Устойчивость определяет способность противодействовать заносам и опрокидыванию, т. е. безопасность. Проходимость определяет способность преодолевать различные препятствия. И здесь никак не обойтись без компромиссов. Например, «мягкая» подвеска иногда ухудшает устойчивость автомобиля. И наоборот, более «жесткая» подвеска ухудшает комфортность езды, снижает долговечность. В идеале подвески на автомобилях желательно иметь сменные: для ровных дорог с твердым покрытием и для неровных проселочных дорог, т. е. для бездорожья. Развитие конструкций подвесок, удовлетворяющих все возрастающим требованиям, связано с разработкой и совершенствованием регулируемых подвесок.

РЕГУЛИРУЕМЫЕ ПОДВЕСКИ

Стальные упругие элементы (пружины, рессоры, торсионы) имеют линейные характеристики зависимости усилия F и деформации S . Линейное сопротивление нагрузке не обеспечивает комфортабельности порожнего и груженого автомобиля. Такие упругие элементы обладают ограниченной энергоемкостью, снижающей скорость и проходимость автомобиля в

различных дорожных условиях из-за невозможности добиться приемлемой частоты собственных колебаний подрессоренных масс (кузова, рамы).

Если для упругих элементов с линейными характеристиками 1, 3 жесткость $F / S = \text{const}$ по всей длине хода, то для пневматического упругого элемента при сжатии сила F растет быстрее, чем перемещение S (кривая 2).



Характеристики жесткости F / S упругих элементов подвески: 1 – жесткий стальной упругий элемент; 2 – прогрессивная характеристика пневматического упругого элемента; 3 – мягкий стальной упругий элемент; F – усилие (кг); S – перемещение (мм)

Регулирование жесткости подвески повлекло за собой идею регулирования дорожного просвета. В сложных дорожных условиях это помогает преодолевать одиночное препятствие на пути или преодолевать глубокую колею в условиях бездорожья.

Пневматическая подвеска

Пневматические подвески находят широкое применение на городских автобусах, магистральных автопоездах и карьерных самосвалах. Подвеска состоит из резинокордных пневматических баллонов (по одному или более на каждое колесо), компрессора, воздушного фильтра, ресивера с клапанами и воздушных магистралей. Сжимаемый в баллонах под нагрузкой воздух приводит к прогрессивному увеличению жесткости подвески. Кроме того, электронным регулированием дополнительной подкачки воздуха (газа) можно приподнимать или опускать машину над дорогой. Благодаря пневмоподвеске магистральные тягачи получили способность «приседать», подводя платформу под сцепное устройство трейлера

Алгоритмы работы ЭСАУ пневматической подвеской.

- автоматическое поддержание уровня кузова;
- принудительное изменение уровня кузова;
- автоматическое изменение уровня кузова в зависимости от скорости движения машины.

Автоматическое поддержание определенного уровня кузова осуществляется независимо от степени загруженности автомобиля. Датчики уровня кузова постоянно измеряют расстояние от колес до кузова. Результат измерений сравнивается с заданной (установленной) величиной. При расхождении показаний ЭБУ задействует необходимые исполнительные устройства (клапаны упругих элементов для подъема кузова или выпускные клапаны для его опускания).

В работе пневматической подвески предусматриваются номинальный, повышенный и пониженный уровни кузова.

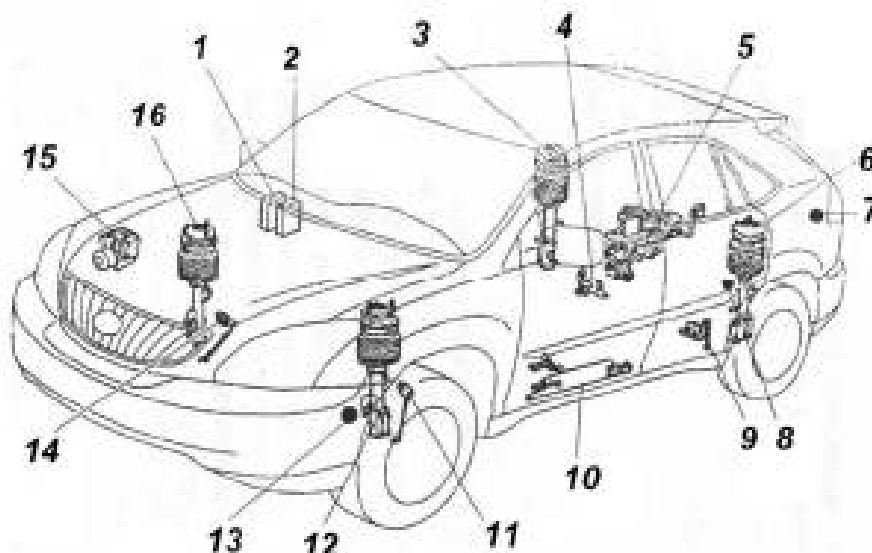
Автоматическое изменение уровня кузова в зависимости от скорости движения машины обеспечивает ее устойчивость при движении. С ростом скорости программа ЭБУ подвеской переводит уровень кузова последовательно от повышенного к номинальному и далее, по мере роста скорости, к пониженному уровню. При снижении скорости ЭБУ изменяет уровень кузова от пониженного к номинальному. Применение регулируемых амортизаторов значительно расширяет характеристики пневматической подвески.

ЭСАУ пневматической подвеской легкового автомобиля.

– система изменения уровня кузова с пневматической подвеской каждого колеса (система 4CL);

– система бесступенчатого изменения степени демпфирования амортизаторов (система CDC – англ. Continuous Damping Control).

В качестве примера рассмотрим пневматическую подвеску автомобиля Volkswagen Phaeton с ЭСАУ.



Расположение компонентов пневматической подвески с электронным управлением: 1 – электронный блок управления подвеской; 2 – электронный блок управления двигателем; 3, 6 – задняя амортизационная стойка с пневмоэлементом; 4 – правый задний датчик положения кузова; 5 – компрессор пневмоподвески; 7 – датчик ускорения кузова; 8, 13 – датчик ускорения колеса; 9 – левый задний датчик положения кузова; 10 – ресивер; 11 – левый передний датчик положения кузова; 12, 16 – передняя

амортизационная стойка с пневмоэлементом; 14 – правый передний датчик положения кузова; 15 – электронный блок управления АБС

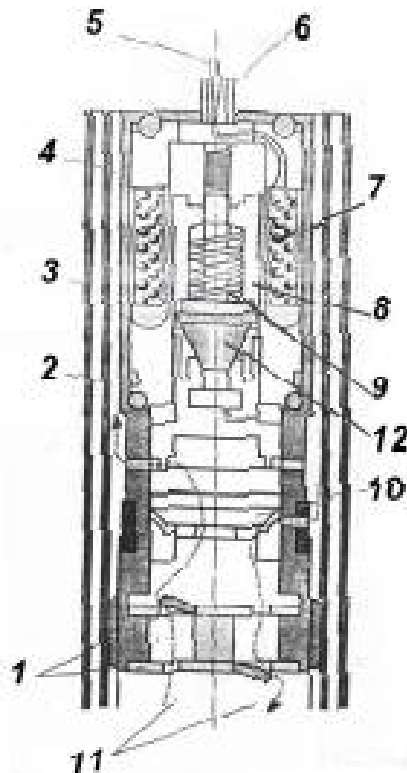
Пневматическая система состоит из пневмокомпрессора 5 (рис. 3.3) с осушителем воздуха, ресивера 10, четырех пневматических упругих элементов, конструктивно объединенных с амортизационными стойками 3, 6, 12, 16, регулятора, фильтра, электромагнитных клапанов и воздухопроводов. Положение каждого колеса относительно кузова регулируется количеством сжатого воздуха, быстро подводимого или отводимого через электромагнитные клапаны, управляемые ЭБУ 1.

В систему амортизации входят:

- четыре пневматические амортизационные стойки 3, 6, 12, 16;
- агрегат подачи воздуха, пневмоаккумулятор 5, 10;
- электронные блоки 1, 2, 15 и приборы управления;
- четыре датчика 11, 14, 9, 4 уровня кузова на переднем и заднем мостах;
- два датчика вертикальных колебаний кузова на переднем мосту;
- датчик ускорения кузова 7 и датчик вертикальных колебаний кузова на заднем мосту (не показан);
- воздухопроводящая арматура.

Сила амортизации каждой амортизационной стойки регулируется за миллисекунды, через встроенный электромагнитный клапан 7, 8, 9, 10, 12 (рис. 3.4), управляемый командными сигналами от ЭБУ. Оптимальную по направлению и интенсивности силу амортизации определяют четыре датчика ускорений колес и три датчика ускорений кузова. Сигналы датчиков обрабатываются процессором системы регулирования амортизаторами, и после оценки состояния дороги и движения автомобиля осуществляется изменение характеристик каждого из амортизаторов в соответствии с рассчитанной степенью демпфирования. Регулирование степени демпфирования амортизатора осуществляется в соответствии с принципом Skyhook («подвеска к небу»), **сущность которого состоит в минимизации вертикальных колебаний кузова и гарантированном постоянном уровне кузова независимо от дороги.**

ЭБУ оснащен двумя дублирующими процессорами, один из которых обрабатывает алгоритм управления пневматическими упругими элементами (в первую очередь), т. е. следит за уровнем кузова, а другой – регулирует степень демпфирования амортизаторов. Многопараметрические зависимости степени демпфирования амортизаторов от условий движения автомобиля хранятся в памяти ЭБУ кузовом автомобиля. Кроме того, ЭБУ анализирует не только сигналы датчиков пневмоподвески, но и данные от других систем автомобиля через шину CAN последовательной передачи данных.

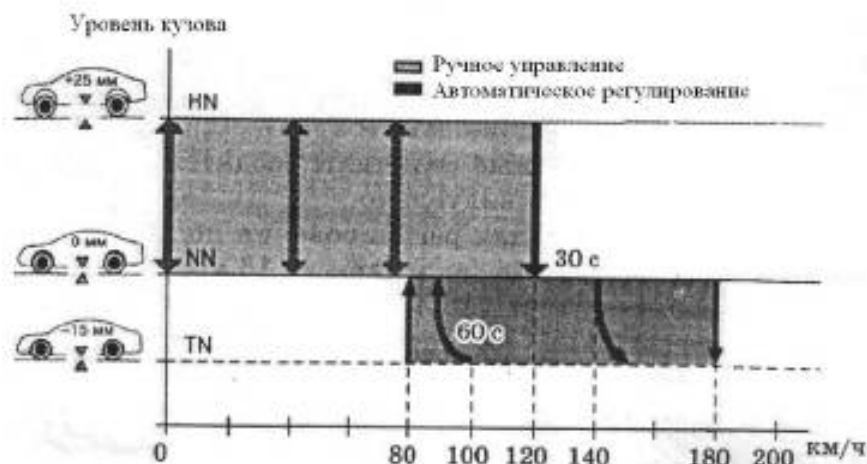


Амортизатор с регулируемой степенью демпфирования колебаний:

1 – дополнительные клапаны; 2 – цилиндр амортизатора; 3 – корпус амортизатора; 4 – корпус клапана; 5 – кабель подвода тока; 6 – полый шток поршня; 7 – обмотка электромагнитного клапана; 8 – якорь; 9 – пружина клапана; 10 – главный клапан амортизатора; 11 – потоки рабочей жидкости; 12 – запорный конус клапана

Принцип работы электронной системы управления подвеской автомобиля. Пневматическая подвеска активизируется автоматически, как только открывается дверь машины. То есть, еще до начала движения корректируются дорожный просвет и характеристика пневматических упругих элементов.

- нормальный уровень (NN) (устанавливается по умолчанию);
- высокий уровень (HN) – на 25 мм выше уровня NN;
- низкий уровень (TN) – на 15 мм ниже уровня NN (только в автоматическом режиме).



Алгоритм автоматического регулирования высоты кузова

Кроме того водитель может выбрать любой из двух режимов («Комфорт» или «Спорт») из четырех предусмотренных режимных параметров амортизаторов:

- базовый (автоматический, устанавливается по умолчанию);
- комфортный (автоматический, ручной);
- спортивный (автоматический, ручной);
- спортивный «2» (автоматический).

При электронном автоматическом регулировании степени демпфирования каждого амортизатора учитываются крен кузова и скорость входа автомобиля в поворот, оценивается угол и скорость поворота рулевого колеса. Это позволяет изменять степень демпфирования амортизационных стоек и автоматически устанавливать оптимальный для конкретных дорожных условий режим работы подвески с точки зрения комфорта и безопасности. Например, чтобы избежать продольных колебаний кузова (С 1 на рис. 3.1), так называемых «клевок» и «приседаний» при торможении и разгоне, амортизационные стойки передних колес будут более жесткими, чем задние (при торможении) и наоборот (при разгоне).

При электронном автоматическом регулировании дорожного просвета (рис. 3.5) подвеска адаптируется к различной загрузке автомобиля, выбирая величину дорожного просвета (высоты кузова) в соответствии с дорожными условиями. Регулирование дорожного просвета осуществляется по схеме с замкнутым контуром, в котором датчики 4, 9, 11, 14 (рис. 3.3) являются датчиками обратной связи. Корректировка рассогласования по высоте кузова осуществляется электромагнитными клапанами пневматических упругих элементов по командам ЭБУ.

Регулирование дорожного просвета проходит по следующему алгоритму:

1. Номинальный уровень (NN) дорожного просвета устанавливается и автоматически поддерживается постоянным при движении со скоростью 80 км/ч и выше, а также во время быстрого разгона до скорости 120 км/ч.

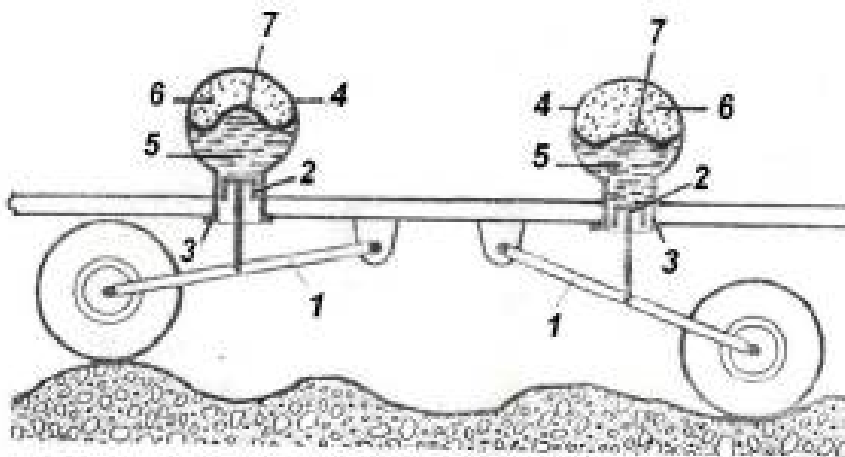
2. При повышенном уровне (HN) дорожного просвета автоматическое снижение его на 25 мм до номинального (NN) происходит при скоростях более 120 км/ч. Если уровень был номинальным (NN), снижение его до пониженного (TN), на 15 мм ниже номинального, происходит через 30 с после превышения скорости 140 км/ч или менее чем через 30 с, если скорость достигнет 180 км/ч. Понижение центра тяжести делает автомобиль более устойчивым, а также, одновременно улучшает аэродинамические характеристики, что значительно снижает расход топлива.

3. Автоматическое повышение уровня дорожного просвета от пониженного (TN) до номинального (NN) происходит через 60 с после снижения скорости до 100 км/ч или менее чем через 60 с, если скорость станет менее 80 км/ч. **Давление воздуха в системе корректировки**

высоты кузова, создаваемое компрессором 5 (рис. 3.3), обычно составляет 10–15 бар. Компрессор обеспечивает регулирование уровня кузова автомобиля при скоростях свыше 35 км/ч. При необходимости сжатый воздух подается также в ресивер 10. При скоростях ниже 35 км/ч уровень кузова регулируется за счет подачи воздуха из ресивера.

Гидропневматическая подвеска

Развитием подвески такого типа является активная подвеска *Hydroactive III* с электронным управлением. К активным (адаптивным) относятся подвески, которые могут изменять дорожный просвет и жесткость упругих элементов в режиме реального времени, т. е. по команде ЭБУ, который, в свою очередь, получает информацию о положении кузова от многочисленных датчиков. Упругим элементом в амортизаторах служит сжатый азот 6 (рис. 3.6), а силовым элементом, формирующим и передающим давление в системе, – специальная легкотекучая жидкость 5. Гидронасос нагнетает жидкость из резервуара в закрепленные рядом с амортизатором сферы 4. Внутри каждой сферы с помощью мембраны 7 разделены газ и жидкость. Таким образом, в амортизаторах поддерживается необходимое давление, а крены автомобиля постоянно компенсируются сжатым газом. С помощью регулятора можно изменять количество циркулирующей жидкости, увеличивая или уменьшая дорожный просвет, т. е. изменяя положение поршня 2 и колеса через шатун и рычаг 1.



Принципиальная схема гидропневматической подвески Citroen:

1 – рычаг подвески; 2 – поршень гидроцилиндра; 3 – корпус гидроцилиндра;

4 – сферический баллон; 5 – специальная жидкость; 6 – сжатый азот; 7 – диафрагма

Гашение колебаний в упругих элементах («сферах») 6, 7 (рис. 3.7) осуществляется амортизаторными клапанами 8, 9 при протекании жидкости под действием поршня 13 из полости цилиндра 5 в гидравлическую полость сферы (баллона).

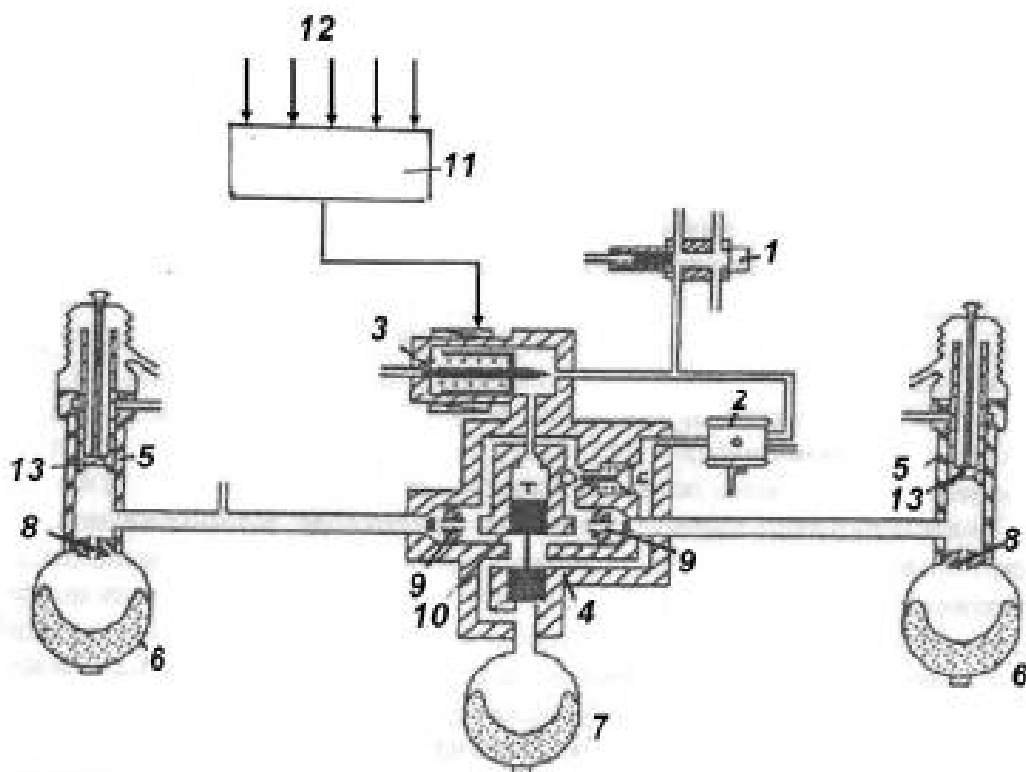


Схема работы активной подвески Hydroactive III. Режим Comfort («мягкий»): 1 – предохранительный клапан-распределитель; 2 – регулятор положения кузова; 3 – электромагнитный клапан; 4 – регулятор жесткости; 5 – гидроцилиндр подвески; 6 – основная сфера; 7 – дополнительная сфера; 8 – основной амортизационный клапан; 9 – дополнительный амортизационный клапан; 10 – золотник; 11 – электронный блок управления; 12 – сигналы датчиков; 13 – поршень

Увеличение объема газа в пневмогидравлическом упругом элементе (режим Comfort) достигается с помощью дополнительных сфер 7, включенных в систему передней и задней подвески. В комфортном режиме электромагнитный клапан 3 и золотник 10 регулятора жесткости 4 по командам электронного блока (микропроцессора) 11 сообщают между собой сферы 6 и одновременно подключают к ним дополнительную сферу 7, что увеличивает объем газа и плавность хода. Изменяя давление и объем газа в определенном соотношении в подвеске Hydroactive, можно при одной и той же нагрузке на колесо варьировать упругой характеристикой подвески, делая ее либо «мягкой» (комфортный режим), либо «жесткой» (спортивный режим). «Мягкий» режим обеспечивает комфортабельность и удобство управления, а «жесткий» режим повышает устойчивость и безопасность. В спортивном режиме (рис. 3.8) золотник 10 и клапан 3 по управляющему сигналу электронного блока 11 отключают сферу 7 и разобщают магистраль между сферами 6. В результате жесткость подвески увеличивается примерно втрое. Таким образом, в «мягком» режиме работают три упругих элемента 6, 7 и четыре гидроамортизатора 8, 9, а в «жестком» режиме – два упругих элемента 6 и два амортизатора 8.

Электронное управление амортизатором

Автоматическое управление амортизатором заключается в изменении сопротивления перетеканию жидкости в амортизаторах путем изменения диаметров жиклеров или вязкости жидкости. Изменение размеров пропускного отверстия производится чаще всего с помощью электродвигателя или соленоида. Обычно предусматриваются три режима регулировки сопротивления амортизатора: малое, среднее и большое. Для изменения сопротивления амортизатора при поворотах автомобиля необходимо знать положение рулевого колеса. Поэтому на рулевом валу устанавливаются датчик угла поворота и направления поворота. ЭБУ силой сопротивления амортизаторов выполнен на цифровых схемах (рис. 3.9). Все входные сигналы датчиков являются цифровыми и поступают в микроЭВМ через схемы входной обработки, формирующие сигналы.

Данные сравниваются с полученной информацией от датчиков:

- углом поворота рулевого колеса;
- угловой скоростью поворота рулевого колеса;
- положением педали акселератора;
- давлением в тормозной системе;
- креном кузова;
- скоростью автомобиля.

Микропроцессор выбирает соответствующий режим подвески, при этом гидросистема включается мгновенно (время срабатывания менее 0,05 с), опережая динамическую реакцию автомобиля, что весьма важно при быстрой езде по извилистой дороге. Работа подвески зависит от информации от датчиков и обработки ее микропроцессором. Если обнаружено отклонение от предварительно введенных программных данных, микропроцессор выдает команду на переход в спортивный («жесткий») режим.

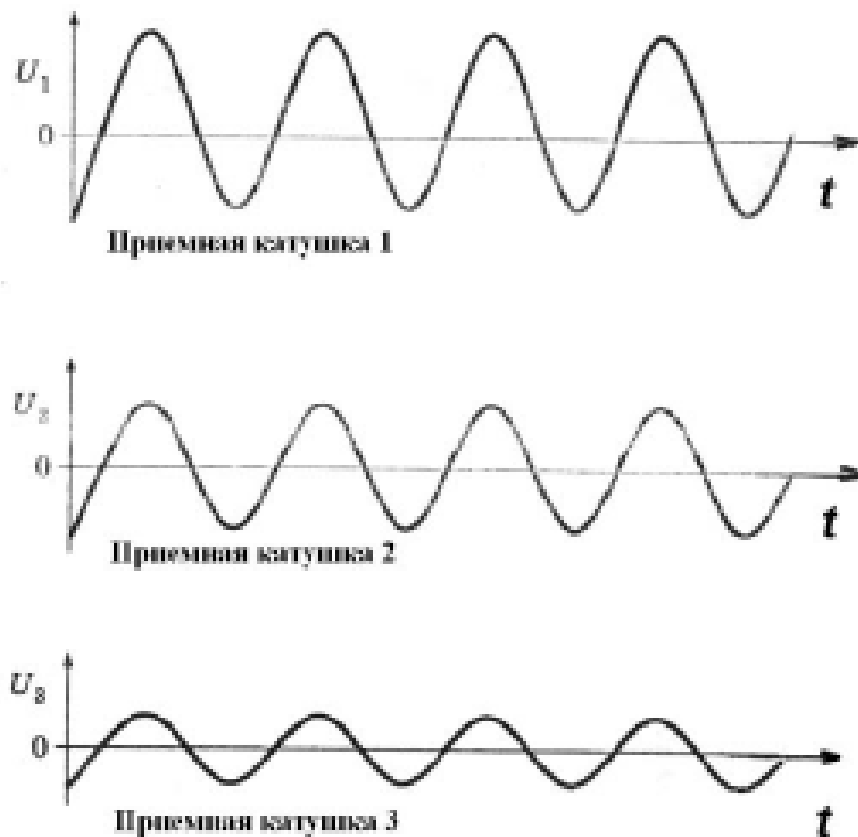
Датчик угла поворота и угловой скорости поворота рулевого колеса информирует о достижении предельных значений этих параметров. В этот момент происходит переход в «жесткий» режим. Подвеска остается в данном режиме до тех пор, пока угол поворота рулевого колеса не будет ниже предельного значения. В результате колебания кузова уменьшаются и замедляются по двум причинам: благодаря переходу подвески в «жесткий» режим и в связи с прекращением сообщения упругих элементов подвесок левого и правого бортов. Датчик положения педали акселератора регистрирует время, необходимое для прохождения 1/10 части полного хода педали (10 %). Датчик давления в тормозной системе информирует о достижении эталонного значения давления, когда происходит переход в «жесткий» режим. Подвеска остается в этом режиме при падении давления ниже заданного предела. Датчик крена (колебания) кузова регистрирует поворот торсионного вала. При достижении определенного уровня крена происходит переход в «жесткий» режим. Датчик скорости автомобиля информирует о ее значении, когда необходимо определить данные, применяемые при переходе в «жесткий» режим по сигналам других датчиков, а также для обеспечения большей чувствительности к повороту

рулевого колеса на большей скорости или к крену (колебанию) кузова на малой скорости движения. На приборной панели расположены переключатели, с помощью которых водитель может выбрать одну из двух программ: Sport и Automatic. При работе по программе Sport электромагнитный клапан 3 (рис. 3.7) обесточен. Подвеска работает в «жестком» режиме. Однако при разгоне для выравнивания давления в упругих элементах 6 подвески обоих мостов автоматически изменяется режим, т. е. клапан 3 может быть запитан (режим Automatic), подвески обоих мостов работают в «мягком» режиме. Но в зависимости от датчиков электронный блок управления 11 может выдавать командный сигнал для перехода в режим Sport или не выдавать такого управляющего сигнала. В результате обеспечивается возможность езды в комфортном режиме большей части пути и временного перехода в режим Sport при соответствующих условиях (резкий поворот, торможение, выбоины на дороге и т. д.) для лучшего управления и безопасности.

Датчики электронного регулирования подвески

Датчики уровня кузова

- индуктивного типа состоят из катушки индуктивности, закрепленной на шасси автомобиля, внутри которой перемещается сердечник, соединенный через кулачок с рычагом, закрепленном на мосте автомобиля. При изменении расстояния между шасси и мостом, т. е. изменении уровня кузова, рычаг поворачивается и смещает сердечник, изменяя индуктивность катушки. Соответствующий этому изменению сигнал подается на вход ЭБУ. Разновидностью индуктивных датчиков уровня кузова являются датчики поворотного типа, состоящие из статорной и роторной частей. Многослойная печатная плата статора 4 (рис. 3.12) закреплена на шасси автомобиля и содержит катушку возбуждения 6, три приемные катушки 5 и электронный блок обработки выходных сигналов. Приемные катушки смещены друг относительно друга и образуют звезду. Катушка возбуждения перекрывает приемные катушки с противоположной стороны платы. Ротор 10 жестко соединен с рычагом, который при изменении расстояния между шасси (кузовом) и мостом передает через рычажную систему поворотное движение на ротор. Ротор имеет токопроводящую петлю 7, форма которой соответствует форме приемных катушек 5. Переменный ток, проходящий через обмотку возбуждения 6, создает переменное электромагнитное поле 2 (поле «1»). Пронизывая токопроводящую петлю 7 ротора, это поле и создает переменное электромагнитное поле 1 (поле «2»). Переменные электромагнитные поля, создаваемые катушкой возбуждения и ротором, индуцируют в приемных катушках переменные напряжения U_1 , U_2 и U_3 , величины которых определяются взаимным положением катушек и вращающегося ротора. Ток в роторе не зависит от его углового положения, а напряжения в приемных катушках изменяются с изменением положения

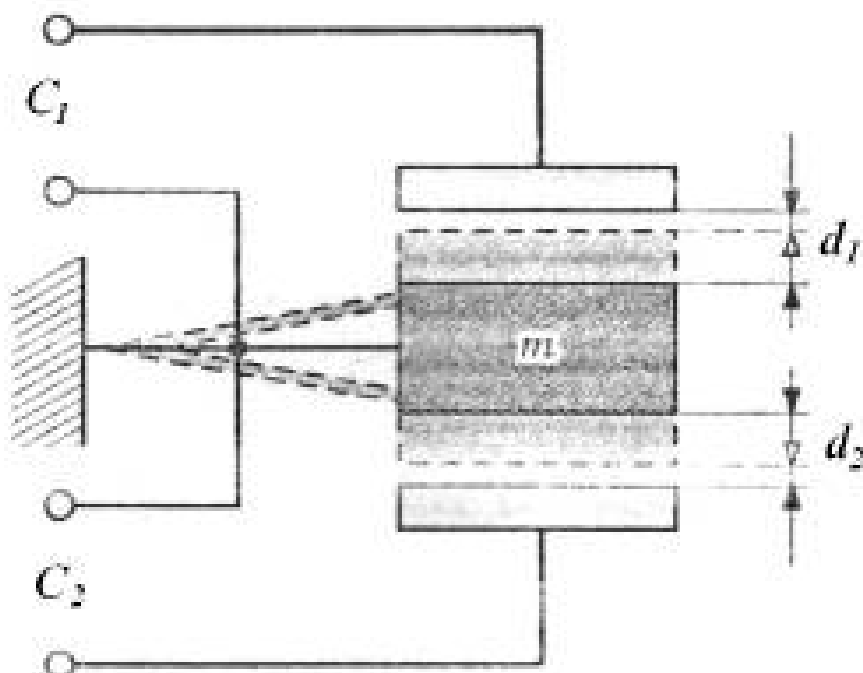


Изменение напряжений в катушках в зависимости от углового положения ротора датчика

Встроенная электроника датчика осуществляет выпрямление и усиление напряжений в катушках. После сопоставления напряжений производится преобразование их в выходные сигналы датчика положения кузова, которые подаются на вход ЭБУ подвеской. На выводах датчика создается сигнал ШИМ, пропорциональный углу поворота ротора. Конструкции четырех датчиков уровня кузова идентичны, но их крепление к шасси и кинематика приводных штанг различны для левой и правой сторон и каждой оси автомобиля. Повороты рычагов датчиков с каждой стороны автомобиля происходят в противоположных направлениях и, следовательно, будут разными и их выходные сигналы ШИМ. Например, при снижении кузова, параметры сигналов датчиков с одной стороны увеличиваются, с другой – уменьшаются.

Датчики ускорения кузова и колес.

Датчики ускорения кузова измеряют его вертикальные ускорения. В подвеске автомобиля Volkswagen Phaeton установлены три датчика ускорения кузова: два датчика находятся в нишах передних колес и один датчик – в багажнике автомобиля.



Емкостный датчик для измерения ускорений

Датчики ускорения колес используются в электронном блоке управления уровнем кузова совместно с сигналами ускорения кузова для определения относительного направления движения амортизационных стоек.

Обмен данными посредством шины CAN

ЭЛЕКТРОНИКА КОЛЕСНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

По данным американских аналитиков падение давления в шине на 20 % от нормы сокращает срок службы шины на 25–30 % с увеличением расхода топлива примерно на 3 %. Наблюдения показали, что у более 1/3 автомобилей хотя бы в одной шине было зафиксировано падение давления воздуха.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ШИНАХ (TPMS – АНГЛ. TIRE PRESSURE MONITORING SYSTEM)

При недостаточном давлении воздуха в шине наибольшие повреждения получает каркас протектора шины по всей окружности боковых стенок из-за отслаивания, перетирания и обрывов кордных нитей. Происходит кольцевой излом каркаса, не поддающийся ремонту. При работе шины с пониженным давлением воздуха увеличивается сопротивление качению колес и, как следствие этого, возрастает расход топлива. Повышенное деформирование шины при качении приводит к ее проскальзыванию относительно дорожной поверхности и разогреву резинокордных компонентов шины. Как результат, теряется эластичность, снижается прочность и долговечность, ухудшается управляемость и снижается безопасность дорожного движения.

Увеличение давления воздуха в шине против нормы, также приводит к снижению ходимости шин из-за повышенного напряжения в нитях корда каркаса, старения резины и преждевременного износа

протектора в средней части. Очевидно, что выбор давления воздуха в шине для каждого заданного режима эксплуатации создает наиболее благоприятные условия для работы шин и их максимального ресурса.

Датчики давления и температуры воздуха в шинах. Четыре датчика-модуля 1, 2, 3, 4 (рис. 4.1), устанавливаемые в колесах, отслеживают не только давление внутри шины, но и температуру. Повышенная температура может говорить как о недостаточности давления, так и неисправности тормозной системы (перегрев колодок, дисков или барабанов и, соответственно, всего колеса).

Принцип работы датчиков TPMS. В нормальной ситуации датчик определяет температуру и давление каждые 3 с и каждые 30 с отправляет информацию на основной электронный блок. Если значения давления или температуры не в норме, датчик посылает 10 сигналов в течение 6 с и срабатывает звуковая сигнализация. Это предупреждает водителя о необходимости остановки для проверки колеса. Если давление изменится на 0,20 бар в течение 3 с, датчик также приходит в описанный режим активирования звукового предупреждения. Новое поколение датчиков TPMS.

Третье поколение датчиков обеспечивает следующие преимущества:

1. Они показывают состояния всех четырех колес одновременно, что увеличивает информативность и позволяет лучше контролировать ситуацию.
2. Для внутреннего крепления вместо резиновых используются более надежные металлические мундштуки.
3. Уменьшен вес датчиков (25–30 г для внутренних и 10–15 г для внешних), что значительно упрощает процесс балансировки колеса.
4. Упрощена процедура замены датчика путем применения ремонтных датчиков.

Отпадает необходимость отключения всей системы контроля. Датчик-модуль, называемый также модулем дистанционного измерения (RSM), однажды установленный в колесо, работает как автономное устройство. Модуль (рис. 4.3) обладает достаточным интеллектом, позволяющим управлять также такими функциями как измерение давления и температуры (ячейки 1, 2 на рис. 4.3); передача высокочастотных радиосигналов и управление энергосбережением. Модуль объединяет два основных компонента – датчик измерения P и T и микроконтроллер с ВЧ передатчиком, расположенным в одном корпусе. Датчик TPMS создан по КМОП-технологии, отличающейся очень низким энергопотреблением. Потребление датчика в режиме ожидания составляет менее 0,5 мкА. А поскольку значительное время датчик находится именно в этом режиме, то он идеально подходит для данной задачи, важной проблемой которой является проблема энергопотребления. Ячейки 1, 2 (рис. 4.3) измерения температуры и давления соответственно являются емкостными и, если необходимо, производится преобразование

Режимы работы датчика:

1. *Режим ожидания.* Все аналоговые и цифровые блоки выключены, кроме внутреннего низкочастотного генератора, который периодически посылает сигнал «пробуждения» на микроконтроллер.

2. *Измерение давления.* Ячейка давления и преобразователь «емкость – напряжение» включены.

3. *Измерение температуры.* Ячейка температуры и блок преобразования включены.

4. *Считывание.* После прохождения одного из режимов измерения, измеренная величина хранится на конденсаторе. Режим считывания активирует АЦП и позволяет микроконтроллеру прочесть измеренную величину. Все четыре режима кодируются двумя внешними выводами, которые контролируются микроконтроллером.

Система контроля давления воздуха в шинах распознает три критические ситуации, о которых информируется водитель с помощью индикатора и дисплея комбинации приборов:

– незначительное отклонение параметров давления от заданных в диапазоне 0,3–0,4 бар («мягкое» предупреждение без звукового сигнала);

– сильное, но не внезапное отклонение параметров давления от заданных, свыше 0,4 бар («резкое» предупреждение, сопровождающее звуковым сигналом);

– внезапное резкое отклонение параметров давления от заданных, свыше 0,2 бар/мин (резкое предупреждение, сопровождающееся предупредительным сигналом).

Косвенный контроль давления воздуха в шинах.

Наряду с непосредственным (прямым) определением текущих значений давления (системы TPMS, RDK и др.), на некоторых АТС производится косвенный контроль давления в шинах. Для осуществления косвенного контроля используется антиблокировочная система (ABS) и системы курсовой устойчивости (ESP) автомобиля. С помощью этих систем давление не измеряется, а рассчитывается по сигналам датчиков ABS / ESP. При утечке воздуха уменьшается диаметр шины и возрастает частота вращения колеса, что отслеживается соответствующими датчиками. Сигналы датчиков подаются на электронный модуль управления, после чего водитель предупреждается звуковым или световым сигналом. Устройства начинают срабатывать при скорости более 15 км/ч и при потере около 30 % исходного давления в шине (около 0,7 бар). Одновременные потери в двух или более шинах при косвенном контроле не отслеживаются.

Несомненным преимуществом косвенного контроля является отсутствие модулей электроники колес.

Лекция 7. Электронные антиблокировочные и противобуксовочные тормозные системы (АБС) и (ПБС) автомобилей.

При прямолинейном движении во время торможения автотранспортного средства (АТС) на его колесо действуют вес машины G (рис. 5.1), тормозная сила F_B и боковая сила F_S

Величины сил зависят от множества факторов, таких как скорость движения АТС, размеры колес, состояние и конструкция шин, состояние дорожного полотна, конструкция тормозной системы и ее техническое состояние. При прямолинейном движении АТС с постоянной скоростью нет различий в скоростях вращения колес, а также между приведенной скоростью машины v_F и усредненной скоростью колес v_R :

$$v_F = v_R = (v_{R1} + v_{R2} + v_{R3} + v_{R4}) / 4,$$

где $v_{R1}-v_{R4}$ – скорость вращения каждого из четырех колес (для легковых авто- мобилей и двухосных легких грузовиков). Но в процессе интенсивного торможения скорость v_F начинает превышать скорость v_R вращения колес, поскольку из-за действия силы инерции массы АТС кузов как бы «обгоняет» колеса, т. е. $v_F > v_R$. В результате между дорогой и колесами возникает равномерное умеренное скольжение, которое является рабочим параметром тормозной системы и определяется выражением:

$$\lambda = (v_F - v_R) / v_R \cdot 100 \%,$$

где λ – коэффициент скольжения, %.

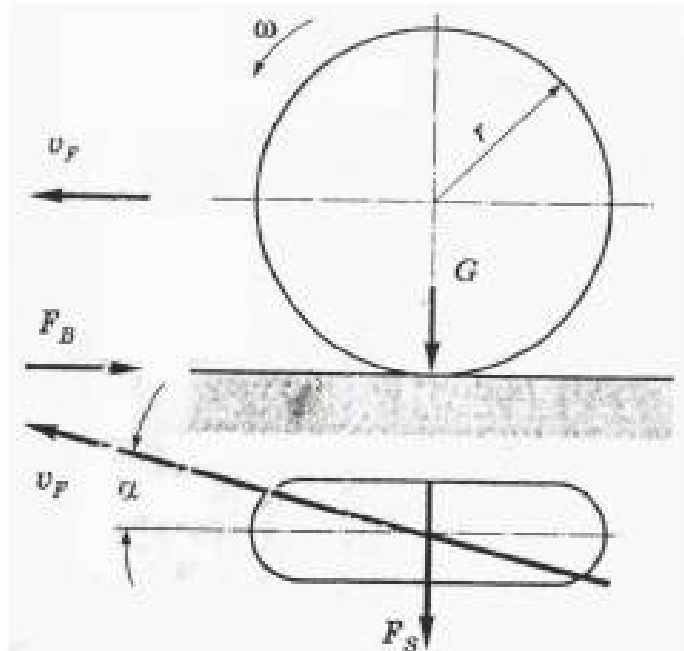


Рис. 5.1. Силы, действующие на колесо при торможении: G – вес автомобиля; F_B – тормозная сила; F_S – боковая сила; v_F – скорость автомобиля; α – угол увода; ω – угловая скорость; r – радиус колеса

Если $\lambda = 0 \%$, то колеса вращаются свободно без воздействия дорожного сопротивления трению. Если $\lambda = 100 \%$, то имеет место юз колеса, когда оно

становится заблокированным. В этом случае резко снижается тормозная эффективность, устойчивость и управляемость АТС при торможении. Зависимость величины коэффициента скольжения от коэффициента сцепления μ_{HF} в направлении движения и коэффициента сцепления μ_S в поперечном направлении при торможении на сухом бетонном покрытии показана на рис. 5.2.

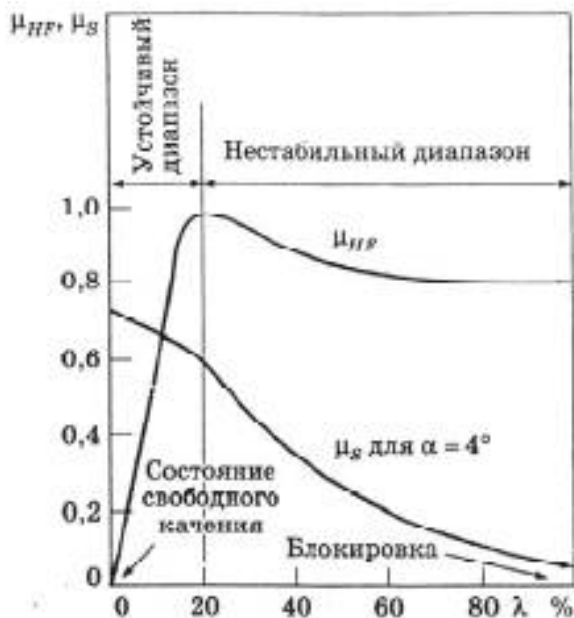


Рис. 5.2. Зависимость коэффициента сцепления от скольжения колес:

μ_S — коэффициент сцепления в поперечном направлении; μ_{HF} — коэффициент сцепления в направлении движения; λ — величина относительного скольжения колеса

Для большинства дорожных покрытий коэффициенты сцепления μ_{HF} и μ_S достигают максимального значения при $\lambda \approx 20\%$ и эту величину называют критической ($\lambda_{кр}$). Это обеспечивает устойчивое движение АТС при торможении. То есть управлять процессом торможения при скольжении следует так, чтобы λ при резком нажатии на педаль тормоза была равна 15–20%. При экстренном торможении неизбежен переход в нестабильный диапазон (см. рис. 5.2), вплоть до блокировки колес из-за большого усилия на педали и, как следствие, большого тормозного момента на колесе. Резко снижаются силы сцепления шин с дорожным покрытием, что приводит к потере управляемости АТС.

Антиблокировочные системы тормозов постоянно контролируют силу сцепления колес с дорогой и регулируют в каждый данный момент тормозное усилие на каждом колесе. АБС перераспределяет давления в контурах гидро- или пневмопривода колесных тормозов таким образом, чтобы не допустить блокировки колес и обеспечить максимальное тормозное усилие без потери управляемости АТС.

Поэтому **главной задачей АБС** является поддержание относительного скольжения колес при торможении вблизи $\lambda_{кр}$ (см. рис. 5.2) путем автоматического регулирования тормозного момента, подводимого к колесу.

Электронное управление обеспечивает уменьшение времени реакции и порога чувствительного тормозного механизма. В данном случае электронная система позволяет более точно регулировать (дозировать) тормозной момент на колесе, значительно уменьшая тормозной путь (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Уменьшение тормозного пути с электронной АБС (ЭАБС)

Несмотря на многообразие конструкций АБС, для автоматического регулирования тормозного момента система должна состоять из следующих компонентов:

- **датчиков**, функцией которых является выдача информации, в зависимости от принятой системы регулирования, об угловой скорости колеса, давлении рабочего тела в тормозном приводе, замедлении автомобиля и др.;
- **электронного блока управления (ЭБУ)**, в который поступает информация от датчиков и который после логической ее обработки дает команду исполнительным механизмам (модуляторам давления);
- **исполнительных механизмов (модуляторов давления)**, которые в зависимости от поступившей из блока управления команды снижают, повышают или удерживают на постоянном уровне давление в тормозном приводе колес.

Схемы АБС

Качество работы АБС зависит от принятого принципа регулирования и от быстродействия системы. Важным свойством АБС является также ее адаптивность, т. е. приспособленность системы регулирования к изменению коэффициентов сцепления при торможении. Среди различных разработанных алгоритмов функционирования АБС широко применяется алгоритм функционирования по замедлению тормозящего колеса.

Существуют различные структурные схемы АБС, отличающиеся тормозной эффективностью, стоимостью, курсовой устойчивостью, чувствительностью и т. д. Рассмотрим некоторые из них. На рис. 5.4, а показана схема с четырьмя датчиками и четырьмя модуляторами. Наличие автономного

управления каждого колеса обеспечивают наилучшую тормозную эффективность. Схема отличается сложностью и дороговизной.

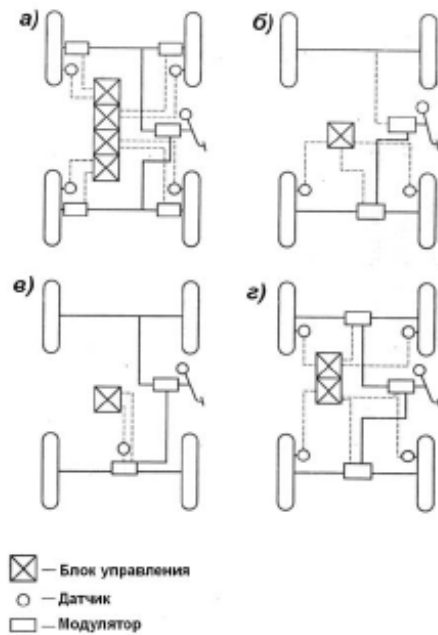


Рис. 5.4. Схемы ABS с электронным управлением: а – четыре датчика и четыре модулятора (4S / 4M); б – два датчика и один модулятор (2S / 1M); в – один датчик и один модулятор (1S / 1M); г – четыре датчика и два модулятора (4S / 2M)

В более простой схеме 2S / 1M (рис. 5.4, б) применяется один ЭБУ и реализуется низко- или высокопороговое регулирование. Низкопороговое регулирование предусматривает управление колесом, находящимся в худших по сцеплению условиях («слабым» колесом). Здесь тормозные возможности

«сильного» колеса недоиспользуются, но создается равенство тормозных сил, способствующее сохранению курсовой устойчивости торможения в ущерб тормозной эффективности. Высокопороговое регулирование, т. е. управление «сильным» колесом, дает высокую тормозную эффективность при некотором снижении устойчивости. «Слабое» колесо при таком регулировании периодически блокируется.

ABS может работать по двух- или трехфазовому циклу. Работа по двухфазовому циклу подразумевает следующее: 1-я фаза – нарастание давления, 2-я фаза – сброс давления. При трехфазовом цикле: 1-я фаза – нарастание давления, 2-я – сброс давления и 3-я – поддержание давления на постоянном уровне.

ABS с гидростатическим приводом тормозов

Гидростатический или закрытый гидропривод тормозов работает по принципу изменения объема тормозной системы при торможении. Циклическая работа ABS с таким гидроприводом осуществляется с помощью электрогидравлического модулятора, имеющего дополнительную камеру 7 (рис. 5.5) и работающего по двухфазовому циклу.

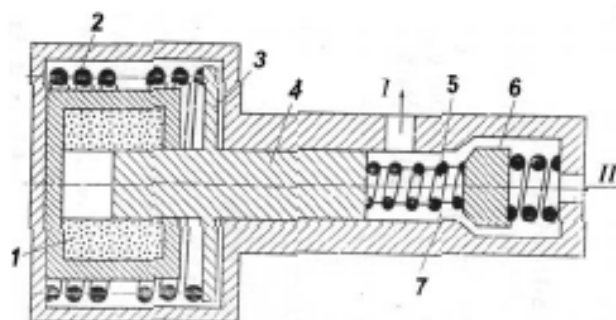


Рис. 5.5. Схема электрогидравлического модулятора давления АБС тормозов с гидростатическим приводом: 1 – обмотка электромагнита; 2 – пружина; 3 – якорь; 4 – плунжер; 5 – пружина; 6 – клапан; 7 – дополнительная камера; I – вывод к тормозным цилиндрам; II – вывод от главного тормозного цилиндра

Первая фаза (нарастание давления): обмотка электромагнита 1 обесточена. Якорь 3 с плунжером 4 находится под действием пружины 2 в крайнем правом положении. Клапан 6 пружиной 5 отжат от своего гнезда. При нажатии на тормозную педаль давление жидкости, создаваемое в главном цилиндре (вывод II), передается через вывод I к рабочим тормозным цилиндрам. Тормозной момент растет.

Вторая фаза (сброс давления): блок управления подключает обмотку электромагнита 1 к источнику питания. Якорь 3 с плунжером 4 перемещается влево, увеличивая при этом объем камеры 7. Одновременно клапан 6 также перемещается влево, перекрывая вывод I к рабочим тормозным цилиндрам колес. Из-за увеличения объема камеры 7 давление в рабочих цилиндрах падает, а тормозной момент снижается. Далее блок управления дает команду на нарастание давления, а цикл повторяется.

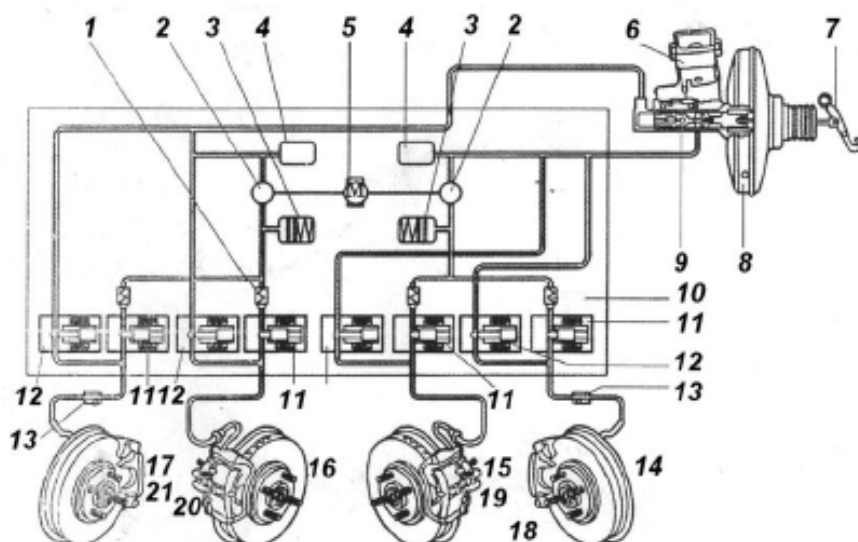


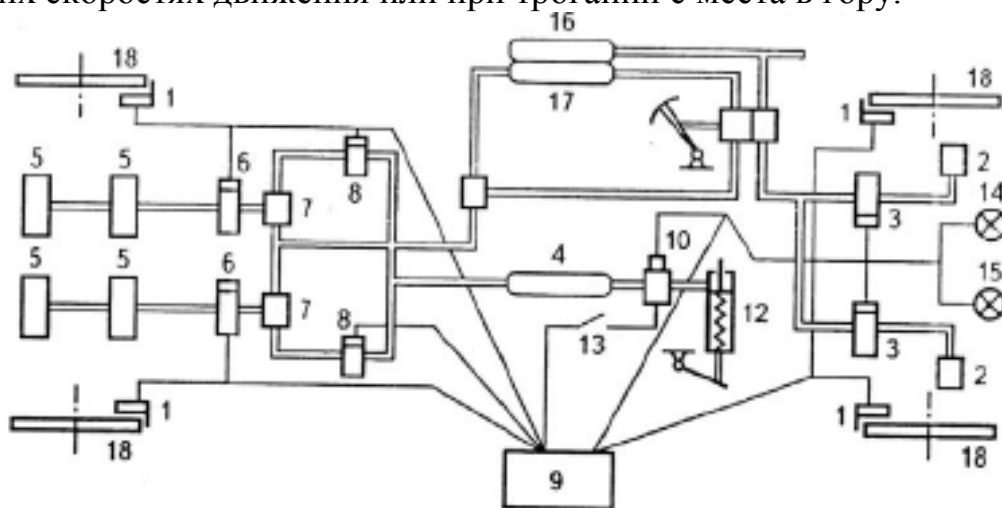
Рис. 5.14. Схема АБС нового поколения автомобиля Volvo S40: 1 – обратные клапаны; 2 – клапан плунжерного насоса; 3 – гидроаккумулятор; 4 – камера подавления пульсации в системе; 5 – электродвигатель с эксцентриковым плунжерным насосом; 6 – бачок для тормозной жидкости; 7 – педаль рабочего тормоза; 8 – усилитель; 9 – главный тормозной цилиндр; 10 – блок АБС; 11 – выпускные управляемые клапаны; 12 – впускные управляемые клапаны; 13 – дросселирующий клапан; 14–17 – тормозные механизмы передних (15, 16) и задних (14, 17) колес; 18–21 – датчики угловой скорости колес

Работа АБС в нормальном режиме (без блокировки). При нажатии педали 7 (рис. 5.14) тормоза ее рычаг освобождает кнопку выключателя стоп-сигнала, который, срабатывая, включает лампочки стоп-сигналов и приводит АБС в дежурное состояние. Движение педали через шток и вакуумный усилитель 8 передается на поршни главного тормозного цилиндра 9. Центральный клапан во вторичном поршне и манжета первичного поршня перекрывают сообщение контуров с бачком 6 для тормозной жидкости. Это приводит к росту давления в тормозных контурах, которое действует на поршни тормозных цилиндров в тормозных суппортах, в результате чего тормозные колодки прижимаются к дискам. При отпуске педали все детали возвращаются в исходное положение. Работа АБС в условиях близких к блокировке. Если при торможении одно колесо близко к блокировке (о чем сообщает датчик частоты вращения), блок управления 10 перекрывает впускной клапан 12 соответствующего контура, что препятствует дальнейшему росту давления в контуре независимо от роста давления в главном цилиндре. В то же время начинает работать гидравлический плунжерный насос 5. Если вращение колеса продолжает замедляться, блок управления открывает выпускной клапан 11, позволяя тормозной жидкости возвратиться в гидроаккумуляторы 3. Это приводит к уменьшению давления в контуре и дает возможность колесу вращаться быстрее. Если вращение колеса чрезмерно ускоряется (по сравнению с другими колесами), для повышения давления в контуре блок управления перекрывает выпускной клапан 11 и открывает впускной 12. Тормозная жидкость подается из главного тормозного цилиндра 9 и с помощью плунжерного насоса 5 из гидроаккумуляторов 3. Демпфирующие камеры 4 сглаживают (подавляют) пульсации, возникающие в системе при работе плунжерного насоса. В системе АБС предусмотрен диагностический разъем для подсоединения системного тестера Volvo System Tester при диагностировании системы. При включении зажигания горит сигнальная лампа, и система проводит самодиагностику электрического сопротивления всех компонентов. После проверки (в течение 4 с) лампа должна погаснуть. При движении автомобиля проводится проверка электродвигателя насоса и его реле, впускных и выпускных клапанов на скорости 6 км/ч. На скорости 40 км/ч проверяется работа колесных датчиков. При работе системы электронасос работает непрерывно. В дождь или снегопад при скорости более 70 км/ч и включенном стеклоочистителе лобового стекла тормозные накладки передних тормозов каждые 185 с кратковременно (на 2,5 с) прижимаются к тормозным дискам с минимальным давлением (5–15 МПа). Происходит очистка накладок и дисков и их сушка для повышения эффективности торможения.

АБС и ПБС грузовых автомобилей

На грузовых автомобилях, особенно на автопоездах, блокирование задних колес приводит к складыванию автопоезда, а блокирование передних колес

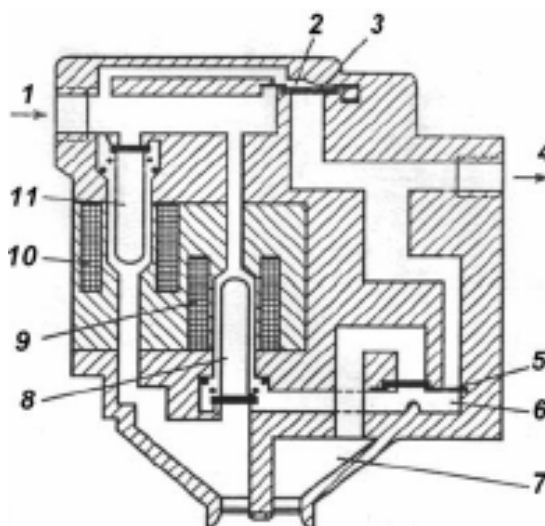
– к потере управляемости, а при длительном торможении или на мокром льду – к неустойчивости. Блокирование колес у прицепов или полуприцепов ведет при поворотах к быстро наступающей неустойчивости. Кроме того, тормозные моменты для колес одной и той же оси должны быть равными, а степень торможения автомобиля или прицепа должна находиться в границах определенных диапазонов, зависящих от давления торможения в нагруженном или незагруженном состоянии автопоезда. Применение регуляторов тормозных сил позволяет предотвратить блокирование колес грузовика в незагруженном состоянии на дорогах с сухим покрытием и при постепенном торможении на скользких дорогах, но не предотвращает блокирование колес при резких торможениях или на поворотах на мокрых и неравномерно скользких дорожных покрытиях. Если тяговое усилие на ведущих колесах превысит силу сцепления шины с дорожным покрытием, то произойдет пробуксовка колес, как и при их блокировании при торможении. Для автопоездов это происходит при небольших скоростях движения или при трогании с места в гору.



Структурная схема четырехканальной ABS или ПБС грузового автомобиля: 1 – датчики угловой скорости передних и задних колес; 2, 5 – глушители выпускного воздуха; 3 – регулировочный электромагнитный клапан; 4, 16, 17 – воздушные ресиверы; 6 – регулировочный электромагнитный клапан ABS или ПБС; 7 – двухходовой пневмоклапан; 8 – дифференциальный тормозной клапан; 9 – электронный блок управления; 10 – пропорциональный клапан; 11 – педаль тормоза; 12 – сервоцилиндр ПБС; 13 – переключатель функций ABS; 14 – предупредительный световой индикатор ABS; 15 – функциональный индикатор ПБС; 18 – индуктор (зубчатое колесо)

Грузовые автомобили, имеющие пневматические тормозные системы, дисковые или барабанные тормоза с гидроприводом или комбинированные пневматические и гидравлические системы, оборудуются четырехканальными, шестиканальными антиблокировочными и противобуксовочными электронными системами различных модификаций. В таких системах тормозные силы задних колес регулируются независимо друг от друга, а

передние – по принципу модифицированного индивидуального регулирования. Это означает, что регулирующие каналы АБС и ПБС передних колес осуществляют обмен информацией об угловых скоростях каждого колеса внутри электронной системы, т. е. при торможении на дороге, на которой одно колесо движется по льду, а второе – по сухому асфальту, второй канал системы передних колес регулирует тормозное давление в цилиндре таким образом, что перепады давления увеличиваются медленно и постепенно до максимальных значений, соответствующих силе сцепления шины с дорожным покрытием. Структурная схема четырехканальной АБС или ПБС для трехосных автобусов и грузовых автомобилей 6Ч4 представлена на рис. 5.15. В этой схеме использован принцип, когда колеса последней оси оснащаются индукционными колесными датчиками 1 и тормозные силы регулируются электронным блоком 9. Тормозные силы колес, не оснащенных датчиками, регулируются косвенно, т. е. они не тормозят полностью и не блокируются до тех пор, пока тормозные параметры этих колес не превышают значительно показатели регулируемых колес. Давление воздуха в тормозные цилиндры нерегулируемых колес подается через двойные запорные клапаны, препятствующие торможению не ведущих колес в режиме пробуксовывания. Электропневматический модулятор АБС. Электропневмомодулятор АБС обычно имеет диафрагменную конструкцию, которая обеспечивает высокое быстродействие по сравнению с поршневой конструкцией и хорошо сочетается с пневматическими тормозными системами.



1 – вход привода; 2 – камера мембранного клапана; 3, 5 – мембраны; 4 – вход в тормозной цилиндр; 6 – регулировочная камера; 7 – глушитель выпускного воздуха; 8, 11 – клапаны электромагнитов 9 и 10

В электропневматическом модуляторе смонтированы два мембранных клапана 3, 5 (рис. 5.16) и два электромагнитных клапана 8, 11 с катушками 9, 10 электромагнитов. Камера 2 мембранного клапана 3 соединена с атмосферой и поступающее через вход 1 от привода тормоза рабочее тело поднимает мембрану 3 и поступает в тормозной цилиндр через вход 4.

Одновременно давление передается через открытый электромагнитный клапан 8 в мембранную камеру 6 и поддерживает ее закрытой, вследствие чего давление в тормозном цилиндре повышается и происходит нормальное торможение. Как только электронный блок определяет (по сигналу датчика колеса), что угловая скорость колеса продолжает уменьшаться, сразу включается электромагнит 10, клапан 11 закрывается и тормозное давление передается в камеру 2. Мембранный клапан 3 закрывается и тем самым прекращает поступление воздуха в тормозной цилиндр. Если угловая скорость колеса продолжает уменьшаться, то электромагнитные клапаны 9 и 10 закрываются, а мембранный клапан 5 соединяется с камерой выпуска воздуха через глушитель 7. Если в этот момент угловая скорость колеса начнет увеличиваться до значения, записанного в память электронного блока, то открываются электромагнитные клапаны 9 и 10, что приводит к повышению давления в тормозном цилиндре.

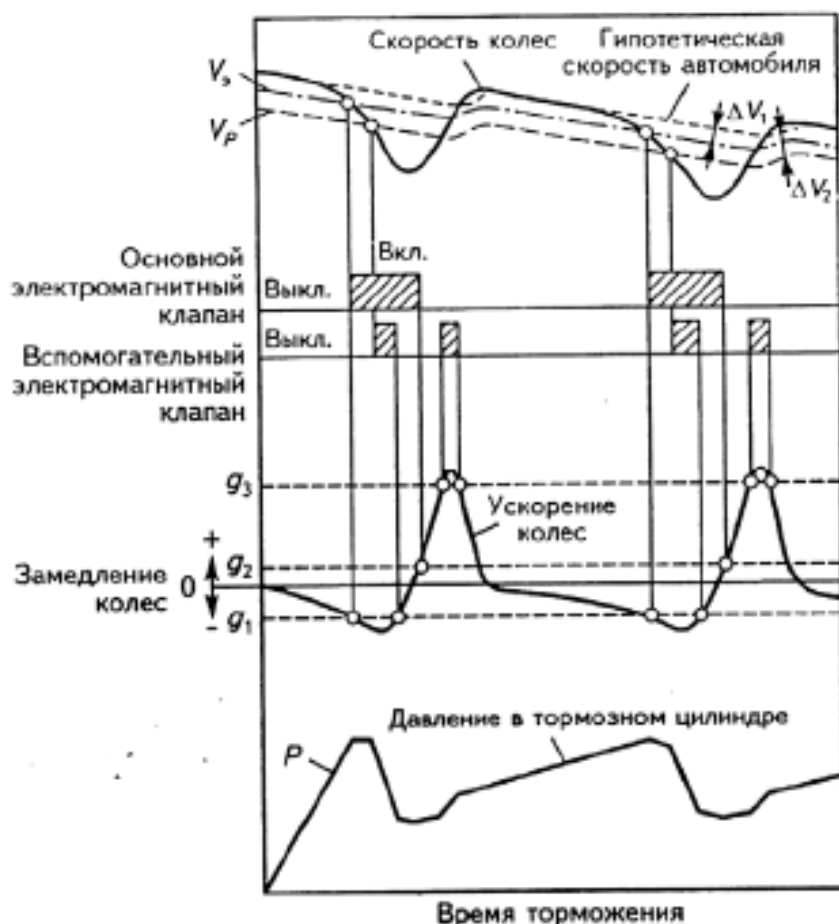
Функциональные контуры ЭБУ

Электронный блок управления имеет два или три канала управления и функционально подразделяются на следующие контуры:

1. **Входной контур**, в котором сигналы, генерируемые индивидуальными датчиками скорости, преобразуются в цифровую информацию, необходимую для определения длительности поступающих импульсов.
2. **Основной контур** – микрокомпьютер, содержащий комплекс программ для расчетов и логических операций с управляющими сигналами, а также для выдачи результирующих сигналов в контур управления модуляторами (электроклапанами).
3. **Контур безопасности (КБ)** непрерывно проверяет исправность системы ПБС (датчики, модуляторы, ЭБУ, электропроводку) на остановленном или движущемся АТС независимо от ВКЛ / ВЫКЛ тормозов. Контур безопасности предупреждает водителя о любой ошибке с помощью сигнальной лампы, а также частично или полностью отключает ПБС, но тормозная система остается работающей.
4. **Контур управления электроклапанами** – мощные силовые транзисторы (выходные ключи), управляющие сигналами из основного контура и подающих ток к электроклапанам.

Управление в системе АБС происходит по следующему алгоритму. Необходимо, чтобы угловая скорость колеса соответствовала коэффициенту продольного скольжения λ , при котором коэффициент сцепления μ HF в направлении движения был бы максимально возможным для любого состояния дорожного покрытия. Это условие может быть выполнено в том случае, если при блокировании колес их линейная скорость падает более резко, чем скорость автомобиля. Заключение о наличии блокирования колес делается в результате анализа разницы скоростей колес и автомобиля. По

угловой скорости колес вычисляется базовая, или гипотетическая, скорость автомобиля, а его эталонная скорость, при которой начинаются управляющие воздействия, устанавливается на ΔV_1 меньше гипотетической скорости. В это же время эталонная скорость, которой соответствует быстрое снижение давления тормозной жидкости (момент скольжения колеса) устанавливается на ΔV_2 ниже гипотетической (рис. 5.19).



$\Delta V_1, \Delta V_2$ — пределы изменения гипотетической скорости автомобиля, км/ч; $V_э$ — эталонная скорость управления, бар/с; V_P — эталонная скорость быстрого понижения давления в тормозном цилиндре, бар/с; g_1 — замедление колеса, м/с²; g_2, g_3 — ускорение колеса, м/с²; P — давление в тормозном приводе, бар

В начале торможения давление в тормозных цилиндрах колес повышается в соответствии с усилием на тормозную педаль и скорость колес снижается. Если скорость колес оказывается меньше эталонной скорости, а замедление становится больше g_1 , то поступает сигнал управляющего блока на быстрое снижение давления. Когда скорость колеса восстанавливается и приближается к гипотетической скорости автомобиля, возникает ускорение выше g_2 , давление медленно возрастает и, как только ускорение превысит g_3 , вырабатывается сигнал на быстрое увеличение давления. Благодаря адаптивному характеру построения логики и программному обеспечению микроЭВМ система приспособляется к конкретным динамическим

характеристикам колеса с разными коэффициентами сцепления шины с дорожным покрытием. Пороги замедления и ускорения колеса не являются постоянными, а зависят от многих параметров, например, от скорости движения автомобиля. Число циклов регулирования давления в режиме АБС определяется динамическими характеристиками всего регулировочного контура: электронный блок управления – тормоз – колесо – дорожное покрытие. Сцепление шины с дорожным покрытием имеет основное значение. Как правило, АБС производит от трех до пяти циклов управления в секунду, а на мокром льду количество циклов минимально. При выключении АБС принудительно водителем загорается световое табло – обычно это происходит в условиях бездорожья при скорости движения автомобиля менее 15 км/ч. Электронные системы АБС и ПБС позволяют использовать дополнительные функции управления, например, включение блокировки дифференциала полноприводных автомобилей, регулирование моторным тормозом и замедлителем тяжелых автопоездов, а также обеспечивают переход на дисковые тормоза у тяжелых грузовых автомобилей. Применение АБС и ПБС обеспечивает равномерный износ тормозных накладок и позволяет согласованно управлять тормозным давлением по критерию минимального износа на передней и задней осях и, следовательно, осуществлять сервис и производить смену тормозных накладок одновременно на всех колесах, что существенно снижает затраты на простой дорогих автомобилей.

Лекция 8. Электронные системы управления навесным гидравлическим оборудованием тракторов

Энергонасыщенные тракторы «Беларус» в диапазоне мощностей от 130 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 микропроцессорное управление ЗНУ значительно расширило функциональные возможности автоматического регулирования, реализуемые в интегральной системе электронно-гидравлического управления

В режиме автоматического управления ЗНУ в зависимости от настроенного оператором режима работы с помощью потенциометров панели 12 система автоматически 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 по сигналам датчиков обратной связи: **позиционного датчика 18** и двух силовых датчиков 1. Электрические сигналы от датчиков по электропроводам 11, 14 поступают на вход микропроцессорного контроллера 13 (ЭБУ), где в компаративной схеме контроллера 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 и тяговое сопротивление.

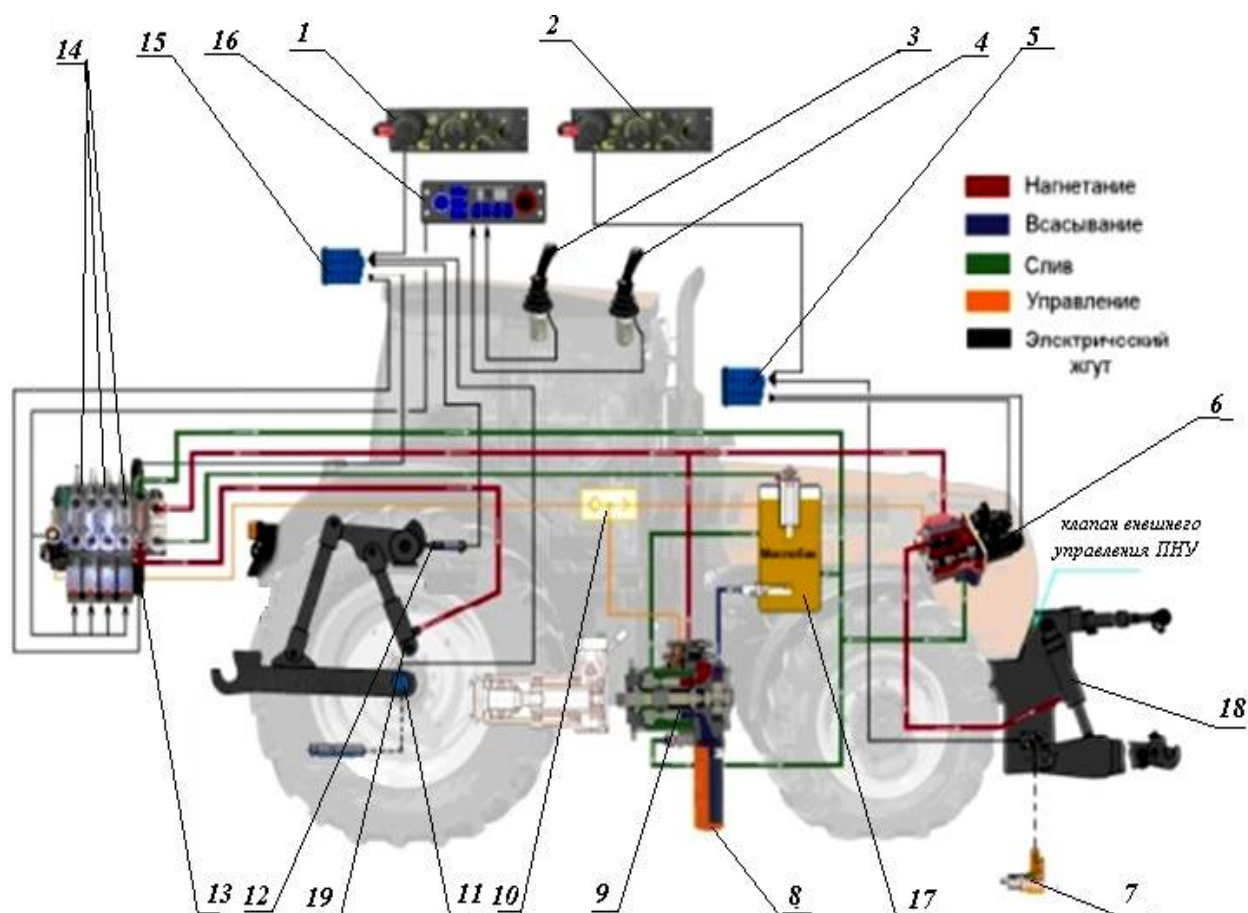
С помощью микропроцессорного управления ЗНУ реализуются следующие функции электрогидравлического регулирования:

- силовое, позиционное и смешанное регулирование;
- внешнее регулирование;
- регулирование давления в гидроцилиндрах ЗНУ;
- демпфирование продольных колебаний машино-тракторного агрегата;
- автоматическое регулирование чувствительности системы;
- самодиагностику (самотестирование) системы.

Гидронавесная система этих тракторов с джойстиковым управлением является универсальной на базе аксиально-поршневого регулируемого насоса фирмы «Bosch-Rexroth». Она обеспечивает силовое, позиционное и смешанное регулирование глубины обработки почвы.

Она состоит из двух частей

- гидравлической и электрической.



Электрогидравлическая схема гидронавесной системы тракторов марки «Беларус» с джойстиковым управлением: 1 – панель управления задней навеской трактора; 2 – панель управления передней навесной системой; 3, 4 – джойстики; 5 – электронный блок управления EHR-B задней навесной системы; 6 – электромагнитный регулятор управления ПНУ; 7 – датчик угла поворота; 8 – фильтр аксиально-поршневого насоса; 9 – аксиально-поршневой насос; 10 – клапан ИЛИ; 11 – датчик усилия; 12 – датчик позиции; 13 – электрогидравлический регулятор задней навески трактора; 14 – секции EHS; 15 – электронный блок управления EHR-B передней навесной системы; 16 – программатор; 17 – маслобак; 18, 19 – гидроцилиндры

Датчик позиционный 6 (рис. 1.2) индукционного типа работает в паре с эксцентриком 3, закрепленном на поворотном валу 2 ЗНУ. Датчик ввинчивается в крышку 4 заднего моста и фиксируется в отрегулированном положении контргайкой 5.

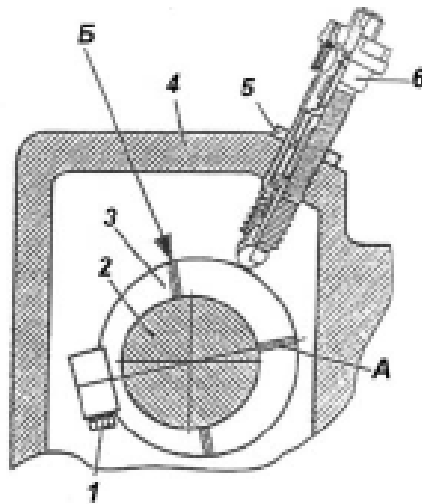
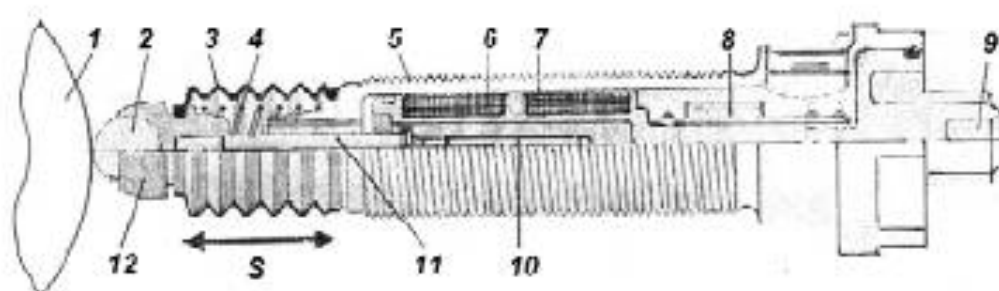


Рис. 1.2. Установка датчика позиционного: 1 – винт; 2 – поворотный вал ЗНУ; 3 – эксцентрик; 4 – крышка; 5 – контргайка; 6 – датчик позиционный; А, Б – метки на восходящей и нисходящей частях эксцентрика соответственно

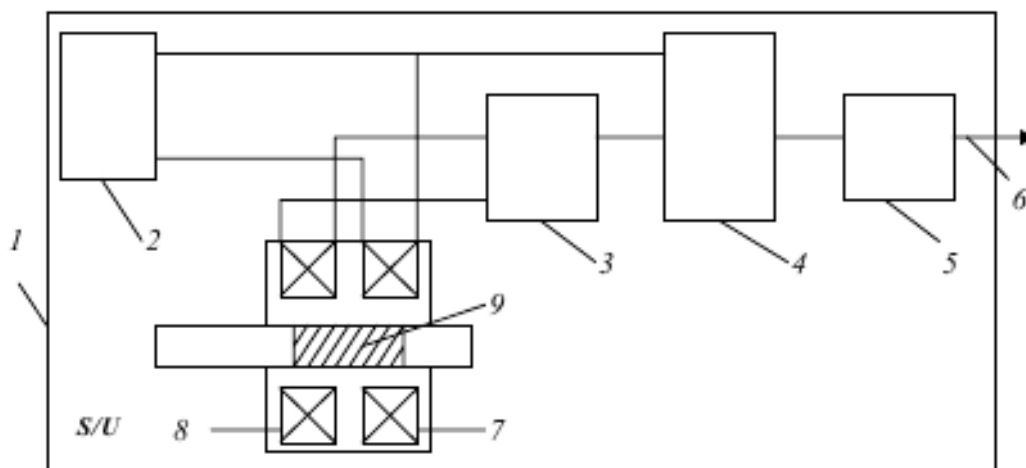
Шарик 2 (рис. 1.3) находится в контакте с эксцентриком 1 под действием пружины 4. В процессе подъема или опускания ЗНУ поворачивается вал 2 (рис. 1.2) и эксцентрик 1 (рис. 1.3), который своей нисходящей или восходящей ветвью заставляет перемещаться шарик 2 с гнездом 12, штоком 11 и ферромагнитный сердечник 10. Чувствительный элемент датчика состоит из двух соосно-расположенных катушек индуктивности 6, 7, намотанных на полый каркасе, внутри которого и перемещается ферромагнитный сердечник. Катушка 6 служит обмоткой возбуждения, а катушка 7 является сигнальной обмоткой. На катушку 6 подается синусоидальное напряжение от генератора, являющегося составной частью электронного преобразователя 8. Перемещение S ферромагнитного сердечника 10 внутри сигнальной катушки 7 вызывает изменение амплитуды выходного сигнала. Сигнал напряжения (амплитуда и фаза) затем усиливается и обрабатывается синхродетектором и фильтром низких частот, поступая на оконечный усилитель. На выходе 9 датчика получается требуемый сигнал:

$$U_c = (0,25-0,75)U_{п},$$

где U_c – напряжение сигнала, В; $U_{п}$ – напряжение питания (8–12 В). Блок-схема электронного преобразователя сигнала и структурная схема датчика позиционного приведены на рис. 1.4 и 1.5.



Датчик позиционный: 1 – эксцентрик; 2 – шарик; 3 – чехол; 4 – возвратная пружина; 5 – резьбовая часть корпуса; 6 – катушка индуктивности (возбуждения); 7 – катушка индуктивности (сигнальная); 8 – электронный преобразователь; 9 – контактные выводы; 10 – ферромагнитный сердечник (стержень); 11 – шток; 12 – гнездо шарика; S – ход сердечника (мм)



Датчик силовой 5 (рис. 1.7), который называют силоизмерительным пальцем или датчиком усилия, является элементом присоединения (крепления) нижней тяги 4 (левой и правой) ЗНУ к кронштейну 3, который, в свою очередь, прикреплен к корпусу заднего моста (остову) трактора. Осевая и угловая фиксация датчика 5 в кронштейне 3 осуществляется с помощью специальной скобы 1, входящей в паз датчика и прикрепленной к кронштейну болтами 2. В процессе работы тракторного агрегата на корпуса (пальцы) датчиков 1, 4 (рис. 1.8) действуют разнонаправленные усилия: F 1 – усилие сжатия нижних тяг 2, 3 ЗНУ, направленное вперед по ходу трактора; F 2 – усилие растяжения нижних тяг ЗНУ, направленное назад против хода трактора.

Внутри полого соединительного пальца 4 расположены: катушки (обмотки) 5, создающие магнитное поле и осуществляющие измерительные функции, а также электронные устройства 6, которые обеспечивают 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. На принципе изменения магнитной проницаемости сердечника и индуктивности катушки основано действие магнитоупругих индуктивных преобразователей, применяемых для измерения больших усилий. Магнитоупругий тензометр в 200 раз чувствительнее сопротивления, что позволяет использовать более простую электронику усиления и питания.

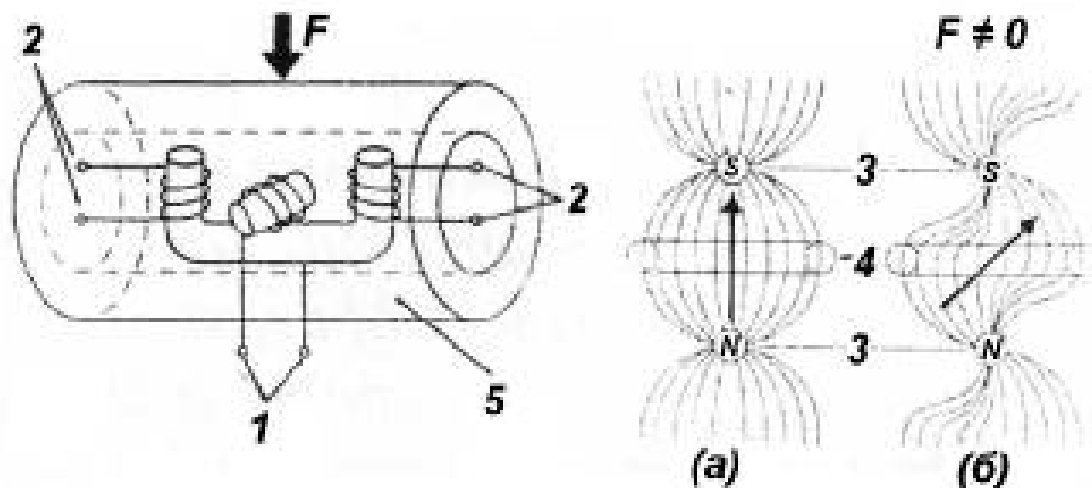


Схема датчика усилия и магнитных потоков: 1 – первичная обмотка; 2 – вторичная обмотка; 3 – первичная полюсная система; 4 – вторичная полюсная система; 5 – соединительный палец (корпус датчика); F – усилие; а – симметричный магнитный поток; б – ассиметричный магнитный поток

Как видно из рис. 1.9 в полости пальца 5 смонтированы катушка 1, создающая магнитное поле и две измерительные катушки 2, расположенные под углом 90° к катушке 1. Если на палец 5 не действуют усилия F_1 , F_2 , в катушках 2 магнитный поток отсутствует (рис. 1.9, а). Как только на палец приложены усилия той или иной направленности, ферромагнитный материал сердечника пальца приобретает анизотропные свойства, т. е. неодинаковость магнитных свойств по различным направлениям. Возникает магнитный поток (рис. 1.9, б), который через измерительные катушки 2 наводит в них электрическое напряжение. Как и в датчике позиции, сигнал измерительных катушек преобразуется и усиливается электронной схемой (рис. 1.10) и на выводе 2 генерируется напряжение сигнала:

$$U_c = (0,25-0,75)U_p,$$

где $U_p = 8-12$ В (напряжение питания). Тракторы «Беларус» комплектуются датчиками усилия двух типов: 60 кН и 90 кН.

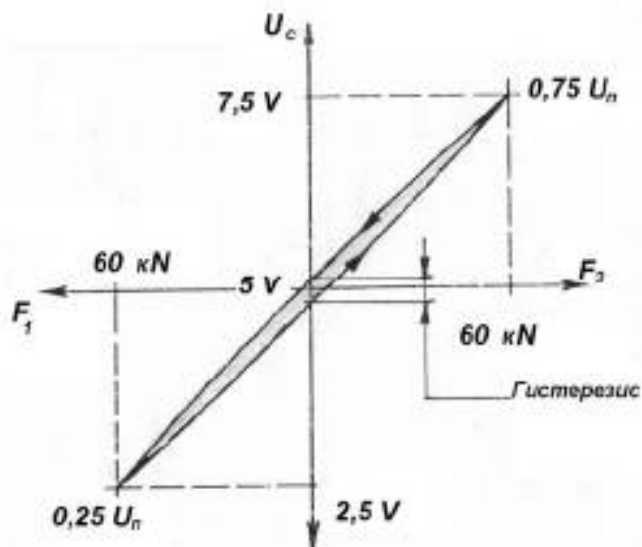
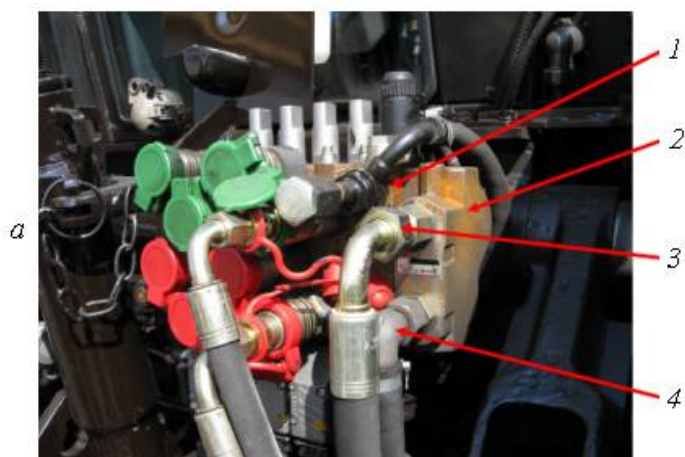


График сигнала напряжения датчика усилия

На рис. 1.11 приведена кривая зависимости напряжения сигнала U_c от величины усилия F_1 , F_2 , действующего на датчик (тензометрический палец), установленный в ЗНУ тракторов «Беларус-1523, -1523В, -1523.3, -1523.4». Из графика видно, что возрастание усилия F_2 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_2 кривая не следует по той же траектории, что обусловлено явлением гистерезиса, известным как «петля гистерезиса». Если провести некоторые аналогии и представить ось U_c как ось магнитной индукции (B), а ось F_1 , F_2 как ось напряженности магнитного поля (H), можно проследить поведение ферромагнитного материала. Под действием магнитного поля молекулярные магниты ориентируются в направлении магнитного потока и чем выше H , тем сильнее это проявляется. При уменьшении H (F_2 на графике) кривая идет по новой траектории, поскольку ряд молекулярных магнитов не полностью вернутся в свои исходные положения. Если $H = 0$ (т. е. $F_2 = 0$), определенная величина индукции B остается в материале и, следовательно, U_c будет выше исходной кривой. Эту индукцию называют остаточной магнитной индукцией ($B_{ост}$). Следовательно, потребуется противоположно направленная индукция (на графике усилие F_1) для возврата к исходному значению. $U_c = 7,5$ В при номинальном $F_2 = 60$ кН является величиной, полученной при среднем значении напряжения питания $U_n = 10$ В; $U_c = 0,75U_n = 0,75 \cdot 10 = 7,5$ В. Без нагрузки (F_1 и $F_2 = 0$) напряжение сигнала $U_c = 5,0$ В.

На тракторе установлен интегральный блок, состоящий из четырех распределительных секций типа EHS, электрогидравлического регулятора EHR-23LS, концевой плиты с редукционным клапаном и нагнетательной крышки.



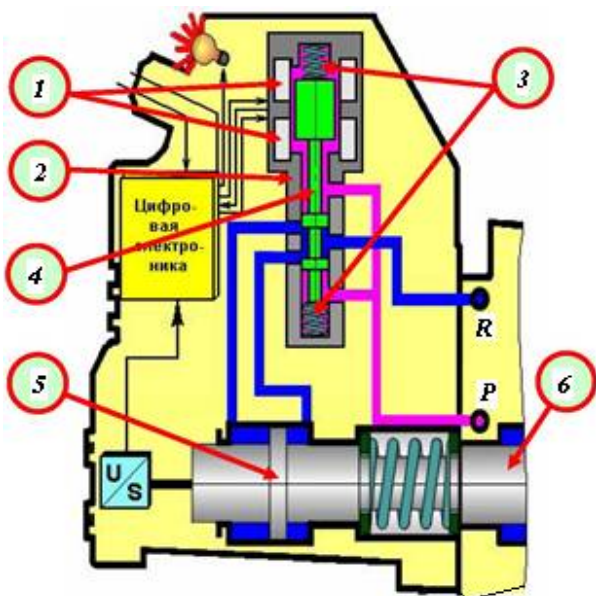
1 – секция управления ЗНУ EHR-23LS; 2 – насосная секция;
3 – напорная магистраль насосной секции; 4 – сливная магистраль насосной секции;

Устройство и принцип работы распределительной секции EHS

Изделие, состоящее из золотниковой гидравлической части и электрической. Для секции EHS предусмотрено прямое джойстиковое управление и управление по заданному алгоритму через блок БПО (блок программирования операций).

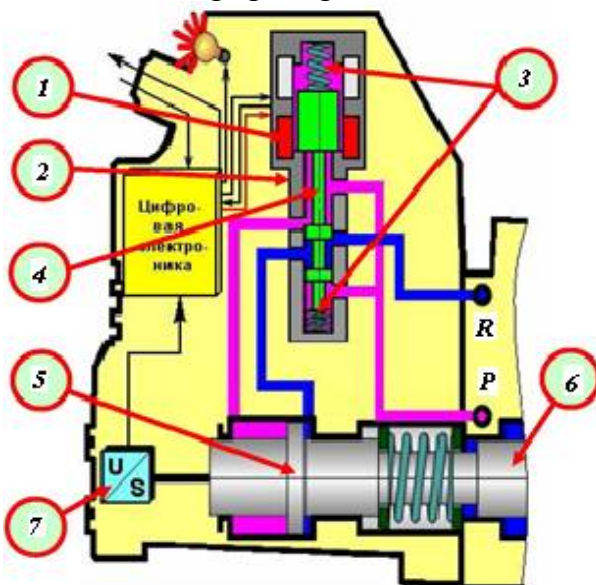


Встроенная электронная плата (цифровая электроника) получает управляющий сигнал из кабины трактора от оператора, обрабатывает его и управляет пропорциональным электромагнитным клапаном.



Работа клапана управления и центральный золотник в положении «нейтраль» (P – давление, R – слив):
 1 – электромагниты; 2 – клапан управления; 3 – возвратные пружины;
 4 – направляющий золотник клапана управления; 5 – поршень исполнительного механизма;
 6 – центральный золотник

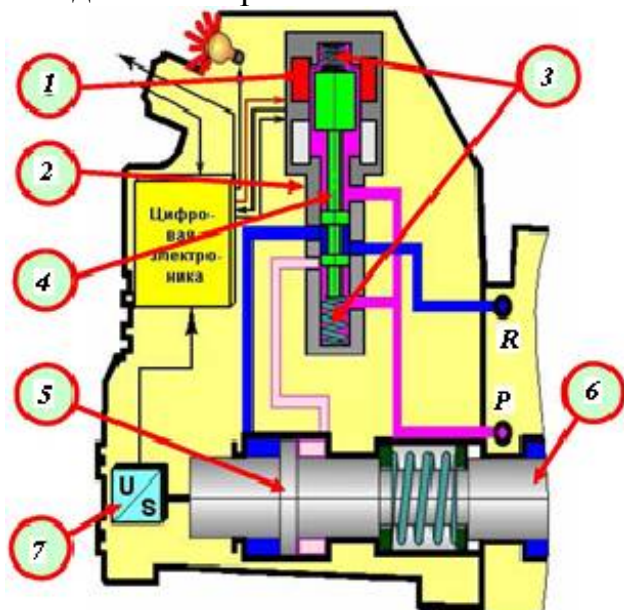
В положении «нейтраль» на электромагниты 1 клапана управления 2 напряжение не подается. Пружины 3 устанавливают направляющий золотник 4 клапана в такое положение, при котором обе полости поршня исполнительного механизма 5 соединены со сливом (R). Центральный золотник гидрораспределителя 6 находится в нейтральном положении.



Работа клапана управления и центральный золотник в положении «подъем» (P – давление, R – слив): 1 – электромагнит «опускания»; 2 – клапан управления; 3 – возвратные пружины;
 4 – направляющий золотник клапана управления; 5 – поршень исполнительного механизма;
 6 – центральный золотник;
 7 – индуктивный датчик положения

При перемещении джойстика **в положение «подъем»** на электромагнит подъема 1 пропорционального направляющего электромагнитного клапана 2 подается напряжение. Направляющий золотник 4 смещается вниз и соединяет левую полость управляющего поршня 5 с напорной магистралью (P), а правую полость – со сливом (R). Под действием давления масла управляющий поршень 5 смещается вправо, перемещая золотник гидрораспределителя 6 и обеспечивая подъем сельхозорудия. Перемещение управляющего поршня 5 и соответственно золотника гидрораспределителя 6 в положение «подъем» контролируется индуктивным датчиком положения 7.

При перемещении джойстика в положение «опускание» на электромагнит опускания 1 пропорционального направляющего электромагнитного клапана 2 подается напряжение.



Работа клапана управления и центральный золотник в положении «плавающее» (*P* – давление, *R* – слив): 1 – электромагнит «опускания»; 2 – клапан управления; 3 – возвратные пружины; 4 – направляющий золотник клапана управления; 5 – поршень исполнительного механизма; 6 – центральный золотник; 7 – индуктивный датчик положения

перемещении джойстика в плавающее положение (с дожимом) на электромагнит опускания 1 пропорционального направляющего электромагнитного клапана 2 подается напряжение. Направляющий золотник 4 смещается вверх и соединяет правую полость управляющего поршня 5 с напорной магистралью (*P*), а левую полость – со сливом (*R*). Под действием давления масла управляющий поршень 5 смещается влево, перемещая золотник гидрораспределителя 6 (дальше, чем положение «опускание»), обеспечивая плавающее положение сельхозорудия. Датчик положения 7 контролирует положение управляющего поршня 5 и золотника гидрораспределителя 6. При отклонении золотника 6 от плавающего положения датчик 7 формирует сигнал в блок цифровой электроники для корректировки его положения.

Контроль продольных колебаний (галопирования) тракторного агрегата имеет большое значение для улучшения управляемости трактора при транспортных переездах с тяжелыми навесными машинами и орудиями в полевых условиях. Неконтролируемые продольные колебания могут приводить к опасной ситуации потери управляемости из-за разгрузки передней оси или отрыве передних колес А (рис. 1.16) от опорной поверхности.

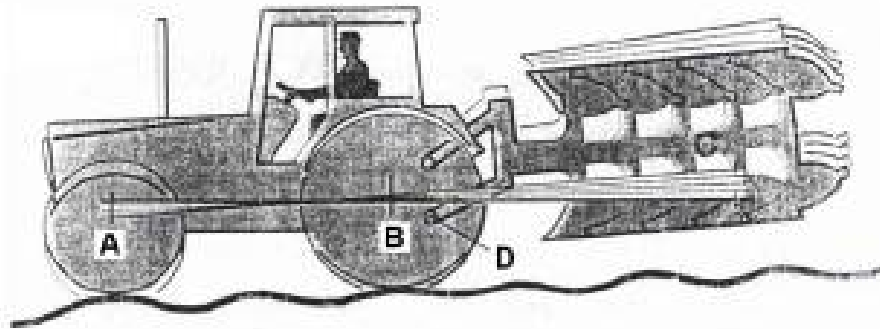


Рис. 1.16. Галопирование тракторного агрегата при транспортных переездах: *A* – вертикальные колебания передней оси; *B* – колебания задней оси; *C* – колебание навесного оборудования; *D* – силоизмерительные пальцы ЗНУ

Разделение статической и динамической составляющих усилия достигается с помощью электронного фильтра низких частот 7 (рис. 1.17).

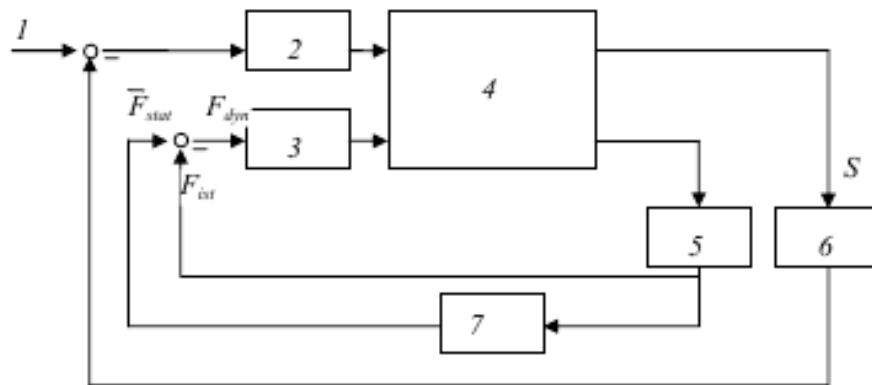


Рис. 1.17. Блок-схема управления демпфированием колебаний: *1* – заданное положение; *2* – контроллер положения; *3* – регулятор демпфирования; *4* – трактор с оборудованием; *5* – датчик усилия; *6* – датчик позиционный; *7* – фильтр низких частот; *S* – позиция; F_{stat} – статическое усилие; F_{dyn} – динамическое усилие; F_{ist} – фактическое усилие

Преимущества активного гашения колебаний: 1. Снижение продольных колебаний и нагрузок на ПВМ. 2. Повышение безопасности рулевого управления. 3. Увеличение скорости транспортных переездов. 4. Повышение комфортности управления трактором. 5. Снижение динамических нагрузок на шасси трактора. 6. Стабилизация высоты орудия над почвой при движении. 7. Снижение пиковых нагрузок в гидроподъемном механизме ЗНУ.

Электронная диагностика компонентов мобильных машин

Число электронных блоков, исполнительных элементов, датчиков в мобильных машинах неуклонно растет, что существенно усложняет контроль их технического состояния, поиск и устранение неисправностей. В то же время у разработчиков техники появляется возможность, интегрировав в ЭБУ систему, которая бы анализировала проходящие через него управляющие и ответные сигналы, косвенно или на- прямую оценивать работоспособность узлов мобильных машин. Это послужило предпосылкой появления в составе ЭБУ новой системы, получившей название бортовая система диагностирования.