



Федеральное агентство по образованию  
Рубцовский индустриальный институт  
ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова»

**А.Н. Площаднов**  
**И.В. Курсов**

**АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ  
КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ  
ТРАНСПОРТНО-ТЯГОВЫХ МАШИН**

Учебное пособие для студентов всех форм обучения  
специальности 190201.65 «Автомобиле- и тракторостроение»

*Допущено УМО вузов РФ по образованию в области транспортных машин  
и транспортно-технологических комплексов в качестве учебного пособия  
для студентов, обучающихся по специальности  
«Автомобиле- и тракторостроение»*

Рубцовск 2009

Рецензенты:

д.т.н., профессор, зав. каф. «Тракторы» МГТУ «МАМИ» В.М. Шарипов;

д.т.н., профессор, зав. каф. АТ Алт ГТУ А.Л. Новоселов

Площаднов, А.Н., Курсов, И.В. Автоматические системы колесных и гусеничных транспортно-тяговых машин: Учебное пособие для студентов всех форм обучения специальности 190201.65 «Автомобиле- и тракторостроение» / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2009. - 108 с.

Пособие содержит обобщенную информацию по конструкции и принципу работы современных автоматических систем автомобилей и тракторов. Предназначено в качестве рабочего материала при изучении студентами данной темы.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b>	<b>5</b>
<b>Глава 1. Электронные системы управления автомобильным двигателем</b>	<b>7</b>
1.1. Основные принципы управления двигателем	7
1.2. Электронные системы впрыскивания топлива	9
1.3. Комплексные системы управления двигателем	15
1.4. Датчики электронных систем управления двигателем	19
1.5. Исполнительные устройства систем впрыска	27
1.6. Исполнительные устройства с электродвигателями	28
1.7. Электронные системы управления автомобильных дизелей	32
<b>Глава 2. Автоматизация управления сцеплением</b>	<b>34</b>
2.1. Задачи автоматического управления сцеплением	34
2.2. Автоматизированные и автоматические системы управления сцеплением	35
<b>Глава 3. Автоматическое управление шестеренчатой коробкой Передач</b>	<b>46</b>
3.1. Цели и задачи автоматического управления коробкой передач	46
3.2. Гидравлические системы управления автоматическими коробками передач	47
3.3. Электрогидравлические системы управления	60
3.3.1. Программы управления	62
3.3.2. Датчики	63
3.3.3. Исполнительные механизмы	70
3.3.4. Системы управления блокировочной муфтой гидротрансформатора	71
3.3.5. Системы управления переключением передач	76
<b>Глава 4. Антиблокировочные и противобуксовочные системы автомобилей</b>	<b>84</b>
4.1. Назначение и принцип работы антиблокировочных систем	84
4.2. Классификация антиблокировочных систем	88
4.3. Гидравлические антиблокировочные системы	90
4.4. Противобуксовочная система	96

<b>Глава 5. Системы автоматического вождения и направления движения сельскохозяйственных агрегатов</b>	<b>98</b>
5.1. Методы автовождения	98
5.2. Система автоматического направления движения машинно-тракторного агрегата с фронтально навешенным культиватором	98
5.3. Системы автоматического направления движения, реализованные по методу программирования на местности	104
5.4. Радионавигационные системы	105
<b>Список литературы</b>	<b>108</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматическое управление рабочими процессами транспортных машин является одним из эффективных и современных способов совершенствования их конструкций и повышения эксплуатационных качеств.

Многие автоматические системы регулирования и управления, такие как системы автоматического управления сцеплением и коробкой передач, системы регулирования теплового режима двигателя, частоты вращения коленчатого вала и угла опережения зажигания, следящие системы рулевого и тормозного привода и др., давно нашли широкое применение на различных транспортных машинах.

В последние годы на серийно выпускаемых машинах появились новые автоматические системы:

- регулирования оптимального режима работы двигателя, позволяющие улучшить тягово-скоростные, топливно-экономические и другие качества транспортной машины;

- регулирования тормозной силы, обеспечивающие оптимальный режим буксования колес, соответствующий максимальному коэффициенту сцепления их с дорогой, существенно сокращающие тормозной путь автомобиля и повышающие его устойчивость при торможении;

- регулирования заданной скорости движения автомобиля на автостраде;

- электронной дозировки и подачи топлива в двигатель, обеспечивающие изменение состава рабочей смеси в зависимости от многих параметров;

- регулирования силы тяги по сцеплению колес с грунтом, позволяющие осуществить максимальную интенсивность разгона автомобиля и его устойчивость при разгоне, а также повышающие производительность почвообрабатывающих машин;

- регулирования активной (пневматической и гидравлической) подвески, реагирующие на изменение параметров машины в момент переезда колеса через неровность дороги, снижающие уровень вертикальных ускорений корпуса машины и повышающие плавность ее хода;

- программного управления подвеской с фиксацией микропрофиля поверхности дороги перед транспортной машиной;

- рулевого управления (самонастраивающегося), осуществляющего корректировку управляемых колес при внешнем возмущении (порывистом ветре и т.д.), а также исправляющего ошибки водителя, вызывающие занос автомобиля из-за резкого поворота рулевого колеса и т.д.

Разработаны системы автоматического контроля технического состояния агрегатов и узлов автомобиля, осуществляющие контроль уровня тормозной жидкости и износа фрикционных накладок тормозов, уровня и давления масла в системе смазки двигателя, уровня жидкости в системе охлаждения двигателя, исправности ламп наружного освещения, уровня жидкости в омывателе ветрового стекла и т.д.

При современном уровне развития транспортной техники, характеризуемом внедрением автоматических систем, каждый инженер должен быть в состоянии освоить имеющиеся системы и принять участие в разработке новых автоматических систем. Поэтому основными целями данного учебного пособия является ознакомление будущих специалистов в области транспортно-тяговых машин с задачами автоматического управления и регулирования их различных агрегатов, принципами действия отдельных автоматических систем; формирование системного подхода к решению актуальных задач управления динамическими процессами движения автотранспорта на базе современного оборудования и микропроцессорной техники.

# ГЛАВА 1. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

## 1.1. Основные принципы управления двигателем

Двигатель представляет собой систему, состоящую из отдельных подсистем: системы топливоподачи, зажигания, охлаждения, смазки и т.д. Все системы связаны друг с другом и при функционировании они образуют единое целое.

Управление двигателем нельзя рассматривать в отрыве от управления автомобилем. Скоростные и нагрузочные режимы работы двигателя зависят от режимов движения транспортного средства в различных условиях эксплуатации, которые включают в себя разгоны и замедления, движение с относительно постоянной скоростью, остановки.

Водитель изменяет скоростной и нагрузочный режим двигателя, воздействуя на дроссельную заслонку. Выходные характеристики двигателя при этом зависят от состава топливо-воздушной смеси и угла опережения зажигания, управление которыми обычно осуществляется автоматически (рисунок 1.1).

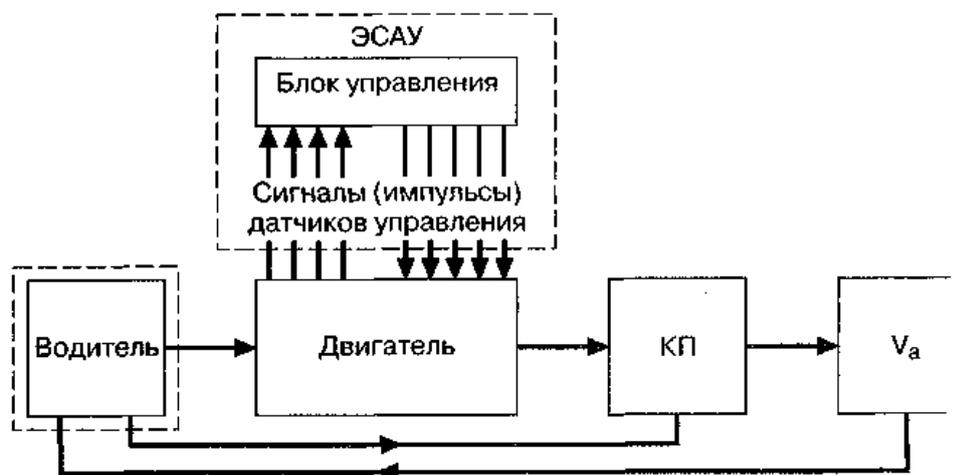


Рис. 1.1. Схема управления автомобильным двигателем: ЭСАУ - электронная система автоматического управления; КП - коробка передач;  $V_a$  - скорость движения автомобиля

Схема двигателя как объекта автоматического управления приведена на рисунке 1.2. Входные параметры (угол открытия дроссельной заслонки  $\varphi_{др}$ , угол опережения зажигания  $\theta$ , цикловой расход топлива  $G_T$  и др.) - это те 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, называемые управляемыми, характеризуют состояние двигателя в рабочем режиме. К ним относятся: частота вращения коленчатого вала, крутящий момент  $M_e$ , показатель топливной экономичности

$g_e$  и токсичности отработавших газов (например, содержания 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 параметров состояния внешней среды (температура  $T$ , атмосферное давление  $p$ , влажность), свойств топлива и масла и т.д.

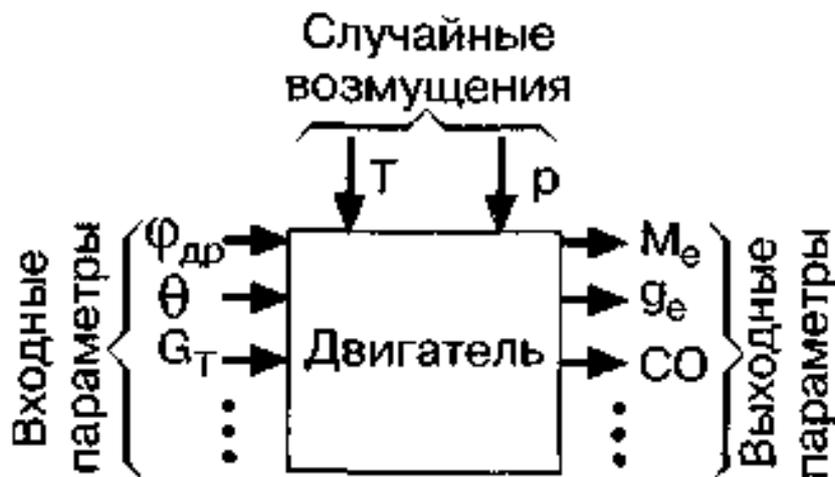


Рис. 1.2. Схема двигателя как объекта управления

Для двигателя внутреннего сгорания характерна периодическая повторяемость рабочих циклов. Как объект управления двигатель считается нелинейным, так как реакция на сумму любых внешних воздействий не равна сумме реакций на каждое из воздействий в отдельности. Учитывая, что двигатель в условиях городской езды работает на нестационарных режимах, возникает проблема оптимального управления им. Возможность оптимального управления двигателем на нестационарных режимах появилась с развитием электронных систем управления.

Из-за сложности конструкции, наличия допусков на размеры деталей двигателя одной и той же модели имеют различные характеристики. Кроме того, по конструктивным параметрам (степень сжатия, геометрия впускного и выпускного фактов и т.д.) отличаются и отдельные цилиндры многоцилиндрового двигателя.

Автомобильный двигатель представляет собой многомерный объект управления, так как число входных параметров у него больше одного и каждый входной параметр воздействует на два и более выходных. В таком случае система управления также должна быть многомерной.

Чрезвычайно широкое распространение автомобильных двигателей предопределило и большое разнообразие их конструкций. Естественно, это приводит к многовариантности систем управления. Так, если в карбюраторных системах топливоподачи практически не используется электроника, то

современные системы впрыскивания топлива создаются только на основе управления электронными системами.

С другой стороны, развитие электронных систем управления может стимулировать появление новых конструктивных решений проектируемых двигателей.

## **1.2. Электронные системы впрыскивания топлива**

Классификация систем впрыскивания топлива. Применение систем впрыскивания топлива взамен традиционных карбюраторов обеспечивает повышение топливной экономичности и снижение токсичности отработавших газов. Они позволяют в большей степени по сравнению с карбюраторами с электронным управлением оптимизировать процесс смесеобразования. Однако следует отметить, что системы впрыскивания топлива сложнее систем топливоподачи с использованием карбюраторов из-за большего числа подвижных прецизионных механических элементов и электронных устройств и требуют более квалифицированного обслуживания в эксплуатации.

По мере развития систем впрыскивания топлива на автомобили устанавливались механические, электронные и цифровые системы. К настоящему времени структурные схемы систем впрыскивания топлива в основном стабилизировались. Классификация способов впрыскивания топлива показана на рисунке 1.3.

При распределенном впрыскивании топливо подается в зону впускных клапанов каждого цилиндра группами форсунок без согласования момента впрыскивания с процессами впуска в каждый цилиндр (несогласованное впрыскивание) или каждой форсункой в определенный момент времени, согласованный с открытием соответствующих впускных клапанов цилиндров (согласованное впрыскивание). Системы распределенного впрыскивания топлива позволяют повысить приемистость автомобиля, надежность пуска, ускорить прогрев и увеличить мощность двигателя.

При распределенном впрыскивании топлива появляется возможность применения газодинамического наддува, расширяются возможности в создании различных конструкций впускного трубопровода. Однако у таких систем по сравнению с центральным впрыскиванием больше погрешность дозирования топлива из-за малых цикловых подач. Идентичность составов горючей смеси по цилиндрам в большей степени зависит от неравномерности дозирования топлива форсунками, чем от конструкции впускной системы.

При центральном впрыскивании топливо подается одной форсункой, устанавливаемой на участке до разветвления впускного трубопровода. Существенных изменений в конструкции двигателя нет. Система центрального впрыскивания практически взаимозаменяема с карбюратором и может применяться на уже эксплуатируемых двигателях.

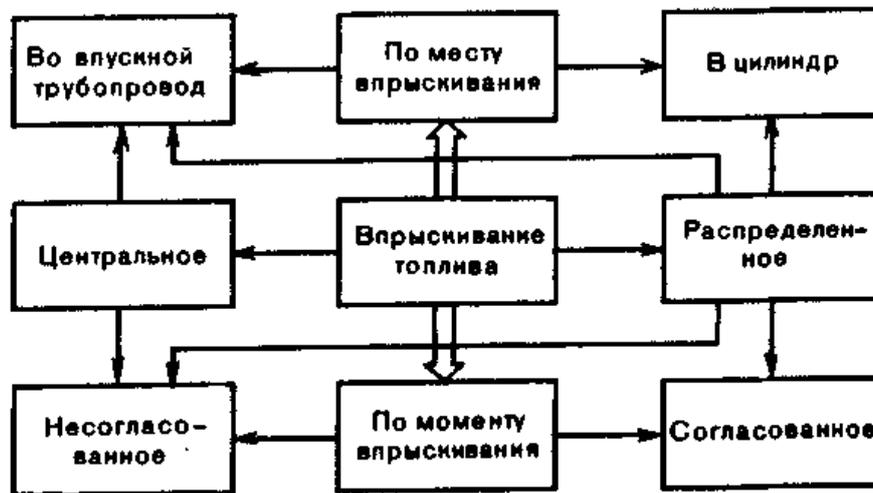


Рис. 1.3. Классификация способов впрыскивания топлива

При центральном впрыскивании обеспечивается большая точность и стабильность дозирования топлива. Особенно эффективна в отношении повышения топливной экономичности система центрального впрыскивания топлива в сочетании с цифровой системой зажигания. Конструкция данной системы существенно проще по сравнению с системой распределенного впрыскивания.

Структурная схема системы впрыскивания топлива с программным управлением приведена на рисунке 1.4.

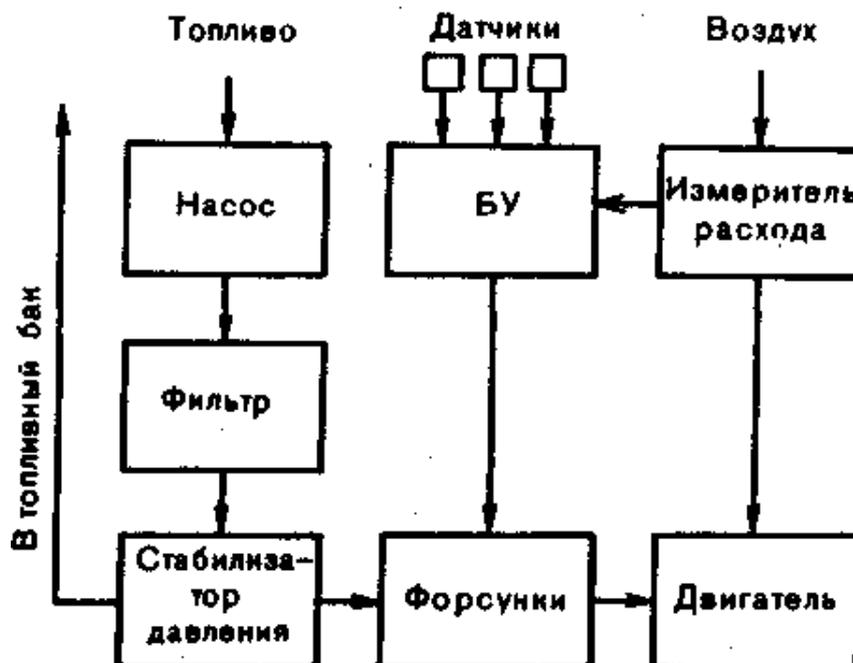


Рис. 1.4. Структурная схема системы впрыскивания с программным управлением

На рисунке 1.5 показана система распределенного впрыскивания топлива. Топливо из бака 1 засасывается в электрический бензонасос 2 и под давлением поступает в топливный фильтр 3, а затем в подающий топливопровод 12 и регулятор давления 10, который поддерживает определенное давление топлива в зависимости от нагрузки двигателя. Из регулятора давления избыточное количество топлива возвращается в бензобак 1 по топливопроводу обратного слива 11, а основная часть топлива направляется в распределительный топливный коллектор (или к «рельсе») 9, где расположены электромагнитные форсунки 8, каждая из которых обеспечивает топливом один цилиндр.

Воздух после воздухоочистителя проходит через расходомер 14 и дроссельную заслонку 13 (или байпасные каналы 16), а в зоне впускного тракта перед впускными клапанами подходит к форсункам, где и происходит начало образования топливовоздушной смеси. Здесь следует отметить, что регулятор давления топлива 10 фактически является стабилизатором перепада давления между топливом и воздухом (рисунок 1.6). Этот перепад давлений сохраняется постоянным практически на всех режимах работы двигателя.

Регулирование состава топливовоздушной смеси осуществляется за счет изменения количества топлива, подаваемого форсункой во впускной коллектор за один цикл в соответствии с длительностью управляющего импульса напряжения. Длительность этого импульса рассчитывается микропроцессором на основании сигналов, поступающих от различных датчиков и соответствующих программ (матриц топливодозирования), заложенных в память блока управления 4 (рисунок 1.7).

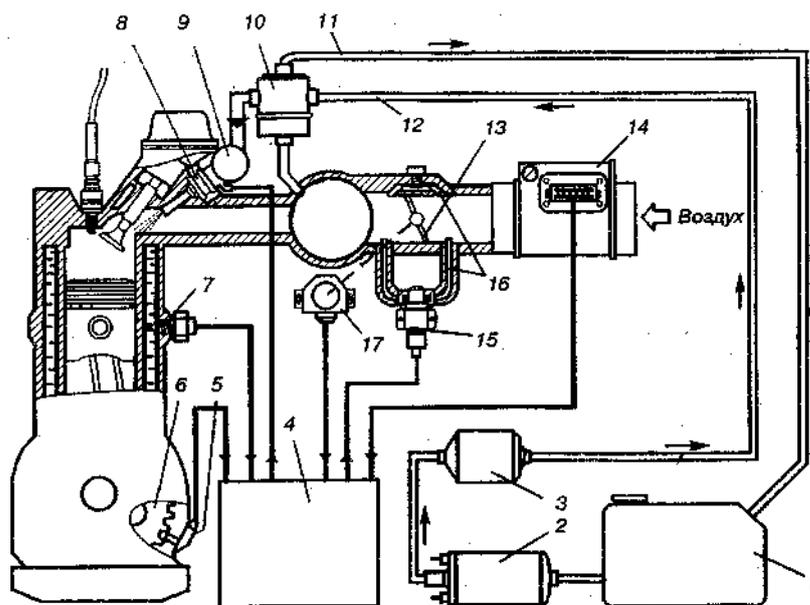


Рис. 1.5. Электронная система распределенного впрыска топлива: 1 - топливный бак; 2 - бензонасос; 3 - топливный фильтр; 4 - блок управления; 5 - датчик частоты вращения коленчатого вала; 6 - маркерный диск; 7 - датчик температуры охлаждающей жидкости; 8 - форсунка; 9 - топливный коллектор (рельсе); 10 - регулятор давления; 11 - топливопровод обратного слива; 12 - подающий топливопровод; 13 - дроссельная заслонка; 14 - датчик расхода воздуха; 15 - регулятор холостого хода; 16 - байпасные каналы; 17 - датчик положения дроссельной заслонки

Для приготовления топливоздушной смеси определенного состава необходимо уменьшать или увеличивать длительность управляющего импульса в соответствии с конкретными режимами и условиями работы двигателя.

Так, при пуске холодного двигателя необходимо значительно обогащать смесь и, следовательно, увеличивать длительность управляющего импульса. Это увеличение осуществляется по специальной программе в соответствии с сигналами датчиков температуры охлаждающей жидкости 7 и всасывающего воздуха 14. С ростом температуры и увеличением частоты вращения длительность управляющего импульса сокращается, а при достижении частоты вращения 300-500 мин<sup>-1</sup> пусковой период считается завершенным. Частота вращения коленчатого вала отслеживается датчиком 5 по маркерному диску 6 (рисунок 1.5).

Устойчивую работу двигателя на холостом ходу с заданной частотой вращения автоматически обеспечивает регулятор холостого хода 15 в зависимости от температуры охлаждающей жидкости. На холостом ходу непрогретого двигателя дроссельная заслонка закрыта, а воздух поступает через верхний и нижний байпасные каналы 16. При достижении температуры охлаждающей жидкости 50-70 °С регулятор 15 прекращает подачу воздуха через нижний байпасный канал. После этого воздух поступает только через верхний байпас, сечение которого можно изменять винтом регулировки частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу.

После запуска холодного двигателя и достижения частоты вращения коленчатого вала, превышающей 400-600 мин<sup>-1</sup>, начинается работа микропроцессора по основной (базовой) матрице топливодозирования (рисунок 1.7). В период прогрева двигателя длительность управляющих импульсов  $\tau_{упр}$ , предусмотренная базовой матрицей, умножается на коэффициенты  $K_{t_{охл.ж}}$  и  $K_{t_{возд}}$ , значения которых в виде таблиц или графиков (рисунок 1.8) также хранятся в памяти блока управления.  $K_{t_{охл.ж}}$  понижается с ростом температуры и, достигая единицы при 70-80 °С, прекращает свое влияние на  $\tau_{упр}$ ,  $K_{t_{возд}}$  при температуре воздуха ниже 20 °С увеличивает длительность  $\tau_{упр}$ , обогащая смесь, а при температуре выше 20 °С уменьшает  $\tau_{упр}$ , обедняя смесь.

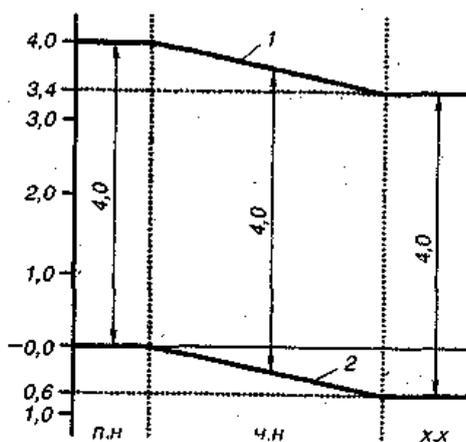


Рис. 1.6. Диаграмма работы регулятора давления: 1 - давление в топливном коллекторе, кг/см<sup>2</sup>; 2 - разрежение за дроссельной заслонкой, кг/см<sup>2</sup>; х.х - холостой ход; ч.н - частичные нагрузки; п.н - полная нагрузка

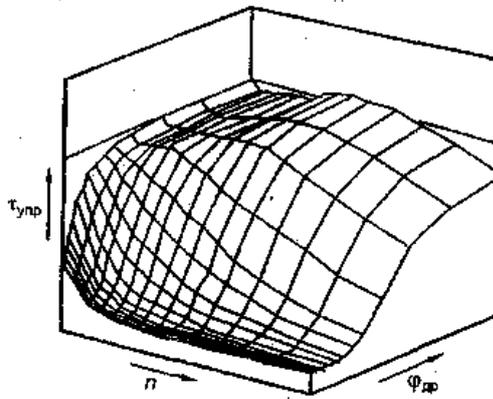


Рис. 1.7. Базовая матрица топливодозирования:  $n$  - частота вращения коленчатого вала;  $\varphi_{др}$  - угол открытия дроссельной заслонки (нагрузка);  $\tau_{упр}$  - длительность управляющих импульсов топливоподачей

Работа прогретого двигателя на частичных нагрузках отслеживается блоком управления в основном по сигналам датчика частоты вращения коленчатого вала 5 и датчиков расхода 14 и температуры воздуха 7. Длительность управляющих импульсов  $\tau_{упр}$ , практически совпадает с длительностью импульсов  $\tau_{баз}$  базовой матрицы топливодозирования. Сигнал о переходе двигателя на режим максимальной мощности блок управления получает от датчика положения дроссельной заслонки 17 и в соответствии с данными базовой матрицы увеличивает управляющий импульс, обогащая смесь.

В случае торможения двигателем работа блока управления осуществляется по специальной программе, обеспечивающей при полном закрытии дроссельной заслонки отключение подачи топлива форсунками (при этом  $\tau_{упр} = 0$ ) и быстрое снижение частоты вращения до  $1200-1300 \text{ мин}^{-1}$ . Но при дальнейшем уменьшении частоты вращения подача топлива вновь возобновляется.

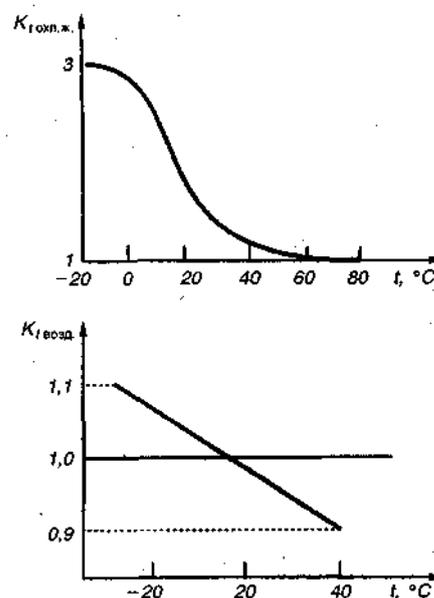


Рис. 1.8. Зависимость коэффициентов коррекции  $K_{т\text{ охл. ж}}$  и  $K_{т\text{ возд}}$  от температуры

Отдельные системы распределенного впрыска имеют кислородные датчики ( $\lambda$ -зонды или  $\lambda$ -корректоры). Принцип работы кислородного датчика состоит в генерировании ЭДС, величина которой определяется содержанием свободного кислорода в отработавших газах и в окружающем воздухе. При незначительных изменениях состава смеси (от  $\alpha = 0,98$  до  $\alpha = 1,02$ ) ЭДС. на выходе из датчика изменяется скачком от нескольких милливольт до одного вольта. Эти «скачки» кислородного датчика преобразуются блоком управления в команды по непрерывной коррекции длительности управляющих импульсов, что обеспечивает поддержание примерно стехиометрического состава смеси на всех основных режимах работы двигателя, кроме режимов, выходящих за рамки действия датчика. Это режимы ускорения и максимальной мощности, прогрева и торможения двигателя. Таким образом кислородный датчик включается в автоматическую систему регулирования состава смеси с обратной связью (рисунок 1.9), что позволяет снизить уровень токсичности отработавших газов.

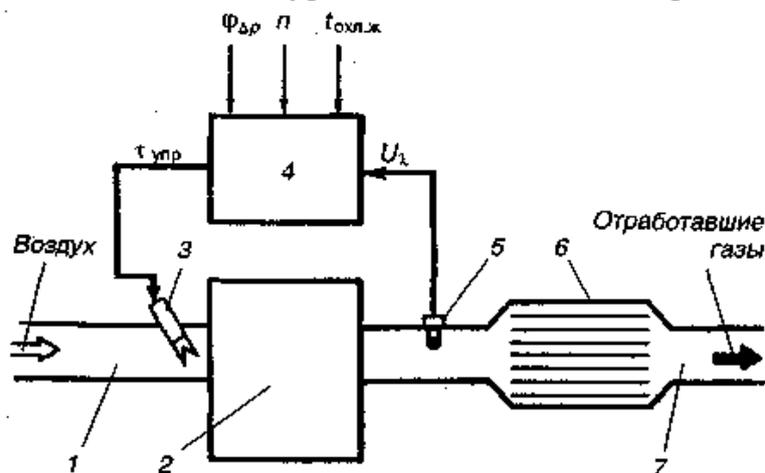


Рис. 1.9. Упрощенная схема регулировки состава смеси и отработавших газов с кислородным датчиком ( $\lambda$ -зонд): 1 - впускной коллектор; 2 - двигатель; 3 - форсунка; 4 - блок управления; 5 - кислородный датчик ( $\lambda$ -зонд); 6 - трехкомпонентный нейтрализатор; 7 - выпускная труба

На рисунке 1.10 приведена система центрального впрыскивания топлива, включающая в себя электронный блок управления на базе микропроцессора, смесительную камеру с дроссельной заслонкой, форсунки, стабилизатор давления, топливный насос с электроприводом, топливный фильтр, датчик температуры охлаждающей жидкости, регулятор частоты вращения в режиме холостого хода. Действие регулятора основано на изменении положения дроссельной заслонки или перепуске воздуха в обход дроссельной заслонки. После обработки информации от датчика частоты вращения микропроцессор формирует управляющий сигнал, подаваемый на исполнительное устройство, в качестве которого может быть использован шаговый электродвигатель. Шаговый электродвигатель воздействует им на дроссельную заслонку или на клапан обводного канала. Как правило, все системы центрального впрыскивания топлива имеют датчик кислорода, позволяющий адаптивно поддерживать стехиометрический состав горючей смеси.

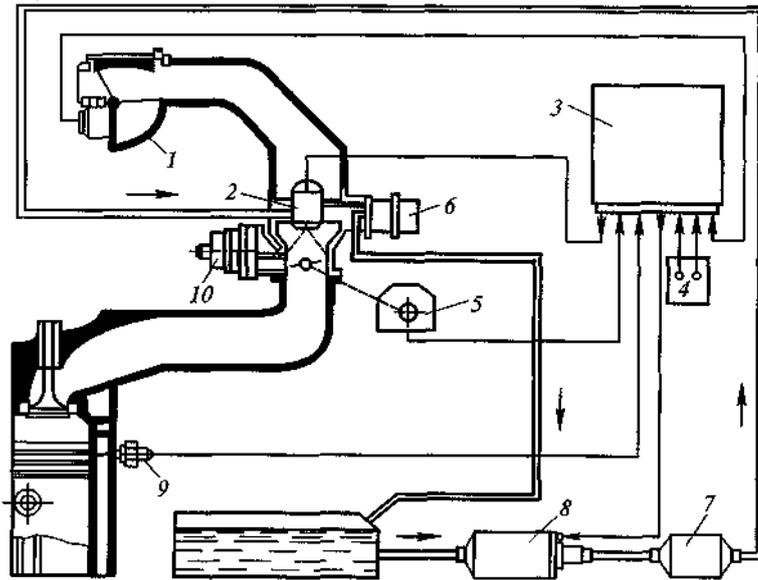


Рис. 1.10. Схема системы центрального впрыскивания бензина: 1 - измеритель расхода воздуха; 2 - форсунка; 3 - блок управления; 4 - источник тока; 5 - датчик положения и скорости открывания дроссельной заслонки; 6 - регулятор перепада давления топлива; 7 - топливный фильтр; 8 - топливный насос; 9 - датчик температуры охлаждающей жидкости; 10 - регулятор перепуска воздуха

### 1.3. Комплексные системы управления двигателем

На автомобилях, кроме не связанных между собой микропроцессорных систем управления зажиганием и впрыскиванием, применяются и комплексные системы управления зажиганием и впрыскиванием топлива. Принципиально эти системы работают следующим образом. С датчиков, встроенных в двигатель, снимается информация о режиме работы двигателя: частота вращения коленчатого вала, положение коленчатого вала по углу поворота, абсолютное давление во впускном трубопроводе, положение дроссельной заслонки, температура охлаждающей жидкости, температура воздуха. Эти сигналы интерфейсом блока управления преобразуются из аналоговой формы в цифровую. Затем эти сигналы в цифровой форме поступают в процессор, где они после соответствующей обработки сравниваются со значениями, заложенными в памяти блока управления. Процессор выдает регулирующий сигнал на исполнительные устройства. Для системы зажигания - это транзисторный коммутатор, для системы впрыскивания топлива - форсунки (основные и пусковые) и электробензонасос.

Блок управления 90.3761 (рисунок 1.11) двигателя ЗМЗ-4024.10 содержит: аналого-цифровые преобразователи давления во впускном трубопроводе (АЦПРк); температуры воздуха (АЦПТВ); температуры охлаждающей жидкости (АЦПТЖ); преобразователь аналогового сигнала датчика положения дроссельной заслонки и изменения скорости открытия и закрытия дроссельной заслонки (ДД); компаратор включения стартера; преобразователь сигналов датчиков начала отсчета (ДНО) и угловых импульсов (ДУИ); вторичный

источник питания (ВИП); устройство управления впрыском; устройство управления пусковой форсункой; устройство управления реле бензонасоса (УРБН); устройство управления углом опережения зажигания (УУОЗ); интерфейс вывода; устройство разделения каналов впрыски-вания; коммутатор пусковой форсунки; коммутатор реле электробензонасоса (ЭБН); выходной каскад угла опережения зажигания (УОЗ) и разделения каналов зажигания (РК).

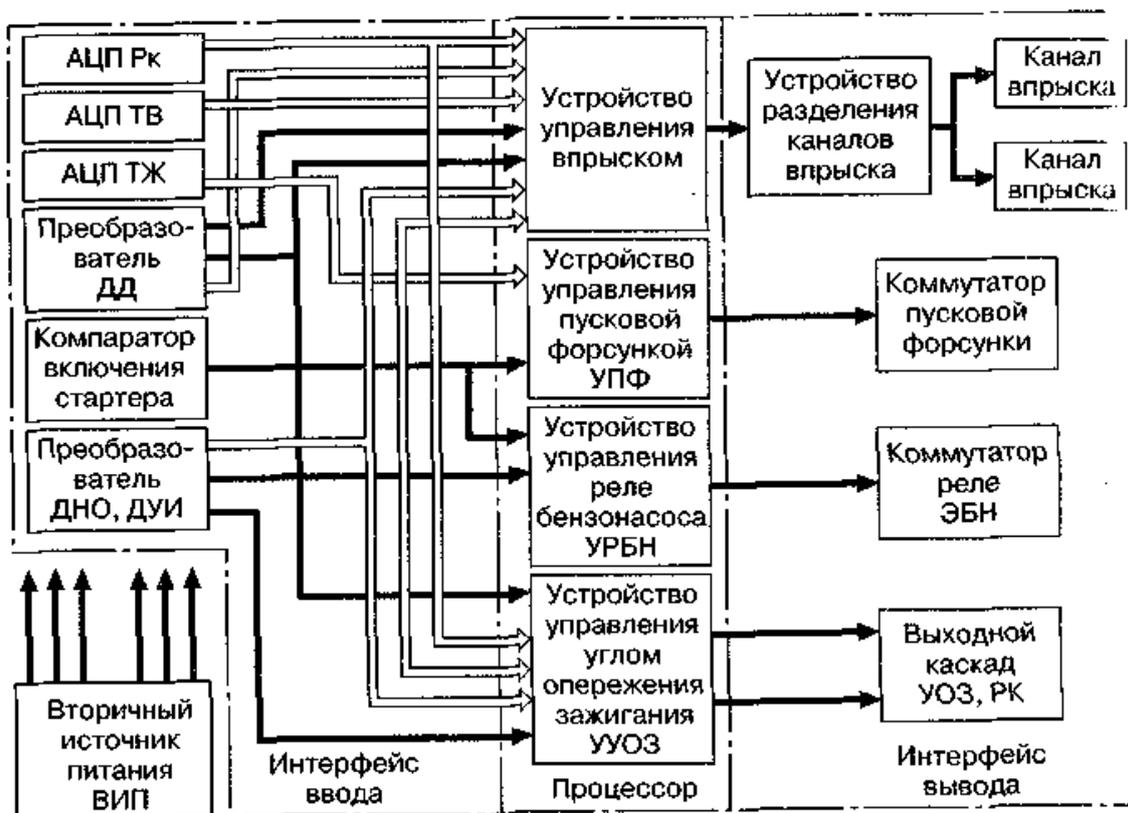


Рис. 1.11. Структурная схема блока управления 90.3761 комплексной системы управление двигателем

Блок управления 90.3761 обеспечивает: включение экономайзера при углах открытия дроссельной заслонки более  $70 \pm 5^\circ$  за счет увеличения длительности впрыскивания топлива на 23%; управление пусковой форсункой при включении стартера и температуре охлаждающей жидкости менее  $+20^\circ\text{C}$ ; управление реле электробензонасоса (включение реле на 2 с) при включенном зажигании и неработающем двигателе; постоянное включение реле при частоте вращения коленчатого вала двигателя более  $300 \text{ мин}^{-1}$ ; отключение реле при частоте вращения вала менее  $300 \text{ мин}^{-1}$ .

Одновременное управление впрыскиванием топлива и опережением зажигания обеспечивает система «Motronic», структурная схема которой приведена на рисунке 1.12.

Состав горючей смеси и угла опережения зажигания с учетом условий работы двигателя оптимизирует микропроцессорный блок управления.

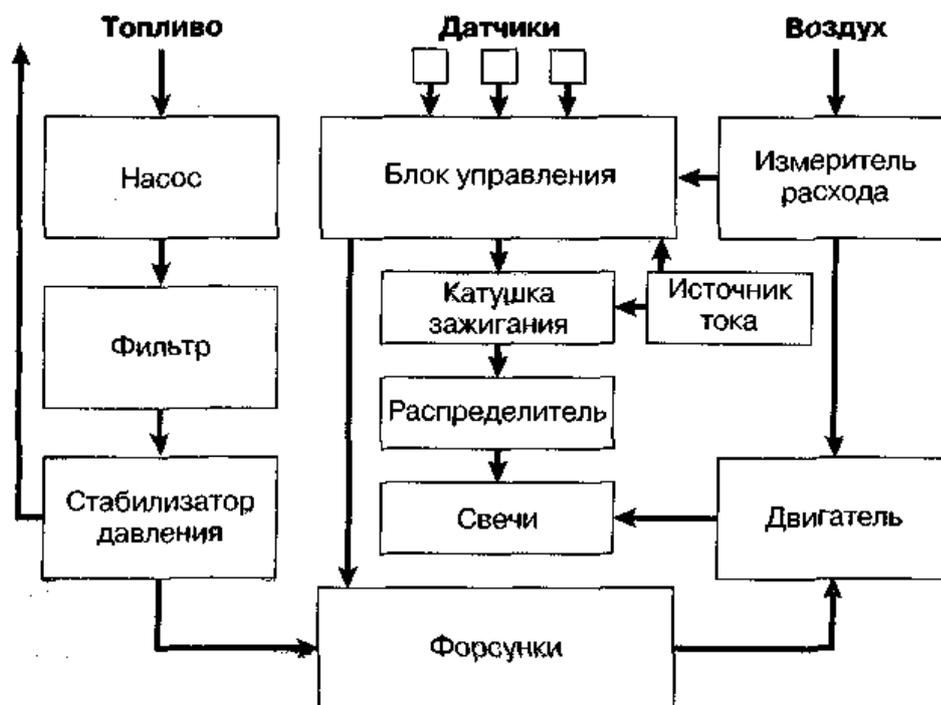


Рис. 1.12. Структурная схема комплексной системы управления двигателем «Motronic»

Система «Motronic» также выполняет функции экономайзера принудительного холостого хода (ЭПХХ). Изменение частоты вращения, при которой прекращается и возобновляется подача топлива, в зависимости от температуры охлаждающей жидкости, показано на рисунке 1.13. Количество топлива, впрыскиваемого при пуске двигателя, определяется температурой охлаждающей жидкости (рисунок 1.14).

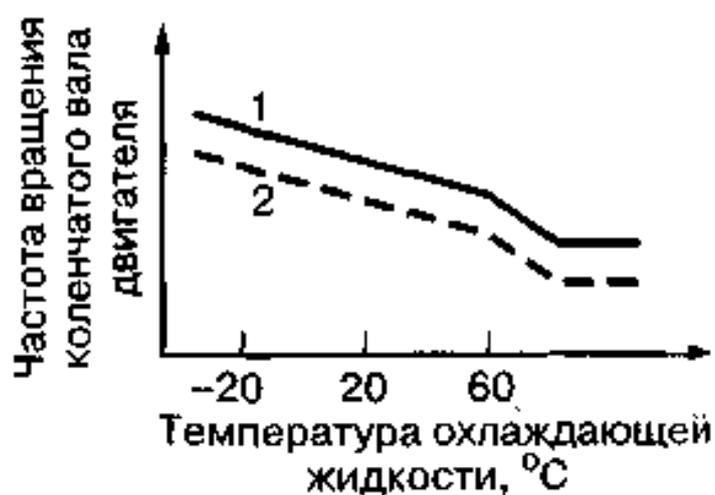


Рис. 1.13. Характеристики работы на принудительном холостом ходу: 1 - прекращение подачи топлива; 2 - начало подачи топлива



Рис. 1.14. Время впрыскивания топлива при пуске двигателя

Для управления углом опережения зажигания в блок управления 4 (рисунок 1.15) подаются импульсы от датчиков частоты вращения и положения коленчатого вала двигателя. Обработка информации от датчиков осуществляется в течение одного оборота коленчатого вала. Блок управления выбирает промежуточное значение из двух ближайших точек каждой программы и подает сигналы, управляющие подачей топлива и углом опережения зажигания. В запоминающем устройстве блока управления заложены оптимальные характеристики как для установившихся, так и неустановившихся режимов работы двигателя.

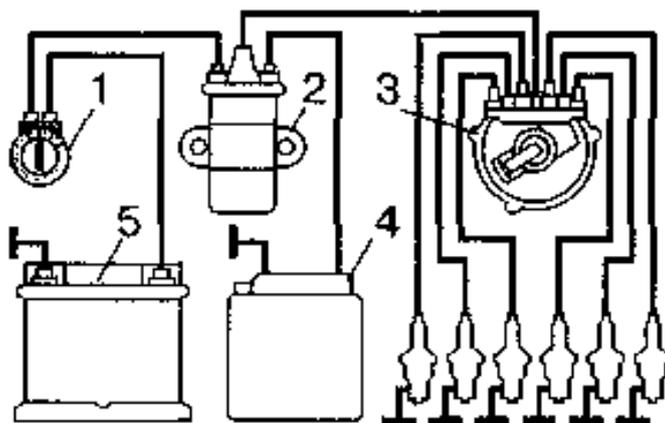


Рис. 1.15. Система зажигания в комплексной системе управления двигателем «Motronic»: 1 - выключатель зажигания; 2 - катушка зажигания; 3 - распределитель; 4 - блок управления комплексной системы; 5 - аккумуляторная батарея

Взаимосвязанное управление впрыскиванием топлива и зажиганием средствами электроники позволяет в большей степени приблизить программу управления углом опережения зажигания к оптимальной.

Количество впрыскиваемого топлива устанавливается блоком управления с учетом информации от датчиков, измеряющих объем и температуру воздуха на впуске, частоту вращения коленчатого вала, нагрузку двигателя и температуру охлаждающей жидкости. Основным из этих параметров, от которых зависит

дозирование впрыскиваемого топлива, является расход воздуха.

Схема системы управления двигателем «Motronic» приведена на рисунке 1.16.

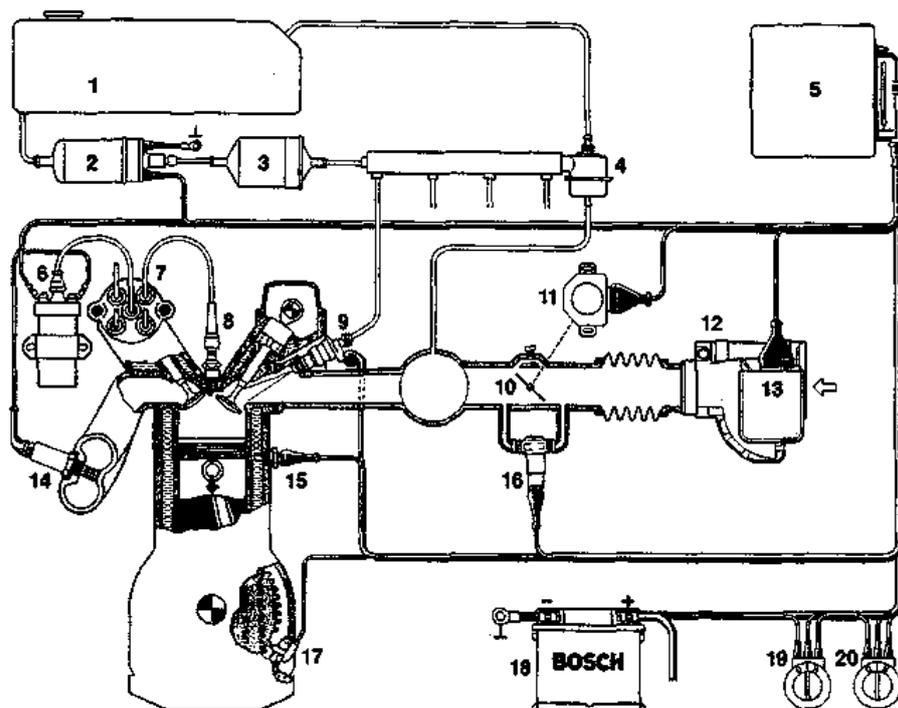


Рис. 1.16. Комплексная система управления двигателем «Motronic»: 1 - топливный бак; 2 - топливный насос с электроприводом; 3 - топливный фильтр; 4 - регулятор давления; 5 - блок управления; 6 - катушка зажигания; 7 - распределитель зажигания; 8 - свеча зажигания; 9 - топливные форсунки; 10 - дроссельная заслонка; 11 - датчик крайнего положения дроссельной заслонки; 12 - датчик скорости воздуха; 13 - потенциометр и датчик температуры воздуха; 14 - лямбда-зонд; 15 - датчик температуры двигателя; 16 - вращающийся регулятор холостого хода; 17 - датчик скорости и положения коленчатого вала; 18 - аккумулятор; 19 - замок зажигания; 20 - выключатель системы кондиционирования воздуха

#### 1.4. Датчики электронных систем управления двигателем

##### Измерители расхода воздуха

В измерителе расхода воздуха, представленном на рисунке 1.17, воздушный поток воздействует на заслонку 2, закрепленную на оси в специальном канале. Поворот заслонки потенциометром преобразуется в напряжение, пропорциональное расходу воздуха. Воздействие воздушного потока на заслонку 2 уравнивается пружиной. Демпфер 3 с пластиной 4, выполненной как одно целое с измерительной заслонкой 2, служит для гашения колебаний, вызванных пульсациями воздушного потока и динамическими воздействиями, характерными для движущегося автомобиля. На входе в измеритель расхода воздуха встроен датчик 7 температуры поступающего в двигатель воздуха. Недостатком измерителя расхода является наличие подвижных деталей и скользящего контакта.

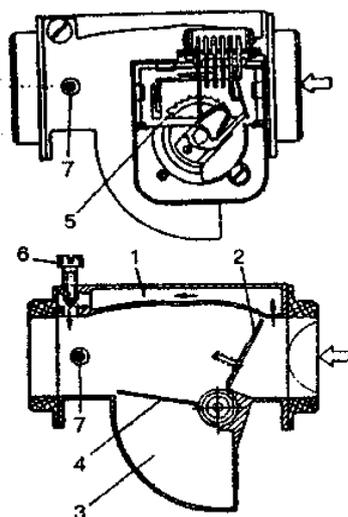


Рис. 1.17. Измеритель расхода воздуха с датчиком температуры: 1 - обводной канал; 2 - измерительная заслонка; 3 - демпферная камера; 4 - пластина демпфера; 5 - потенциометр; 6 - винт качества (состава) смеси в режиме холостого хода; 7 - датчик температуры

Подвижных деталей не имеют измерители расхода воздуха ионизационного, ультразвукового, вихревого и термоанемометрического типов.

Термоанемометрический измеритель расхода воздуха для системы впрыскивания топлива «LN-Jetronic» представляет собой автономный блок, устанавливаемый во впускной тракт двигателя. Наиболее ответственной частью термоанемометра является внутренний измерительный канал 6 (рисунок 1.18), состоящий из пластмассовых обойм, которые окружают несущие кольца нагреваемой платиновой нити 2 диаметром 100 мкм и термокомпенсационного пленочного резистора 3. Корпус 5 имеет камеру для размещения электронного блока, который поддерживает постоянным перегрев нити относительно потока на уровне 150 °С путем регулирования силы тока измерительного моста. Выходным параметром измерителя расхода воздуха служит падение напряжения на прецизионном резисторе 1. На входе и выходе основного канала измерителя расхода воздуха установлены защитные сетки, которые одновременно выполняют функции стабилизирующих элементов.

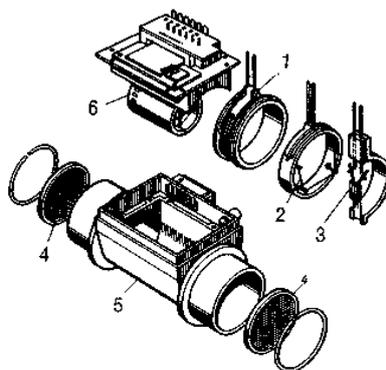


Рис. 1.18. Термоанемометрический измеритель расхода воздуха системы «LN-Jetronic»: 1 - прецизионный резистор; 2 - измерительный элемент; 3 - термокомпенсационный элемент; 4 - стабилизирующие решетки; 5 - пластмассовый корпус; 6 - внутренний измерительный канал, в котором располагаются элементы поз. 1, 2, 3 (на схеме показаны в увеличенном виде)

На рисунке 1.19 показан автомобильный термоанемометрический измеритель расхода воздуха с пленочным чувствительным элементом на твердых керамических подложках. Основой конструкции является чувствительный элемент, включающий измерительный и термокомпенсационный резисторы. Пластмассовая рамка с чувствительным элементом размещается в измерительном патрубке измерителя расхода воздуха. Температура перегрева измерительного терморезистора - 70 °С. Она поддерживается с помощью электронной схемы управления. Металлополимерный чувствительный элемент приведен на рисунке 1.20.

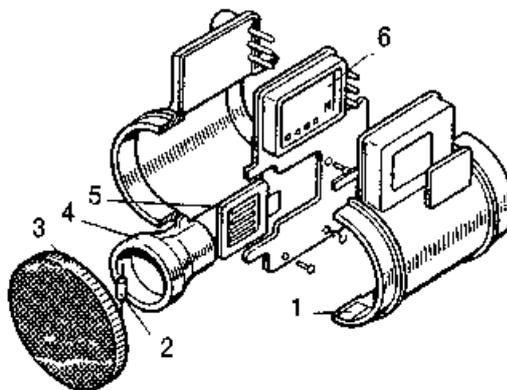


Рис. 1.19. Термоанемометрический расходомер с пленочным чувствительным элементом: 1 - корпус; 2 - датчик температуры воздуха; 3 - стабилизирующая решетка; 4 - внутренний измерительный канал; 5 - чувствительный элемент; 6 - электронная схема

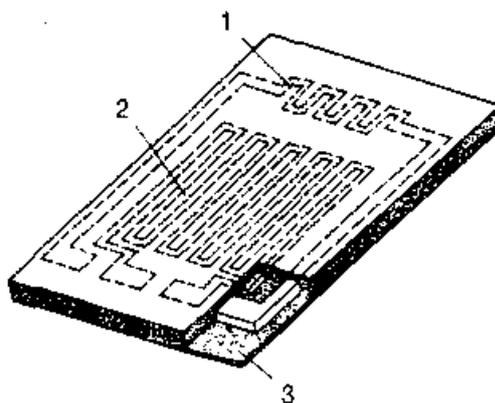


Рис. 1.20. Металлополимерный чувствительный элемент: 1 - измерительный терморезистор; 2 - термокомпенсационный резистор; 3 - полиамидный изоляционный материал

### Измерители расхода топлива

Информация о расходе топлива на автомобиле необходима как для бортовых систем контроля, так и для адаптивных систем управления двигателем. В электромеханических измерителях расхода топлива турбинного типа (тахометрических) считывающим элементом при определении частоты вращения турбин является светодиод инфракрасного излучения и фоторезистор. В расходомере предусмотрены демпфирующее устройство для гашения

пульсаций потока, системы для удаления воздушных пробок из потока топлива, а также система термокомпенсации.

В одном из вариантов теплового измерителя расхода топлива датчик представляет собой четыре терморезистора, соединенных в мостовую схему и размещенных по периферии на тонкой квадратной подложке. Поток жидкости омывает терморезисторы и в большей степени охлаждает те из них, которые расположены перпендикулярно потоку. В диагонали моста возникает разностный сигнал, фиксирующий расход топлива.

В системах впрыскивания следует учитывать количество топлива, поступающего от форсунок или стабилизатора давления обратно в бак, и компенсировать влияние пульсаций потока топлива и вибрации двигателя на показания измерителей расхода топлива.

### Датчики давления

Датчикам давления с мембранным чувствительным элементом 3 (рисунок 1.21, а) присущи существенные недостатки: наличие механических элементов и сравнительно большое число звеньев в цепи передачи информации, что отрицательно сказывается на точности и надежности измерительной системы.

В бесконтактных индуктивных датчиках при перемещении чувствительного элемента - мембранной камеры 9 (рисунок 1.21, б) изменяется воздушный зазор в магнитопроводе, магнитное сопротивление магнитопровода и индуктивность катушки. Катушка включена в измерительный мост. При разбалансировке моста появляется электрический сигнал, поступающий в блок управления.

Применение микроэлектронной технологии позволило перейти к полностью статическим конструкциям датчиков. На рисунке 1.21, в показан интегральный датчик давления с полупроводниковыми тензоэлементами.

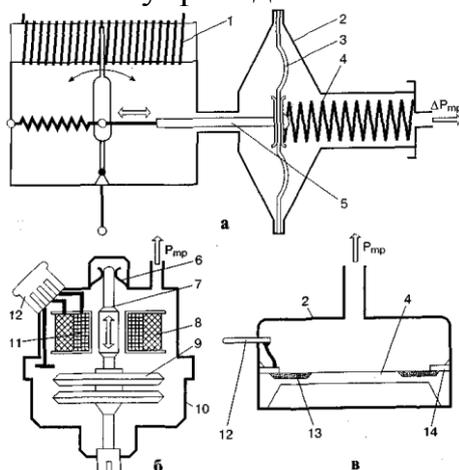


Рис. 1.21. Датчик давления: а - с мембранным чувствительным элементом; б - бесконтактный индуктивный; в - интегральный с полупроводниковыми тензоэлементами; 1 - потенциометр; 2 - корпус мембранного механизма; 3 - мембрана; 4 - калиброванная пружина; 5 - шток; 6 - амортизатор; 7 - стальной сердечник; 8 - первичная обмотка; 9 - мембранная камера; 10 - корпус; 11 - вторичная обмотка; 12 - электрические контакты; 13 - полупроводниковый тензорезистор; 14 - контактная площадка

### **Датчики температуры**

В автомобильных системах контроля в качестве датчиков температуры широко используются полупроводниковые терморезисторы, размещаемые в металлическом корпусе, имеющем разъем для включения датчика в измерительную цепь.

В системах управления находят применение более совершенные типы датчиков температуры, обладающих высокой стабильностью и малым технологическим разбросом номинального сопротивления, высокой технологичностью, малой инерционностью и простотой конструкции.

Это интегральные датчики температуры. Они представляют собой однокристалльные термочувствительные полупроводниковые элементы с периферийными схемами (усилители и т.д.). Выходным сигналом датчика является напряжение. Это также датчики на основе термочувствительных ферритов и конденсаторов, в которых используются зависимости магнитной и диэлектрической проницаемости от температуры. Однако из-за сложности конструкции они нетехнологичны.

### **Датчики положения и перемещения**

Для определения положений дроссельной заслонки и угловой скорости перемещения (частоты вращения) коленчатого вала применяют датчики контактного типа.

Основой потенциометрического датчика является пленочный резистор с несколькими контактными дорожками, с которыми контактируют упругие токосъемные элементы. Последние связаны с осью датчика и перемещаются вместе с ней. Токосъемные элементы обеспечивают получение сигналов ускорения при резком открытии дроссельной заслонки, о холостом ходе двигателя, информацию о положении дроссельной заслонки и полном или близком к нему открытии дроссельной заслонки.

Основные требования к датчику положения дроссельной заслонки: высокая долговечность и стабильность работы при отсутствии дребезжания контактов. Эти требования выполняются за счет подбора износостойких материалов дорожек и контактных площадок токосъемных элементов.

Недостатки электромеханических датчиков контактного типа отсутствуют в бесконтактных датчиках, в частности, оптоэлектронных датчиках с кодирующим диском. Разрешающая способность датчика может быть меньше  $1^\circ$  за счет применения прецизионных кодирующих дисков и оптических или фотоэлектрических устройств. Кодирующий диск имеет прорези или прозрачные площадки. По разным сторонам диска установлены источники света и фоточувствительные элементы (обычно фотодиоды). При вращении диска свет попадает на определенную комбинацию фотодиодов (фотоэлементов), что позволяет однозначно определять угол поворота диска.

Индуктивные датчики перемещения в электронных системах управления двигателем используются в основном для измерения частоты вращения коленчатого или распределительного вала двигателя (рисунок 1.22). Они предназначены также для определения ВМТ первого цилиндра или другой

специальной метки, служащей началом отсчета для системы управления, чем обеспечивается синхронизация функционирования системы управления с рабочим процессом двигателя.

Индукционная катушка датчика размещена вокруг постоянного магнита, полюс которого со стороны, обращенной к объекту вращения, например, к зубчатому венцу маховика, имеет магнитопровод из магнитомягкого материала. Магнитопровод установлен с небольшим зазором относительно зубьев вращающегося зубчатого венца маховика.

При перемещении зубьев относительно магнитопровода величина зазора между ними меняется. Это вызывает изменение магнитной индукции и появление двухполярного электрического импульса в индукционной катушке. Две пикообразные полуволны импульса расположены симметрично относительно оси, проводящей через нулевую точку, а нулевая точка соответствует центру каждого зуба, что позволяет с большой точностью определить их положение.

Амплитуда выходного сигнала датчика зависит от длины воздушного зазора между магнитопроводом и маркерным зубом и от скорости изменения магнитной индукции, зависящей от скорости перемещения зуба.

Индуктивные датчики относятся к числу наиболее надежных датчиков в электронных системах управления автомобильных двигателей.

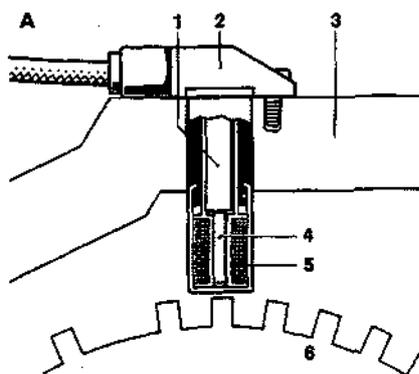


Рис. 1.22. Индуктивный датчик скорости вращения и положения коленчатого вала:  
1 - постоянный магнит; 2 – корпус; 3 - блок двигателя; 4 - сердечник из мягкого железа;  
5 – обмотка; 6 – зубчатый венец

### **Датчики детонации**

Датчики детонации отличаются большим разнообразием по конструкции и физическим принципам работы, так как имеет место большое количество признаков проявления детонации. Соответственно, датчики могут размещаться на двигателе в различных местах.

Наиболее распространен способ установления детонации с помощью пьезокварцевого вибродатчика (рисунок 1.23), все элементы которого крепятся к основанию 1, выполненному из титанового сплава. Пьезоэлектрический преобразователь состоит из двух включенных параллельно кварцевых

пьезоэлементов. При возникновении детонации (вибрации) инерционная масса 3 воздействует на пьезоэлементы 2 с соответствующей частотой и усилием. В результате пьезоэффекта появляется переменный сигнал, который снимается с кварцевых пластин с помощью выводов из латунной фольги 4.

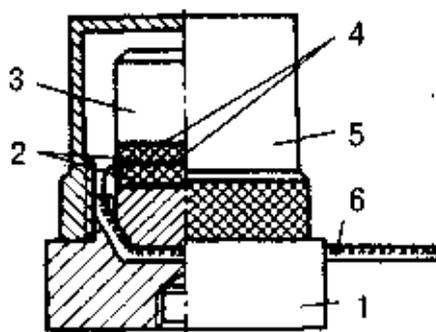


Рис. 1.23. Пьезоэлектрический вибродатчик: 1 - основание; 2 - пьезоэлементы; 3 - инерционная масса; 4 - латунная фольга; 5 - крышка; 6 - кабель

### Датчики кислорода ( $\lambda$ -зонды)

Известны два типа датчиков кислорода. В одном из них чувствительным элементом является диоксид циркония  $ZrO_2$ , во втором - диоксид титана  $TiO_2$ . Оба типа датчиков реагируют на парциальное давление кислорода.

Циркониевый датчик (рисунок 1.24) имеет два электрода - внешний 4 и внутренний 5. Оба электрода выполнены из пористой платины или ее сплава и разделены слоем твердого электролита. Электролитом является диоксид циркония  $ZrO_2$  с добавлением оксида иттрия  $Y_2O_3$  для повышения ионной проводимости электролита. Среда, окружающая внутренний электрод, имеет постоянное парциальное давление кислорода. Внешний электрод омывается потоком отработавших газов в выпускной системе двигателя с переменным парциальным давлением кислорода. Ионная проводимость твердого электролита, возникающая вследствие разности парциальных давлений кислорода на внешнем и внутреннем электродах, обуславливает появление разности потенциалов между ними.

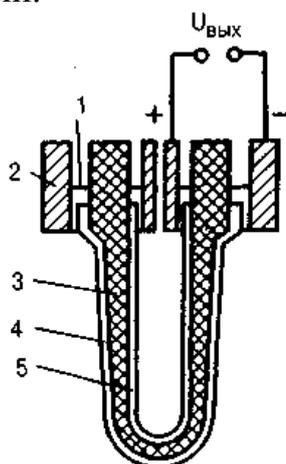


Рис. 1.24. Схема циркониевого датчика кислорода ( $\lambda$ -зонда): 1 - электропроводное уплотнение; 2 - корпус; 3 - твердый электролит; 4, 5 - внешний и внутренний электроды

При низком уровне парциального давления кислорода в отработавших газах, когда двигатель работает на обогащенной смеси ( $\alpha < 1$ ), датчик, как гальванический элемент, генерирует высокое напряжение (700-1000 мВ). При переходе на обедненную смесь ( $\alpha > 1$ ) парциальное давление кислорода в отработавших газах заметно увеличивается, что приводит к резкому падению напряжения на выходе датчика до 50-100 мВ. Такое резкое падение напряжения датчика (рисунок 1.25) при переходе от обогащенных к обеднённым смесям позволяет определить стехиометрический состав смеси с погрешностью не более  $\pm 0,5\%$ .

Конструкция датчика кислорода на основе диоксида циркония показана на рисунке 1.26.

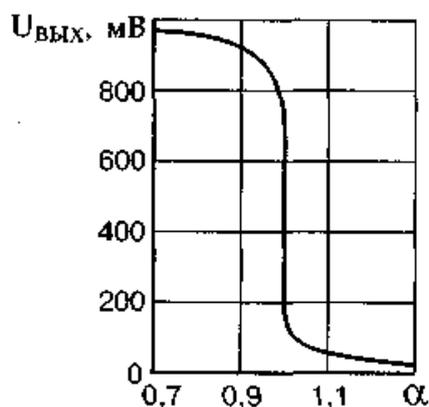


Рис. 1.25. Характеристика циркониевого датчика кислорода

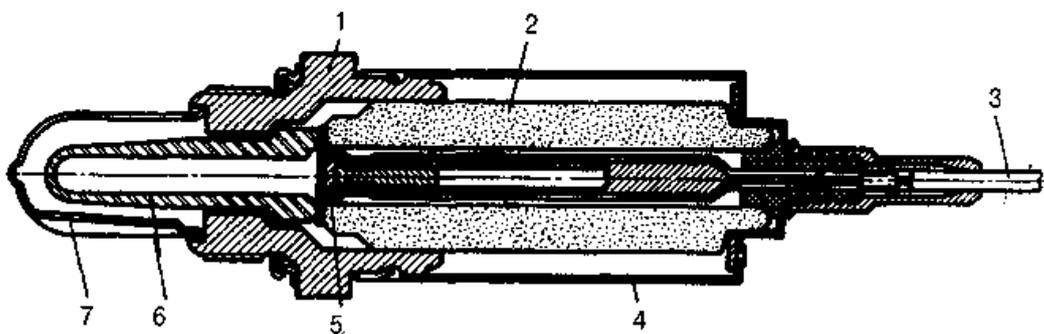


Рис. 1.26. Циркониевый датчик кислорода: 1 - металлический корпус; 2 - уплотнение; 3 - соединительный кабель; 4 - кожух; 5 - контактный стержень; 6 - активный элемент из двуоксида циркония; 7 - защитный колпачок с прорезями

Принцип работы датчика кислорода на базе диоксида титана  $\text{TiO}_2$  основан на изменении электропроводности  $\text{TiO}_2$  при изменении парциального давления кислорода в выпускной системе. Конструкция датчика представлена на рисунке 1.27. Параллельно чувствительному элементу 1 датчика подключен термистор для компенсации влияния температуры на сопротивление соединения  $\text{TiO}_2$ .

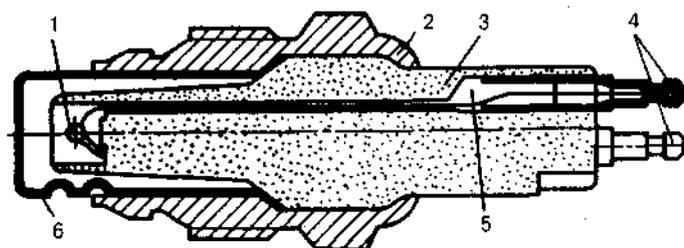


Рис. 1.27. Датчик кислорода на основе  $TiO_2$ : 1 - чувствительный элемент; 2 - металлический корпус; 3 - изолятор; 4 - входные контакты; 5 - уплотнение; 6 - защитный кожух

## 1.5. Исполнительные устройства систем впрыска

### Электромагнитные форсунки

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

Форсунки открываются автоматически и осуществляют дозирование и распыливание топлива. Обычно форсунки разрабатываются для каждой модели автомобиля и двигателя, они постоянно совершенствуются, поэтому можно отметить большое разнообразие их конструкций.

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

Сигнал на начало впрыскивания топлива подается на обмотку 1 (рисунок 1.28) электромагнита, размещенную в металлическом корпусе. В корпусе расположен также запирающий элемент 3 клапана, прижимаемый к седлу пружиной 5. Когда на обмотку электромагнита от электронного блока управления подается электрический импульс прямоугольной формы определенной длительности, запирающий элемент перемещается, преодолевая сопротивление пружины, и открывает отверстие распылителя. Топливо поступает в двигатель. После прекращения электрического сигнала запирающий элемент под действием пружины возвращается в седло. Количество впрыскиваемого топлива за цикл при постоянстве давления на входе в форсунку зависит только от длительности управляющего импульса.

В реальной форсунке время открытого состояния клапана не совпадает с длительностью управляющего импульса. После подачи управляющего электрического импульса на форсунку в обмотке электромагнита возникает ток самоиндукции, препятствующий нарастанию магнитного потока в системе. Открытие клапана происходит с задержкой по времени. При прекращении подачи управляющего импульса в результате самоиндукции сохраняющийся

магнитный поток будет препятствовать быстрому отпусканию запирающего элемента.

Повысить быстродействие электромагнитной форсунки можно за счет уменьшения числа витков обмотки электромагнита и ее индуктивности. Однако при этом уменьшается сопротивление обмотки и увеличивается сила потребляемого ею тока. Для ограничения силы тока последовательно с обмоткой включают резистор.

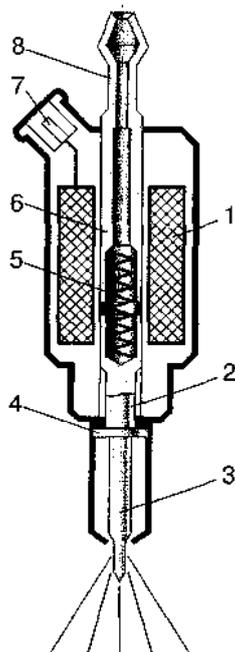


Рис. 1.28. Конструктивная схема электромагнитной форсунки: 1 - обмотка электромагнита; 2 - якорь; 3 - запирающий элемент; 4 - упор; 5 - пружина; 6 - магнитопровод; 7 - выходные контакты; 8 - штуцер для топлива

В электромагнитных форсунках используются три вида запирающих элементов клапана: плоский (дисковый), конусный (штифтовый), сферический (шариковый).

Форсунки для распределенного и центрального впрыскивания отличаются по размерам, способу крепления на двигателе, способу подвода топлива и по сопротивлению обмоток электромагнита.

### 1.6. Исполнительные устройства с электродвигателями

Для подачи топлива к форсункам в системах впрыскивания топлива используются электрические топливные насосы. В основном используются насосы трёх типов: роликовый, шестеренный и турбинный. Насосы могут устанавливаться как вне, так и внутри топливного бака. При внешней установке насос представляет собой автономный агрегат, объединяющий насос и электродвигатель в одном корпусе.

Центробежный роликовый насос состоит (рисунок 1.29) из статора 3, внутренняя поверхность которого незначительно смещена относительно оси якоря 8 электродвигателя; цилиндрического сепаратора 16, соединенного с

якорем электродвигателя; и роликов 17, расположенных в сепараторе. Сепаратор с роликами находится между основанием 2 и крышкой 5 насоса.

При работе насоса топливо поступает через штуцер 1 и канал 18 к вращающемуся сепаратору 16. При этом создаются зона разрежения (всасывание) и зона повышенного давления (нагнетание). Бензин выдавливается через выходные каналы 6 в полость электродвигателя из-за уменьшения объема камер, разделенных роликами, и далее, через клапан 11 и штуцер 12 по топливопроводу к топливному фильтру.

Топливо, проходя в полости электродвигателя, охлаждает его. Обратный клапан 11 предотвращает слив топлива из топливопровода и образование воздушных пробок после выключения насоса. Предохранительный клапан 4 ограничивает давление топлива, создаваемое насосом (0,45-0,6 МПа). Подача насоса 130 л/ч.

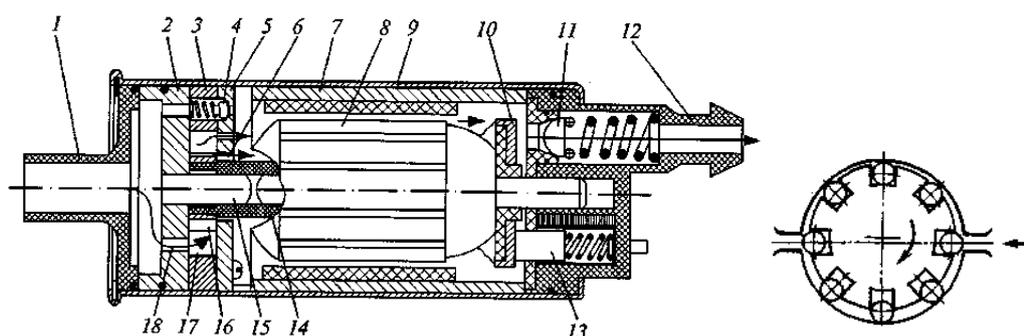


Рис. 1.29. Топливный насос: 1, 12 - штуцеры; 2 - основание; 3 - статор; 4, 11 - клапаны; 5 - крышка; 6, 18 - каналы; 7, 9 - корпусы; 8 - якорь; 10 - коллектор; 13 - щетка; 14 - муфта; 15 - вал; 16 - сепаратор; 17 - ролик

При размещении в баке насос представляет собой единый агрегат, включающий собственно насос, топливопроводы, демпфирующее устройство, фильтр, провода электропитания и т.д. Пример системы топливоподдачи с таким насосным агрегатом приведен на рисунке 1.30.

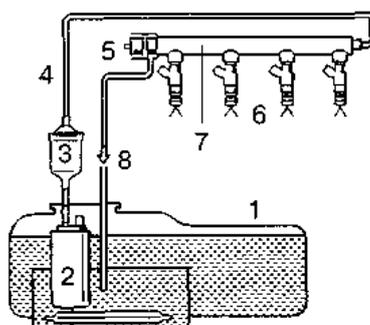


Рис. 1.30. Схема топливоподдачи с топливным насосом, устанавливаемым в топливном баке: 1 - бак; 2 - топливный насос с электроприводом; 3 - топливный фильтр; 4 - нагнетательная магистраль высокого давления; 5 - регулятор давления топлива; 6 - форсунки; 7 - топливопровод с форсунками (непрерывный поток топлива); 8 - возвратная топливная магистраль

На рисунке 1.31 представлен регулятор холостого хода с приводным шаговым электродвигателем. Шаговый электродвигатель 9, соединенный с подвижной конусной иглой 4, содержит статор с двумя катушками и шаговый шток 12, размещенный на двух опорах. В опоры запрессована втулка с внутренней резьбой, по которой перемещается шток 12.

Конусная игла регулятора холостого хода, установленная в обходном канале подачи воздуха, на режиме холостого хода выдвигается или убирается шаговым электродвигателем 9, управляемым сигналами блоком управления.

Регулятор содержит трубопровод 1 с размещенной в нем воздушной заслонкой 16, дроссельный патрубок с входным 3 и выходным 14 каналами. Он также снабжен клапаном с подпружиненной запорной конусной иглой 4 с шаговым штоком 12 и пружиной 11, размещенной во втулке 10. Шаговый шток перемещается по резьбе с помощью шагового электродвигателя.

Дополнительный воздушный поток из додроссельного пространства 2 по входному каналу 3 через щель 13 и по выходному каналу 14 поступает в задроссельное пространство 15. В корпусе двигателя 9 размещена электрическая катушка, сообщенная с контактами 5-8 коллектора двигателя. Регулятор размещен на впускном трубопроводе. Он соединен с дроссельным патрубком трубкой, через которую воздух подается в него из пространства до дроссельной заслонки и, пройдя через регулятор, поступает через другую трубку на выходе из регулятора в ресивер. Регулятор обеспечивает подачу воздуха в двигатель в обход дроссельной заслонки, когда она прикрыта.

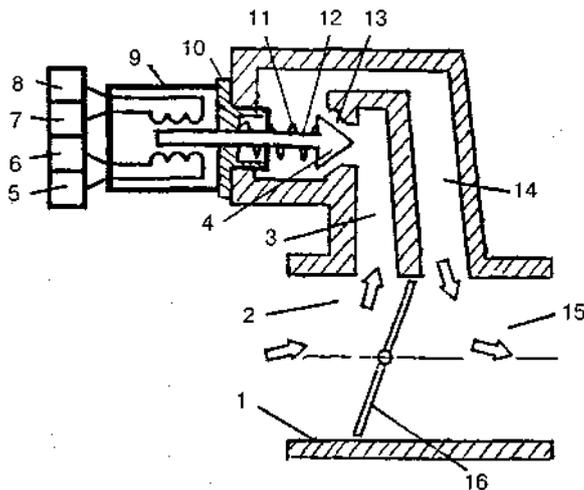


Рис. 1.31. Регулятор холостого хода: 1 - трубопровод; 2 - додроссельное пространство; 3 - входной канал; 4 - игла; 5,6,7,8 - контакт; 9 - электродвигатель; 10 - втулка; 11 - пружина; 12 - шток; 13 - кольцевая щель; 14 - выходной канал; 15 - задроссельное пространство; 16 - дроссельная заслонка

Для увеличения частоты вращения коленчатого вала на режимах холостого хода блок управления открывает регулятор, увеличивая подачу воздуха в обход дроссельной заслонки 16. Для понижения частоты вращения коленчатого вала блок управления перемещает иглу, уменьшая количество воздуха, подаваемого в обход дроссельной заслонки. При полностью выдвинутом положении до

седла, соответствующем нулю шагов, игла перекрывает подачу воздуха в обход дроссельной заслонки.

Необходимая частота вращения коленчатого вала при закрытой дроссельной заслонке запрограммирована в блоке управления. Регулятор обеспечивает увеличение или уменьшение частоты вращения КВ на режимах холостого хода, обеспечивая снижение выброса вредных веществ. Когда дроссельная заслонка закрывается при торможении двигателем, регулятор увеличивает количество воздуха, подаваемого в обход дроссельной заслонки, обеспечивая обеднение горючей смеси.

### Регулятор давления топлива

С его помощью поддерживается давление 0,38-0,33 МПа в рампе и форсунках работающего двигателя. Регулятор давления (рисунок 1.32) состоит из корпуса 1, крышки, между которыми закреплена мембрана 4 с клапаном 2. Внутренняя полость регулятора делится мембраной на две части: вакуумную и топливную. Вакуумная полость находится в крышке 3 регулятора и связана с ресивером, а топливная полость — в корпусе 1 регулятора и связана с топливным баком. При закрытии дроссельной заслонки разрежение в ресивере увеличивается, клапан регулятора открывается при меньшем давлении топлива и перепускает избыточное топливо по сливному топливопроводу в топливный бак. При этом давление топлива в рампе понижается. При открытии дроссельной заслонки разрежение в ресивере уменьшается, клапан регулятора открывается уже при большем давлении топлива. В результате давление топлива в рампе повышается.

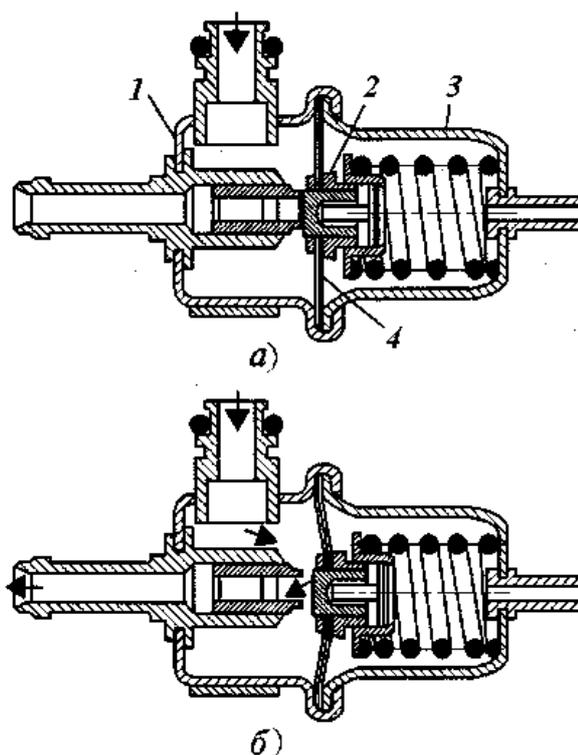


Рис. 1.32. Работа регулятора давления топлива: а - клапан закрыт; б - клапан открыт;  
1 - корпус; 2 - клапан; 3 - крышка; 4 - мембрана

## 1.7. Электронные системы управления автомобильных дизелей

Электронные системы управления топливоподачей дизелей используют для снижения токсичности и дымности отработавших газов, акустических излучений, а также для стабилизации работы двигателя на холостом ходу. Они выполняют следующие функции:

- количественное управление топливоподачей;
- управление моментом начала впрыска;
- управление частотой вращения коленчатого вала на холостом ходу и защитой двигателя от превышения допустимой частоты;
- управление свечами накаливания.

Автомобильные двигатели, которые работают в широком диапазоне скоростных и нагрузочных (неустановившихся) режимов, требуют комплексного подхода к динамическому процессу управления на основе информации о частоте вращения коленчатого вала двигателя, положении рейки топливного насоса высокого давления, положении педали топливоподачи и корректирующих операциях, обеспечивающих защиту от аварийных режимов.

Микропроцессор на основе информации о режимных параметрах формирует предварительные коды для исполнительных механизмов, которыми задается режим работы двигателя. Повышение точности регулирования достигается путем корректировки управляющих воздействий на основе информации об условиях работы двигателя, то есть о температуре топлива и всасываемого воздуха при атмосферном давлении. Корректировка проводится для дозы впрыскиваемого топлива. Сигналы датчиков температуры и давления масла, температуры охлаждающей жидкости используются для оценки условий пуска двигателя и предупреждения аварийных режимов.

Система управления дизелем  $M$  (рисунок 1.33), обеспечивающая удовлетворительное воспроизведение режимов работы, близких к оптимальным, представляет собой программно следящую систему автоматического регулирования с несколькими отрицательными обратными связями. Качественное обеспечение переходных процессов на неустановившихся режимах, связанное с технико-экономическими показателями работы двигателя, зависит от характеристик топливоподачи. Рабочий процесс электронной системы управления сводится к расчету теоретически необходимого положения рейки ТНВД. Эту операцию выполняет программный задатчик ПЗ микропроцессора, используя информацию датчика  $W_n$  о положении педали топливоподачи.

Изменение реального текущего положения рейки осуществляется датчиком  $X_p$ . Сравнение расчетного и действительного положений рейки проводится в блоке сравнения БС, и в зависимости от рассогласования входных параметров осуществляется корректировка положения рейки с помощью исполнительного механизма ИМ.

В оперативном запоминающем устройстве ОЗУ микропроцессора хранятся промежуточные результаты вычислений. Корректировка управляющих воздействий ИМ проводится при опросе коммутатором датчиков температуры воздуха и топлива.

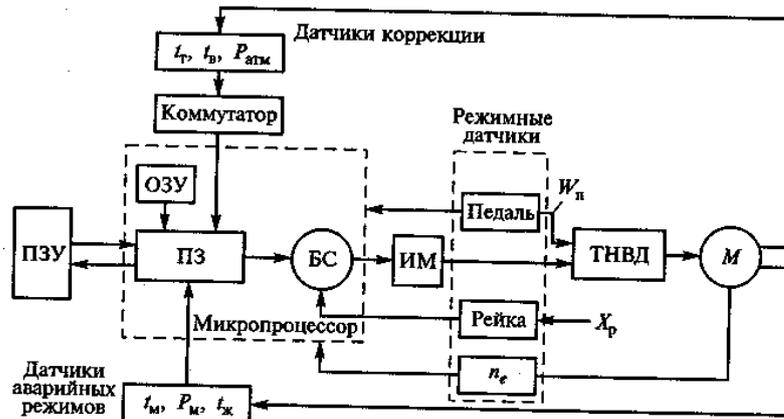


Рис. 1.33. Система управления дизелем: ПЗУ - постоянное запоминающее устройство; ОЗУ - оперативное запоминающее устройство; ПЗ - программный задатчик; БС - блок сравнения; ИМ - исполнительный механизм; ТНВД - топливный насос высокого давления; М - дизель;  $W_n$  - датчик положения педали топливоподачи;  $X_p$  - датчик реального текущего положения рейки топливного насоса;  $n_e$  - частота вращения коленчатого вала двигателя;  $t_m$  и  $P_m$  - температура и давление масла;  $t_{ж}$ ,  $t_T$  и  $t_B$  - температура соответственно охлаждающей жидкости, топлива и воздуха;  $P_{атм}$  - атмосферное давление

Для управления углом опережения впрыска топлива в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки на двигатель используют датчики  $n_e$  и  $P_{атм}$ . Оптимальный угол опережения впрыска выбирается (индивидуально для каждого типа двигателя) по регулировочной характеристике, заложенной в память ПЗУ.

Микропроцессор получает исходную информацию от датчиков положения педали топливоподачи, частоты вращения коленчатого вала двигателя, текущего положения рейки топливного насоса, механически связанного с ТНВД.

Установка требуемой позиции рейки топливного насоса осуществляется следящей системой автоматического управления с обратной связью, в которой задатчиком является электрический сигнал расчетного положения рейки, а обратной связью — сигнал действительного положения рейки, формируемый датчиком  $W_n$ . Корректировка расчетного значения положения рейки выполняется с учетом данных о температуре двигателя, температуре воздуха, поступающего на вход двигателя, и об атмосферном давлении.

Блок расчета необходимого положения рейки топливного насоса содержит запоминающее устройство, в которое заносятся данные регулировочной характеристики дизеля по углу опережения впрыска топлива.

Это позволяет изменять угол опережения впрыска в зависимости от нагрузки и частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Информация основных датчиков, участвующих в формировании количественных и временных характеристик топливоподачи, используется дополнительно в подсистеме защиты двигателя, т.е. когда какой-либо параметр рабочего процесса достигает предельно допустимого значения. Например, при достижении температуры двигателя  $105^\circ\text{C}$  снижается частота вращения коленчатого вала и водитель оповещается звуковым и световым сигналами. При падении давления масла в системе смазывания двигатель останавливается.

## ГЛАВА 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЕМ

### 2.1. Задачи автоматического управления сцеплением

Сцепление служит для разъединения двигателя и силовой передачи при переключении передач и постепенного увеличения крутящего момента, передаваемого от двигателя на колеса при трогании. Сцепление позволяет соединять быстровращающийся вал с неподвижными колесами.

Автоматизация управления сцеплением упрощает работу водителя при трогании и переключении передач. В настоящее время применяются автоматизированные и автоматические системы управления. В первом случае в привод прямого действия устанавливают различного рода усилители для снижения усилия на педали сцепления. Во втором случае в сцеплении или приводе применяют систему автоматического управления. При этом отпадает необходимость в педали сцепления и, следовательно, в традиционном приводе. Автоматическое сцепление должно выполнять следующие функции:

- включение сцепления при трогании автомобиля с места, обеспечивая определенный темп включения;
- выключение сцепления при снижении скорости движения автомобиля перед его остановкой, предотвращая остановку двигателя;
- выключение сцепления перед переключением передач и включение сцепления после завершения процесса переключения передач, обеспечивая определенный темп включения;
- торможение при помощи двигателя в процессе движения автомобиля и на стоянке при включенной передаче;
- предотвращение длительной и интенсивной пробуксовки сцепления при снижении скорости движения автомобиля;
- исключение остановки двигателя при трогании автомобиля на подъеме и неправильных действиях водителя.

Сигналом выключения сцепления перед переключением передач в современных системах служит прикосновение водителя к рычагу переключения передач, на ручке которого или на тяге, соединяющей рычаг с органом управления коробкой передач, установлен электрический контакт, управляющий приборами выключения сцепления.

Системы автоматического управления сцеплением относят к так называемым системам одноразовых и многократных операций; при подаче того или иного сигнала такие системы выполняют то или иное действие. Наиболее сложной задачей управления является обеспечение необходимого темпа (режима) включения сцепления, который должен быть различным при трогании автомобиля с места и при переключении передач. Необходимый темп включения сцепления осуществляется при помощи автоматического изменения момента трения сцепления по определенному закону в зависимости от того или иного параметра. Такие системы относят к системам программного регулирования. Системы регулирования момента трения сцепления работают небольшой период времени, определяемый действием инерционных моментов и выравниванием частоты вращения ведущего и ведомого элементов

сцепления. Создание таких систем не требует исследования их устойчивости методами теории автоматического регулирования. Однако это не исключает необходимости исследования динамики переходного процесса включения сцепления автоматической системой общими методами механики.

В зависимости от вида энергии, используемой для управления сцеплением, различают системы гидравлического, электрического, вакуумного (используется разрежение во всасывающем коллекторе двигателя) и пневматического управления.

## 2.2. Автоматизированные и автоматические системы управления сцеплением

Первоначально появились автоматические центробежные сцепления непостоянного замкнутого типа, а также электромагнитные сцепления, имеющие простые электрические устройства управления.

В автоматических центробежных сцеплениях воздействие на трущиеся поверхности муфты осуществляется за счет центробежной силы, возникающей от вращения специально устанавливаемых грузов. Момент трения зависит от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Функция преобразования (характеристика) центробежного преобразователя подбирается такой, чтобы обеспечить плавность трогания машины с места.

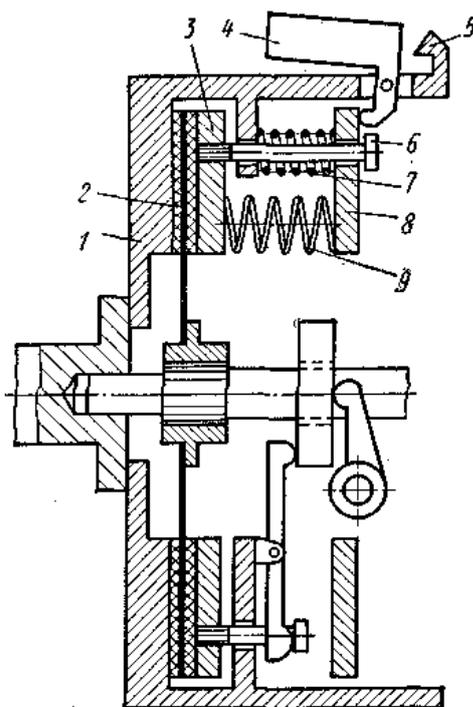


Рис. 2.1. Схема центробежного сцепления

Схема обычного центробежного сцепления показана на рисунке 2.1. При холостом ходе двигателя отжимные пружины 7, преодолевая небольшую

центробежную силу грузов, отводят вправо реактивный диск 8 и через штифт 6 - нажимной диск 3. Сцепление выключено. При нажатии на педаль дроссельной заслонки карбюратора и увеличении частоты вращения коленчатого вала двигателя центробежная сила грузов, преодолевая силу отжимных пружин, перемещает влево реактивный диск 8 и через установленные с некоторым натягом нажимные пружины 9 - нажимной диск 3. При этом ликвидируются зазоры между маховиком двигателя 1, ведомым диском 2 и нажимным диском 3 сцепления. Частота вращения коленчатого вала двигателя, соответствующая началу включения сцепления, определяется силой предварительного сжатия отжимных пружин и центробежной силой грузов. При дальнейшем увеличении частоты вращения коленчатого вала двигателя происходит дальнейший поворот центробежных грузов и сжатие нажимных пружин. Момент трения сцепления по мере увеличения частоты вращения коленчатого вала двигателя нарастает.

Максимальный момент трения сцепления определяется максимальным сжатием нажимных пружин, соответствующим положению грузов 4, дошедших до упоров 5. Дальнейшее увеличение частоты вращения коленчатого вала двигателя не приводит к увеличению момента трения сцепления. Сцепление работает с определенным коэффициентом запаса, выполняя функцию ограничителя крутящего момента, передаваемого через трансмиссию.

Центробежное сцепление при переключении передач выключается рычажным механизмом, аналогичным механизму, применяемому с обычным пружинным сцеплением. Для выключения сцепления необходимо преодолеть силу нажимных пружин 9.

Центробежные сцепления не обеспечивают соединения двигателя с трансмиссией при неработающем ДВС. Для устранения этого недостатка могут устанавливаться два сцепления: центробежное для обеспечения трогания с места автомобиля и обычное фрикционное (меньшее по размеру) для переключения передач. Последнее устанавливается на муфте свободного хода и имеет систему автоматического управления.

В электромагнитных сцеплениях в качестве устройств воздействия используется электромагнит или ферромагнитная муфта.

Сцепление первого типа в простейшем случае состоит из сердечника электромагнита, являющегося одновременно и маховиком; якоря, соединенного с первичным валом коробки передач; обмотки, к которой подводится ток через скользящий контакт. При подаче тока в обмотку возникает магнитная сила, притягивающая якорь к сердечнику. Возникающая при этом сила трения в зоне контактирования элементов обеспечивает передачу крутящего момента. После прекращения подачи тока в обмотку возвратной пружиной отводится якорь от сердечника и сцепление выключается. Данный тип сцепления имеет простую конструкцию и легко поддается автоматизации.

Схема электромагнитного сцепления без феррополнителя показана на рисунке 2.2. Сцепление состоит из маховика 1 двигателя, к которому жестко прикреплен упорный диск 4 сцепления, выполняющий функцию неподвижного якоря электромагнита.

Подвижный в осевом направлении сердечник 5 электромагнита при помощи шпилек прикреплен к нажимному диску 8 сцепления.

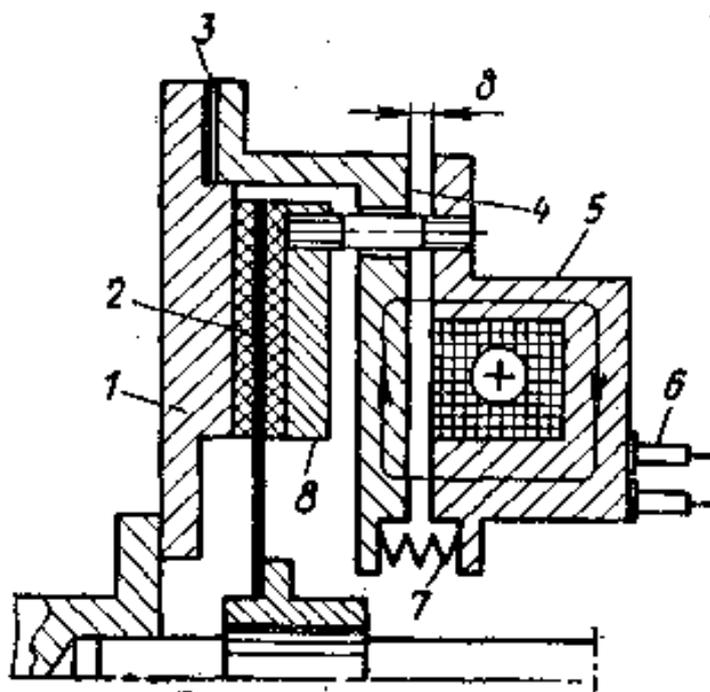


Рис. 2.2. Схема электромагнитного сцепления

Внутри сердечника находится кольцевая обмотка возбуждения. При подаче напряжения в обмотку возбуждения через скользящие контакты 6 образуется магнитное поле, направление силовых линий которого показано стрелками (в кружке обозначено направление тока, уходящего в плоскость рисунка). В результате сердечник притягивается к упорному диску и через шпильки прижимает нажимной диск 8 сцепления к ведомому диску 2. Сцепление включено.

Во включенном положении сцепления между упорным диском и сердечником электромагнита сохраняется некоторый зазор  $\delta$ , необходимый на случай износа ведомого диска. При прекращении подачи напряжения в обмотку возбуждения сцепление выключается отжимными пружинами 7.

Основными элементами сцепления с ферромагнитной муфтой (рисунок 2.3) являются обмотка возбуждения, сердечник и ведомый диск. Пространство между ними заполнено ферромагнитным порошком. Его вязкость увеличивается по мере роста напряженности магнитного поля, возникающего при прохождении тока через обмотку.

При определенной напряженности ферронаполнитель изменяет вязкость и превращается в почти твердое тело, что и обеспечивает передачу крутящего момента. Выключение сцепления производится отключением обмотки от источника питания.

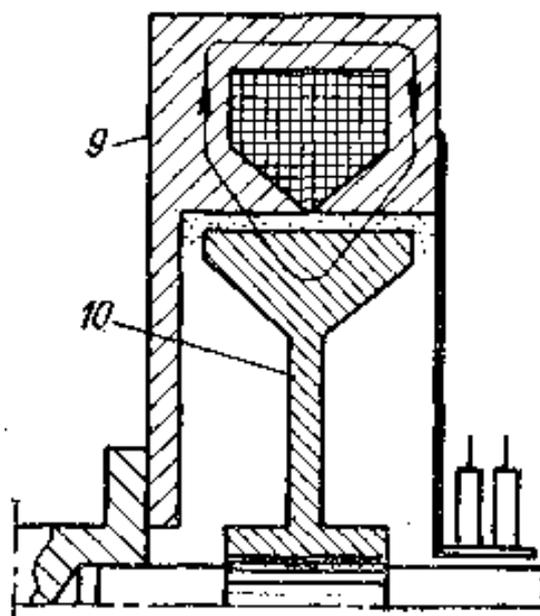


Рис. 2.3. Схема электромагнитного сцепления с феррополнителем

На рисунке 2.4 приведена схема системы автоматического управления сцеплением. Она содержит клапан-распределитель 7, управляемый электромагнитом 1. Контакт К находится на рычаге переключения передач и замыкается при его перемещении. В результате шток клапана 7 смещается и вакуум-ресивер 2, соединенный с коллектором двигателя через обратный клапан 3, сообщается с камерой 6, с помощью которой выключается сцепление. При отпускании рычага переключения передач контакт К размыкается, камера сообщается с атмосферой и под действием нажимных пружин сцепление включается. Темп включения сцепления зависит от времени заполнения камеры воздухом, который поступает через жиклер 4 и дополнительный клапан 5, степень открытия которого определяется разрежением в диффузоре карбюратора.

Общим для таких систем является применение электромагнитных клапанов, которые выполняют принудительные полные включение и выключение сцепления. Регулирование же передаваемого им крутящего момента осуществляется при помощи дополнительных механических или пневматических устройств управления. На электронную систему обычно возлагаются лишь функции включения и выключения электромагнитных клапанов с учетом сигналов, поступающих от соответствующих датчиков или выключателей. Благодаря этому электронные блоки систем представляют собой сравнительно простые устройства.

В предложенной фирмой «Automotive Products» (AP) системе сцепления (рисунок 2.5) имеется гидравлический привод высокого давления, который связан с управлением дроссельной заслонкой во время переключения передач с помощью шагового электродвигателя.

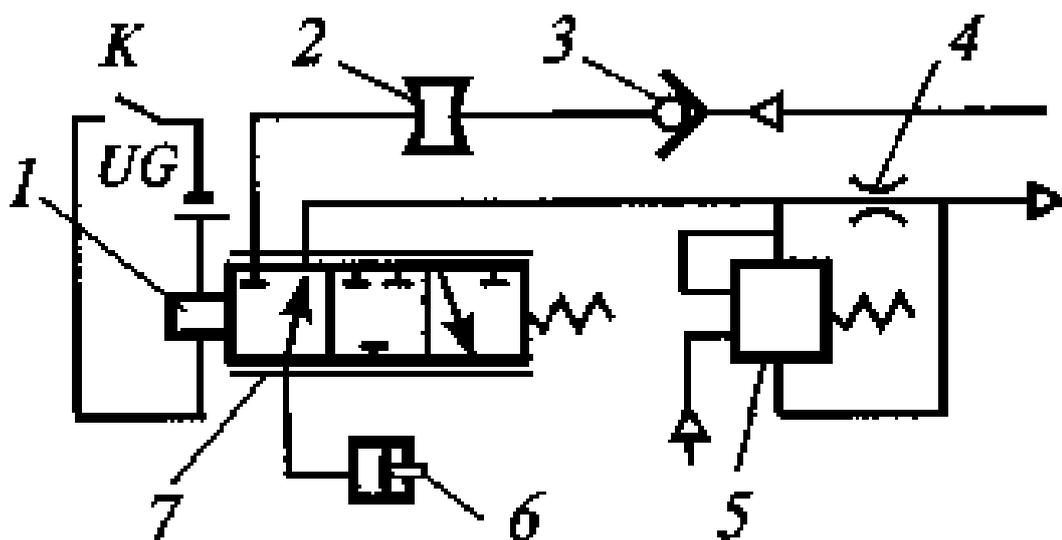


Рис. 2.4. Схема системы автоматического управления сцеплением

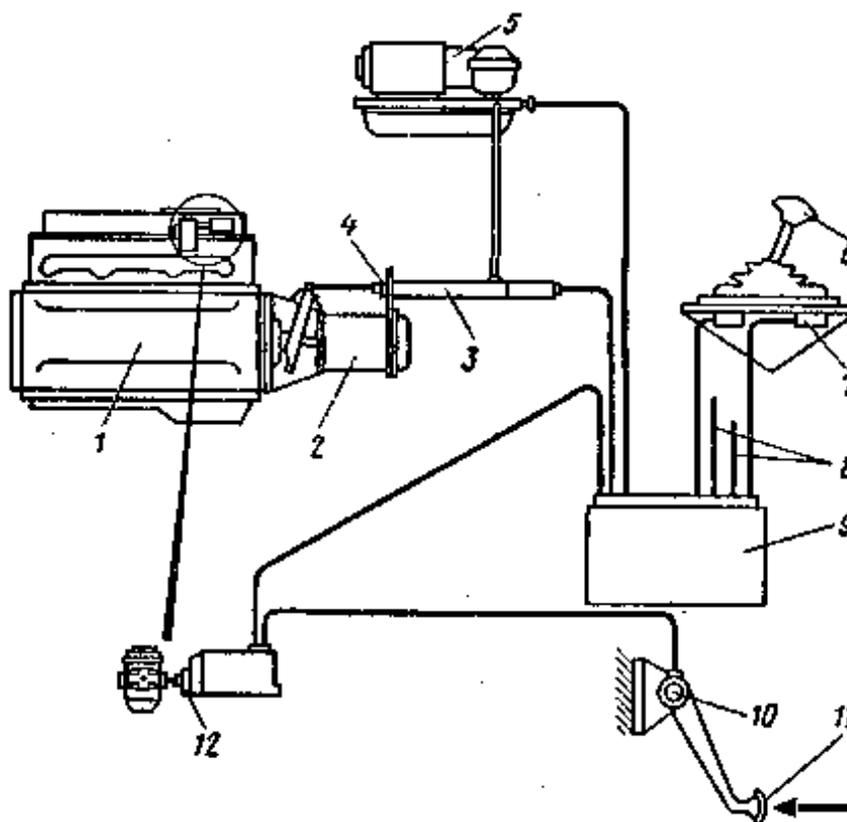


Рис. 2.5. Электрогидравлическая схема автоматического сцепления: 1 - двигатель; 2 - механическая коробка передач; 3 - датчик хода штока рабочего цилиндра; 4 - рабочий цилиндр; 5 - гидравлический блок питания; 6 - рычаг переключения передач; 7 - выключатели; 8 — выходы к датчикам частоты вращения коленчатого вала и включенной передаче; 9 - ЭБУ; 10 - датчик положения педали подачи топлива; 11 - педаль подачи топлива; 12 - электродвигатель регулятора положения дроссельной заслонки

В результате частота вращения коленчатого вала может быть оптимизирована для каждого переключения ступеней, что устраняет участие в этом человека и риск возможного перегрева механизма, рывков и потери скорости автомобиля. Микропроцессор получает информацию от выключателей 7, связанных с рычагом переключения передач, и приводит в действие гидропривод сцепления.

Крутящий момент, передаваемый сцеплением, определяет специальное нагрузочное устройство, которое выдает сигнал, только когда передача включается или выключается, а не во время перемещения рычага 6 по направлению к той ступени, которая уже включена. Это предотвращает неожиданное выключение сцепления, когда рука водителя лежит на рычаге в ожидании следующего переключения. Выключатель реагирует только на перемещение рычага вперед и назад и не воспринимает легкие толчки.

Информация о частоте вращения коленчатого вала и включенной ступени вводится в электронный модуль. Датчик включенной ступени также позволяет предотвратить трогание автомобиля с места на любой передаче, кроме 1-й или 2-й. Другие датчики выдают информацию о положении педали подачи топлива 11 и ходе штока рабочего цилиндра 4 привода сцепления (датчики 10 и 3 соответственно).

Рабочий цилиндр 4 приводится в действие гидравлическим блоком питания 5, состоящим из электронасоса и запасного бачка для жидкости под давлением 0,4 МПа. В этом случае отпадает необходимость в главном цилиндре.

Системы автоматического управления сцеплением, реагирующие на частоту вращения коленчатого вала, формируются по иным принципам (в том числе системы с коррекцией положения педали подачи топлива и разности частот вращения ведущего и ведомого элементов сцепления). Для них характерно минимальное число клапанов или других управляющих механических, гидравлических или электромагнитных устройств. Но формирование законов автоматического регулирования момента, передаваемого сцеплением, а также принудительного включения и выключения последнего осуществляется электронным блоком, по этой причине достаточно сложным. Пример — электронно-гидравлическая система ACTS (рисунок 2.6), разработанная фирмой «Automotive Products». В качестве источника энергии для действия привода сцепления используется гидравлический блок 1, в состав которого входят резервуар 2 гидросистемы, гидронасос с электродвигателем, гидроаккумулятор, электромагнитный клапан регулирования давления жидкости, в исполнительном гидроцилиндре 13 привода рычага 12 сцепления. В этом гидроцилиндре находится датчик 11 положения его штока, который выполняет функции элемента обратной связи (по положению органа привода сцепления). Управление электромагнитным клапаном регулирования давления обеспечивается по командам, поступающим к нему от электронного (микропроцессорного) блока автоматики 7. Этот блок, в свою очередь, работает как по сигналам датчика положения штока гидроцилиндра 13, так и от датчиков 4, 11, 10, 5 (соответственно частот вращения коленчатого вала двигателя и ведущего вала коробки передач, положения педали подачи топлива, контроля включения

передач) и выключателя 8, расположенного в рукоятке 9 рычага переключения передач.

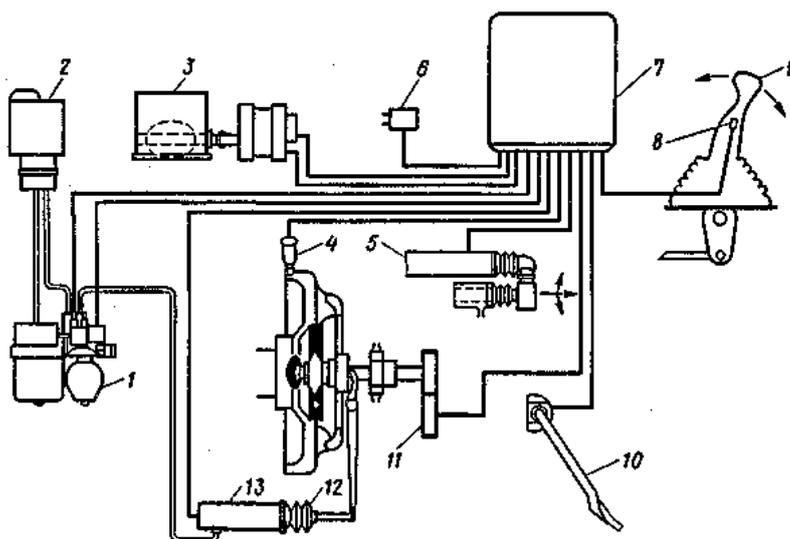


Рис. 2.6. Система автоматического управления сцеплением ACTS

В системе ACTS вместо механического привода дроссельной заслонки карбюратора применен привод электромеханический, содержащий электродвигатель 3 постоянного тока. Управляет этим электродвигателем электронный блок 7, обратную связь обеспечивает электрический датчик 6 положения дроссельной заслонки.

Такой привод дроссельной заслонки в сочетании с датчиком частоты вращения коленчатого вала двигателя и ведущего вала коробки передач придает новое качество системе управления автомобилем: водитель получил возможность переключать передачи без изменения положения педали подачи топлива. Это означает, что процесс переключения передач сводится только к переводу рычага в желаемое положение. Необходимые в течение процесса включение и выключение сцепления, изменение подачи топлива происходит автоматически. Дело в том, что после перевода рычага в новое положение система управления сопоставляет сигналы, получаемые от датчиков частот вращения коленчатого вала двигателя и ведущего вала коробки передач, и в соответствии с ними вырабатывает такие сигналы управления электродвигателем привода дроссельной заслонки и темпом включения сцепления, которые обеспечивают оптимальный режим нагружения трансмиссии автомобиля.

Принципиальная комбинированная схема автоматизированной системы управления сцеплением с гидроприводом и предварительным пневмоусилителем показана на рисунке 2.7. Система включает в себя: педаль 12 (орган управления); главный цилиндр 11 (преобразователь перемещения педали в давление рабочей жидкости); гидроцилиндр 10 с клапаном управления 6 (устройство управления); пневмокамеру с мембраной 9, пружиной 8 и калиброванным дросселем 6 (суммирующее устройство и корректирующее звено обратной связи); рабочий цилиндр 4 с поршневым пневмоусилителем

одностороннего действия 5 (исполнительный механизм); рычаг вилки выключателя сцепления 3 (рабочий орган). Для работы в автоматическом режиме в устройство управления сцеплением введены два электромагнитных клапана 1, 2.

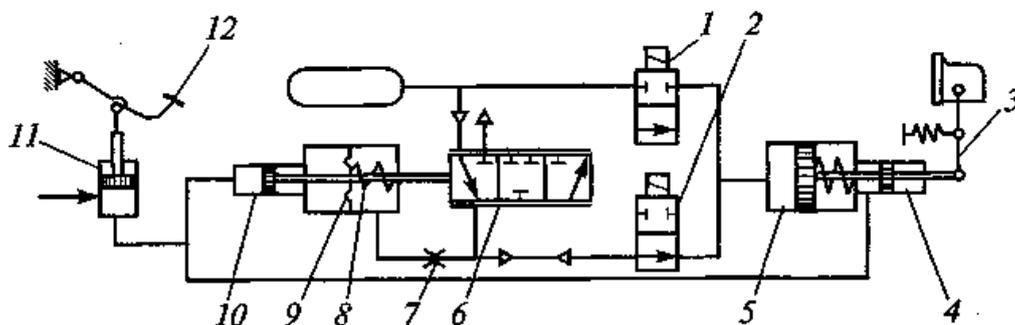


Рис. 2.7. Принципиальная комбинированная схема автоматизированной системы управления сцеплением

Работает система управления следующим образом. При нажатии на педаль 12 происходит перемещение поршня главного гидроцилиндра 11. Жидкость под давлением из гидроцилиндра 11 подается в цилиндр 10 клапана управления 6 и в рабочей цилиндр 4, шток которого воздействует на рычаг 3 вилки выключателя сцепления. Повышение давления в цилиндре 10 вызывает срабатывание клапана управления 6, и сжатый воздух подается в цилиндр 5 пневмоусилителя, который воздействует на поршень рабочего цилиндра 4 и облегчает выключение сцепления. Диафрагма 9 нагружена слева силой со стороны поршня звена обратной связи, а справа — силами со стороны пружины 8 и давления сжатого воздуха, подводимого от пневмоцилиндра 5 через калиброванное отверстие дросселя 7. С увеличением давления жидкости в главном цилиндре увеличивается давление воздуха в цилиндре 5 и, следовательно, снижается усилие на педали сцепления. Корректирующее звено обратной связи предназначено для формирования требуемого следящего закона управления. Калиброванное отверстие дросселя позволяет отслеживать не только положение педали, но и скорость ее перемещения, что позволяет улучшить динамические характеристики привода. Общие виды гидравлического привода сцепления и пневмогидроусилителя показаны на рисунках 2.8 и 2.9 соответственно.

В автоматическом режиме управление осуществляется с помощью электромагнитных клапанов, выполняющих функции переключателя вида управления «ручное — автоматическое». При поступлении команды с центрального блока управления клапан 1 открывается и подает сжатый воздух в пневмоцилиндр 5, который воздействует на вилку выключения сцепления через рабочий цилиндр. Клапан 2 закрывается и отключает клапан управления бот пневмоцилиндра. В этом случае закон управления определяется программой

работы центрального процессора. При снятии команды управления клапаны переходят в первоначальное состояние.

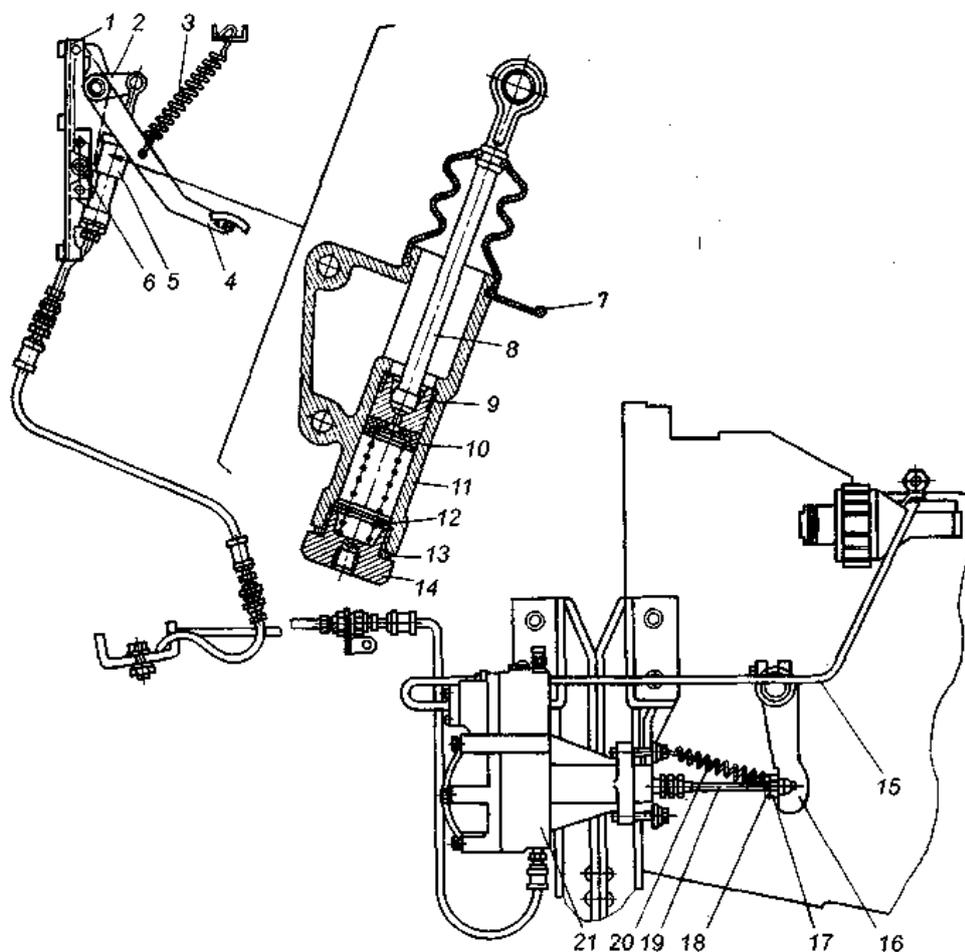


Рис. 2.8. Гидравлический привод сцепления автомобилей марки «КамАЗ»:  
1 - кронштейн педали; 2 - рычаг толкателя поршня; 3 - оттяжная пружина; 4 - педаль сцепления; 5 - главный цилиндр; 6 - ограничитель хода педали; 7 - защитный чехол; 8 - толкатель поршня; 9 - поршень; 10 - манжета поршня; 11 - корпус; 12 - пружина; 13 - уплотнительное кольцо; 14 - пробка; 15 - трубка подвода воздуха; 16 - рычаг выключения сцепления; 17 - сферическая гайка; 18 - контргайка; 19 - толкатель поршня пневмогидроусилителя; 20 - возвратная пружина; 21 - пневмогидроусилитель

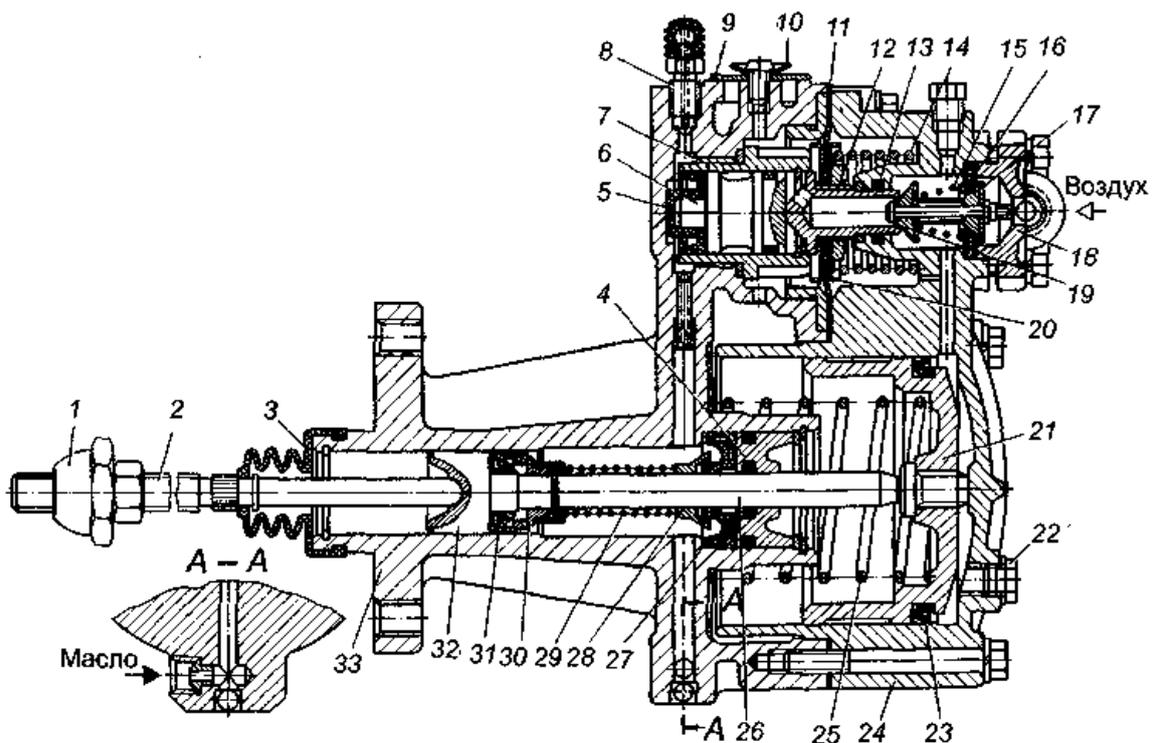


Рис. 2.9. Пневмогидроусилитель привода сцепления автомобилей марки «КамАЗ»:

- 1 - сферическая гайка; 2 - толкатель поршня выключения сцепления; 3 - защитный чехол; 4 - корпус комбинированного уплотнения; 5 - манжета следящего поршня; 6 - следящий поршень; 7 - корпус следящего поршня; 8 - перепускной клапан; 9 - уплотнитель выпускного отверстия; 10 и 18 - крышки; 11 - мембрана следящего устройства; 12 — седло выпускного клапана; 13 - уплотнительное кольцо; 14 - пружина мембраны; 15 - пружина впускного и выпускного клапанов; 16 - седло впускного клапана; 17 - впускной клапан; 19 - выпускной клапан; 20 - тарелка пружины; 21 - пневматический поршень; 22 - пробка; 23 - манжета поршня; 24 - передний корпус; 25 - возвратная пружина пневматического поршня; 26 - толкатель поршня выключения сцепления; 27 - манжета уплотнителя; 28 и 30 - втулки; 29 - пружина поршня выключения сцепления; 31 - манжета поршня; 32 - гидравлический поршень выключения сцепления; 33 - задний корпус

Конструктивная схема электропневматического клапана, используемого для управления муфтой сцепления, приведена на рисунке 2.10. В нормальном положении катушка электромагнита обесточена и сердечник 3 находится в крайнем верхнем положении за счет действующей на его шток 4 пружины 6. Клапан 10 под действием пружины 9 плотно прижат к седлу 7, выполненному в корпусе 14. Полость А соединена с атмосферой и с полостью В посредством канала в штоке 11 клапана 10.

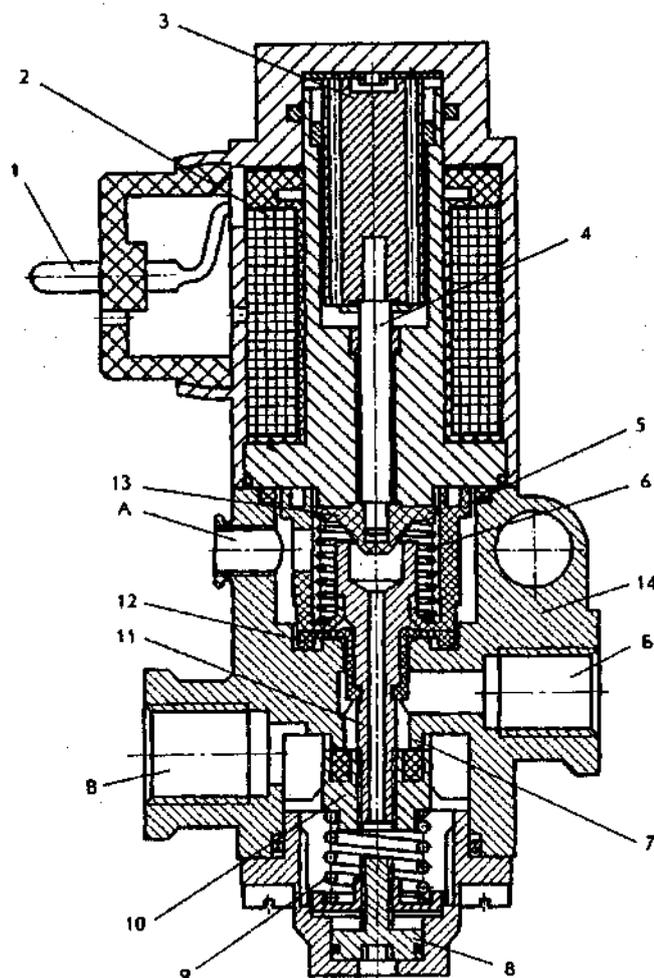


Рис. 2.10. Конструктивная схема электропневматического клапана

При подаче электрического тока в катушку 2 через разъем 1 возбуждается магнитное поле и сердечник 3, преодолевая усилие пружины, движется вниз, закрывая клапаном 13 отверстие в штоке 11. Полости А и В разъединяются. Дальнейшее перемещение сердечника вызовет открытие клапана 10, вследствие чего полость Б, связанная с ресивером, будет соединена с полостью В, которая соединена с пневмоцилиндром.

При прекращении электрического сигнала катушка 2 обесточивается и сердечник 4 вместе с клапаном 10 и 13 под действием пружин 6 и 9 переместятся вверх. Клапан 10 садится на седло 7, разъединяя полости В и Б, а клапан 13 отходит от кромок штока 11, вследствие чего полость В соединяется с полостью А и воздух из пневмоцилиндра выходит в атмосферу. Для уплотнения штока 11 при его перемещении в корпусе 14 служит мембрана 12. Регулирование предварительного натяга пружины 9 осуществляется винтом 8.

В рассматриваемом электропневматическом приводе сцепления используются два модулятора: впускной — полость А заглушена, полость Б соединена с ресивером, а полость В — с пневмоцилиндром; выпускной — полость Б соединена с пневмоцилиндром, полости А и Б — с атмосферой.

## ГЛАВА 3. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ШЕСТЕРЕНЧАТОЙ КОРОБКОЙ ПЕРЕДАЧ

### 3.1. Цели и задачи автоматического управления коробкой передач

Цель применения автоматического переключения передач сводится к облегчению управления транспортной машиной. Изменение скорости движения машины осуществляется при помощи двух педалей — педали управления подачи топлива и педали тормоза. Педаль сцепления отсутствует. Рычаг управления коробкой передач имеет положения: нейтраль, движение, задний ход, а в некоторых системах — положение принудительного включения низшей передачи или несколько положений, обеспечивающих принудительное включение всех имеющихся передач. Тем же рычагом иногда включается устройство, обеспечивающее торможение транспортной машины на стоянке. Вместо рычага могут быть применены кнопки.

Как правило, автоматически управляемую коробку передач используют совместно с гидротрансформатором. Гидротрансформатор, преобразуя крутящий момент, дает возможность выполнить плавное трогание транспортной машины с места, сократить количество передач в шестеренчатой коробке и осуществить продолжительное движение на заданной передаче. Две последние функции особенно важны при создании системы автоматического переключения передач.

Автоматические передачи, содержащие гидротрансформатор, получили наиболее широкое распространение и устанавливаются на автомобили, тягачи, тракторы, различные строительные-дорожные машины и др. Современные автоматические коробки передач осуществляют переключения без разрыва потока мощности.

Переключение передач без разрыва потока мощности при работе двигателя под нагрузкой осуществляют при помощи электромагнитных сцеплений, гидравлически управляемых сцеплений, а в случае планетарных передач также и при помощи ленточных тормозов. При переключении передач под нагрузкой фрикционные элементы управления воспринимают значительную работу буксования.

Переключение передач без разрыва потока мощности обеспечивает непрерывно нарастающий разгон транспортной машины и облегчает создание автоматической системы управления, так как при этом отпадает необходимость применения синхронизирующих устройств для включения передач.

Наибольшее распространение нашло управление передачами при помощи сцеплений и тормозов, включаемых давлением жидкости. Применение электромагнитных сцеплений упрощает систему автоматического управления, однако приводит к значительному увеличению габаритных размеров коробки передач. Автоматические коробки передач (АКП) выполняют планетарными или с неподвижными опорами валов. Передачи с неподвижными опорами валов проще в производстве и дешевле планетарных, однако имеют большие габаритные размеры.

Главными теоретическими задачами создания систем автоматического переключения передач являются следующие:

- выбор оптимального закона переключений передач, т.е. решение вопроса, в зависимости от каких параметров и при каких их сочетаниях должны происходить переключения передач, обеспечивающие транспортной машине высокие эксплуатационные качества;

- организация переходного процесса переключения передач, обеспечивающего при работе двигателя под нагрузкой плавное изменение силы тяги на колесах транспортной машины и малую работу трения фрикционных элементов управления.

### **3.2. Гидравлические системы управления автоматическими коробками передач**

Для управления коробкой передач масло от насоса через систему клапанов подводится к исполнительным элементам управления тормозами и блокировочными муфтами. Все это вместе называется гидросистемой управления автоматическими коробками передач. К элементам гидросистемы относятся насосы, гидроцилиндры, бустеры, поршни, жиклеры, гидроаккумуляторы и клапаны.

В процессе развития гидросистема претерпела значительные изменения. Первоначально она отвечала за все процессы, происходящие в автоматическими коробками передач во время движения автомобиля. Она формировала все необходимые давления, определяла моменты переключения передач, отвечала за качество переключения и т.п. Однако с момента появления на автомобилях электронных блоков управления гидросистема утратила часть своих функций в управлении АКП. В настоящее время большая часть управляющих функций АКП передана электронному блоку управления, а гидросистема используется только лишь в качестве исполнительного элемента.

Рассмотрим принцип работы гидравлической системы автоматического управления простейшей двухступенчатой планетарной коробки передач (рисунок 3.1), управляемой сцеплением и ленточным тормозом. При подаче жидкости под давлением к бустеру ленточного тормоза и соединении цилиндра сцепления со сливом солнечная шестерня обкатывает сателлиты относительно неподвижной коронной шестерни, в результате чего водило сателлитов получает замедленное вращение (понижающая передача). При выключенном тормозе и включенном сцеплении солнечная шестерня жестко соединяется с коронной шестерней, в результате чего планетарная передача блокируется и ее шестерни вращаются как одно целое (прямая передача). Передача заднего хода на схеме не показана.

Принципиальная схема гидравлической системы автоматического управления, используемая для управления двумя передачами, приведена на рисунке 3.2. Приборы, обеспечивающие плавное переключение передач, на схеме не показаны.

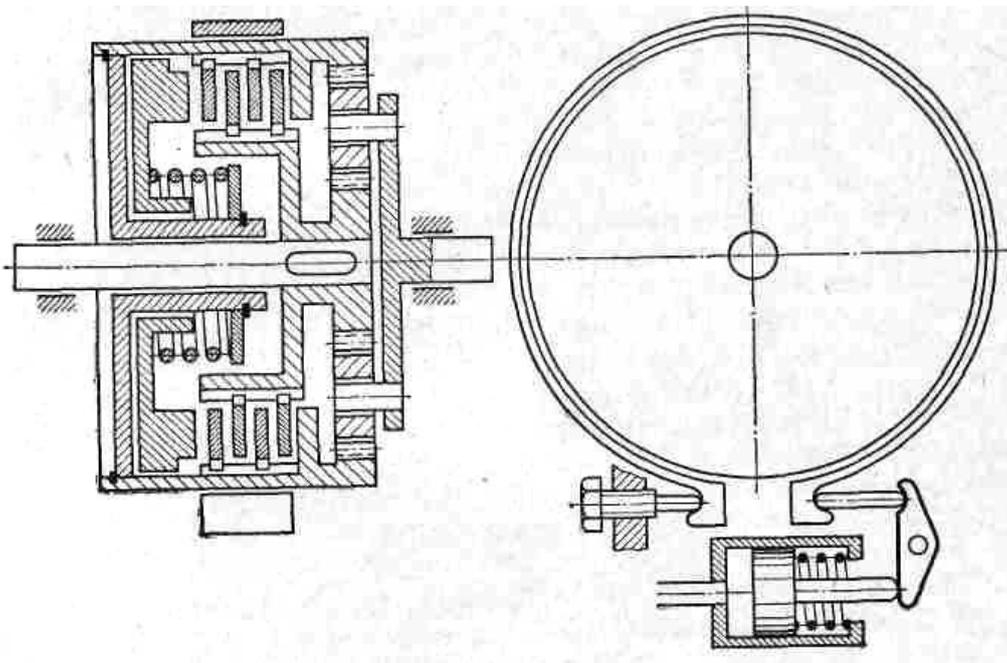


Рис. 3.1. Схема двухступенчатой планетарной передачи

Питание системы маслом осуществляется шестеренчатым насосом 2, получающим вращение от коленчатого вала двигателя. Давление масла, создаваемое насосом, регулируется переливным клапаном 3. Насос имеет запас по производительности. Излишек масла от переливного клапана поступает на слив.

Система управления состоит из регулятора 7 скоростного воздействия, регулятора 5 силового воздействия (клапана-дросселя) и переключателя передач 9. Регулятор скоростного воздействия меняет давление масла в зависимости от скорости движения транспортной машины. Он приводится во вращение от вторичного вала коробки передач. В корпусе регулятора расположен золотник, на котором укреплен груз. Центробежная сила этого груза уравнивается силой регулируемого давления масла, действующего на золотник. При повышении частоты вращения регулятора и центробежной силы несколько увеличивается входное дросселирующее отверстие *a* и уменьшается дросселирующее отверстие *б*, соединенное со сливом. В результате этого регулируемое давление возрастает и восстанавливается новое равновесное состояние между силой давления жидкости, действующей на золотник, и центробежной силой груза. При уменьшении частоты вращения двигателя золотник несколько смещается влево и восстанавливается новое равновесное состояние при меньшем регулируемом давлении.

Таким образом, регулируемое давление  $p_v$  является функцией частоты вращения регулятора и, следовательно, скорости движения транспортной машины.

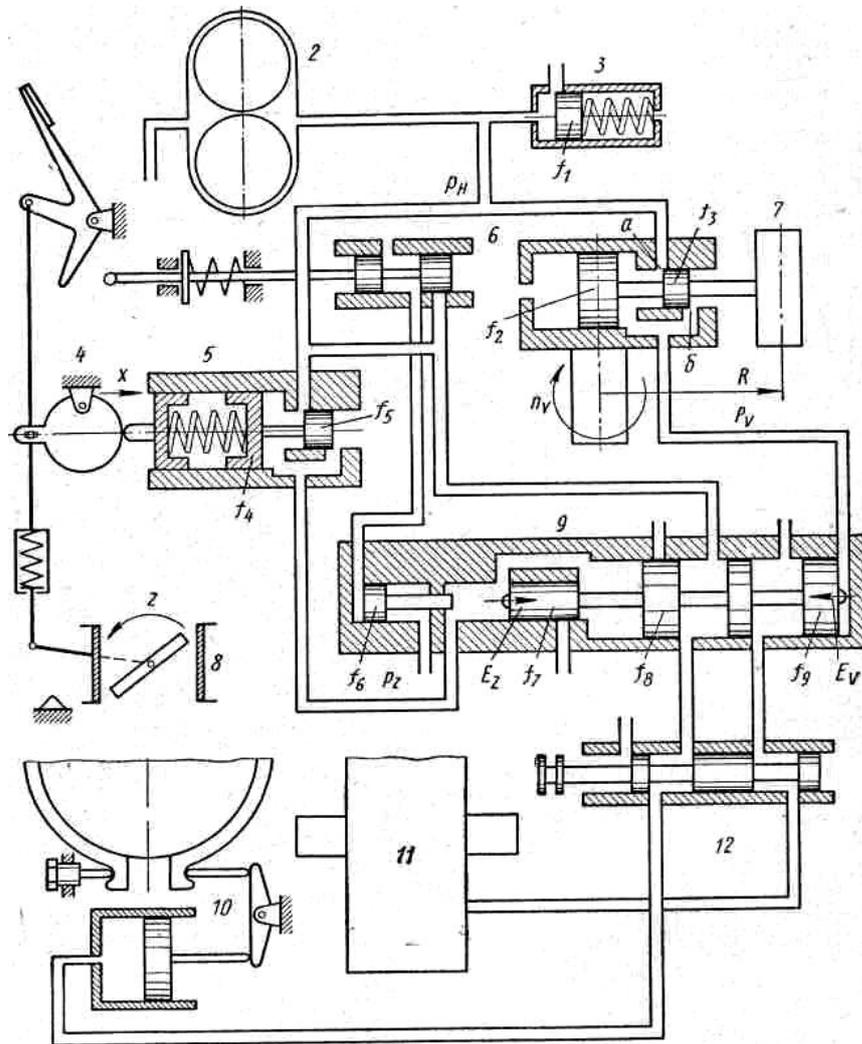


Рис. 3.2. Принципиальная схема системы автоматического переключения передач

Регулятор силового воздействия меняет давление масла в зависимости от угла  $z$  открытия дроссельной заслонки карбюратора 8 двигателя. При увеличении нажатия на педаль увеличивается угол  $z$ , и кулачок 4 сжимает пружину регулятора силового воздействия. Сила пружины регулятора уравнивается силой регулируемого давления жидкости, действующей на золотник. При увеличении угла  $z$  регулируемое давление жидкости  $p_z$  возрастает. Давление  $p_z$  на выходе регулятора силового воздействия (клапана-дросселя) называют TV-давлением (от английского словосочетания «throttle valve pressure»).

От регуляторов скоростного и силового воздействий жидкость под давлением поступает к переключателю передач 9. Этот переключатель через клапан 12 ручного управления соединяет бустер ленточного тормоза 10 и цилиндр сцепления 11 с магистралью высокого давления или со сливом, обеспечивая включение первой или второй передачи. Схема (рисунок 3.2) показана в положении включенной первой передачи, при котором жидкость под давлением подается к бустеру ленточного тормоза, а цилиндр сцепления соединен со сливом.

На золотник переключателя действуют две силы: первую создает давление  $p_v$  регулятора скоростного воздействия, действующее на торцовую поверхность правого пояска золотника, а вторую — давление  $p_z$  регулятора силового воздействия, действующее на торцовые поверхности двух левых поясков золотника.

Рассмотрим работу переключателя при разгоне транспортной машины с постоянным углом  $z$  открытия дроссельной заслонки карбюратора и, следовательно, при постоянном давлении  $p_z$ . С увеличением скорости движения транспортной машины возрастает давление  $p_v$ . При определенной скорости движения сила  $E_v$ , действующая на золотник справа, превысит силу  $E_z$ , действующую на золотник слева, в результате чего золотник переместится в крайнее левое положение, обеспечивая включение второй передачи. При этом положении золотника бустер ленточного тормоза соединен со сливом, а к цилиндру сцепления подводится под давлением масло. При большем угле  $z$  и, следовательно, давлении  $p_z$  переключение с первой передачи на вторую произойдет при более высокой скорости движения, когда давление  $p_v$  превысит возросшее давление  $p_z$ . Таким образом, автоматическая система управления переключает передачи в зависимости от двух параметров,  $z$  и  $v$ .

Если водитель при движении на первой передаче уменьшит открытие дроссельной заслонки, то это приведет к уменьшению давления  $p_z$  и силы  $E_z$ , что также вызовет переключение на вторую передачу.

После переключения с первой передачи на вторую и перемещения золотника переключателя в левое крайнее положение давление  $p_z$  будет действовать только на торцовую поверхность крайнего левого пояска золотника. Поэтому при заданном угле  $z$  обратное переключение со второй передачи на первую произойдет при меньшей скорости движения транспортной машины, чем переключение при том же угле  $z$  с первой передачи на вторую. Этим обеспечивается область перекрытия передач на характеристике переключения передач транспортной машины, устраняется цикличность переключения передач, то есть периодически чередующиеся переключения, вызываемые небольшими изменениями скорости автомобиля.

Золотник переключателя передач быстро переходит из одного крайнего положения в другое, обеспечивая четкое включение или выключение фрикционных элементов коробки передач. При переключении с первой передачи на вторую золотник переключателя передач вначале медленно перемещается влево, не перекрывая на некотором своем пути каналов, ведущих к фрикционным элементам управления коробкой передач. Как только левый поясок золотника перекроет отверстие обходного канала, резко изменится соотношение сил, действующих на золотник слева и справа, и он быстро переместится в крайнее левое положение. Открытие отверстия обходного канала обеспечивает быстрое перемещение золотника в крайнее правое положение при переключении со второй передачи на первую.

Получение наиболее интенсивного разгона возможно лишь в случае подвода к ведущим колесам более высокого значения крутящего момента. Для этого желательно произвести переключение на пониженную передачу. В

системах управления автоматическими коробками передач режим принудительного понижения передачи («kickdown») осуществляется при нажатии на педаль дроссельной заслонки карбюратора до упора (за пружинный фиксатор). Переключения «kickdown» выполняются механизмами, работа которых основана на различных принципах действия. Для этого при нажатии педали до упора или увеличивается регулируемое давление  $p_z$ , или уменьшается давление  $p_v$ , или увеличивается рабочая площадь золотника, на которую действует давление  $p_z$ , или уменьшается рабочая площадь золотника, на которую действует давление  $p_v$ . На рисунке 3.2 показано устройство, увеличивающее рабочую площадь золотника, на которую действует давление  $p_z$ . Устройство содержит дополнительный золотник, расположенный в левой части корпуса переключателя передач. При изменении угла  $z$  от  $z_{min}$  до  $z_{max}$  обе полости, расположенные справа и слева от дополнительного золотника, соединяются со сливом.

В этом случае золотник не влияет на работу переключателя передач. При нажатии на педаль дроссельной заслонки до упора при помощи рычага, расположенного на педали, и толкателя перемещается золотник клапана б. Дроссельная заслонка карбюратора под действием упора и пружинного механизма сохраняет максимальный угол открытия  $z_{max}$ . Клапан б подводит масло под давлением к дополнительному золотнику переключателя передач, и золотник перемещается вправо, оказывая давление на основной золотник переключателя. Чтобы преодолеть большую силу, действующую на золотник переключателя передач слева, необходимо иметь большее давление  $p_v$ , создаваемое регулятором скоростного воздействия. В результате этого переключение с первой передачи на вторую произойдет при более высокой скорости движения транспортной машины.

Если включена вторая передача, то при нажатии педали дроссельной заслонки карбюратора до упора (за пружинный фиксатор) дополнительный золотник переключателя передач нажимает на основной золотник и перемещает его вправо при более высокой скорости движения, т.е. переключение на первую передачу произойдет раньше.

При перемещении золотника клапана 12 ручного управления влево бустер тормоза и цилиндр сцепления соединяются со сливом, в результате чего устанавливается нейтральное положение коробки передач, необходимое для прогрева двигателя при большой частоте вращения, а также для буксирования неисправного автомобиля.

Устройство системы управления существенно усложняется при увеличении числа передач в коробке передач.

Системы управления автоматическими коробками передач отличаются разнообразием и могут содержать некоторые дополнительные механизмы. Конструктивные схемы отдельных механизмов автоматического управления существенно отличаются от рассмотренных.

Максимальное давление жидкости, подводимой к поршням фрикционных элементов управления коробкой передач, регулируют в зависимости от угла открытия дроссельной заслонки при помощи регулятора 5 (рисунок 3.2).

Иногда используют регуляторы, в которых, в отличие от рассмотренного, орган управления не нагружен силой пружины. Схема такого регулятора приведена на рисунке 3.3. Золотник, разгруженный от осевых сил, перемещается при повороте дроссельной заслонки. За перемещением золотника следит гильза, сжимая пружину. Сила пружины уравнивается давлением  $p_2$ , действующим на гильзу.

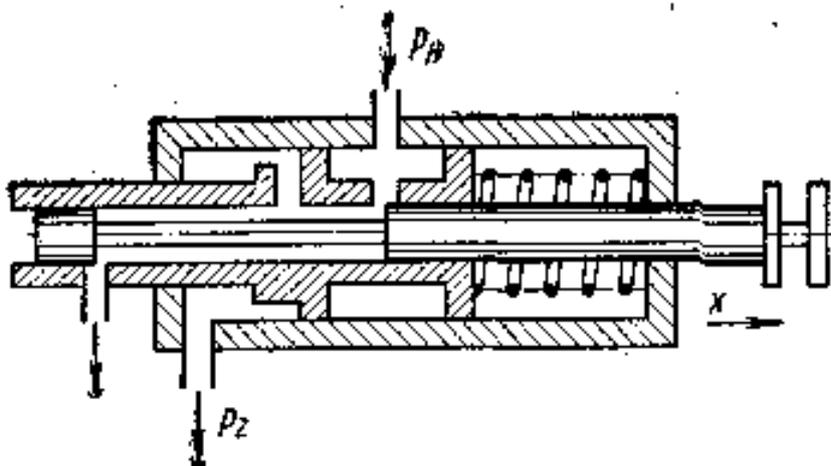


Рис. 3.3. Регулятор силового воздействия (клапан-дроссель)

Во многих АКП с чисто гидравлической системой управления для управления клапаном-дросселем используется модулятор. Модулятор представляет собой некую камеру, разделенную с помощью металлической или резиновой диафрагмы на две части (рисунки 3.4 и 3.5). Левая часть камеры соединена с атмосферой, правая с помощью шланга - с впускным коллектором двигателя. Пружина, которая в случае механического привода непосредственно действовала на плунжер клапана дросселя, размещена в этом случае в камере модулятора, соединенной с впускным коллектором двигателя. Плунжер клапана-дросселя соединен с диафрагмой модулятора с помощью толкателя.

Таким образом, слева на диафрагму модулятора действует сила атмосферного давления и сила TV-давления, которая создается на левом торце плунжера клапана-дросселя и передается на диафрагму с помощью толкателя. Справа на диафрагму действует сила пружины и сила, создаваемая давлением во впускном коллекторе двигателя.

При работе двигателя на холостых оборотах разрежение во впускном коллекторе из-за практически полного перекрытия дроссельной заслонкой впускного отверстия имеет максимальную величину (иными словами, давление во впускном коллекторе намного меньше атмосферного давления). Поэтому сила атмосферного давления, действующая на диафрагму, значительно больше силы давления во впускном коллекторе. Это приводит к тому, что пружина под действием силы давления сжимается и диафрагма перемещает толкатель и плунжер клапана-дросселя вправо (рисунок 3.4).

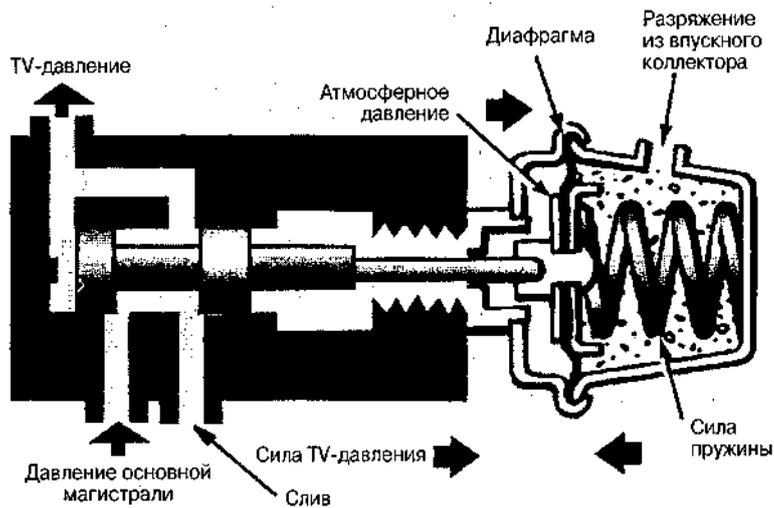


Рис. 3.4. Модулятор в положении, соответствующем работе двигателя на холостых оборотах

При таком положении плунжера достаточно небольшого TV-давления, чтобы один поясok плунжера перекрыл отверстие основной магистрали, а второй открыл отверстие сливной магистрали. Результатом этого является низкое значение TV-давления.

В случае открытия дроссельной заслонки разрежение во впускном коллекторе двигателя начинает уменьшаться (т.е. давление во впускном коллекторе возрастает). Поэтому сила давления, действующая на диафрагму модулятора, увеличивается и начинает частично уравнивать силу атмосферного давления, действующую в противоположную сторону диафрагмы. В результате диафрагма вместе с толкателем перемещается влево, что приводит к такому же перемещению плунжера клапана-дросселя (рисунок 3.5). В этом случае для того, чтобы сместить плунжер вправо, требуется уже более высокое TV-давление.

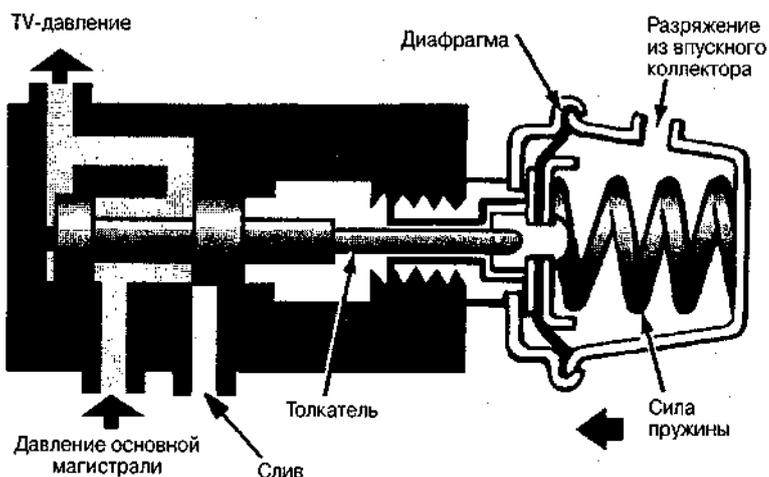


Рис. 3.5. Модулятор в положении, соответствующем работе двигателя под нагрузкой

Таким образом, чем больше открыта дроссельная заслонка, тем меньше степень разряжения во впускном коллекторе и тем выше TV-давление.

Скоростные регуляторы, используемые в АКП, можно разделить на две группы:

- регуляторы с приводом от ведомого вала АКП;
- регуляторы, расположенные непосредственно на ведомом валу АКП.

Устройство и действие регуляторов последней группы подробно рассмотрено в предыдущем параграфе. Регуляторы с приводом от ведомого вала бывают двух типов - золотниково-го типа и шариковые. Для их привода используется специальное зубчатое зацепление, одна шестерня которого установлена на ведомом или промежуточном валу АКП, а вторая - на самом скоростном регуляторе.

Скоростной регулятор золотниково-го типа с приводом от ведомого вала АКП состоит из плунжера, двух типов грузов (первичного и вторичного) и пружин (рисунок 3.6). В начальный момент, когда автомобиль стоит на месте, скоростной регулятор, соединенный с помощью зубчатого зацепления с ведомым валом коробки передач, также неподвижен. Поэтому плунжер скоростного регулятора под действием собственного веса находится в крайнем нижнем положении. При таком положении верхний поясок плунжера перекрывает отверстие, соединяющее регулятор с основной магистралью, а нижний поясок открывает сливную магистраль (рисунок 3.6, а). В результате перепад давления на выходе из скоростного регулятора равен нулю.

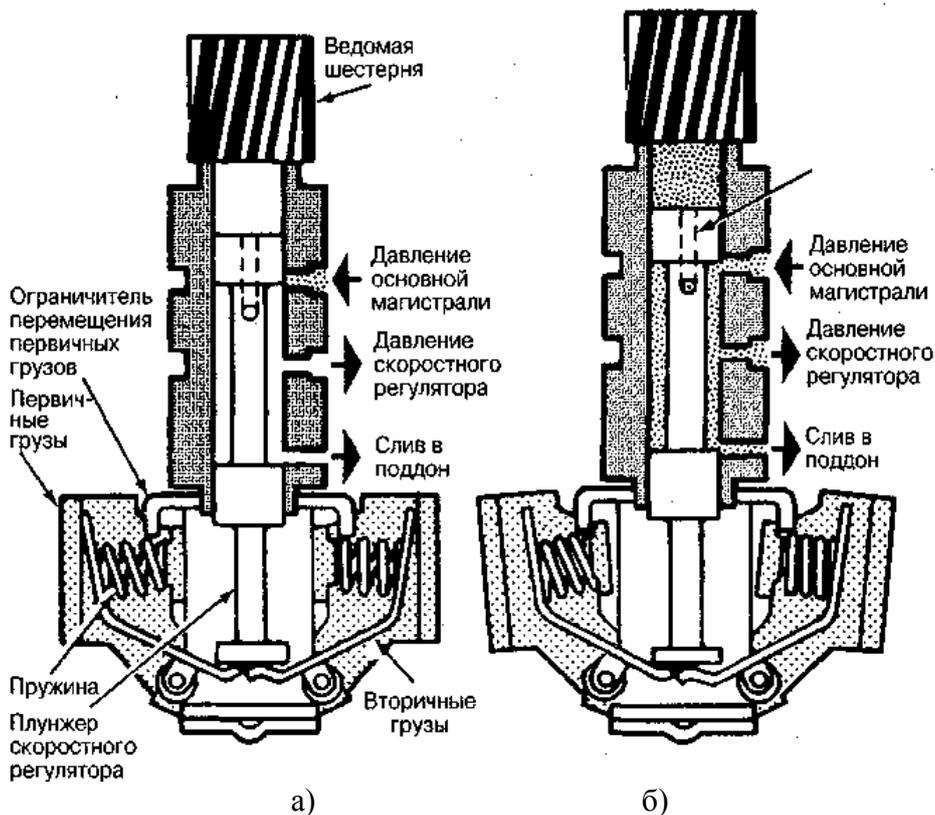


Рис. 3.6. Скоростной регулятор золотниково-го типа с приводом от ведомого вала АКП

При движении автомобиля скоростной регулятор вращается с угловой скоростью, равной угловой скорости ведомого или промежуточного вала АКП. При определенной скорости транспортного средства под действием центробежной силы грузы скоростного регулятора начинают расходиться и, преодолевая силу тяжести плунжера, перемещают его вверх. Такое перемещение плунжера приводит к открытию отверстия основной магистрали и закрытию отверстия сливного канала (рисунок 3.6, б). В результате масло из основной магистрали начинает поступать в канал формирования давления скоростного регулятора. Кроме того, по радиальному и осевому сверлениям масло поступает в полость между корпусом скоростного регулятора и верхним торцом плунжера (рисунок 3.6, б). Давление масла на этот торец плунжера создает силу, которая совместно с силой тяжести плунжера противодействует центробежной силе, возникающей в грузах. При достижении определенного значения давления сумма сил, действующих на верхний торец плунжера, станет больше центробежной силы грузов, и плунжер начнет перемещаться вниз, перекрывая отверстие основной магистрали и открывая одновременно сливной канал. При этом давление скоростного регулятора начнет уменьшаться, что приведет к уменьшению силы давления на верхний торец плунжера. В какой-то момент действие центробежной силы опять станет больше силы веса и давления, и плунжер вновь начнет подниматься. Так происходит формирование давления скоростного регулятора. В случае увеличения скорости движения автомобиля для того, чтобы плунжер стал опускаться вниз, потребуется, очевидно, более высокое давление скоростного регулятора. В конечном счете при определенной скорости автомобиля вес плунжера регулятора совместно с давлением, действующим на верхний торец плунжера, не смогут уравновесить центробежную силу грузов. В этом случае отверстие основной магистрали полностью откроется и давление скоростного регулятора станет равным давлению в основной магистрали. При уменьшении скорости автомобиля уменьшится и центробежная сила, действующая на грузы скоростного регулятора, и, следовательно, должно уменьшиться давление скоростного регулятора.

Система грузов скоростного регулятора состоит из двух ступеней (первичной и вторичной) и двух пружин. Такое устройство регулятора позволяет получить зависимость давления скоростного регулятора ( $p$ ) от скорости движения автомобиля ( $v$ ), близкую к линейной (рисунок 3.7).

На первом этапе первичные (более тяжелые) и вторичные (легкие) грузы действуют на плунжер скоростного регулятора совместно. Пружины удерживают вторичные грузы относительно первичных. Конструкция выполнена таким образом, что более легкие грузы через рычаги действуют непосредственно на плунжер скоростного регулятора. При этом грузы движутся совместно.

Начиная с определенных оборотов скоростного регулятора центробежная сила, которая, как известно, зависит от квадрата частоты вращения, становится весьма большой. Поэтому необходимо принять меры к снижению влияния центробежной силы на формируемое скоростным регулятором давление.

Жесткость пружин подобрана таким образом, что примерно на скорости движения 32 км/ч центробежная сила первичных грузов превышает силу пружины, и они отклоняются в крайнее положение и упираются в ограничители (рисунок 3.6, б). Первичные грузы в таком положении не воздействуют на вторичные и становятся неэффективными, а плунжер скоростного регулятора на втором этапе уравнивается центробежной силой только вторичных грузов и силой пружины.

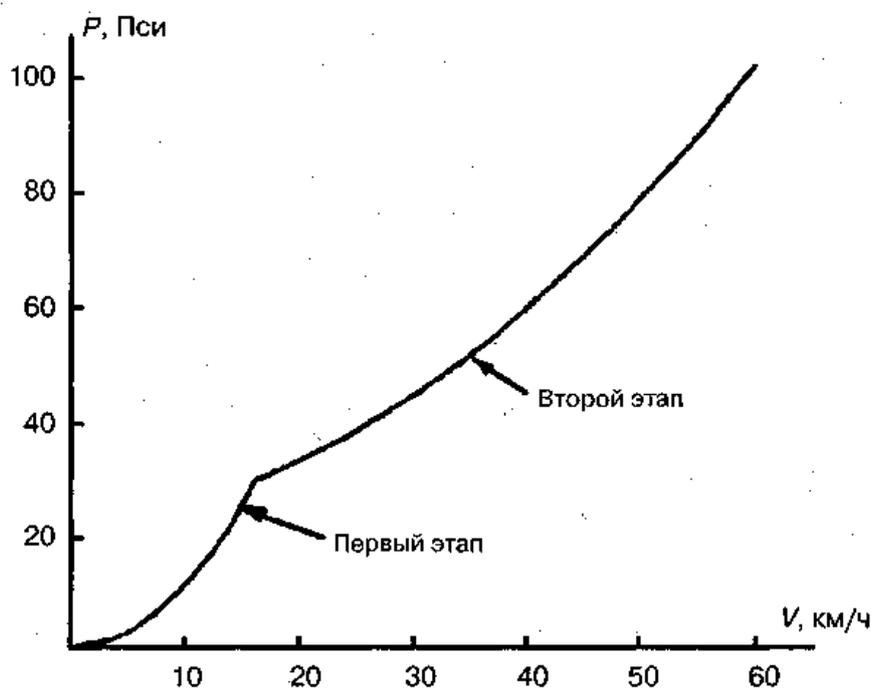


Рис. 3.7. Зависимость давления скоростного регулятора ( $p$ ) от скорости движения автомобиля ( $v$ )

Компенсационный клапан, изменяющий давление жидкости в зависимости от угла открытия дроссельной заслонки и скорости движения транспортной машины, показан на рисунке 3.8. К клапану подводится давление  $p_z$  изменяемое регулятором в зависимости от угла  $z$  открытия дроссельной заслонки карбюратора, и давление  $p_v$  (рисунок 3.2), изменяемое в зависимости от скорости  $v$  движения транспортной машины. Давления  $p_z$  и  $p_v$  создают силы (рисунок 3.8), действующие в противоположном направлении на золотник клапана. Разность этих сил и сила  $F$  пружины уравниваются регулируемым давлением  $p_{zv}$ , образуемым в правой полости клапана, к которой подводится жидкость под давлением  $p_n$  от насоса питания.

Часто в системах управления жидкость под давлением  $p_z$  или  $p_{zv}$  подводится к переливному клапану, дополнительно нагружая его золотник. В результате этого основное давление системы питания также зависит от угла  $z$  (или от угла  $z$  и скорости движения  $v$ ), что снижает мощность, расходуемую на привод насосов питания системы.

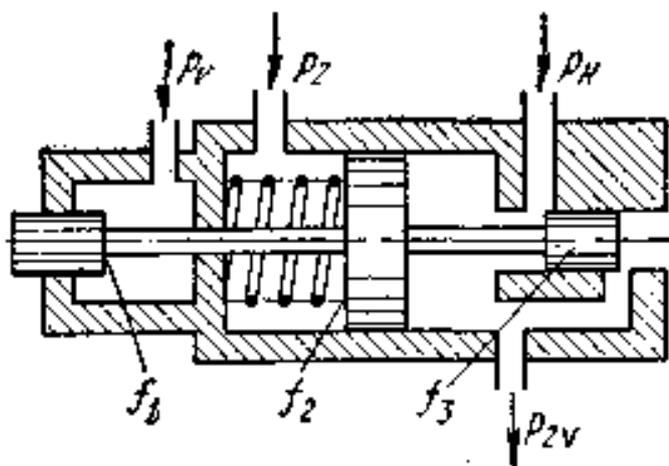


Рис. 3.8. Компенсационный клапан

Устройство, представляющее собой гидравлический аккумулятор, регулирующий во времени изменение момента трения фрикционного элемента при его включении и выключении, показано на рисунке 3.9, а. При подаче жидкости к цилиндру фрикционного элемента вначале быстро заполняется его полость и сближаются трущиеся поверхности, а затем начинает перемещаться поршень аккумулятора, сжимая пружину. При этом по мере заполнения цилиндра аккумулятора и перемещения его поршня давление в цилиндре фрикционного элемента плавно нарастает во времени.

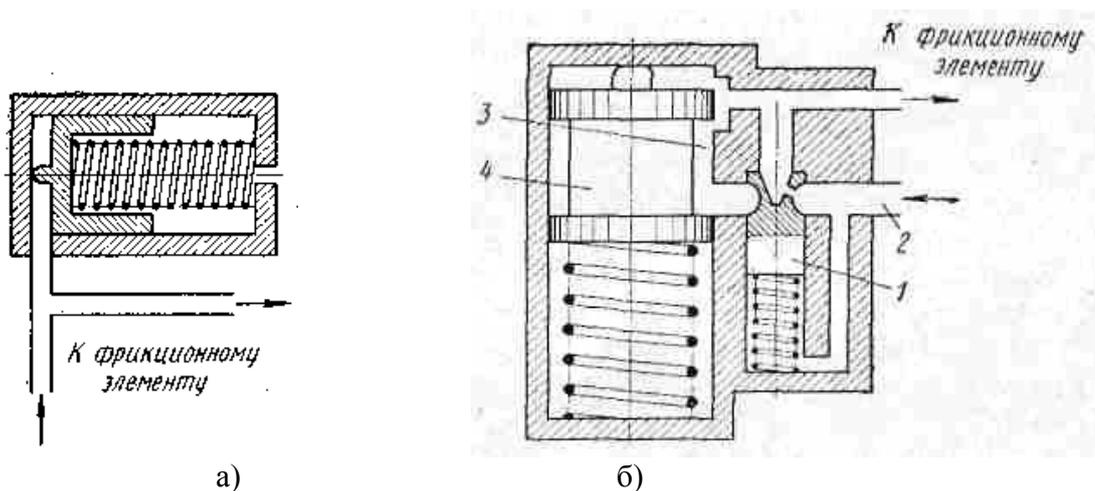


Рис. 3.9. Гидравлический аккумулятор

Другая схема аккумулятора, регулирующего изменение момента трения фрикционных элементов во времени, показана на рисунке 3.9, б. Масло к аккумулятору поступает по каналу 2, проходит мимо узкой шейки золотника 1 и через его дросселирующее отверстие далее по каналу 3 поступает к фрикционному элементу, быстро заполняя его цилиндр. Как только масло заполнит цилиндр и начнется включение фрикционного элемента, создается давление, под действием которого поршень 4 аккумулятора начнет перемещаться вниз, сжимая пружину. Перепускные отверстия при этом

закроются и подача масла по каналу 3 прекратится. С этого времени масло к фрикционному элементу будет поступать только через калиброванное отверстие в золотнике 1. В результате этого поршень аккумулятора опускается медленно, а следовательно, постепенно нарастает давление и момент трения фрикционного элемента.

При выключении фрикционного элемента канал 2 соединяется со сливом, вследствие чего под действием сильной отжимной пружины поршня фрикционного элемента масло перемещает золотник 1 вниз, сжимая его пружину, и через образовавшееся большое отверстие поступает на слив. В отличие от предыдущего аккумулятора рассматриваемый аккумулятор обеспечивает плавное включение фрикционного элемента и быстрое его выключение.

Установка аккумуляторов первого типа (рисунок 3.9, а) в системе питания фрикционных элементов высшей и низшей передач позволяет осуществить перекрытие передач, в процессе которого происходит одновременное растянутое во времени включение одного фрикционного элемента и выключение другого. Установка аккумуляторов второго типа (рисунок 3.9, б) требует для осуществления определенного характера перекрытия передач применения дополнительных устройств. Схема системы переключения передач с таким аккумулятором показана на рисунке 3.10. Переключение с первой передачи на вторую осуществляется переключателем 6 при перемещении его золотника в положение, показанное на рисунке 3.10, а. При этом магистрали В и А соединяются с линией нагнетания, а магистраль Б — со сливом. Масло через аккумулятор 1, устройство которого показано на рисунке 3.9, б, поступает к поршню 2 сцепления второй передачи. Аккумулятор 1 обеспечивает быстрое сближение дисков сцепления и дальнейшее плавное нарастание момента трения. При этом масло по магистрали А через блокирующий клапан 5 и аккумулятор 7 тормоза первой передачи продолжает поступать к бустеру 4 ленточного тормоза 3. Включенное положение тормоза первой передачи и частичное включение сцепления второй передачи образуют перекрытие передач.

По мере включения сцепления уменьшается момент, передаваемый тормозом, и реактивная сила, действующая через рычаг от ленты тормоза на золотник блокирующего клапана. При определенном моменте, передаваемом тормозом, золотник блокирующего клапана под воздействием пружины и давления масла, находящегося под золотником, перемещается вверх, соединяя бустер ленточного тормоза со сливом (рисунок 3.10, в). Масло на слив поступает по магистрали Б через переключатель передач 6. Аккумулятор 7 не препятствует быстрому выключению тормоза. Масло через аккумулятор 1 продолжает поступать к цилиндру 2 сцепления, увеличивая его момент трения до максимальной, обычно регулируемой величины.

Рассматриваемое устройство обеспечивает наиболее благоприятную характеристику переходного процесса переключения передач. Его особенностью является нарастание давления в фрикционном элементе второй передачи при постоянном давлении в фрикционном элементе первой передачи и

резкое выключение фрикционного элемента первой передачи при давлении во фрикционном элементе второй передачи, еще не достигшем максимальной величины.

При переключении со второй передачи на первую золотник переключателя передач *б* сдвигается влево (рисунок 3.10, б). Золотник блокирующего клапана находится в верхнем положении (рисунок 3.10, в). Магистраль *В* через переключатель передач *б* соединяется со сливом. Под действием отжимной пружины сцепление быстро выключается. По магистрали *Б* масло под давлением подводится через блокирующий клапан *5* и аккумулятор *7* к бустеру ленточного тормоза. Аккумулятор обеспечивает плавное нарастание момента трения ленточного тормоза. При этом увеличивается реактивная сила ленты тормоза, и золотник блокирующего клапана опускается вниз. В этом положении золотника масло поступает к бустеру ленточного тормоза по магистрали *А*.

Быстрое выключение сцепления и медленный темп включения тормоза разгружает двигатель, что приводит к увеличению частоты вращения. При этом частота вращения коронной шестерни планетарной передачи и барабана ленточного тормоза уменьшается. Окончательная затяжка ленточного тормоза происходит при малой частоте вращения барабана. Условия переключения со второй передачи на первую в результате такого действия системы приближаются к теоретическим, что обеспечивает плавное переключение и малую работу буксования ленточного тормоза. Описанное устройство несколько усложняет конструкцию ленточного тормоза.

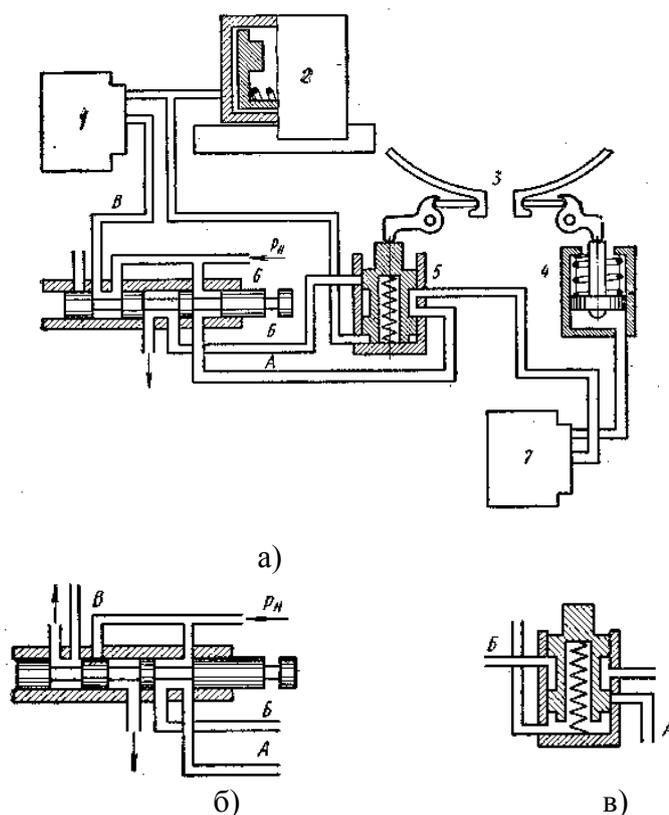


Рис. 3.10. Система, осуществляющая переключения с перекрытием передач

С целью обеспечения плавного переключения передач иногда для управления шестеренчатыми передачами совместно с фрикционными элементами используют механизмы свободного хода.

### **3.3. Электрогидравлические системы управления**

Начиная со второй половины восьмидесятых годов прошлого столетия для управления автоматическими трансмиссиями стали активно использоваться электронные блоки управления. Их появление на автомобилях позволило реализовать более гибкие системы управления, учитывающие гораздо большее, по сравнению с чисто гидравлическими системами управления, число факторов, что в конечном счете повысило КПД моторно-трансмиссионной установки.

В настоящее время все автомобили с автоматическими коробками передач выпускаются только с электронными системами управления. Такие системы позволяют гораздо точнее управлять процессом переключения передач, используя для этого гораздо больше параметров состояния как самого автомобиля, так и его отдельных систем.

В общем случае электрическую часть системы управления трансмиссией можно разделить на три части: измерительную (датчики и переключатели), анализирующую (блок управления) и исполнительную (соленоиды).

В состав измерительной части системы управления, как правило, входят следующие элементы:

- датчик положения рычага выбора диапазона;
- датчик положения дроссельной заслонки;
- датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- датчик температуры трансмиссионного масла;
- датчик частоты вращения выходного вала коробки передач;
- датчик частоты вращения турбинного колеса гидротрансформатора;
- датчик скорости транспортного средства;
- датчик принудительного понижения передачи;
- выключатель повышающей передачи;
- переключатель режимов работы коробки передач;
- датчик использования тормозов;
- датчики давления.

На анализирующую часть системы управления возложены следующие задачи:

- определение моментов переключения;
- управление качеством переключения передач;
- управление величиной давления в основной магистрали;
- управление блокировочной муфтой гидротрансформатора;
- контроль за работой трансмиссии;
- диагностика неисправностей.

К исполнительной части системы управления относятся:

- соленоиды переключения;

- соленоид управления блокировочной муфтой гидротрансформатора;
- соленоид регулятора давления в основной магистрали.

В блок управления поступают сигналы от датчиков переключателей, где они обрабатываются и анализируются, и на основании результатов их анализа блок вырабатывает соответствующие сигналы управления. Принцип работы блоков управления всех трансмиссий, независимо от марки автомобиля, примерно один и тот же.

На большинстве современных автомобилей работой трансмиссии управляет отдельный блок управления, называемый трансмиссионным. Но в настоящее время наметилась тенденция использования общего блока управления двигателем и трансмиссией, хотя по сути этот общий блок также состоит из двух процессоров, только расположенных в едином корпусе. В любом случае оба процессора взаимодействуют друг с другом, но при этом процессор управления двигателем всегда имеет приоритет над процессором управления трансмиссией. Кроме того, блок управления трансмиссией использует в своей работе сигналы некоторых датчиков, относящихся к системе управления двигателем, например датчика положения дроссельной заслонки, датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя и др. Как правило, эти сигналы поступают сначала в блок управления двигателем и затем в блок управления трансмиссией.

Задача блока управления заключается в обработке сигналов датчиков, входящих в систему управления данной трансмиссии, анализе получаемой информации и выработке соответствующих управляющих сигналов.

Сигналы датчиков, поступающих в блок управления, могут быть как в форме аналогового сигнала, так и в форме дискретного сигнала.

Аналоговые сигналы преобразовываются в блоке управления с помощью аналого-цифрового преобразователя в оцифрованный сигнал. Полученная и переработанная информация затем сравнивается с данными, находящимися в памяти компьютера. На основе сравнительного анализа поступивших и хранящихся в памяти данных вырабатываются управляющие сигналы.

В электронной памяти блока управления хранится набор команд по управлению трансмиссией в зависимости от внешних условий движения автомобиля и состояния АКП. Кроме того, современные системы управления автоматическими коробками передач анализируют манеру водителя управления автомобилем и выбирают соответствующий алгоритм переключения передач.

В результате анализа полученной информации блок управления вырабатывает команды для исполнительных механизмов, в качестве которых в электрогидравлических системах используются электромагнитные клапаны (соленоиды). Соленоиды преобразовывают поступающие к ним электрические сигналы в механическое перемещение плунжера гидравлического клапана. Кроме того, блок управления трансмиссией осуществляет обмен информацией с блоками управления других систем (двигателя, круиз-контроля, кондиционера и др.).

### 3.3.1. Программы управления

Любой блок управления не может работать сам по себе. Необходим набор инструкций или программы управления, которые и определяют функциональное назначение данного компьютера. Эти программы состоят из отдельных блоков. Одни блоки содержат математические и логические инструкции по обработке данных и выработке управляющих команд. Другие содержат данные, относящиеся к характеристикам транспортного средства: модель двигателя и все характеристики, связанные с ней, передаточное отношение главной передачи и др.

Математические зависимости и константы записываются в память блока управления в виде матриц. Блок управления постоянно считывает из них нужную в данный момент времени информацию и использует ее для принятия решения по управлению трансмиссией.

На начальном этапе движения, когда двигатель и трансмиссия еще недостаточно прогреты, необходимо обеспечить их защиту от перегрузок. Для этого в блоке управления имеется специальная программа, в соответствии с которой управление двигателем и трансмиссией осуществляется без обратной связи, т.е. без учета фактических значений параметров состояния двигателя и трансмиссии. В этом случае для принятия решений блок управления использует только данные, записанные в его памяти.

Работа двигателя без обратной связи характеризуется обогащенной смесью, что требует отмены работы системы дожигания отработанных газов и изменения угла опережения зажигания. Для трансмиссии этот режим характеризуется запретом блокировки гидротрансформатора и более поздними по оборотам двигателя переключениями передач.

Хотя блок управления двигателя не учитывает изменение входных сигналов, но он непрерывно контролирует их для того, чтобы определить, когда цикл прогрева двигателя и трансмиссии закончится. Как только температура охлаждающей жидкости двигателя достигает рабочего значения, так сразу же все блоки управления, находящиеся на борту автомобиля, переходят на нормальный (штатный) режим работы.

Для управления трансмиссией в штатном режиме работы в память ее блока управления записано несколько программ переключения передач: экономичная, спортивная, движения по скользкой дороге и др. Для реализации той или иной программы в автомобилях более ранних годов выпуска рядом с рычагом выбора диапазона расположен специальный переключатель, который в зависимости от марки автомобиля может иметь различные обозначения: «POWER», «COMFORT», «S», «SPORT», «AUTO», «AD MODE», «WINTER», «W», «HOLD» и т.п.

На современных автомобилях выбор «экономичной» или «спортивной» программы работы системы управления коробки передач осуществляется автоматически в зависимости от характера воздействия водителя на педаль управления дроссельной заслонкой. При плавном, спокойном характере воздействия на эту педаль реализуется экономичная программа управления трансмиссией. Спортивную программу блок управления выбирает тогда, когда

получает информацию о постоянном резком воздействии на педаль управления дроссельной заслонкой. Кроме того, современные системы управления способны автоматически предотвращать нежелательное переключение с третьей на четвертую передачу. Это может происходить, например, при движении с прицепом, когда двигатель имеет большую нагрузку, или при движении по дороге с большим уклоном. Если перед движением под уклон автомобиль двигался на четвертой передаче, то в начале движения под уклон система управления автоматически произведет переключение на третью передачу. Системы управления, способные автоматически подстраиваться под манеру управления водителем автомобиля и учитывать внешние условия движения, называются адаптивными.

Экономичная программа настроена на обеспечение движения с минимальным расходом топлива. В этом случае повышающие переключения происходят приблизительно при достижении оборотов двигателя средних значений, что соответствует на характеристике расхода топлива минимуму. Движение автомобиля в этом случае имеет плавный, спокойный характер.

Спортивная программа настроена на максимальное использование мощности двигателя. Поэтому повышающие переключения происходят в районе максимальных оборотов двигателя, при которых двигатель развивает максимальную мощность. Автомобиль в этом случае развивает, по сравнению с экономичной программой, значительно большее ускорение.

Электронные блоки управления практически всех современных автомобилей имеют специальную программу трогания с места на скользкой дороге. Суть этой программы, как правило, сводится к тому, что автомобиль начинает движение не с первой, а со второй передачи. В дальнейшем разрешены все переключения, кроме включения первой передачи.

В случае возникновения в трансмиссии или системе управления неисправности, которая может привести к серьезной поломке АКП, блок управления начинает работать по программе защиты трансмиссии, что позволяет автомобилю добраться своим ходом до ремонтной мастерской или гаража.

Обычно в режиме защиты в коробке передач включается одна какая-либо передача и запрещены все переключения. Номер передачи, включаемой в защитном режиме, как правило, соответствует передаче, на которой все соленоиды переключения находятся в выключенном состоянии. Кроме того, в защитном режиме в основной магистрали устанавливается максимальное давление и запрещается блокировка гидротрансформатора.

### **3.3.2. Датчики**

Датчики предназначены для преобразования перемещения, температуры или давления в электрический сигнал. Электрогидравлические системы управления имеют в своем составе несколько датчиков, с помощью которых контролируются параметры различных систем и условия эксплуатации трансмиссии. Базируясь на информации, поступающей от датчиков, блок

управления принимает решения и формирует управляющие сигналы для исполнительных механизмов.

### **Датчик температуры масла АКП**

Датчик температуры масла АКП представляет собой терморезистор, сопротивление которого определяется температурой масла АКП. Они классифицируются на две группы (рисунок 3.11):

- терморезисторы с отрицательным температурным коэффициентом, сопротивление которых уменьшается с увеличением температуры (NTC);
- терморезисторы с положительным температурным коэффициентом, сопротивление которых увеличивается с увеличением температуры (PTC).

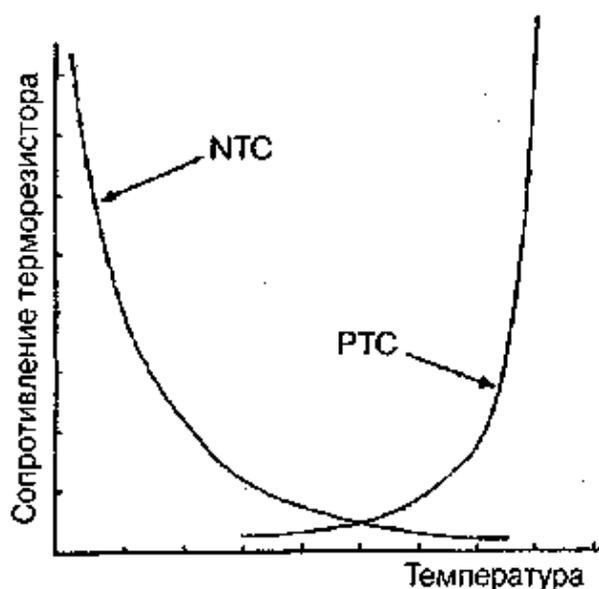


Рис. 3.11. Характеристика терморезисторов

Блок управления подает на датчик температуры масла АКП опорное напряжение и определяет падение напряжения на этом датчике. Зависимость сопротивления терморезистора от температуры представляет собой аналоговый сигнал.

### **Датчики давления**

Эти датчики предназначены для измерения давления в отдельных каналах системы управления АКП. Они преобразуют давление масла в электрический сигнал и передают его в блок управления. Существуют два типа датчиков давления: релейные и аналоговые.

Датчики релейного типа могут сообщать блоку управления только лишь о том, что в месте установки датчика давление масла не ниже заданной величины. Они по сути своей работают как выключатели (рисунок 3.12). Если давление равно или больше заданной величины, то контакты датчика замкнуты, и в блок управления поступает соответствующий сигнал. Если же давление становится ниже заданной величины, то контакты датчика размыкаются. Так блок управления может отслеживать наличие требуемого давления в заданной точке системы управления.

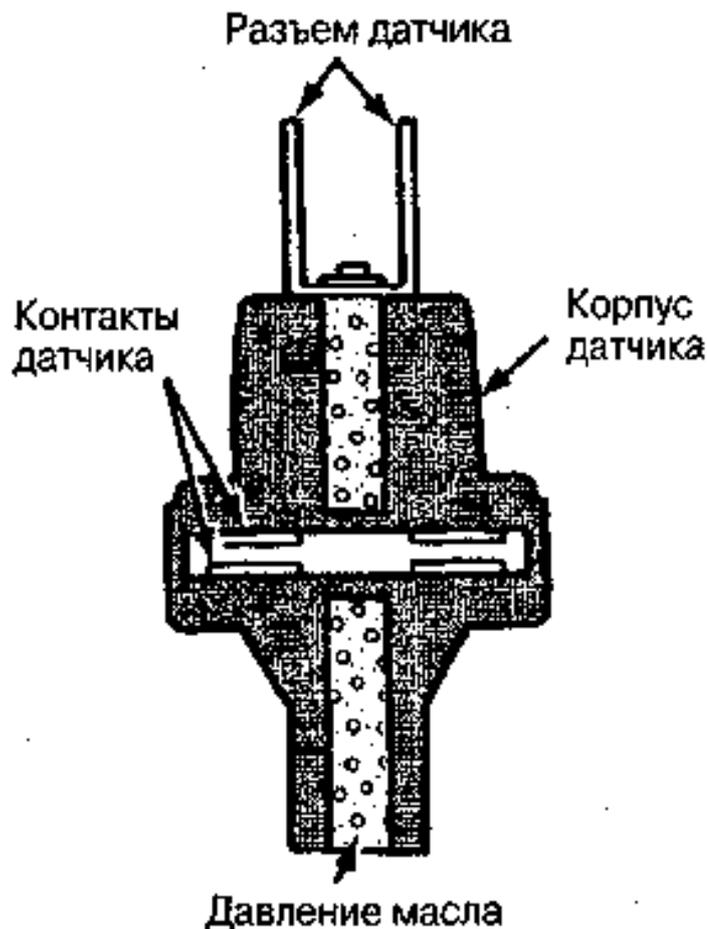


Рис. 3.12. Датчик давления релейного типа

Аналоговые датчики способны изменять величину электрического сигнала пропорционально давлению. В этих датчиках используются пьезоэлементы, электрическое сопротивление которых зависит от величины их деформации. Блок управления подает на вход датчика опорное напряжение и определяет разность напряжений между входной и выходной клеммами.

#### **Датчик положения рычага выбора диапазона**

Этот датчик расположен на картере коробки передач и соединен с рычагом выбора диапазона. Он предназначен для передачи в блок управления информации о положении рычага выбора диапазона АКПП, кроме того, сигналы датчика в положениях «Р» (парковка) и «N» (нейтраль) используются блоком управления двигателем для разрешения запуска двигателя. Датчик представляет собой переключатель, который замыкает или размыкает определенные электрические цепи. Конструкции этих датчиков весьма разнообразны. Рассмотрим принцип работы одного из них (рисунок 3.13).

В переключателе находятся два контакта, управляемых посредством двух толкателей. Толкатели, в свою очередь, управляются кулачковым сектором, соединенным с рычагом выбора диапазона.

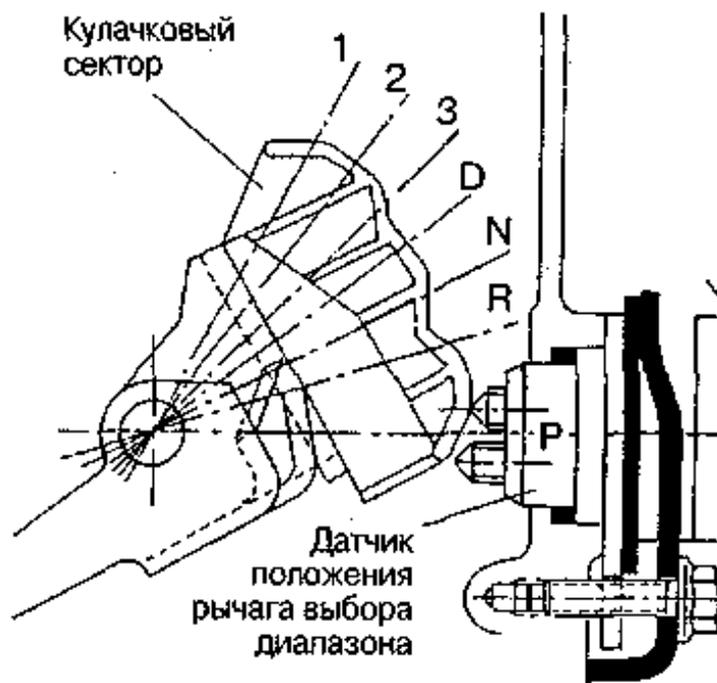


Рис. 3.13. Датчик положения рычага выбора диапазона

### **Датчик использования тормозов**

Этот датчик размещен на тормозной педали. Датчик представляет собой обыкновенный выключатель, задача которого сообщать блоку управления о состоянии системы управления тормозами. Датчики бывают двух типов: нормально замкнутые и нормально разомкнутые. Первые в свободном состоянии находятся в выключенном состоянии, а при воздействии на них включаются. Вторые в свободном состоянии включены и при воздействии на них выключаются. В некоторых автомобилях датчик использования тормозов обеспечивает еще и блокировку рычага выбора диапазона в положении «Р». Если тормозная педаль нажата, то сигнал датчика выключает исполнительный механизм блокировки рычага выбора диапазона, разрешая тем самым его перемещение из позиции «Р» в любую другую позицию. В противном случае рычаг будет заблокирован.

### **Датчик принудительного понижения передачи**

Этот датчик размещен чаще всего под педалью управления дроссельной заслонкой. Датчик представляет собой обыкновенный выключатель, задача которого сообщать блоку управления о том, что необходимо произвести в коробке передач понижающее переключение. Этот режим, как уже отмечалось, служит для получения более высоких значений ускорения автомобиля, что бывает необходимо во время обгона. Принцип работы этого датчика аналогичен принципу работы датчика использования тормозов.

### **Датчик положения дроссельной заслонки**

В общем случае датчик состоит из трех частей: датчика полного закрытия дроссельной заслонки, датчика промежуточного положения дроссельной заслонки и датчика полного открытия дроссельной заслонки. Этот датчик

располагается, как правило, в корпусе дроссельной заслонки. В некоторых автомобилях датчик полного открытия дроссельной заслонки не используется. Датчики полного закрытия дроссельной заслонки и ее полного открытия представляют собой выключатели, которые имеют только два рабочих положения: «Вкл.» или «Выкл.». Задача этих датчиков - сообщать блоку управления либо о полном закрытии, либо о полном открытии дроссельной заслонки. Сигналы этих датчиков имеют релейный характер.

Датчик промежуточного положения дроссельной заслонки представляет собой резистор переменного сопротивления. Датчик определяет положение дроссельной заслонки и передает эту информацию в электронный блок управления трансмиссией, который использует ее для управления переключением передач, блокировкой трансформатора и регулирования давления в основной магистрали. Зависимость сигнала этого датчика от угла открытия дроссельной заслонки носит линейный характер.

#### **Выключатель повышающей передачи**

Выключатель повышающей передачи используется для запрета применения повышающей передачи. При этом загорается контрольная лампочка блокировки включения этой передачи. Выключатель представляет собой кнопку с двумя фиксированными положениями, одно из которых соответствует включенному состоянию, а второе - выключенному состоянию. Как правило, кнопка выключателя повышающей передачи расположена на рычаге выбора диапазона (рисунки 3.14).

#### **Переключатель режимов работы коробки передач**

Как уже отмечалось выше, для адаптации работы коробки передач к определенным условиям движения в систему управления могут быть заложены несколько программ переключения передач.

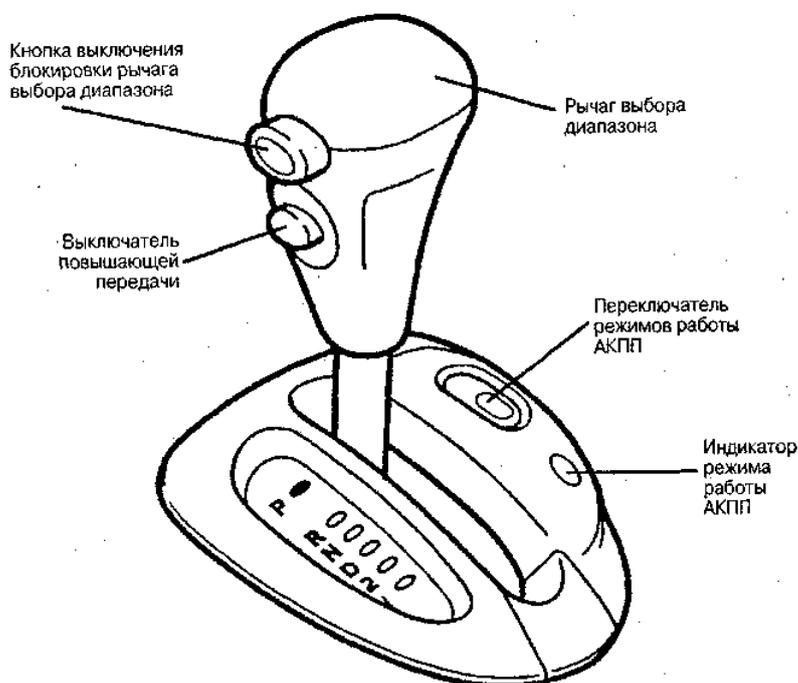


Рис. 3.14. Элементы управления режимами работы АКПП

Выбор одной из этих программ осуществляется с помощью соответствующего переключателя (рисунок 3.14). В зависимости от количества программ, заложенных в память блока управления, переключатель режимов работы АКП может быть двухпозиционным или трехпозиционным. Кроме того, некоторые модели автомобилей более ранних годов выпуска имели два переключателя режимов работы АКП, один из которых позволял использовать экономичную или спортивную программу, а второй был предназначен для включения программы движения по скользкой дороге. В настоящее время, в связи с использованием адаптивных систем управления, используется только лишь один переключатель, предназначенный для включения программы движения по скользкой дороге.

#### Датчики измерения частоты вращения

Для определения частоты вращения вращающихся деталей в АКПП используются специальные датчики, называемые датчиками-генераторами напряжения, которые сами формируют собственное напряжение и не зависят от опорного напряжения. Существуют два типа датчиков-генераторов напряжения:

- генератор магнитных импульсов;
- датчик на основе эффекта Холла.

Магнитный импульсный генератор иногда называют магнитным датчиком или индукционным датчиком. Магнитный импульсный датчик представляет собой катушку, внутри которой расположен постоянный магнит (рисунок 3.15).

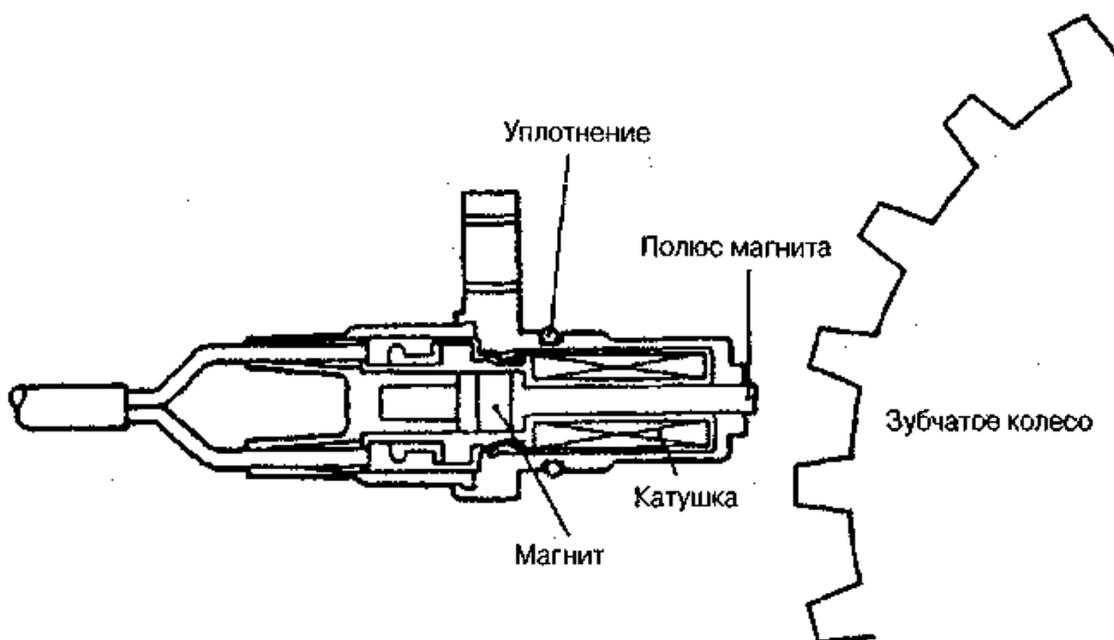


Рис. 3.15. Магнитный импульсный датчик

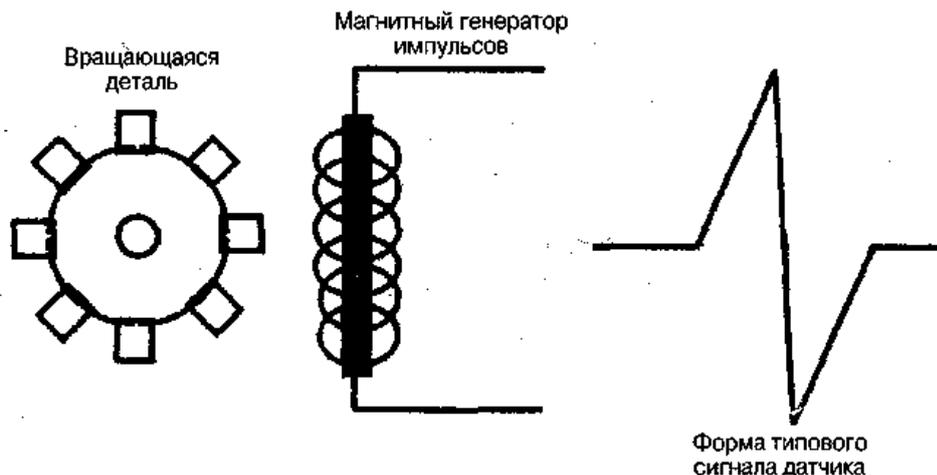


Рис. 3.16. Принцип действия магнитного импульсного датчика

В момент прохождения через магнитное поле датчика какого-либо металлического выступа, например зуба шестерни, в катушке датчика возбуждается напряжение (рисунок 3.16). Этот импульс напряжения передается в блок управления. В память блока управления заложена информация о количестве импульсов, которые должны прийти за один оборот детали. Поэтому, определив число импульсов, поступивших за определенный отрезок времени, блок управления достаточно просто определяет частоту вращения детали.

В большинстве трансмиссий с АКП в качестве датчиков оборотов валов используются именно генераторы магнитных импульсов.

Датчик Холла представляет собой полупроводниковый преобразователь силы электрического тока в напряжение, действие которого основано на эффекте Холла. Суть эффекта Холла заключается в возникновении поперечного электрического поля в проводнике или полупроводнике с током при помещении его в магнитное поле.

Датчик состоит из небольшой микросхемы и постоянного магнита. Микросхема устанавливается, как правило, с наружной стороны вращающегося барабана с отверстиями, а магнит - напротив микросхемы, но внутри барабана.

Блок управления подает на микросхему постоянное напряжение. При прохождении одного из отверстий барабана мимо магнита последний начинает воздействовать на микросхему, в которой возникает поперечное электрическое поле. Возникновение этого поля приводит к падению напряжения между входом и выходом микросхемы. Затем магнитное поле перекрывается стенкой барабана, и магнит перестает воздействовать на микросхему, в результате чего падение напряжения на микросхеме восстанавливается до первоначального значения. Затем прохождение мимо магнита следующего отверстия вновь приводит к увеличению разности.

### 3.3.3. Исполнительные механизмы

После обработки блоком управления входных сигналов и определения требуемой реакции вырабатываются соответствующие сигналы элементам, называемым исполнительными механизмами, в которых они преобразовываются в механическое перемещение.

В автомобилях в качестве исполнительных механизмов чаще всего используются реле, шаговые двигатели и соленоиды. В системах же управления трансмиссией используются в основном электромагнитные клапаны (соленоиды).

Соленоид - это гидравлический клапан, управляемый электромагнитом (рисунок 3.17). Внутри катушки находится сердечник, который соединен с подвижным элементом гидравлического клапана, это может быть либо плунжер, либо просто шарик (рисунок 3.17).

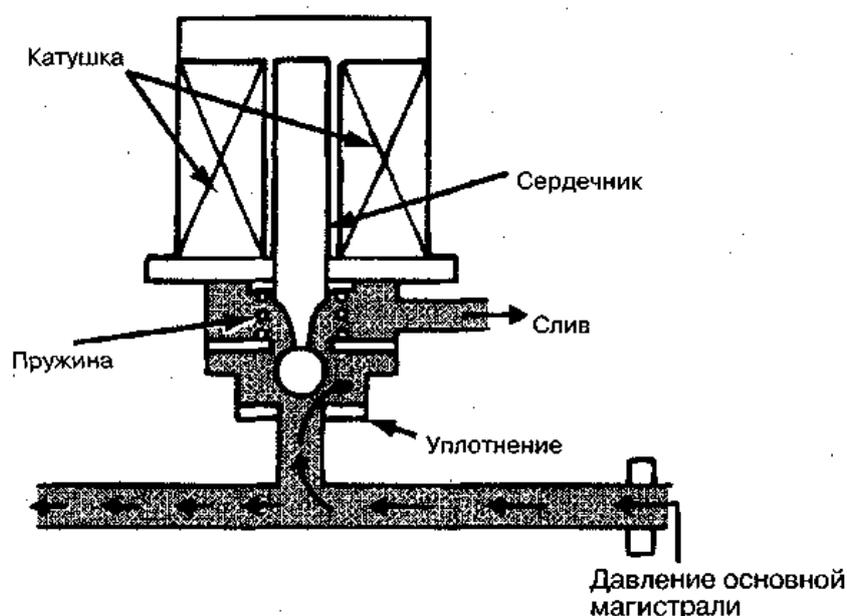


Рис. 3.17. Электромагнитный клапан

При подводе напряжения на катушку соленоида его сердечник под действием электромагнитной силы перемещается, а в случае снятия напряжения под воздействием пружины возвращается в исходное положение. Таким образом, соленоид преобразовывает электрическую энергию в механическую. Соленоид - дискретное устройство, поскольку он может находиться только в двух состояниях: открыт или закрыт.

В системах управления автоматическими коробками передач используются два типа соленоидов: соленоиды переключения и соленоиды, регулирующие давление. Соленоиды переключения применяются для управления блокировочной муфтой гидротрансформатора и переключением передач. Соленоиды, регулирующие давление, используют для формирования давления как в основной магистрали, так и непосредственно в бустерах фрикционных элементов управления. Электромагнитные клапаны последнего типа работают

по определённому циклу. Частота пульсации, т.е. количество импульсов, поданных на соленоид за единицу времени, для разных соленоидов может изменяться в широких пределах, причем чем выше частота, тем точнее происходит регулирование величины давления. Например, в трансмиссии 4Т80Е для управления скольжением блокировочной муфты гидротрансформатора установлен соленоид с частотой пульсации 32 Гц, а для регулирования давления в основной магистрали используется соленоид, работающий с частотой 292,5 Гц.

### **3.3.4. Системы управления блокировочной муфтой гидротрансформатора**

Блокировка трансформатора обеспечивает прямую механическую связь двигателя с входным валом коробки передач, что позволяет несколько увеличить КПД всей трансмиссии, особенно при движении по скоростным трассам. Блокировку гидротрансформатора можно осуществить различными способами: с помощью центробежной блокировочной муфты, вязкостной муфты, с использованием блокировочной муфты, расположенной в планетарной коробке передач, и, наконец, путем использования простой фрикционной муфты, режимы работы которой контролирует система управления АКП. Из всех перечисленных выше способов в настоящее время последний получил наибольшее применение. Практически все трансмиссии с автоматическими коробками передач современных автомобилей имеют в своем составе гидротрансформаторы, блокировка которых осуществляется с помощью фрикционной муфты. Причем если раньше управление блокировочной муфтой гидротрансформатора осуществлял гидравлический блок, то теперь эта функция возложена на электронный блок управления. Помимо определения моментов включения и выключения блокировочной муфты, на многих автомобилях электронный блок управления ответствен и за качество включения этой муфты.

В настоящее время имеется большое количество вариантов построения как гидравлической, так и электрической части системы управления блокировочной муфтой гидротрансформатора. Рассмотрим наиболее типичную схему управления блокировочной муфтой гидротрансформатора. На рисунке 3.18 представлена схема управления блокировочной муфтой гидротрансформатора, которая была разработана фирмой Chrysler для трансмиссий заднеприводных автомобилей. За основу этой схемы была взята схема, используемая в чисто гидравлических системах управления. Коробки передач этих трансмиссий имеют четыре передачи переднего хода. Их кинематическая схема построена на основе кинематической схемы трехскоростной коробки передач с добавлением повышающего планетарного ряда. Это и обусловило использование гибридной системы управления трансмиссией.

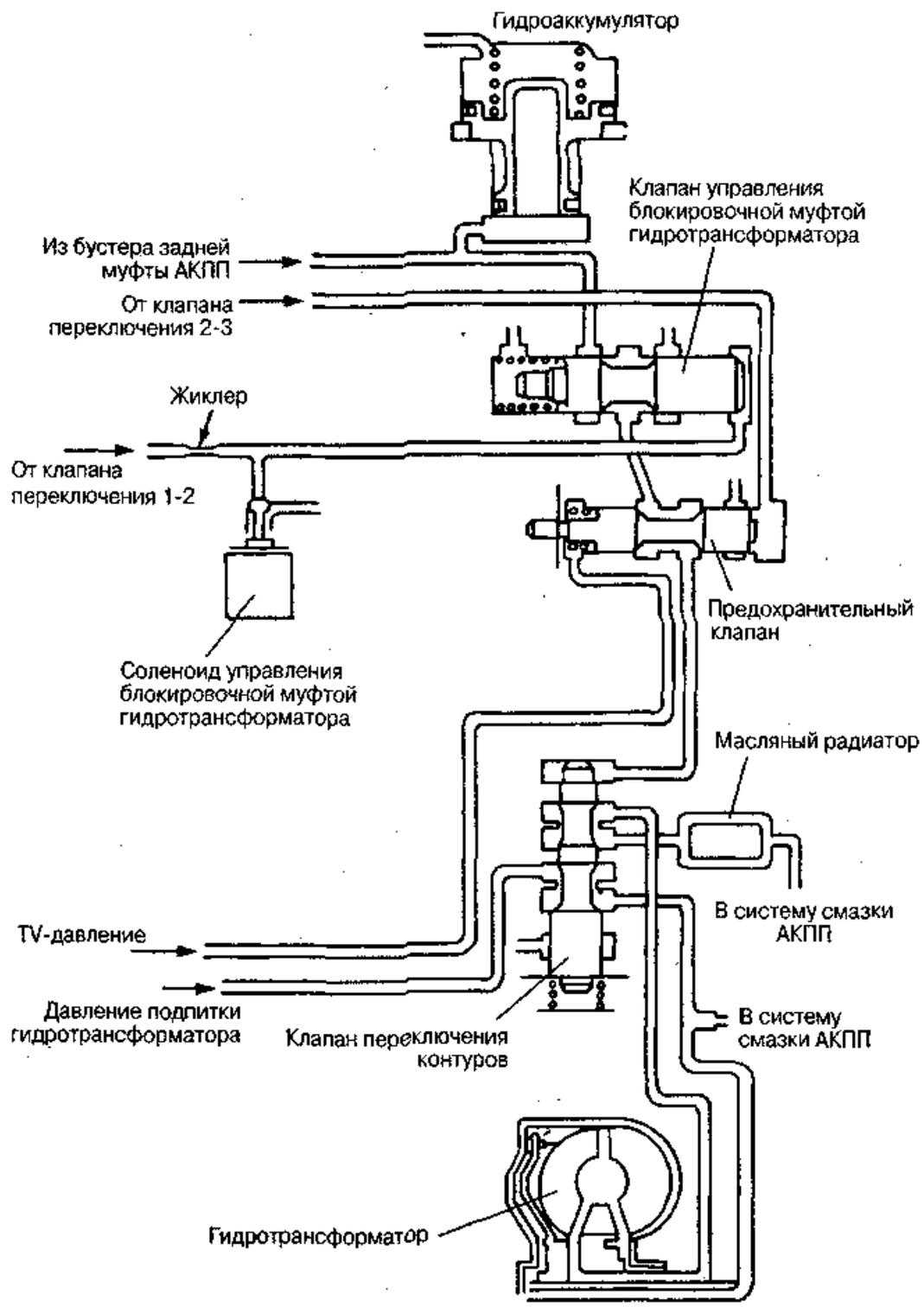
На первых трех передачах управление переключениями в АКП, т.е. управление трехскоростной коробкой передач, осуществляется гидравлической системой. Включение же четвертой передачи и блокировка

гидротрансформатора контролируются электронным блоком управления двигателя.

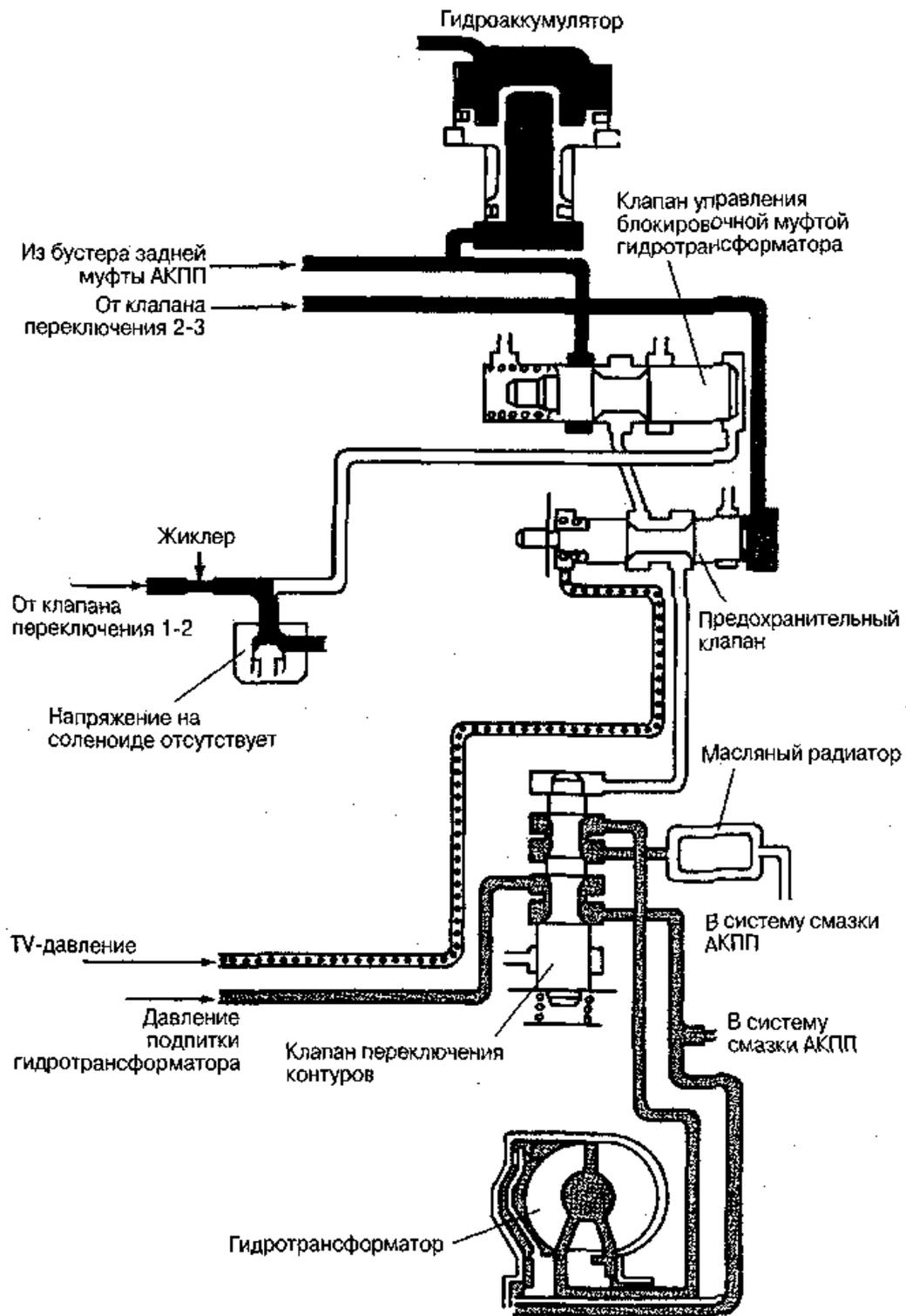
В этой схеме давление скоростного регулятора под правым торцом плунжера клапана управления блокировочной муфтой гидротрансформатора заменено давлением основной магистрали, которое подводится от клапана переключения 1-2 через жиклер. Соленоид управления блокировочной муфтой гидротрансформатора обычно обесточен, и масло из клапана переключения 1-2, проходя через открытый клапан соленоида, сливается в масляный поддон АКП (рисунок 3.18, б).

Если из блока управления на соленоид подан управляющий сигнал, то его клапан закрывается и давление основной магистрали подается под правый торец клапана управления блокировочной муфтой гидротрансформатора (рисунок 3.18, в). В результате плунжер клапана управления блокировочной муфтой гидротрансформатора перемещается влево, открывая тем самым проход маслу, подводимому к этому клапану из бустера задней муфты АКП, к клапану безопасности. Назначение клапана безопасности - не допускать блокировку гидротрансформатора на первых двух передачах. Как видно из схем (рисунки 3.18, б и в), на первых двух передачах плунжер этого клапана находится в крайнем правом положении и перекрывает доступ масла от клапана управления блокировочной муфтой гидротрансформатора к клапану переключения контуров.

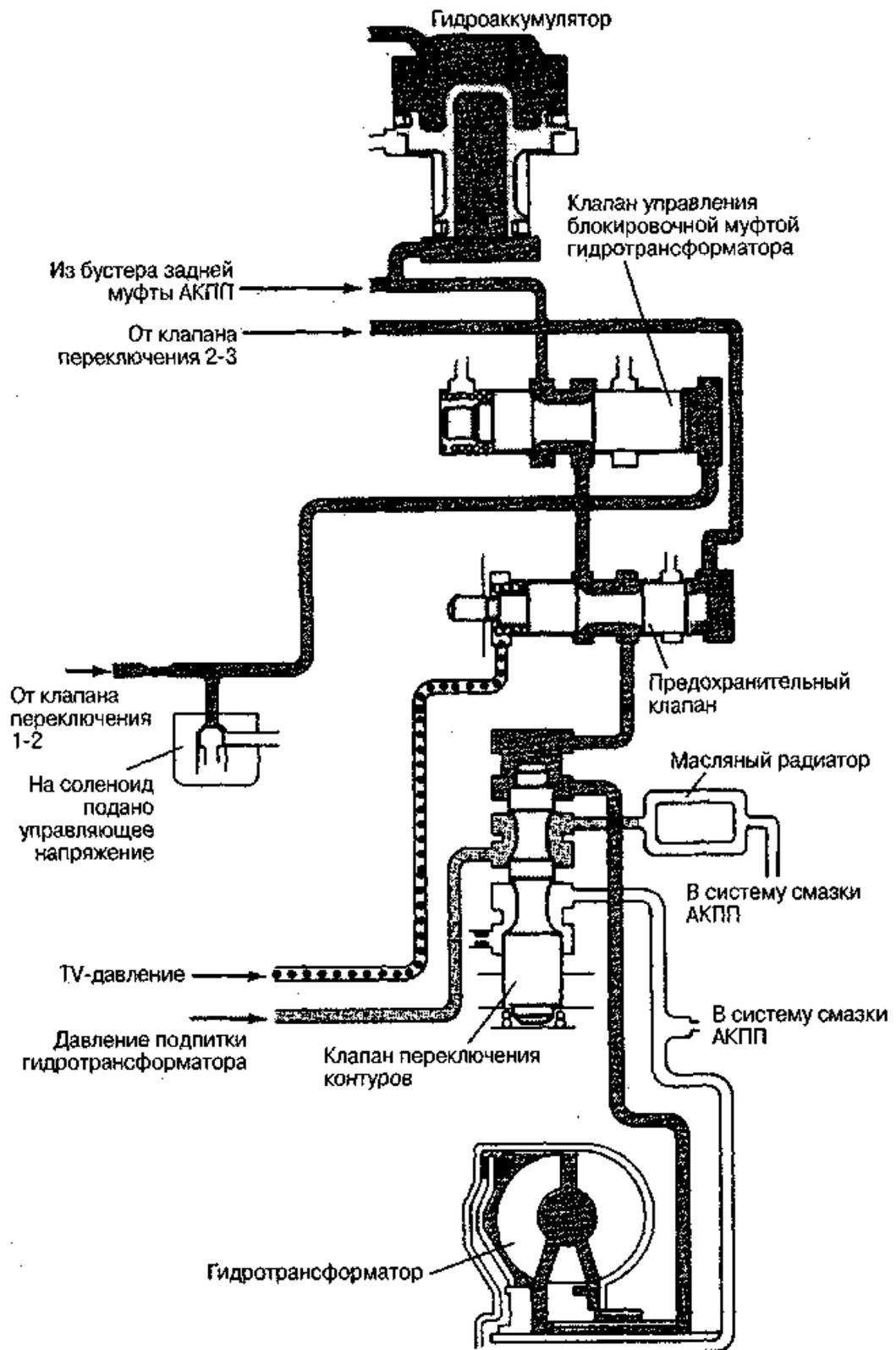
На третьей и четвертой передачах под правый торец предохранительного клапана подводится давление от клапана переключения 2-3, под действием которого плунжер клапана смещается влево, открывая тем самым доступ масла от клапана управления блокировочной муфтой гидротрансформатора к клапану переключения контуров. В результате перемещения плунжера этого клапана вниз происходит переключение гидротрансформатора с контура подпитки на контур включения блокировочной муфты.



a)



б)



в)

Рис. 3.18. Схема управления блокировочной муфтой гидротрансформатора фирмы Chrysler

### 3.3.5. Системы управления переключением передач

В трансмиссиях с электрогидравлической системой управления процесс переключения передач контролирует электронный блок управления. Наличие этого блока позволяет отказаться от использования скоростного регулятора давления и клапана-дресселя. В этом случае переключение осуществляется с помощью гидравлических клапанов, управляемых соленоидами. Схема системы с электрогидравлическим способом управления переключением передач показана на рисунке 3.19.

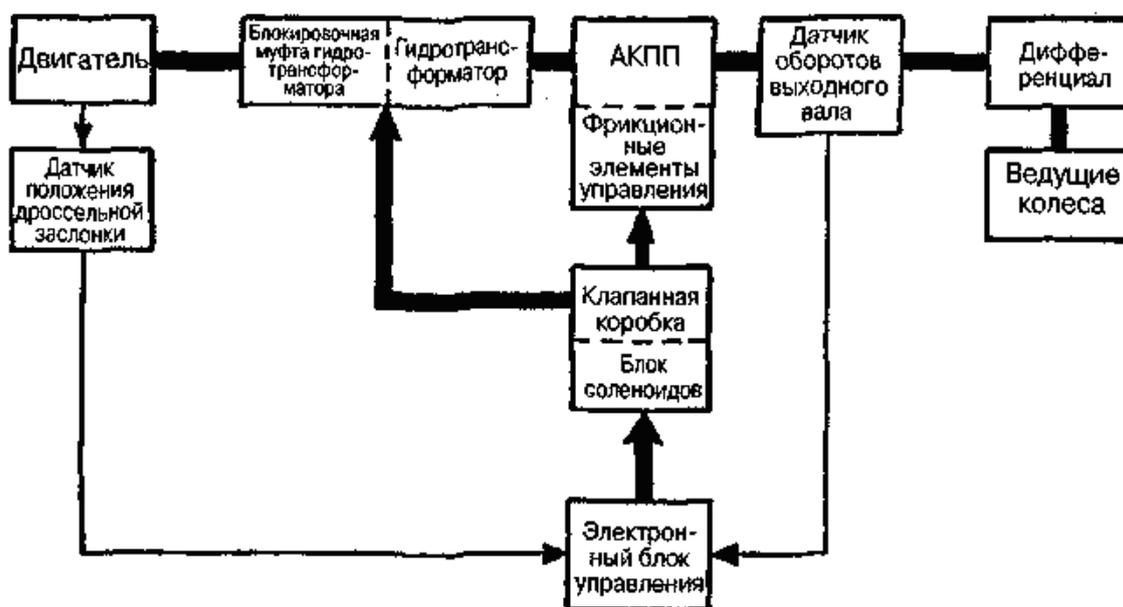


Рис. 3.19. Электрогидравлическая схема управления

Рассмотрим подробно так называемую базовую схему системы с электрогидравлическим управлением переключением передач. На автомобилях с бензиновыми двигателями соленоиды переключения, включая и соленоид управления блокировочной муфтой гидротрансформатора, напрямую связаны с блоком управления. В качестве оценочных параметров при принятии решения о переключении передачи обычно используют:

- положение дроссельной заслонки;
- скорость автомобиля;
- температуру охлаждающей жидкости двигателя;
- положение рычага выбора диапазона;
- частоту вращения двигателя
- и в некоторых новых трансмиссиях - температуру масла АКП.

В трансмиссиях с более сложной системой управления, типа трансмиссий фирмы Chrysler 41TE (A-604) и 42LE (A-606), блок управления АКП соединен с блоком управления двигателя (рисунок 3.20). Это позволяет двум системам обмениваться информацией с помощью двухпроводной связи, называемой CCD или C<sup>2</sup>D.

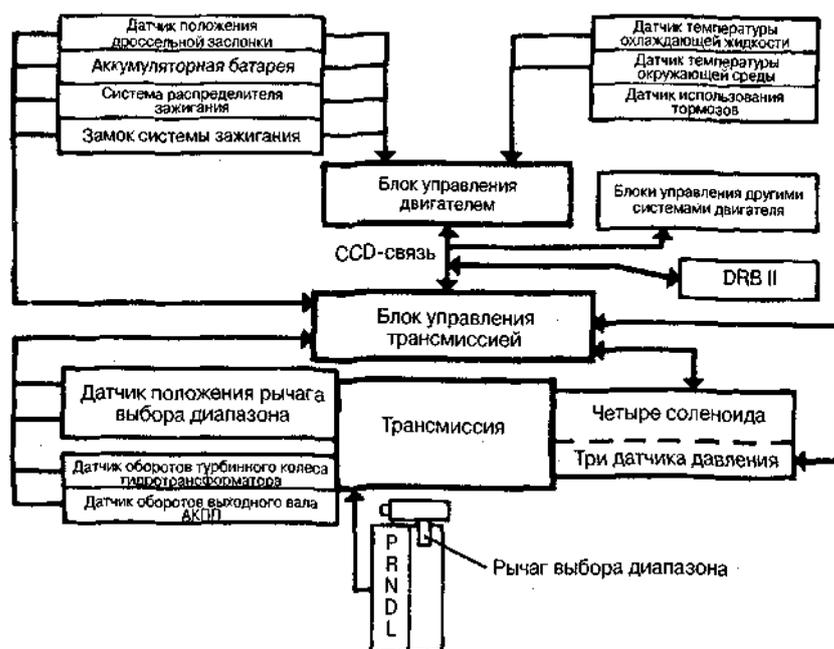


Рис. 3.20. Электрогидравлическая схема управления типа Chrysler 41TE (A-604) и 42LE (A-606)

В случае использования на автомобиле дизельного двигателя коробка передач всегда управляется отдельным компьютером. Практически большинство параметров, по которым электронный блок оценивает состояние дизельного двигателя и автомобиля, с небольшими изменениями совпадает с параметрами, используемыми блоком управления автомобилями с бензиновым двигателем. Единственным отличием является то, что вместо датчика положения дроссельной заслонки для определения количества подаваемого в цилиндры двигателя топлива используется потенциометр, подобный датчику положения дроссельной заслонки. Этот датчик устанавливается на рычаге управления топливным насосом высокого давления. В качестве исполнительных элементов используются точно такие же соленоиды, которые используются на автомобилях с бензиновыми двигателями. Соленоиды переключения обычно устанавливаются в клапанной коробке или в специальном картере, как, например, это выполнено в трансмиссии Chrysler 41TE (A-604). Соленоид с помощью иглы или шарика управляет одноходовым клапаном, который открывает или закрывает отверстие, соединяющее основную магистраль со сливным каналом.

Состояние клапана переключения определяется состоянием соленоида (наличия или отсутствия на нем напряжения). На рисунке 3.21 показана схема работы нормально закрытого соленоида, который используется для управления клапаном переключения. В отличие от чисто гидравлической системы управления в электрогидравлических системах к клапану переключения давление основной магистрали подводится по двум каналам. По одному из этих двух каналов давление подается под торец плунжера клапана переключения, которое, преодолевая силу сжатой пружины, удерживает плунжер клапана таким образом, что второй канал подвода давления основной магистрали был



Обычно в электрогидравлических системах управления от двух до четырех соленоидов. Комбинации их включенного и выключенного состояний позволяют соответствующим образом управлять фрикционными элементами АКП. Причем следует отметить, что для каждой модели трансмиссии присуща своя оригинальная комбинация состояния соленоидов на передачах.

В четырехскоростной трансмиссии фирмы GMC 4T60-E, кинематическая схема которой показана на рисунке 3.22, для управления фрикционными элементами АКП используются два соленоида (А и В). В таблице 1 показаны состояния элементов коробки передач на каждой передаче, а в таблице 2 - состояния соленоидов переключения.

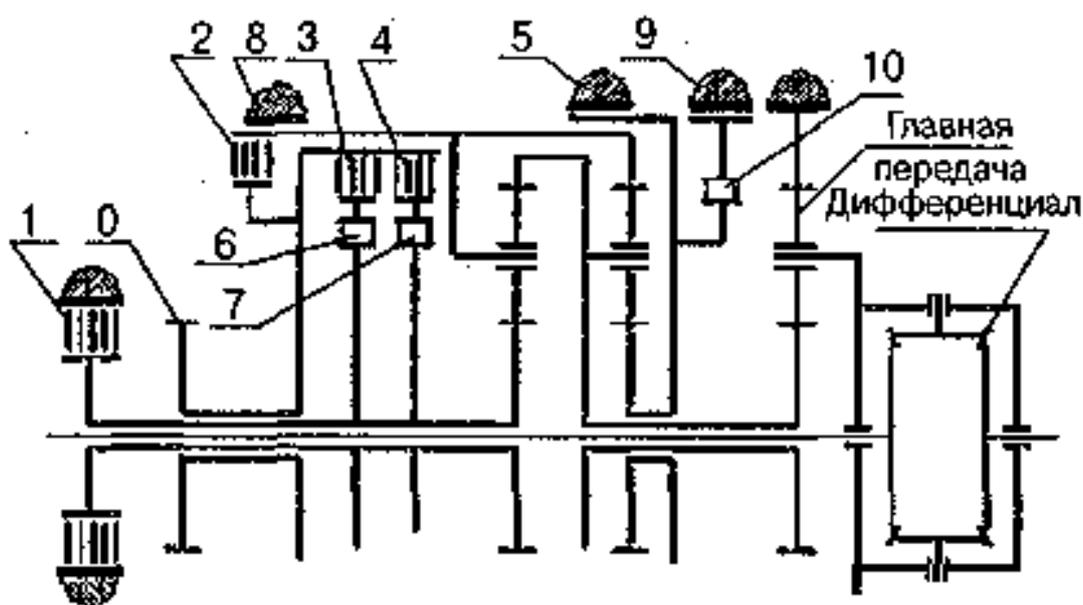


Рис. 3.22 . Кинематическая схема четырехскоростной трансмиссии фирмы GMC 4T60-E:  
 1 - тормоз четвертой (повышающей) передачи; 2 - муфта второй и третьей передач; 3 - муфта обеспечения режима торможения двигателем; 4 - муфта первой и третьей (прямой) передач;  
 5 - ленточный тормоз обеспечения режима торможения двигателем на первой и второй передачах; 6 - муфта свободного хода обеспечения режима торможения двигателем;  
 7 - муфта свободного хода первой и третьей (прямой) передач; 8 - тормоз передачи заднего хода; 9 - ленточный тормоз первой и второй передач; 10 - муфта свободного хода первой и второй передач

Таблица 1

## Состояние элементов коробки передач

Диапазон	Передача	Передачное отношение	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	–	–				*						
N	–	–				*						
R	R	2,385				X			X	X		
OD	1	2,921				X			X		X	X
	2	1,568		X		*					X	X
	3	1,000		X	X			X			X	
	4	0,705	X	X	*						X	
D	1	2,921				X			X		X	X
	2	1,568		X		*					X	X
	3	1,000		X	X	X		X	X		X	
2	1	2,921				X	*		X		X	X
	2	1,568		X		*	X				X	X
1	1	2,921			X	X	X	X	X		X	X

\* - элемент включен, но в формировании передаточного отношения не участвует

Таблица 2

## Состояние соленоидов переключения

Передача	Соленоид	
	A	B
1-я	Вкл.	Вкл.
2-я	Выкл.	Вкл.
3-я	Выкл.	Выкл.
4-я	Вкл.	Выкл.

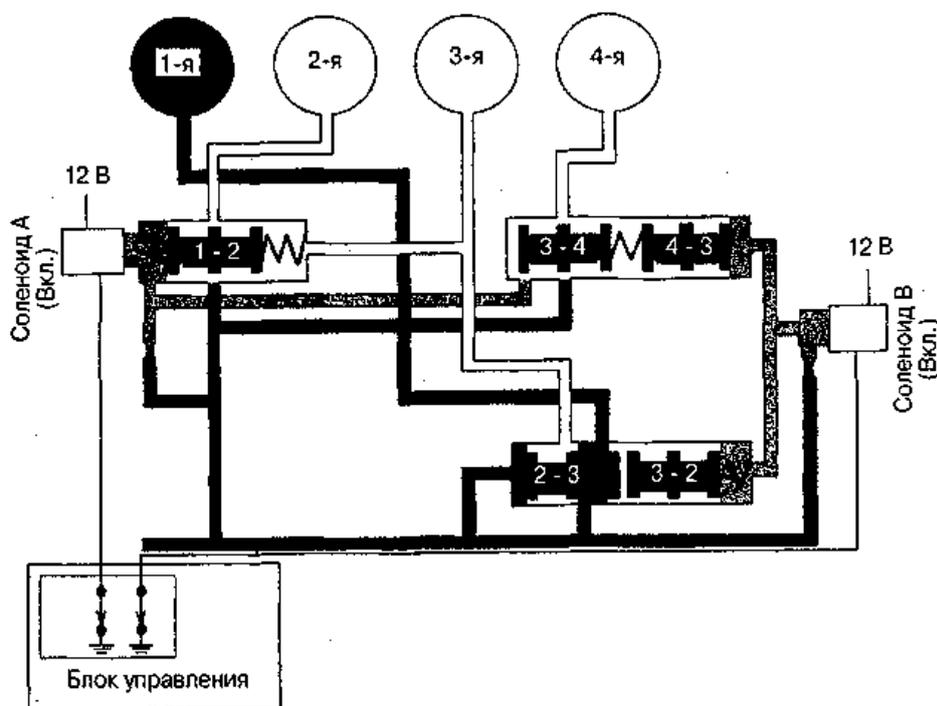
На первой передаче оба соленоида находятся во включенном состоянии (рисунок 3.23, а). Во включенном состоянии соленоида обеспечивается подвод давления основной магистрали в бустер управления блокировочной муфтой 4, а соленоида В в гидроцилиндр управления тормозом звена 5 (рисунок 3.23, а).

На второй передаче (рисунок 3.23, б) соленоид А выключен, в результате чего давление основной магистрали, благодаря перемещению плунжера

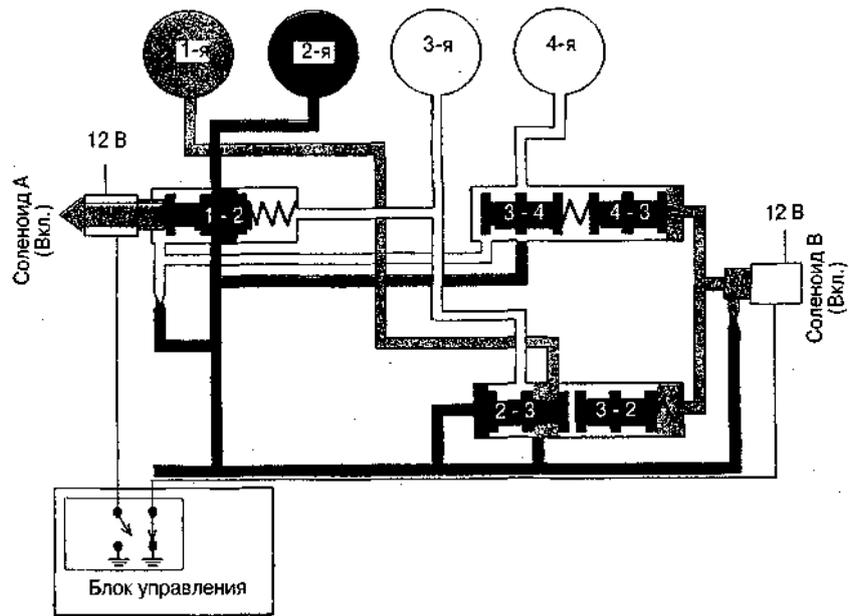
клапана переключения 1-2, подводится вместо бустера блокировочной муфты 4 в бустер блокировочной муфты 2 (рисунок 3.22). Неизменное состояние соленоида В по-прежнему обеспечивает подвод давления в гидроцилиндр ленточного тормоза 5 (рисунок 3.22).

На третьей передаче оба соленоида выключены. Выключенное состояние соленоида А обеспечивает, так же как и на второй передаче, включенное состояние блокировочной муфты 2 (рисунок 3.22). При выключении соленоида В в результате перемещения плунжера клапана переключения 2-3 из крайнего левого положения в крайнее правое (рисунок 3.23, в) происходит перераспределение давления основной магистрали, подводимого к клапану переключения 2-3, из гидроцилиндра ленточного тормоза 5 в бустер блокировочной муфты 3 (рисунок 3.22).

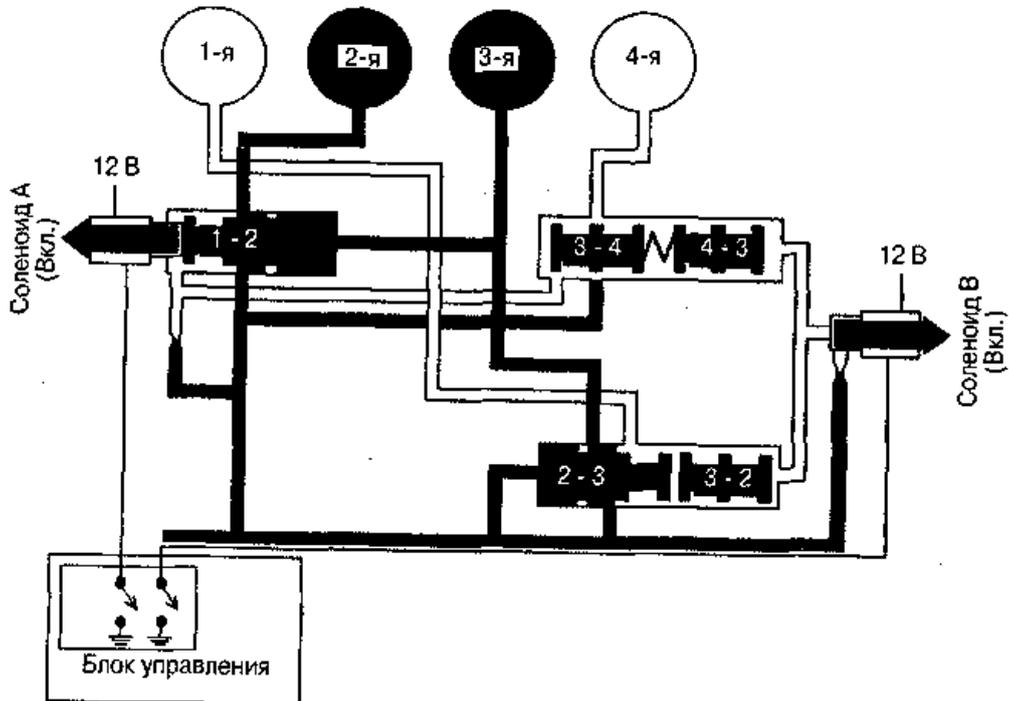
На четвертой передаче соленоид А вновь включается, а соленоид В остается выключенным (рисунок 3.23, г). Таким образом, выключенное состояние соленоида В оставляет во включенном состоянии блокировочную муфту 3, а изменение состояния соленоида А приводит к тому, что давление основной магистрали подводится в гидроцилиндр дискового тормоза звена 1 (рисунок 3.22).



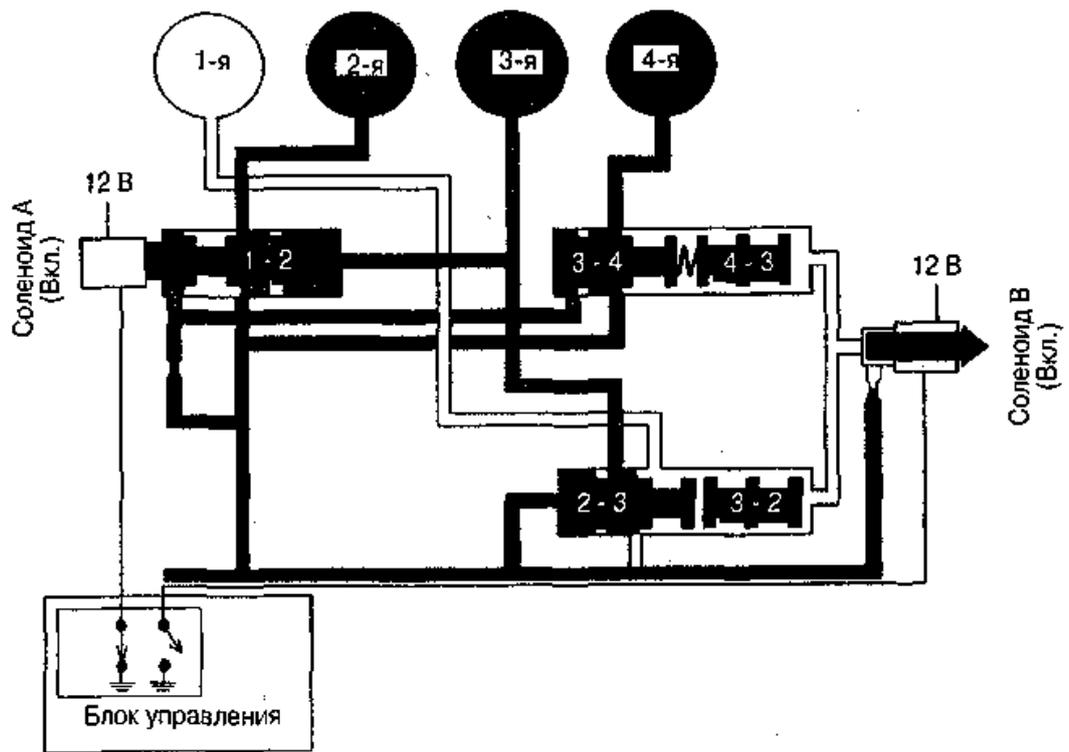
а)



б)



в)



г)

Рис. 3.23. Схема состояния соленоидов и бустеров фрикционных элементов

## ГЛАВА 4. АНТИБЛОКИРОВОЧНЫЕ И ПРОТИВОБУКСОВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ

### 4.1. Назначение и принцип работы антиблокировочных систем

Для обеспечения оптимального сочетания устойчивости и тормозной эффективности автомобиля вне зависимости от условий торможения применяются антиблокировочные системы торможения (АБС, в латинской транскрипции ABS). Задачей АБС является удержание тормозящего колеса в зоне оптимального относительного проскальзывания, при котором еще не наступает блокирование колес. АБС относятся к системам активной безопасности АТС. АБС обеспечивает автоматическое поддержание проскальзывания колес в области  $Q$  (рисунок 4.1), т.е. там, где реализуется максимальное замедление автомобиля, а величина боковой силы хоть и не максимальная, но еще гораздо больше, чем при юзе. Ширина области  $Q$  является показателем качества регулирования АБС: чем эта область уже, тем выше качество.

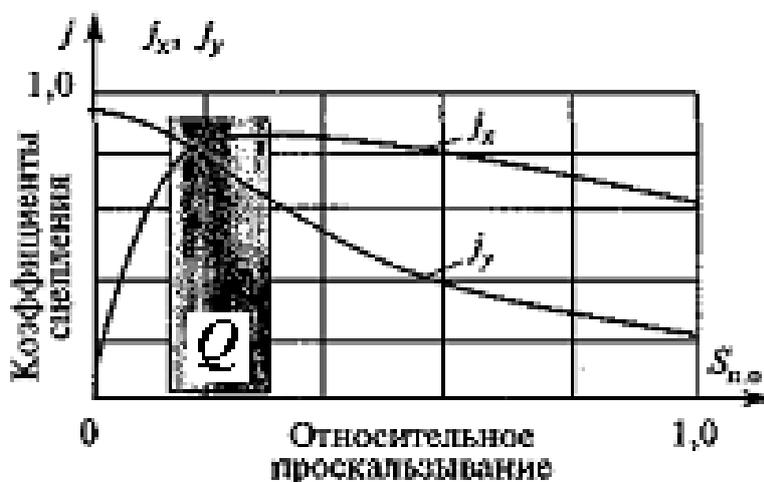


Рис. 4.1. Диаграмма  $j - S_{rel}$

К основным показателям тормозной системы с антиблокировочным управлением можно отнести: тормозной путь; оптимальное сцепление колеса с дорожным покрытием; управляемость и устойчивость при торможении; адаптацию к изменению внешних условий; электромагнитную помехоустойчивость.

Применяемые АБС представляют собой замкнутую систему автоматического регулирования. Она состоит из объекта регулирования (колесо автомобиля) и управляющей подсистемы, в которую входят устройство измерения угловой скорости колеса, устройство управления и обработки информации и устройство воздействия, включающее в себя тормозной механизм. Для согласования сигналов устройства управления с датчиками и исполнительными механизмами применяются устройства согласования. На данном этапе развития в автомобиле используются исключительно

пневматические или гидравлические исполнительные приводы регулирующих органов (тормозных механизмов). Поэтому для согласования устройства управления с ними используют преобразователи команд, представленных электрическими сигналами, в команды, представленные пневматическими или гидравлическими сигналами. Такие преобразователи получили название модуляторов.

Модуляторы АБС могут иметь различное устройство: клапанное, золотниковое, диафрагменное и смешанное. Они изменяют давление в тормозных цилиндрах по командам, получаемым от устройства управления.

В САР антиблокировочной системы торможения используют различные принципы управления: по отклонению регулируемой величины, в качестве которой выбирают угловую скорость тормозящего колеса, замедление тормозящего колеса, относительное проскальзывание, программное управление, адаптивное управление с оптимизацией по заданным критериям.

В АБС используют циклические алгоритмы управления регулируемого параметра. Наиболее распространены двухпозиционные рабочие циклы с фазами нарастания и спада (двухфазные) и трех позиционные с фазами нарастания, спада и выдержки (трехфазные). Работа по двухфазному циклу обеспечивает увеличение и уменьшение давления в модуляторе, а значит, и тормозного усилия. Работа по трехфазному циклу обеспечивает еще и третье состояние исполнительного механизма — выдержку давления заданной величины в пределах определенного интервала времени. В современных модуляторах еще более усложнен рабочий цикл: применяется несколько фаз с переменными градиентами нарастания и спада давления. Основной характеристикой модулятора является быстродействие, определяемое частотой циклов. Для того чтобы АБС обеспечивала надежное тормозное управление, алгоритм ее работы должен учитывать не менее пяти параметров: угловую скорость и ускорение (замедление) колеса, начальную скорость автомобиля при торможении, нормальную реакцию на колесо, коэффициент сцепления колеса с дорогой. Работает АБС следующим образом. Информация о затормаживании колеса поступает с датчика  $D_{v \cdot c \cdot k}$ . Сигнал с датчика через преобразователь частота — код поступает на устройство управления УУиОИ. Последнее обрабатывает входную информацию, характеризующую поведение колес. Как только скорость колеса приближается к нулю, т.е. возникает опасность блокирования колеса, АБС снижает величину тормозного усилия. После некоторой раскрутки колеса давление в тормозных камерах снова возрастает. Такие циклы повторяются до тех пор, пока не исчезнет угроза блокирования колеса или автомобиль не остановится. Сформированные команды на основе полученной информации и алгоритма управления поступают на модулятор, который преобразует команды с УУиОИ в пневматический сигнал, соответствующий параметрам входа исполнительного механизма ИМ. Последний воздействует на регулирующий орган одного или нескольких колес, обеспечивая заданный закон торможения автомобиля.

Принципиальная схема трехфазной АБС приведена на рисунке 4.2. Работает система следующим образом. АБС автоматически регулирует

тормозное усилие на каждом колесе. Поведение колеса в каждый момент времени воспринимается катушкой датчика 3, сигналы которого обрабатываются в УУиОИ. Последнее в соответствии с поведением колеса и алгоритмом управления АБС подаст электрический сигнал на тот или иной электромагнит модулятора. Когда электромагниты 1 и 13, подключенные к УУиОИ, обесточены, воздух под давлением  $P_y$  проходит по магистрали 11 от органа управления (тормозного крана или другого управляющего клапана) в надпоршневую полость  $A$ . Под действием давления в полости  $A$  поршень 10 перемещается вниз и открывает клапан 9, после чего сжатый воздух по магистрали 8 поступает от ресивера и магистраль 7 и далее к тормозным камерам 6. Ускорительный клапан, состоящий из поршня 10 и клапана 9, охвачен корректирующей отрицательной обратной связью, поэтому давление в камерах устанавливается примерно равным давлению в управляющей магистрали 11 и полости  $A$ . При работе АБС сигналы одновременно поступают на оба электромагнита 1 и 13, при этом клапан 12 закрывается, а клапан 2 открывается, и в результате сжатый воздух из полости  $A$  выходит через открытый клапан 9 в атмосферу, в результате чего происходит падение давления в тормозных камерах 6 (фаза автоматического оттормаживания). При закрытии клапана 2, когда снимается напряжение с электромагнита 1, давление в полости  $A$  и в тормозных камерах 6 остается без изменения (фаза выдержки). Далее в результате снятия напряжения с электромагнита 13 открывается клапан 12 и начинается фаза автоматического затормаживания — давление в полости  $A$  и в тормозных камерах 6 повышается. Затем цикл повторяется. Если фазы выдержки нет, получается двухфазный режим работы.

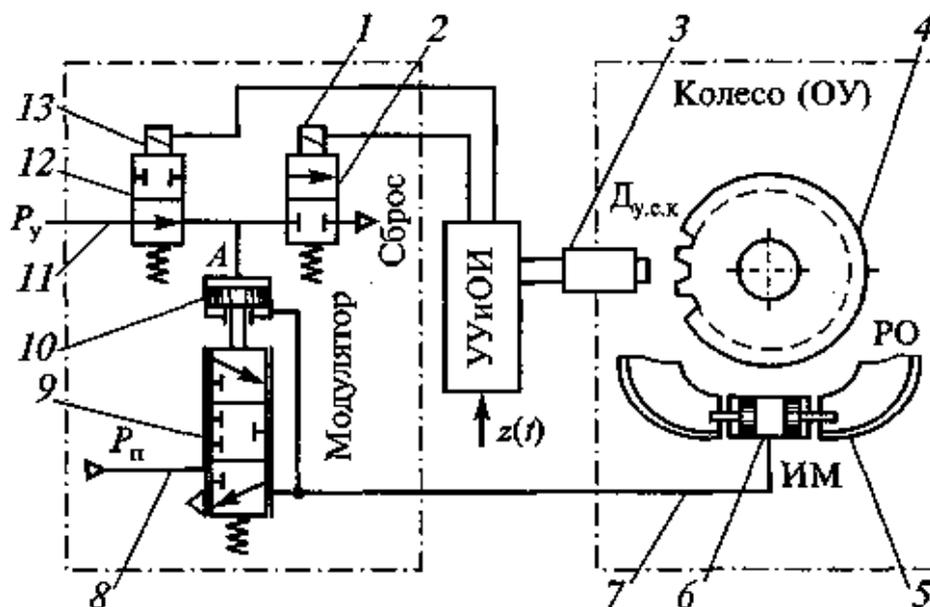


Рис. 4.2. Принципиальная схема одного канала АБС для тормозной системы с пневматическим приводом

Принципиальная схема АБС с гидравлическим приводом тормозных механизмов приведена на рисунке 4.3. На колесе 2 устанавливаются

индукционный датчик 1 угловой скорости и тормозной механизм 3. Сигналы с датчика поступают на блок управления 4. Он выполняет функции преобразователя частота — код, УУиОИ и выходных усилителей мощности для управления электромагнитным клапаном ЭМК. Информация в блоке управления обрабатывается по заданным алгоритмам и на выходе представляется в виде двухуровневых импульсных сигналов с широтно-импульсной модуляцией. При приближении угловой скорости колеса к минимальной (заданной уставкой для данной начальной скорости, т.е. когда колесо начинает блокироваться) команды с блока управления 4 подаются на модулятор 5. Модулятор преобразует род энергии носителя информативного параметра (электрического в гидравлический) и является электрогидравлическим преобразователем. Модулятор содержит два ЭМК: впускной 6, который открывает магистрали от главного цилиндра 11 и жидкость под давлением поступает к тормозному цилиндру, когда надо увеличить тормозное усилие; выпускной 7, позволяющий жидкости уйти в гидроаккумулятор 8, когда тормозное усилие надо уменьшить. Жидкость из гидроаккумулятора насосом 10 с электроприводом 9 перекачивается в главный цилиндр, создавая требуемое давление в магистрали питания насосом 10 с электроприводом 9 перекачивается в главный цилиндр, создавая требуемое давление в магистрали питания.

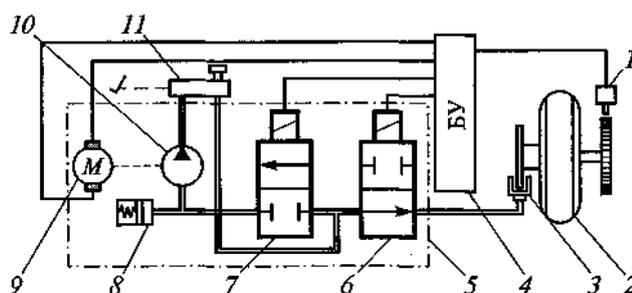


Рис. 4.3. Принципиальная схема АБС с гидравлическим приводом тормозных механизмов

Основное препятствие для массового внедрения АБС на автомобилях с гидравлическим приводом тормозов — необходимость установки дополнительного энергоемкого гидронасосного агрегата для обеспечения пульсации давления тормозной жидкости на заданном уровне. Отказаться от него позволяют новые разработки АБС, использующей кинетическую энергию тормозящего автомобиля для управления давлением в рабочих тормозных цилиндрах (рисунок 4.4). Такая АБС получила название рекуперативной.

Тормозная жидкость из главного цилиндра 4 поступает к рабочим цилиндрам 9 через нормально открытый клапан 2. В случае приближения частоты вращения колеса к нулевому значению (блокировка) датчик 8 через электронный блок 1 управления формирует команду на переключение клапанов 2. Главный цилиндр 4 отсекается, а рабочий цилиндр 9 подключается к расширительному цилиндру 6. Этот цилиндр выполняет функции насоса, перекачивающего жидкость через

обратный клапан 3 в основную магистраль. Привод поршня цилиндра 6 осуществляется с помощью кулачка 7, установленного на валу, который связан с затормаживаемым колесом. Такая конструкция проще, дешевле и компактнее, чем рассмотренная выше.

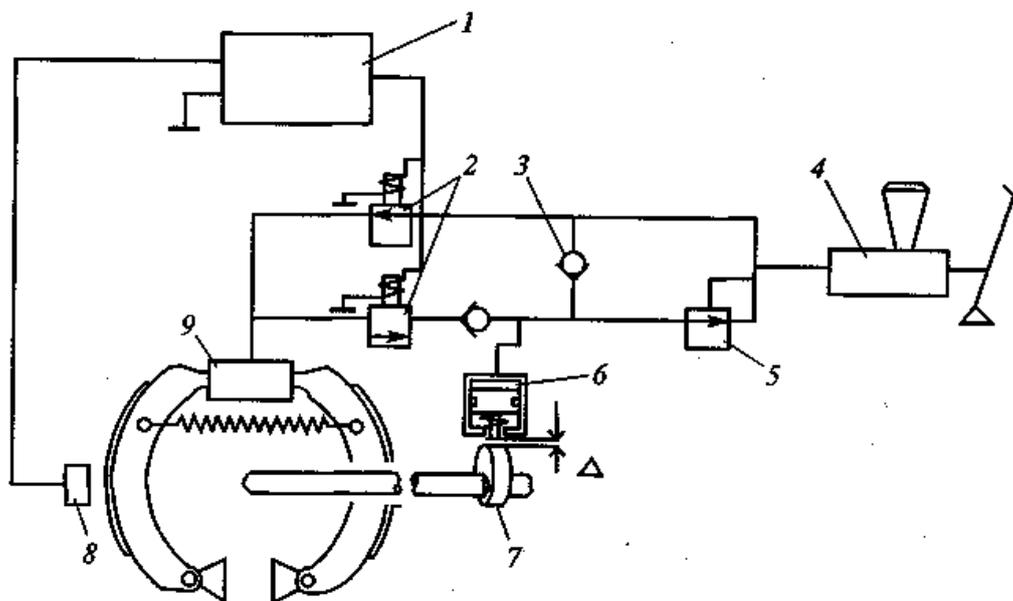


Рис. 4.4. Рекуперативная тормозная АБС: 1 - блок управления; 2 - клапаны; 3 - обратный клапан; 4, 6 и 9 - соответственно главный, расширительный и рабочий цилиндры; 5 - клапан ограничения давления; 7 - кулачок; 8 - датчик

## 4.2. Классификация антиблокировочных систем

По виду элементов. По тому, какой вид энергии используют элементы в устройстве управления, АБС разделяют на механические, пневматические, гидравлические, электрические.

По виду используемой модуляции АБС можно разделить на аналоговые, частотные и кодовые.

По структуре установки АБС на автомобиле (рисунок 4.5). Различают несколько структурных схем установки АБС по степени сложности. В наиболее сложных системах каждое колесо выделяется в самостоятельный объект управления, который оснащается многоуровневой системой управления. В самых простых используется совмещение элементов АБС для управления группой колес.

Принято условное обозначение схем установки АБС. Структурная схема АБС представляется дробью, в числителе которой указано число информационных каналов (число применяемых датчиков), а в знаменателе — количество каналов управления. Например, АБС с индивидуальным управлением каждого колеса двухосного автомобиля обозначается 4Д/4К. (латинская транскрипция 4S/4M.)

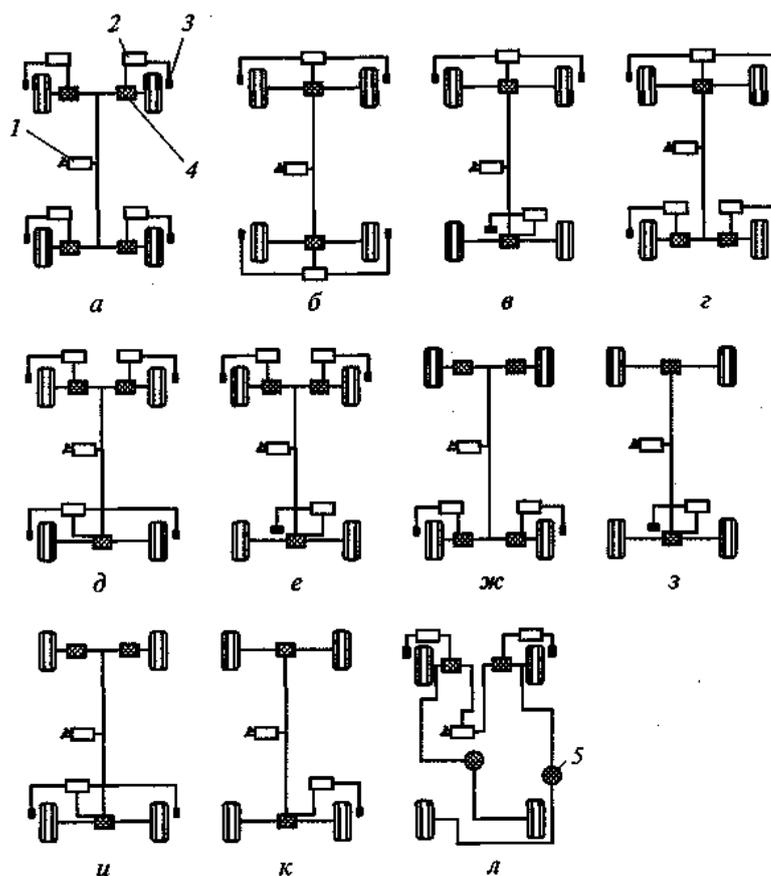


Рис. 4.5. Структурные схемы АБС: 1 - главный тормозной цилиндр; 2 - логический блок; 3 - датчик; 4 - модулятор; 5 - регулятор; а...л. - варианты установки схем на автомобилях

По алгоритмам управления. Для регулирования проскальзывания колес на осях применяют следующие индивидуальные и групповые алгоритмы:

- индивидуальное регулирование проскальзывания каждого колеса (Individual Regelung) — IR;

- «низкопороговое» регулирование. При использовании этого алгоритма регулирования команды на растормаживание и затормаживание обоих колес оси подаются одновременно по сигналу датчика колеса, находящегося в худших по сцеплению условиях, — «слабого» колеса (Select Low) — SL;

- «высокопороговое» регулирование. При использовании этого алгоритма регулирования команды на колеса одной оси подаются датчиком «сильного» колеса, т.е. находящегося в лучших по сцеплению условиях (Select High) — SH;

- модифицированное индивидуальное регулирование (Modifizierte Individual Regelung) - MIR - представляет собой комбинацию из SL - и IR - регулирований. MIR заключается в том, что вначале осуществляется «низкопороговое» регулирование, а затем постепенно происходит переход к индивидуальному регулированию. MIR целесообразно использовать при торможении на поверхности с различным сцеплением под левым и правым колесами, на повороте и при поперечном уклоне.

Алгоритм управления АБС принято обозначать дробью. В числителе записывается аббревиатура алгоритма управления колесами передней оси, а в знаменателе - аббревиатура алгоритма управления колесами задней оси.

Например, АБС с «высокопороговым» (SH) регулированием проскальзывания колес передней оси и «низкопороговым» (SL) регулированием проскальзывания колес задней оси имеет обозначение SH/SL.

По способу управления давлением жидкости в гидроприводе различают следующие АБС: плунжерно-поршневые, с прямой передачей давления жидкости и с обратным нагнетанием жидкости.

Плунжерно-поршневой способ заключается в том, что для понижения давления в колесных цилиндрах используется дополнительный объем, который образуется при перемещении плунжера модулятора.

Способ прямой передачи давления предусматривает слив тормозной жидкости при снижении давления (реверсе привода) в расширительный бачок и последующее нагнетание посредством насоса. Жидкость циркулирует по контуру: рабочий цилиндр — расширительный бачок — гидронасос (аккумулятор) — усилитель — рабочий цилиндр.

Способ обратного нагнетания состоит в том, что при работе АБС жидкость сливается из рабочих цилиндров в специальную камеру, из которой затем нагнетается насосом обратно в главный тормозной цилиндр. Объем циркулирующей жидкости не изменяется.

Индивидуальное регулирование IR/IR является оптимальным для обеспечения минимального тормозного пути. Оно возможно только в АБС, имеющей структуру 4Д/4К, при которой каждое колесо оснащается датчиком угловой скорости, модулятором давления и имеет отдельный канал управления в устройстве управления.

### **4.3. Гидравлические антиблокировочные системы**

В настоящее время автомобили оснащаются в основном АБС, выпускаемыми зарубежными фирмами. Отечественные АБС уступают зарубежным по надежности и эффективности. Мировым лидером в производстве тормозных систем, в том числе и АБС, являются фирм Bosch, Teves, Bendix.

Рассмотрим систему «АБС 2» типа 3Д/3К, IR/SL фирмы Bosch. Структурная схема размещения АБС на автомобиле представлена на рисунке 4.6. Система является встраиваемой и не требует изменения штатной тормозной системы. АБС включает в себя: гидравлический агрегат 8, располагаемый между главным тормозным цилиндром 1 и колесными цилиндрами; датчики угловой скорости 2, монтируемые у передних колес и у главной передачи, и блок управления 7, выполняющий функции устройства управления и обработки информации. УУиОИ устанавливается в салоне автомобиля или в моторном отсеке. На полноприводных автомобилях к датчикам угловой скорости добавляется датчик продольного ускорения (замедления). Его информация используется для определения коэффициента сцепления (высокий, низкий) и в алгоритм управления вводится поправка для более точного расчета скорости автомобиля. Гидравлический агрегат 8 состоит из насоса 4 с электродвигателем 5, модулятора с тремя электромагнитными клапанами 3, двух аккумуляторов с демпфирующими камерами 6.

В системе «АБС 2» используется обратное нагнетание жидкости в модуляторе при трехфазном цикле. При торможении без блокировки колес электромагнитный клапан 3 соединяет колесный цилиндр с соответствующей секцией главного цилиндра 1 и тормозная система работает обычным образом. По информации, поступающей с датчиков, определяется скорость автомобиля. При этом учитывается угловая скорость всех колес и выбирается наибольшая. Рассчитывается ускорение и проскальзывание. Если блок управления обнаруживает тенденцию к блокированию колеса, то электромагнитный клапан переводится в положение, при котором колесный тормозной цилиндр отсоединяется от главного цилиндра и соединяется с магистралью слива. Жидкость перетекает в демпфирующую камеру 6, а затем перекачивается насосом 4 в главный тормозной цилиндр. Давление в колесном цилиндре уменьшается. В фазе выдержки давления электромагнитный клапан переводится в положение, при котором все магистрали разъединены между собой. Следующая фаза нарастания давления осуществляется переводом электромагнитного клапана в первоначальное положение. Жидкость из главного тормозного цилиндра вновь поступает в колесный цилиндр. В случае отказа насоса торможение с антиблокировочной функцией прекращается, но работоспособность тормозного привода сохраняется.

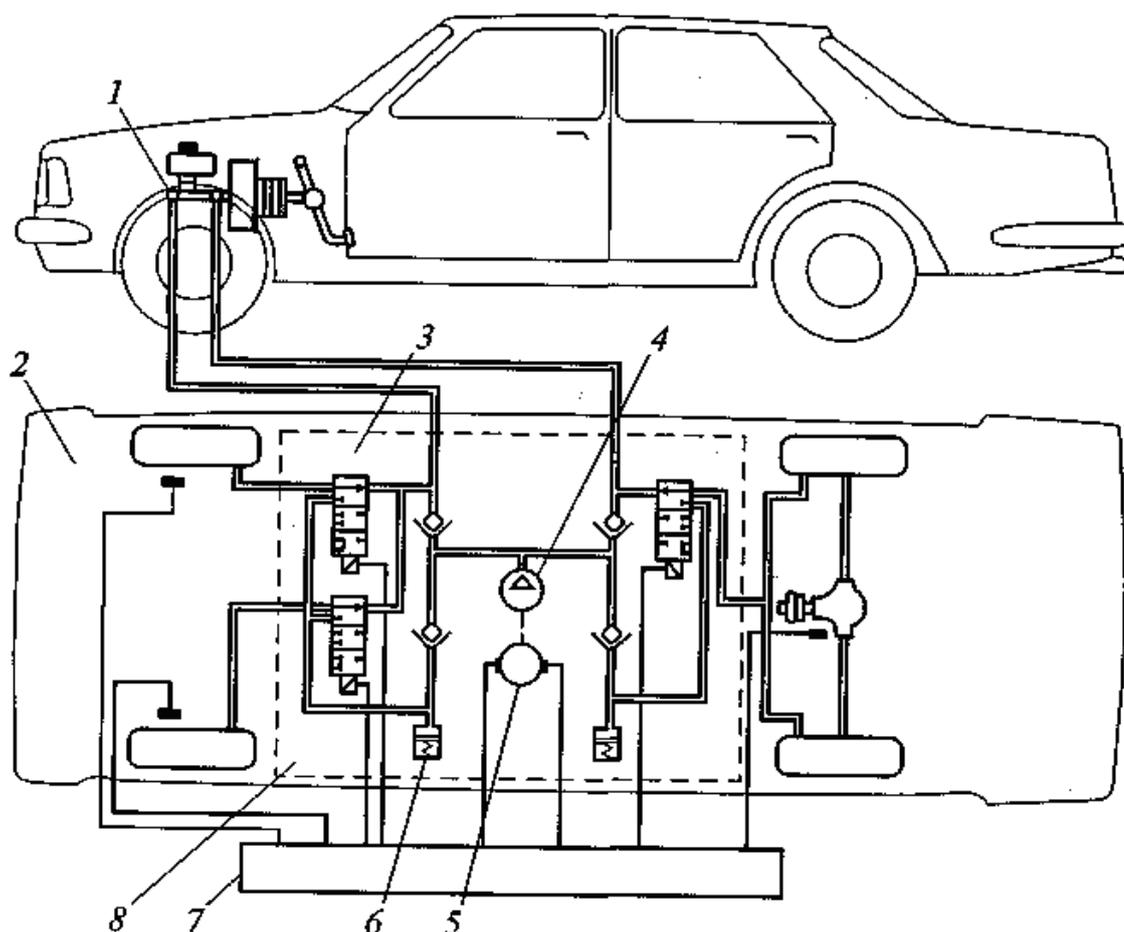


Рис. 4.6. Схема размещения «АБС 2» фирмы Bosch

Применение трехпозиционных электроклапанов позволяет использовать всего три клапана вместо шести двухпозиционных, обычно применяемых в АБС. Электроклапан модулятора (рисунок 4.7) состоит из двух основных частей: корпуса 1 с тремя отверстиями и размещенной в нем обмоткой и сердечника 2 с двумя клапанами 3 и 4. Для уменьшения износа и потерь на трение перемещение сердечника производится по шарикам, заполняющим направляющий паз.

На рисунке дано схематическое изображение трех позиций электроклапана модулятора в зависимости от величины подводимого к нему тока. При отсутствии тока в обмотке электроклапан находится в нейтральной позиции. Под действием пружины 5 сердечник сдвинут вправо, что обеспечивает перекрытие отверстия, связанного с возвратным насосом, обеспечивающим перекачку тормозной жидкости в главный тормозной цилиндр. Отверстие корпуса, соединенное с главным цилиндром, в этом состоянии модулятора открыто и тормозная жидкость поступает к колесным цилиндрам. При подаче на обмотку катушки тока определенной величины электроклапан переводится в положение выдержки. При этом электромагнитная сила сжимает пружину 5 и колесный цилиндр отделяется от главного цилиндра. Давление в колесных цилиндрах поддерживается постоянным. Дальнейшее увеличение силы тока переводит электроклапан в положение слива. Сердечник перемещается в крайнее левое положение, сжимая пружину клапана 4 и открывая отверстие слива. Давление в колесных цилиндрах падает.

Каждый электроклапан модулятора потребляет мощность 2,5 Вт во второй и 5 Вт в третьей позиции. Суммарное потребление электроэнергии (клапанами и электродвигателем насоса) составляет 400 Вт.

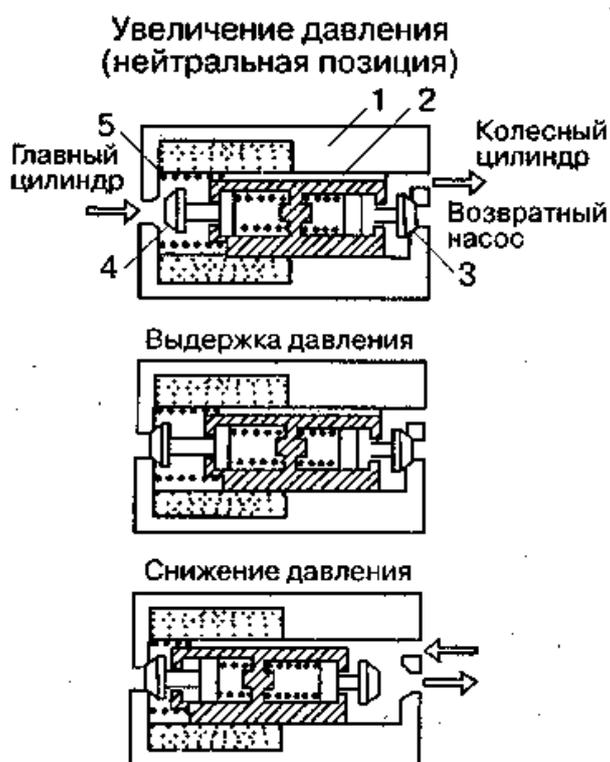


Рис. 4.7. Схема работы трехпозиционного электроклапана модулятора

Гидравлическая схема АБС фирмы Bendix представлена на рисунке 4.8 (показан один диагональный контур). Система состоит из тормозного агрегата, насоса с гидроаккумулятором, четырех колесных датчиков и электронного блока.

Тормозной агрегат представляет собой двухсекционный гидравлический тормозной кран 5, объединенный с модулятором АБС. В случае поломки насоса или отсутствия запаса жидкости в гидроаккумуляторе 4 торможение осуществляется только за счет усилия водителя, создающего тормозное давление перемещением поршней тормозного крана. Модулятор имеет шесть быстродействующих электроклапанов (время срабатывания 5 мс), установленных по два в каждом канале управления передних колес и по одному — задних.

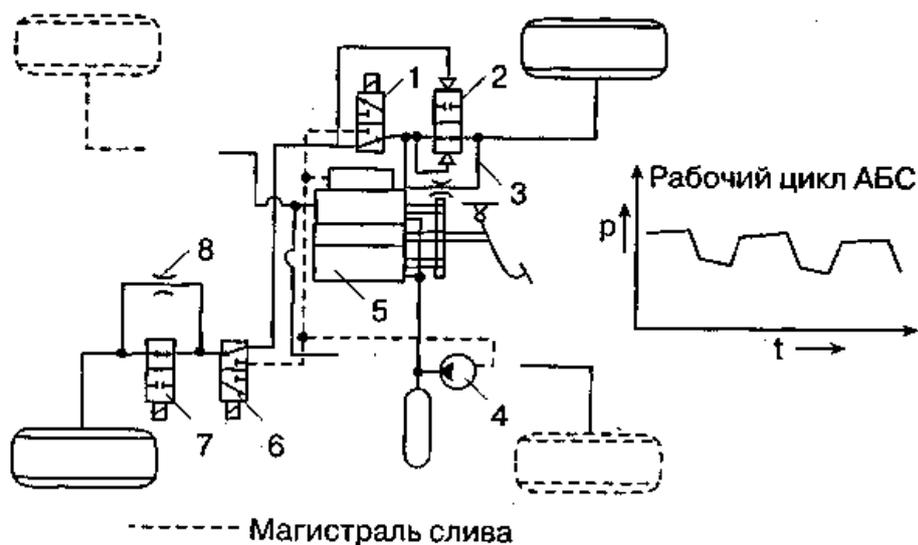


Рис. 4.8. Гидравлическая схема антиблокировочной системы Bendix

Система работает следующим образом. При нажатии на педаль тормоза в обеих параллельно установленных секциях тормозного крана 5 закрываются клапаны слива, открываются впускные клапаны и жидкость через следящие поршни секций поступает в контуры тормозного привода. По мере увеличения давления в приводе следящий поршень с размещенным в нем седлом впускного клапана перемещается и закрывает последний. Таким образом поршень обеспечивает действие привода.

Рабочий процесс у АБС Bendix принципиально не отличается от такового других фирм. Особенностью является четырехтемповый режим изменения давления у передних колес и трехтемповый — у задних. Четырехтемповый режим обеспечивается работой двух электроклапанов 6 и 7. Если блок управления устанавливает чрезмерное замедление переднего колеса, то растормаживание производится через включенный электроклапан 6. Изменение давления сначала производится быстро (высокий темп) через электроклапан 7 и дроссель 8. Затем включается электроклапан 7, и дальнейшее снижение давления происходит только через дроссель 8 с низким темпом.

После разгона колеса подаются команды на увеличение тормозного давления. Первоначально оба электроклапана 6 и 7 обесточены, и рост давления производится с высоким темпом. Жидкость при этом подается из соответствующей секции крана. Спустя определенное время повторно включается электроклапан 7. Рост давления продолжается, но уже с низким темпом.

В каждом канале управления задних колес установлены один электроклапан 1 и один гидравлический клапан 2. При обычных торможениях и растормаживаниях обеспечиваются любые темпы изменения давления, задаваемые водителем.

Фирма Teves (Германия) разработала интегральную АБС, которая осуществляет трехканальное управление и включает четыре датчика угловой скорости колес, гидравлический узел, электронный блок управления и устройства сигнализации. Гидравлический узел АБС (рисунок 4.9) представляет собой компактную конструкцию, в которой объединены гидравлический усилитель (блок Б), главный тормозной цилиндр (блок А) с бачком 1 для тормозной жидкости, насос 4 с электроприводом и гидроаккумулятором (блок В) и модулятор (блок Г) с электромагнитными впускными 6 и выпускными 5 клапанами. Все блоки изготавливаются отдельно, а затем собираются в один узел.

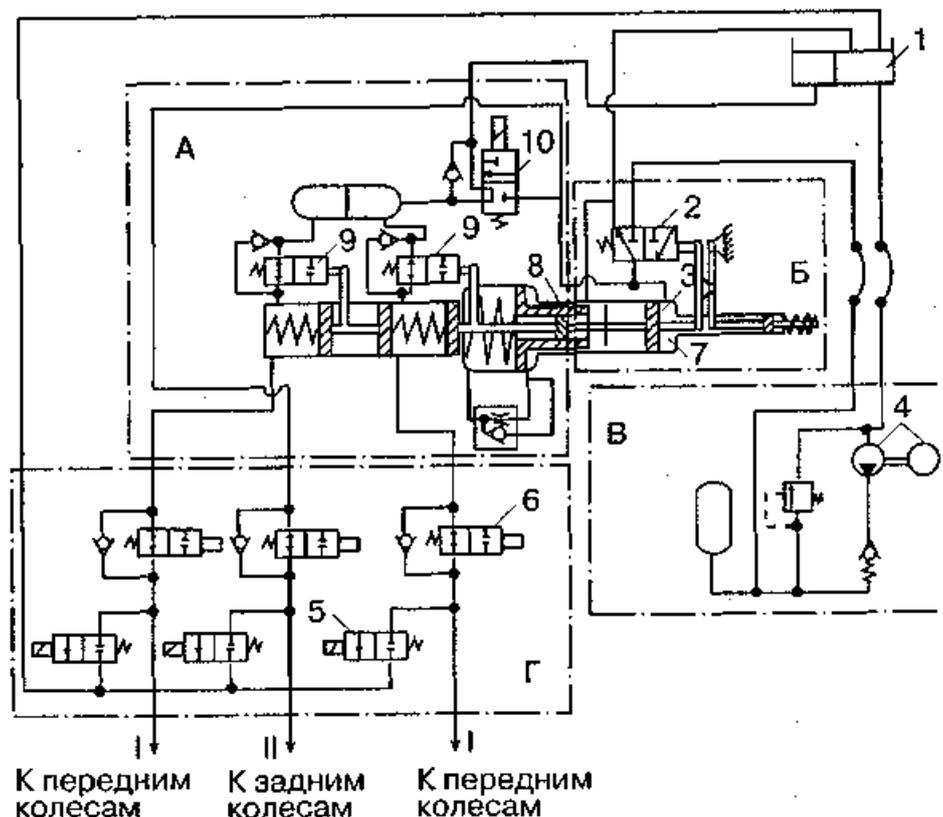


Рис. 4.9. Схема гидравлического узла интегрированной антиблокировочной системы Mark II фирмы Teves

Конструкция главного цилиндра обеспечивает трехкратное разделение тормозного привода. Контур задних тормозов подключен непосредственно к камере 7 усилителя и образует динамическую цепь: резервуар — насос — усилитель — колесные цилиндры — резервуар. Контур каждого переднего колеса является статическими цепями и соединяются с соответствующими полостями главного тормозного цилиндра типа «тандем». Однако в определенные моменты они могут соединяться с динамической цепью путем подключения к камере усилителя через главный электромагнитный клапан 10.

Система работает следующим образом. При нажатии на тормозную педаль срабатывает следящий распределительный клапан 2 усилителя и в камере 7 устанавливается давление, пропорциональное усилию на педали. Одновременно тормозная жидкость через открытый впускной клапан 6 заднего контура поступает к задним колесным цилиндрам через выход II.

Поршень 3 усилителя под действием давления в камере 7 через шток усилителя перемещает толкатель и поршни главного тормозного цилиндра. В рабочих полостях главного цилиндра устанавливается давление, равное давлению в камере усилителя и пропорциональное усилию на педали. После закрытия клапанов 9, соединяющих полости главного цилиндра со сливным бачком, давление тормозной жидкости через открытые впускные клапаны 6 передается в оба передних контура тормозной системы (выходы I).

При дальнейшем нажатии на педаль шток усилителя контактирует с втулкой 8 и, сжимая пружину, смещает ее влево.

Когда датчик угловой скорости сигнализирует об опасности блокирования, соответствующий впускной клапан канала АБС закрывается и открывается выпускной клапан 5. Одновременно главный клапан соединяет статические цепи передних контуров с динамической цепью. После растормаживания осуществляется выдержка давления путем закрытия дополнительно и выпускного клапана.

Для повторного повышения давления впускной клапан соответствующего контура открывается и пропускает тормозную жидкость от усилителя к колесным цилиндрам. В случае регулирования проскальзывания колес передней оси тормозная жидкость проходит к колесным цилиндрам от усилителя через открытый главный клапан и обратный клапан в виде уплотнительных манжет поршней главного цилиндра.

При работе АБС увеличение давления в рабочих полостях главного тормозного цилиндра передается на втулку 8, поэтому положение тормозной педали не изменяется. Вместе с тем циклическое изменение давления в главном тормозном цилиндре ощущается в виде пульсаций на тормозной педали. Это служит информацией водителю о вступлении АБС в работу.

Электродвигатель АБС МК II в зависимости от полной массы автомобиля и конструкции тормозного привода выбирается с мощностью 120...250 Вт. Насос поддерживает давление в гидроаккумуляторе в диапазоне 14... 18 МПа. При снижении давления ниже 14 МПа, при понижении уровня в бачке отключается главный клапан и функции АБС сохраняются лишь на задней оси.

Важной задачей блока управления является слежение за исправностью системы. Для контроля за выполнением собственных функций блок управления снабжен двумя микропроцессорами, параллельно обрабатывающими всю поступающую информацию. Контроль состояния датчиков, клапанов и цепей их включения проводится на основе специально разработанных критериев и алгоритмов их определения. В случае обнаружения неполадок блок управления полностью отключает АБС.

#### **4.4. Противобуксовочная система**

Назначение противобуксовочной системы (ПБС) - предотвращать пробуксовку колес (одного или нескольких) при движении в тяговом режиме на дорогах с малым коэффициентом сцепления. Задача ПБС во многом сходна с задачей АБС: поддержание скольжения колес в режиме тяги на уровне, обеспечивающем максимальное значение коэффициента сцепления в продольном направлении. В этом случае увеличивается сила тяги при трогании с места, реализуется максимальное ускорение (в 3...4 раза большее, чем без ПБС) при разгоне и сохранении устойчивости прямолинейного движения.

Одновременно улучшается проходимость при движении по мягким грунтам, уменьшается нагрузка в трансмиссии и на двигатель при импульсном изменении коэффициента сцепления, снижаются расход топлива, особенно в зимних условиях, и изнашивание шин.

Качество работы ПБС оценивают по ширине диапазона регулирования относительного скольжения. Узкий диапазон регулирования позволяет оценить эффективность ПБС еще и по такому критерию, как достигнутая скорость при трогании с места за установленное время на скользкой дороге.

Противобуксовочная система в какой-то мере эквивалентна блокировке дифференциала, однако последняя имеет существенное преимущество, так как не изменяет тяговый момент на колесах. ПБС действует автоматически при необходимости на любой дороге, в то время как при блокировке дифференциала в случае движения на сухой дороге наблюдается сильное изнашивание шин. Наиболее эффективным признается наличие на автомобиле ПБС и устройства блокировки дифференциала.

ПБС реализует свои возможности двумя способами: регулированием мощности двигателя (особенно для дизелей) и подтормаживанием ведущих колес или использованием обоих способов параллельно. ПБС фирмы Bosch для автомобилей с пневматическим тормозным приводом объединена с АБС. В состав такой комплексной системы (рисунок 4.10) входят датчики 1 частоты вращения колес, модуляторы АБС 2 и 6 давления в тормозных пневмокамерах 8, блок 3 управления АБС и ПБС, формирующий командные сигналы для модуляторов 2 и 6 и электроклапана 5, двухмагистральный клапан 7. Для регулирования мощности двигателя используют электронный блок управления 9, функционирующий на основе сигналов от блока управления 3 и датчика 4 положения педали топливоподачи. В качестве исполнительного механизма управления рейкой ТНВД служит электродвигатель 10.

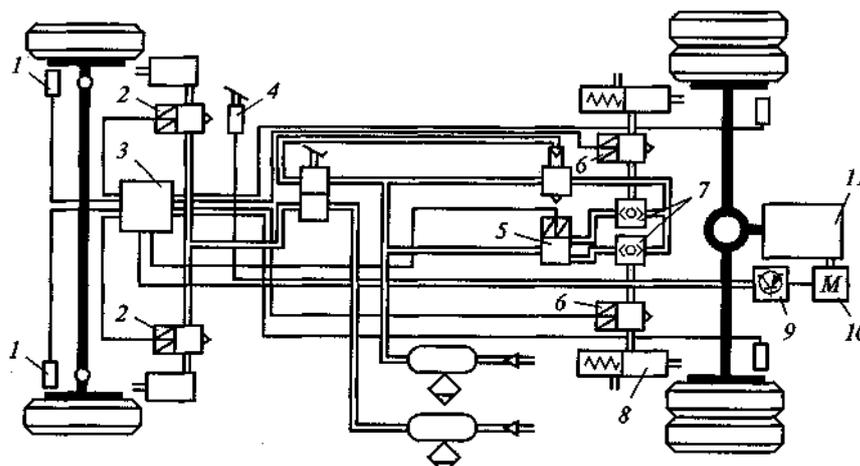


Рис. 4.10. Комплексная антиблокировочная и противобуксовочная тормозная система фирмы Bosch: 1 - датчик частоты вращения; 2 и 6 - модуляторы АБС; 3 - блок управления; 4 - датчик положения педали подачи топлива; 5 - электроклапан; 7 - двухмагистральный клапан; 8 - тормозная пневмокамера; 9 - блок управления мощностью двигателя; 10 - электродвигатель; 11 - двигатель автомобиля

Из двух режимов работы ПБС подтормаживание осуществляется на скорости движения менее 30 км/ч. Такая низкая скорость выбрана для разгрузки тормозного механизма во избежание перегрева. Причем подтормаживание выполняется при пробуксовке только одного из ведущих колес. В случае пробуксовки обоих колес независимо от скорости движения, а также при пробуксовке одного колеса на скорости более 30 км/ч регулируется мощность двигателя. Командные сигналы в этом режиме формируются блоком 3 управления. Мощность двигателя уменьшается даже в том случае, если педаль топливоподачи нажата до отказа, т.е. приоритет отдается формированию команд для ПБС.

Системы АБС и ПБС в настоящее время стали обязательными для установки на транспортных средствах всех типов. Отмечается стремление к стандартизации элементов этих систем различных фирм вплоть до унификации кабельных разъемов, что обеспечивает взаимозаменяемость отдельных блоков.

## **ГЛАВА 5. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВОЖДЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ**

### **5.1. Методы автовождения**

Установлено, что на вспашке, культивации и посеве зерновых примерно 90% количества информации, перерабатываемой трактористом, занимает информация о направлении движения агрегата. Вождение можно автоматизировать, если применить программирование, телеуправление или их сочетание.

При программировании задают программу движения и воспроизводят ее с помощью различных автоматических устройств. Программу задают на местности, в самом агрегате или комбинированно.

На местности могут использоваться естественно существующие программы (независимые), например, горизонтальная составляющая магнитного поля Земли. Программу на местности иногда задают с помощью рабочих органов мобильных сельскохозяйственных агрегатов. Причем если нанесенные таким образом базовые линии воспроизводятся при следующем проходе (на вспашке), то их называют зависимыми, а если считывают лишь при последующих технологических процессах (например, нанесены при посеве, а считываются при культивации), — независимыми (рядки растений, валки скошенной культуры, грядки). Базовые линии задают на местности специальными средствами и устройствами: маркерами, контрастными веществами, подпитываемыми высокочастотным током и неподпитываемыми проводниками (в подпахотном слое или на поверхности поля, или в виде шпалерных проводов).

Возможно комбинирование программ: на гоне применяют программу, заданную на местности; на поворотной полосе используют ручное управление или автоматически воспроизводимую программу, хранимую в ПЗУ агрегата. Примеры комбинированных программ — канатная тяга и определители координат в различных сочетаниях.

Телеуправление (и его частный случай — дистанционное управление) может реализоваться в агрегате: с сельскохозяйственной машины — трактором и с трактора — сельскохозяйственными машинами (по электрокабелю, по однопроводной линии и по гидропроводу); между агрегатами: с одного — другим или другими (по кабелю, по радио, по однопроводной линии); со специального пункта агрегатами без водителей (по радио, по радару с видеоконтрольным наблюдением).

### **5.2. Система автоматического направления движения машинно-тракторного агрегата с фронтально навешенным культиватором**

Рост интенсификации сельскохозяйственного производства привёл к появлению новых технологий, предусматривающих выполнение сельскохозяйственных операций машинно-тракторными агрегатами с использованием фронтально навесных машин и орудий. Применение

фронтального агрегатирования позволяет более рационально распределить силы, действующие на машинно-тракторный агрегат, увеличивает число технологических операций, выполняемых за один проход, уменьшает уплотнение почвы, сокращает сроки проведения сельхозработ, высвобождает механизаторские кадры и т.д.

Однако перемена места размещения орудия с заднего на переднее относительно трактора приводит к резкому изменению динамических характеристик агрегата как механической системы и вызывает ухудшение его устойчивости и управляемости. При этом меняются характер и величина сил и моментов, приложенных к агрегату, а именно: значительно возрастают момент сопротивления поворота и боковые силы от рабочих органов орудия, действующие на агрегат при повороте, уменьшается величина сил, стабилизирующих агрегат при его прямолинейном движении.

Обзор литературных источников, посвященных проблемам устойчивости и управляемости машинно-тракторных агрегатов, выявил, что повышение указанных свойств в основном осуществляется либо путем предварительного выбора конструктивных параметров агрегата, либо путем введения дополнительных управляемых сил, действующих на агрегат при его движении. Анализируя способы повышения качества движения агрегата за счет рационального выбора его конструктивных параметров, можно заключить, что они наиболее эффективны для агрегатов традиционных схем. Для широкозахватных комбинированных агрегатов, агрегатов с фронтально навесными орудиями использование подобных мер способно лишь частично решить проблему устойчивости и управляемости их движения. Поскольку масса и габариты трактора, входящего в агрегат, ограничены, а величины сил сопротивления повороту и возмущающих сил, действующих на указанные агрегаты, значительно превышает величины аналогичных сил, действующих на агрегаты традиционной схемы. Уменьшить влияние этих сил на агрегат можно лишь путем введения противодействующих им дополнительных сил, которые имели бы возможность изменяться в зависимости как от желания водителя, так и от величины действующих на агрегат возмущений.

Для агрегата, выполняющего предпосевную обработку и посев за один проход, движение которого должно быть строго прямолинейным для сохранения прямолинейности рядков растений, желательно изыскать такой способ сохранения заданного направления прямолинейного движения, при котором последствия воздействия возмущающих сил были бы сведены к минимуму. При выполнении агрегатом технологической операции основным возмущающим фактором является отклонение равнодействующей сил сопротивления рабочих органов орудия от продольной оси симметрии агрегата, вызывающего появление так называемого разворачивающего момента. Если орудие не связано жестко с трактором, то действие разворачивающего момента вызывает смещение орудия относительно равновесного положения, по величине которого можно косвенно определить величину возмущения. Учитывая это обстоятельство, можно на основе агрегата с нежесткой связью между трактором и орудием создать систему, в которой бы реализовывался

принцип управления по возмущению, известный из теории автоматического управления.

Реализовать дополнительные управляющие воздействия на агрегат можно с помощью приспособления с поворотными заглубленными в почву управляемыми дисками, разработанного в Рубцовском индустриальном институте АлтГТУ. Поворотные диски приспособления связываются посредством тяг и рычагов с рамой орудия, причем таким образом, что поворот дисков происходит в сторону смещения рамы орудия. В этом случае с помощью дисков создается момент, противоположно направленный разворачивающему моменту, препятствующий отклонению трактора от прямолинейного движения. Параметры рассматриваемой системы можно подобрать таким образом, что практически движение агрегата будет мало отличаться от прямолинейного.

Предлагаемый способ с применением дисков в качестве устройства, повышающего курсовую устойчивость агрегата, имеет преимущества перед другими способами повышения указанного эксплуатационного свойства, основанными на использовании дополнительных управляемых воздействий. Заглубленные в почву диски даже при малых углах атаки позволяют реализовать достаточно большие по величине боковые силы, и, кроме того, имея сравнительно небольшие размеры, они способны повернуться на значительные углы атаки, не нарушая границы защитных зон, чем выгодно отличаются от обычных колес. Важно отметить тот факт, что при нулевых углах атаки, соответствующих прямолинейному движению агрегата, диски имеют незначительное тяговое сопротивление и, следовательно, их применение не должно существенно отразиться на топливной экономичности. К основным достоинствам указанного способа относится и то, что силы сопротивления повороту от рабочих органов орудия и поворачивающая сила, действующая со стороны дисков, имеют одну и ту же природу и линейно зависят от малых углов атаки. Поэтому влияние изменения тягового сопротивления от орудия в процессе движения на соотношение величин сил сопротивления повороту от рабочих органов орудия и поворачивающих сил со стороны дисков несущественно. Однако для реализации рассматриваемого способа повышения управляемости необходимо определить, прежде всего, каким же должен быть закон изменения дополнительных управляющих сил, действующих на агрегат, чтобы при любых его возможных возмущающих воздействиях сохранить прямолинейное движение. Поиск решения поставленной задачи невозможен без анализа математической модели движения машинно-тракторного агрегата.

Рассмотрим управляемое движение агрегата в составе трактора, оснащенного приспособлением с управляемыми дисками, и фронтально навешенного культиватора, закрепленного свободно по отношению к трактору (рисунки 5.1 и 5.2). В качестве характеристики динамики управляемого движения агрегата можно принять его отклонения от некоторой траектории. Эти отклонения можно представить в виде бокового смещения центра масс трактора  $x_s$ , углового отклонения продольной оси трактора  $\varphi_1$  и углового

отклонения дышла прицепного орудия относительно продольной оси трактора  $\varphi_2$ .

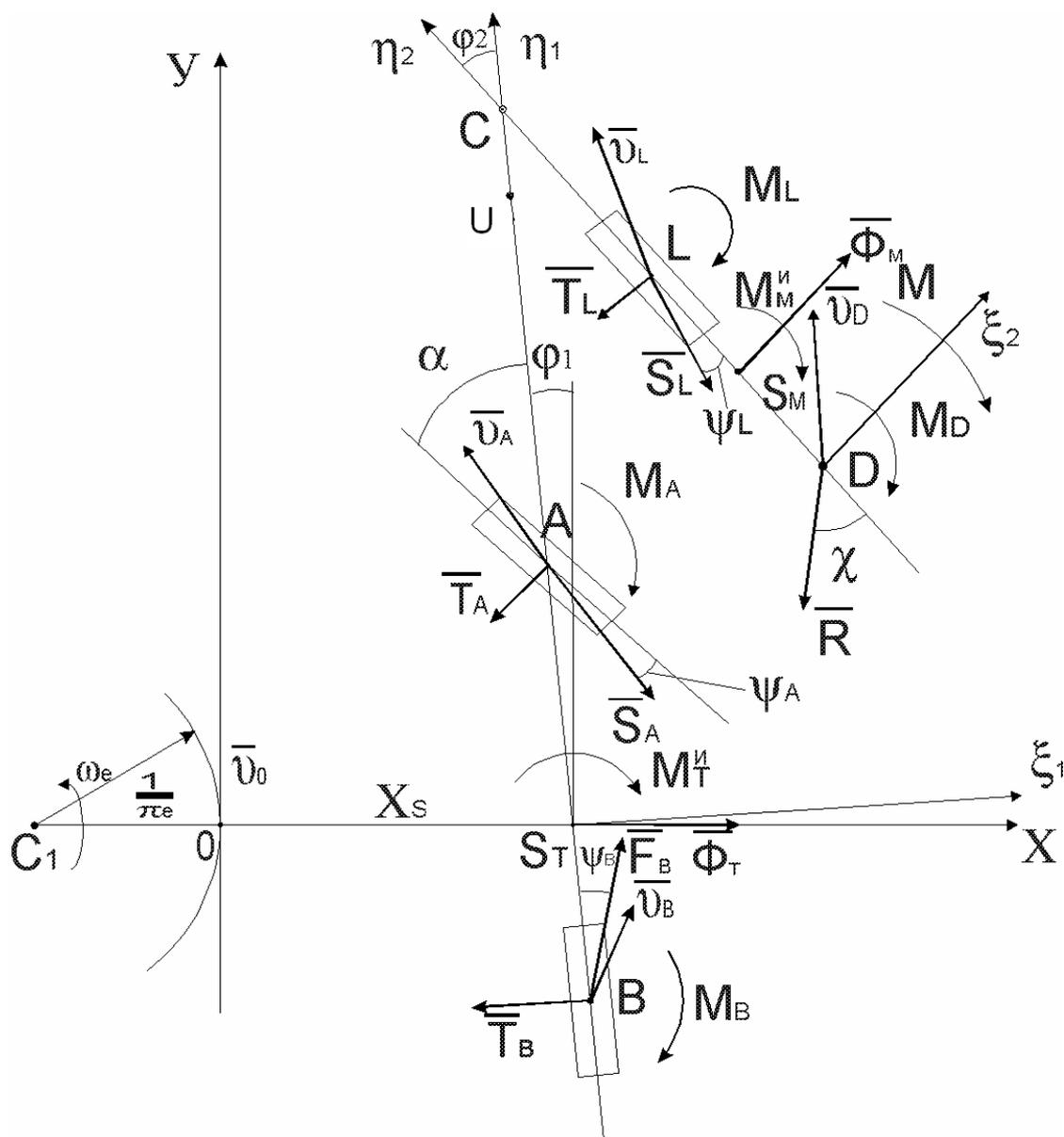


Рис. 5.1. Схема относительного движения МТА со свободно закрепленным культиватором в подвижной системе координат  $xOy$  свободно закрепленного культиватора

Иначе говоря, принимаем величины  $x_s, \varphi_1$  и  $\varphi_2$  за обобщенные координаты относительного движения агрегата в не поступательно движущейся системе координат  $xOy$ . Траекторию движения подвижной системы координат  $xOy$  зададим в виде некоторого закона изменения кривизны  $\pi_e(t)$ .

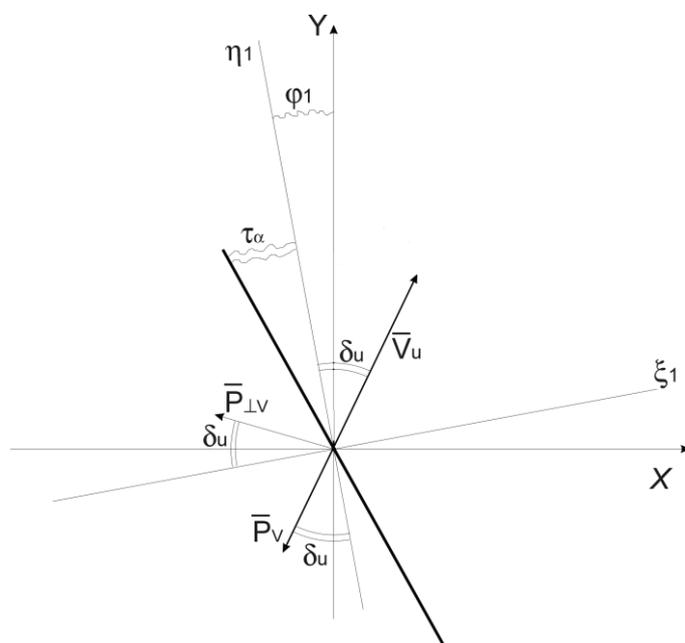


Рис. 5.2. Силы, приложенные к дискам (точка U)

Опишем принятые на рисунках 6.1 и 6.2 обозначения сил и моментов, действующих на агрегат:  $T_A$ ,  $T_B$  и  $T_L$  - поперечные силы, приложенные к колесам  $A$ ,  $B$  и  $L$ ;  $M_A, M_B, M_L$  - стабилизирующие моменты колес;  $S_A, S_L$  - силы сопротивления перекачиванию переднего  $A$  и опорного  $L$  колес;  $F_B$  - движущая сила заднего ведущего колеса  $B$ , равная разности касательной силы тяги и силы сопротивления качению указанного колеса;  $R$  - главный вектор сил сопротивления рабочих органов;  $\Phi_{MTA}$  - равнодействующие переносных центробежных сил агрегата;  $\Phi_M, \Phi_T$  - равнодействующие переносных центробежных сил орудия и трактора;  $M_{MTA}^u$  - главный момент переносных сил инерции агрегата;  $M_M^u, M_T^u$  - главный момент переносных сил инерции орудия и трактора;  $\chi$  - угол отклонения главного вектора сил сопротивления рабочих органов от плоскости симметрии;  $M_D$  - главный момент сил сопротивления;  $M$  - момент от сил возмущения, приложенный к орудию;  $\Psi_A, \Psi_B, \Psi_L$  - угол деформации шин;  $\delta_A, \delta_B, \delta_L$  - углы увода колес агрегата;  $\delta_D$  - угол увода рабочих органов культиватора;  $\alpha$  - угол поворота управляемых колес;  $a$  - расстояние от центра тяжести трактора до передних колес;  $P_v$  - тяговое сопротивление дисков;  $P_{\perp Lv}$  - дополнительная поворачивающая сила, действующая со стороны дисков;  $\tau$  - угол поворота дисков.

Подобный подход при описании колесной машины как объекта управления широко применяется при моделировании управляемого и корректируемого водителем движения машины. При этом в структуру математической модели управляемого движения машины входят передаточные функции, описывающие действия водителя.

Однако при прямолинейном движении агрегата его модель существенно упростится. В этом случае величины  $\alpha, \pi_e(t), \Phi_{MTA}, \Phi_M, \Phi_T, M_{MTA}^u, M_M^u, M_T^u$  равны нулю. Структурная схема прямолинейного движения МТА приведена на рисунке 5.3, где  $W_{x_{sM}}, W_{x_s\tau}, W_{\varphi_{1M}}, W_{\varphi_1\tau}, W_{\varphi_{2M}}, W_{\varphi_2\tau}$  - передаточные функции агрегата по линейным  $x_s$  и угловым  $\varphi_1, \varphi_2$  перемещениям.

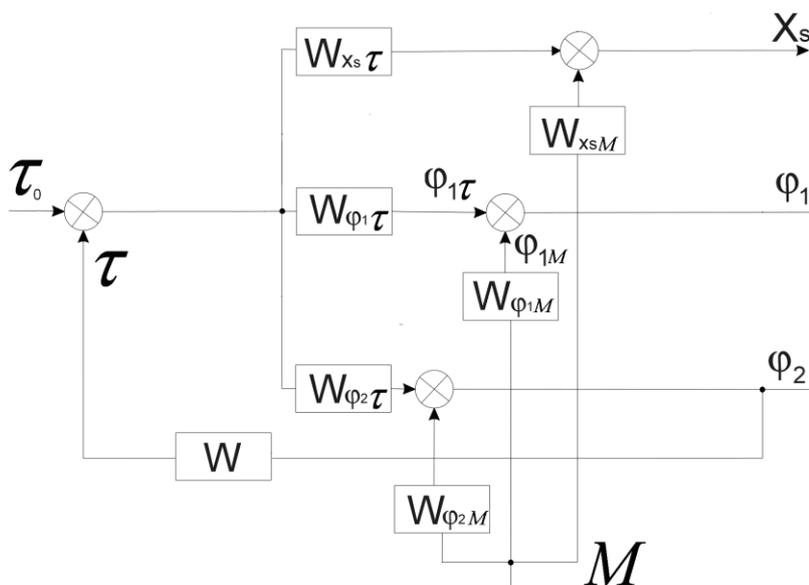


Рис. 5.3. Блок-схема моделирования прямолинейного движения МТА

Рассмотрим, каким образом можно полностью исключить влияние возмущения  $M$  на угловое отклонение продольной оси трактора  $\varphi_1$ .

Подберем передаточную функцию  $W$  связи, преобразующей угловое отклонение орудия относительно продольной оси трактора  $\varphi_2$  в угол поворота дисков  $\tau$  так (рисунок 5.3), чтобы угловое отклонение продольной оси трактора  $\varphi_1$  от оси ординат подвижной системы координат  $xOy$  при любом законе изменения момента  $M$  от сил возмущения, приложенных к орудью, оказалось бы равным нулю. Это возможно, если

$$\varphi_1 = \varphi_{1\tau} + \varphi_{1M} = 0.$$

После структурных преобразований получим

$$W_{\varphi_{1M}} = \frac{\varphi_1}{M} = \frac{W_{\varphi_{1\tau}} W W_{\varphi_{2M}} + W_{\varphi_{1M}} + W_{\varphi_{1\tau}} W W_{\varphi_{2\tau}}}{1 - W W_{\varphi_{2\tau}}} = 0.$$

Отклонение  $\varphi_1$  будет равно нулю при условии равенства нулю числителя передаточной функции. Откуда неизвестная передаточная функция равна:

$$W = \frac{W_{\varphi_1 M}}{W_{\varphi_1 M} W_{\varphi_2 \tau} - W_{\varphi_1 \tau} W_{\varphi_2 M}}.$$

Точная реализация полученной связи затруднительна. Однако по передаточной функции  $W$  можно подобрать достаточно простые устройства, приближенно её воспроизводящие. Таким образом, практически движение агрегата будет мало отличаться от прямолинейного.

Предложенная методика определения величины дополнительных управляющих воздействий справедлива не только для поворотных заглубленных в почву дисков, но и для любых других типов управляющих устройств.

### **5.3. Системы автоматического направления движения, реализованные по методу программирования на местности**

Рассмотрим наиболее распространенную систему автоматического направления движения (САНД) этого типа (рисунок 5.4, а и б). Система состоит из сельскохозяйственного орудия (например, плуга) 1 и трактора 2 как объектов регулирования, а также регулирующего устройства, в которое входят исполнительные гидроцилиндры 3, воздействующие на управляющие органы трактора, электромагниты 4, связанные с одной стороны с золотниковым гидрораспределителем 5, питаемым масляным насосом 6, а с другой — через генератор 7 — с электроконтактной головкой 8. Последняя соединена с копирующим устройством, щуп 9 которого скользит по базовой линии 10 предыдущего прохода (стенка борозды, рядок растений и т.д.), в то время как плуг маркирует новую базовую линию 11.

САНД работает так. При отклонении трактора 2 от борозды 10 или комбайна от валка (или от бровки нескошенных зерновых) щуп 9 копирующего устройства отклоняется от нейтрального положения, подавая сигнал на контактную головку 8 или бесконтактное устройство, в котором вырабатывается сигнал рассогласования. Последний, преобразуясь в электрогидравлическом усилителе, перекрестно воздействует на один из гидроцилиндров 3, управляющий механизмом поворота на стороне, противоположной уводу, и возвращающий трактор или комбайн на прежнюю линию движения. Так осуществляется принцип внешней отрицательной обратной связи.

От правильности функционирования системы в большой мере зависит качество возделывания и уборки, поэтому в показанные стилизованные схемы САНД нужно вводить внутренние обратные связи, фильтры и другие корректирующие и стабилизирующие цепочки.

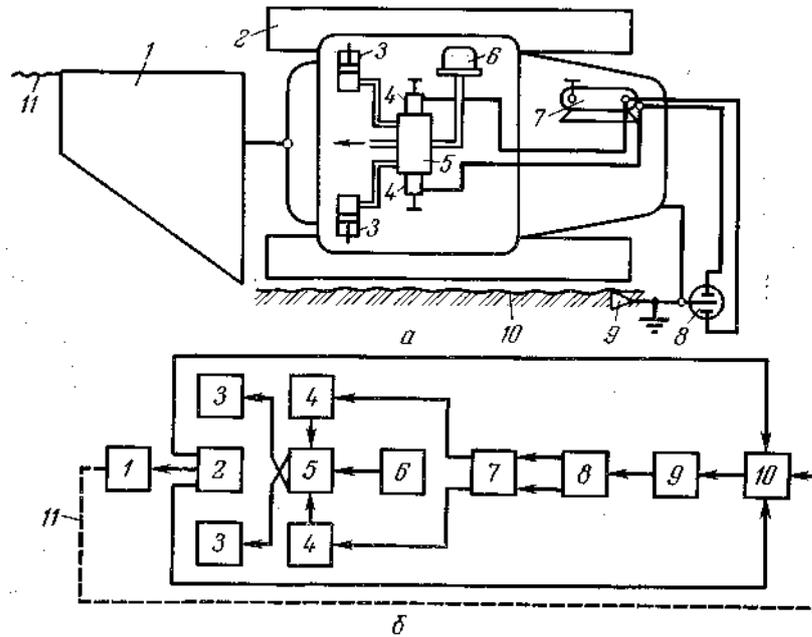


Рис. 5.4. Схема САНД (а – принципиальная, б - функциональная)

#### 5.4. Радионавигационные системы

В последние годы появилась возможность использования радионавигационных систем (РНС) для вождения агрегата, когда автовождение выполняется путем определения его текущих координат, сравнения их с заданной программой и выработки сигнала отклонения траектории от заданной. При этом ориентиром служат две навигационные точки на краях поля с установленными на них ретрансляторами (рисунок 6.5). Местоположение МТА в каждый момент времени (истинную траекторию) определяют по двум расстояниям  $R_1$ ,  $R_2$ , измеренным от выбранной точки на МТА (фазового центра антенны ведущей станции) до двух навигационных точек на стационарных пунктах (ведомых станциях), а также по заранее измеренному базовому расстоянию между навигационными точками.

РНС для автовождения МТА состоит из разнесенных в пространстве подсистем: приемопередатчика 1, расположенного на МТА; приемопередатчика, размещенного на одном из стационарных пунктов 2, участвующего совместно с приемопередатчиком 1 в измерении расстояния  $R_1$ ; приемопередатчика, установленного на другом стационарном пункте 3, участвующего совместно с приемопередатчиком 1 в измерении расстояния  $R_2$ . Другими словами, в получении информации о местоположении МТА участвуют два радиодальномера, каждый из которых состоит из ведущей (на борту МТА) и ведомой (на стационарном пункте) станций.

Информация о расстояниях  $R_1$  и  $R_2$  поступает на вход устройства вычисления плановых координат. Вычисленные координаты подаются в блок сравнения, где хранится информация о заданной программе движения. Один из результатов сравнения — ошибка выдерживания траектории. Полученный сигнал рассогласования после соответствующей оптимальной фильтрации



осуществляется навигационным приемником автоматически после захвата сигнала какого-либо спутника.

Системы автоматического местоопределения в принципе могут строиться на использовании навигационных сигналов (НС) открытого доступа любой ССРНС или на одновременном использовании сигналов обеих систем. Но использование только сигналов открытого доступа этих систем не позволяет осуществлять местоопределение машины с средней квадратической погрешностью менее 50 м. Для получения точности 1 ... 5 м необходима дополнительная корректирующая информация. Наиболее распространенным методом коррекции является дифференциальный метод. Его суть заключается в определении координат и скорости движения машины на поле по результатам приема и обработки сигналов ССРНС по крайней мере в двух точках.

Одна из этих точек - антенна бортового навигационного приемника машины, вторая - неподвижная контрольная точка, координаты которой известны с геодезической (сантиметровой) точностью и в которой размещается навигационный приемник, аналогичный тому, что у машины, но, как правило, более высокого класса, и аппаратура на базе компьютера не ниже РС 486. Путем сравнения определяемых координат контрольной точки с априорными их значениями вычисляется систематическая погрешность, которая может быть отнесена к измерениям местоположения, проводимым на борту сельскохозяйственного агрегата.

Комплекс устройств, размещенных в контрольной точке, образует дифференциальную станцию (ДС). Она позволяет обеспечивать формирование корректирующей информации для определения местоположения неограниченного количества перемещающихся агрегатов с точностью не больше 3 м в радиусе около 50 км.

## Список литературы

1. Пат. № 2174295 RU, 7 А 01 В 59/041) Сельскохозяйственный агрегат // А.Н. Площаднов, Э.С. Маршалов, И.В. Курсов, В.Р. Ситников. Оpubл. 10.10.2001. Бюл. № 18. - 3 с.: ил.
2. Гельфенбейн, С.П., Волчанов, В.Л. Электроника и автоматика в мобильных сельхозмашинах [Текст]. - М.: Агропромиздат, 1986. - 264 с.
3. Калоев, А.В. Основы проектирования систем автоматического вождения самоходных машин [Текст]. - М.: Машиностроение, 1978. - 152 с.
4. Литинский, С.А. Автоматизация вождения самоходных машин [Текст]. - М. - Л.: Энергия, 1966. - 144 с.
5. Теория автоматического управления. Ч.1: Теория линейных систем автоматического управления [Текст] / Под ред. А.А. Воронова. – М.: Высшая школа, 1977. - 304 с.
6. Петров, В.А. Автоматические системы транспортных машин [Текст]. - М.: Машиностроение, 1974. - 336 с.
7. Мельников, А.А. Управление техническими объектами автомобилей и тракторов: Системы электроники и автоматики [Текст]: Учеб. пособие для студ. учеб. заведений / А.А. Мельников. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 376 с. - 2 экз.
8. Богдан, Н.В. Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Пневматические и гидравлические системы [Текст]: Учеб. пособие / Н.В. Богдан. – Мн.: Ураджай, 2002. - 426 с. - 4 экз.
9. Ксенович, И.П. Системы автоматического управления ступенчатыми трансмиссиями тракторов [Текст] / И.П. Ксенович, В.П. Тарасик - М.: Машиностроение, 1979. - 280 с. - 3 экз.
10. Вахламов, В.К. Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя [Текст]: Учебник для студ. учреждений сред. проф. Образования / В.К. Вахламов, М.Г. Шатров, А.А. Юрчевский; под ред. А.А. Юрчевского. - 3-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 816 с.
11. Харитонов, С.А. Автоматические коробки передач [Текст] / С.А. Харитонов. - М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2003. - 479 с: ил.
12. Чижков, Ю.П., Акимов, С.В. Электрооборудование автомобилей [Текст]: Учебник для вузов. - М.: Издательство «За рулем», 1999. - 384 с.: ил.
13. Ерохов, В.И. Системы впрыска легковых автомобилей: эксплуатация, диагностика, техническое обслуживание и ремонт [Текст] / В.И. Ерохов. - М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Транзиткнига», 2003. - 159 с.: ил.
14. Данов, Б.А., Титов, Е.И. Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления трансмиссией, подвеской и тормозной системой [Текст]. - М.: Транспорт, 1998. - 78 с.: ил.

Площаднов Александр Николаевич  
Курсов Иван Витальевич

## АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЯГОВЫХ МАШИН

Учебное пособие для студентов всех форм обучения  
специальности 190201.65 «Автомобиле- и тракторостроение»

Редактор Е.Ф. Изотова  
Подготовка оригинала-макета О.В. Щекотихина

Подписано к печати 05.06.09. Формат 60x84 /16  
Усл. печ. л. 6,75. Тираж 100 экз. Заказ 09-740. Рег. № 52.

Отпечатано в типографии ООО Фирма «Выбор»  
658213, Рубцовск, Ленина, 41