

**Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации**

**ФГБОУ ВО Ульяновский ГУ**

А.А. Глущенко

**ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ  
АВТОМОБИЛЕЙ И  
ТРАКТОРОВ**  
(учебное пособие)

**Ульяновск - 2019**

УДК 629.3  
ББК 39.33-04  
Г-55

**Глущенко А.А.** Электронные системы автомобилей и тракторов: учебное пособие для студентов инженерно-физического факультета / А.А. Глущенко – Ульяновск: УлГУ, 2019. – 401 с.

Рецензенты: Хусаинов Альберт Шамилевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Проектирование и сервис автомобилей» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

В учебном пособии приведены лекционный курс, краткие сведения о электронных системах управления автомобилем и трактором, классификации систем управления, элементы, назначение и принцип работы.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» и направлениям подготовки 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», а также может быть полезно для магистров, аспирантов, инженерно-технических работников и научных организаций.

*Рекомендованы к введению в образовательный процесс Ученым советом Инженерно-физического факультета высоких технологий УлГУ (протокол № 11от 18 июня 2019 г.).*

© Глущенко А.А., 2019  
© ФГБОУ ВО Ульяновский государственный университет, 2019

## ВВЕДЕНИЕ

Современный автомобиль и трактор уже сложно представить без различных электронных систем управляющих и контролирующей работу различных узлов и агрегатов. В настоящее время широкое распространение получили бортовые системы контроля на базе электронных блоков управления (ЭБУ).

Оснащение автомобилей и тракторов средствами электронного контроля и управления стало практически общепринятым признаком современного технического уровня, которому ведущие как зарубежные, так и отечественные автомобилестроительные и тракторостроительные фирмы уделяют серьезное внимание. При этом очевидно, что наличие на автомобилях и тракторах таких средств является мощным резервом повышения целого ряда важных потребительских свойств машин любого назначения, доводя эти свойства почти до максимально возможных значений, определяемых конструктивными возможностями автомобилей и тракторов. При этом под потребительскими свойствами понимаются признаки, по которым потребитель на рынке автотракторной техники делает выбор той или иной модели и которые, в конечном итоге, определяются тем, каких затрат ресурсов (первичные вложения, время-труд, энергоресурсы, запчасти, и другие расходуемые ресурсы) потребует выполнение необходимого объема работ и какой уровень комфорта и безопасности, в т.ч. экологической, будет обеспечен при этом.

В мире разработано и серийно выпускается большое разнообразие систем управления двигателями, трансмиссией, рулевым управлением и др. системами автомобилей и тракторов. Эти системы по принципу действия имеют много общего, но и существенно отличаются. Непрерывно расширяющееся применение различных цифровых электронных систем управления и контроля обуславливает необходимость знания специалистами основных понятий о принципах теории автоматического управления, строения и функционирования электронных цифровых устройств, интерфейсов, протоколов и стандартов, измерениях технологических параметров, а так же принципах позиционирования, контроля и диагностики. Необходимость повышения производительности труда, топливной экономичности и экологичности при использовании автоматизированных системах управления обеспечивается профессиональной подготовкой специалистов, которые будут располагать знаниями, умениями, навыками и профессиональными компетенциями в соответствующей области.

# I ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Цель и задачи изучения раздела

Целью преподавания дисциплины «Электронные системы автомобилей и тракторов» является изучение устройства электронных систем управления двигателем, трансмиссией, автомобилей и тракторов в целом, практическом освоении использования современных компьютеризованных устройств и средств настройки, их диагностирования и обслуживания.

Задачами курса «Электронные системы автомобилей и тракторов» являются:

- формирование системы знаний об электронных системах управления системами и агрегатами автомобилей и тракторов;
- формирование умений применять полученные знания при проектировании, эксплуатации и обслуживании электронных систем управления автомобилей и тракторов.

## 1.2 Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В результате изучения дисциплины студенты должны приобрести следующие знания, умения и навыки, применяемые в их последующем обучении и профессиональной деятельности.

### ***Знания:***

- назначение и классификацию электронных систем тракторов и автомобилей;
- принципиальные схемы управляющих и контролирующих электронных систем;
- принципы проектирования электронных систем;
- типы сигналов, используемых в электронных системах тракторов и автомобилей;
- основные элементы электронных систем, их устройство и принцип работы;
- основные неисправности элементов электронных систем, методы их выявления и устранения.

### ***Умения:***

- разрабатывать алгоритмы поиска неисправностей элементов электронных систем;
- составлять диагностические карты;

- пользоваться электроизмерительными приборами и технологическим оборудованием для диагностики и обслуживания электронных систем.

**Навыки:**

– использования алгоритмов функционирования взаимосвязанных систем и элементов (двигателя, трансмиссии, рулевого управления и т.п.) при проектировании, эксплуатации и обслуживании электронных систем наземных транспортно-технологических средств.

## II ГЛОССАРИЙ

**ABS** - антиблокировочная система колес.

**Аналоговые сигналы** - сигналы, значение которых во времени непрерывно меняется.

**ACC (*Adaptive Cruise Control*)** - система адаптивного круиз-контроля.

**ACC (*Active Cornering Control*)** - автоматическая система стабилизации поперечного положения кузова в поворотах, а в некоторых случаях и изменяемого хода подвесок, главную роль в которой играют активные элементы подвески (иногда **ACE**, **BCS**, **CATS**).

**AFS (*Active Front Steering*)** - система активного рулевого управления заключающаяся в изменении передаточного отношения рулевого механизма в зависимости от скорости и условий движения.

**ASR (*Antriebs Schlupf Regelung*)** - противобуксовочная система (TCS).

**AUTO HOLD** - функция автоматического включения стояночного тормоза.

**АЦП** - аналогово-цифровой преобразователь для дискретной выборки мгновенных значений непрерывного аналогового сигнала и преобразование их в цифровой код (обычно 8 или 10 двоичных разрядов).

**BA (*Brake Assist*)** - электронная система управления давлением в гидравлической системе тормозов, которая в случае необходимости экстренного торможения и недостаточного при этом усилия на педали тормоза самостоятельно повышает давление в тормозной магистрали, делая это во много раз быстрее, чем на то способен человек (другие названия **BAS**, **PA** или **PABS**).

**BSW (*Rain Brake Support*)** - система подсушивания тормозов.

**Выходные формирователи** - современные микросхемы (драйверы), которые, кроме основных функций, усиления по мощности, еще выполняют функции защиты выходов контроллера от замыкания на массу или на плюс батареи, а также от перегрузки.

**Вычислительное устройство** производит необходимые вычисления на основании поступивших сигналов, программы управления трансмиссией, рабочих команд и базовых параметров.

**VV-I, VANOS** - системы с поворотом распределительного вала относительно своей оси.

**Valvetronic, VVA (Variable Valve Actuation)** - системы управления ходом клапанов.

**Генератор тактовой частоты** - элемент контроллера для выработки тактовых импульсов синхронизации работы всей системы.

**Данные** - калибровочные таблицы констант, которые участвуют в процессе расчетов или выбираются как управляющие параметры.

**DAA (Dynamische Anfahrassistent)** - ассистент трогания с места.

**Data Frame** - стандартное сообщение CAN, широкопередаточные данные от передатчика на другие узлы сети.

**Дискретные сигналы** - сигналы, значение которых во времени меняется скачкообразно.

**ДМРВ** - датчик массового расхода воздуха.

**DSR (Driver-Steering Recommendation)** - ассистент рулевой коррекции.

**Jetronic** - электронная система впрыска топлива.

**EBV (Elektronische Bremskraftverteilung)** - электронный регулятор распределения тормозных сил.

**EDC** - системы электронного управления работой дизельного двигателя в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, нагрузки и рабочей температуры двигателя.

**EVO (Electronic Variable Orifice)** - гидравлический усилитель рулевого управления с электронным регулированием, позволяющим изменять усилие на рулевом колесе в зависимости от скорости движения автомобиля.

**ESP (Electronic Stability Programme)** - система курсовой устойчивости. В зависимости от производителя различают: **ESC** (Electronic Stability Control) на автомобилях Honda, Kia, Hyundai; **DSC** (Dynamic Stability Control) на автомобилях BMW, Jaguar, Rover;

**DTSC** (Dynamic Stability Traction Control) на автомобилях Volvo; **VSA** (Vehicle Stability Assist) на автомобилях Honda, Acura; **VSC** (Vehicle Stability Control) на автомобилях Toyota; **VDC** (Vehicle Dynamic Control) на автомобилях Infiniti, Nissan, Subaru; **VDIM** (Vehicle Dynamics Integrated Management) на автомобилях Toyota.

**KICKDOWN** - режим коробки автомат, в который переходит система управления двигателем и коробкой для получения более высоких значений ускорения, например, при совершении обгона.

**Контроллер** (control - “управление”) - коммуникационно-вычислительное устройство осуществляющее, в зависимости от значений входных сигналов датчиков, по заранее определенным алгоритмам, формирование и выдачу управляющих сигналов, передаваемых на исполнительные устройства системы управления.

**LH-Jetronic** - система распределенного впрыска топлива во впускной трубопровод.

**Лямбда-зонд (датчик кислорода)** - выдает данные о концентрации кислорода в отработавших газах, реагируя на отклонение от стехиометрического состава горючей смеси, попадающей в цилиндры.

**M-ABS (Motoreingriff-Antiblockier system (erweitertes Antiblockiersystem))** - антиблокировочная функция, реализуемая через управление двигателем (расширение ABS).

**МИКАС** - комплексная микропроцессорная автоматизированная система управления автомобильным двигателем с объединением функций по впрыску и зажиганию.

**МСУД** - микропроцессорная система управления двигателем.

**M-Motronic** – микропроцессорная система управления зажиганием и распределенным впрыском топлива;

**ME-Motronic** – микропроцессорная система управления зажиганием и распределенным, последовательным впрыском топлива, с  $\lambda$ - регулированием и электронным дросселем (система ETC);

**MED-Motronic** – микропроцессорная система управления зажиганием и непосредственным впрыском топлива в цилиндры (Direct injection, DI).

**MSR (Motor Schleppmoment Regelung)** - ассистент торможения двигателем.

**Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ)** - область памяти контроллера, где хранятся данные, которые в процессе работы изменяются.

**OVERDRIVE** - повышающая передача коробки автомат. Обозначается обычно как «OD» либо «D».

**Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ)** - элемент контроля для хранения программа управления системами и данных значений сигналов в виде констант.

**Программа** - переведенная на язык машинных кодов микро-ЭВМ совокупность всех алгоритмов управления системами автомобиля и трактора.

**Регулятор холостого хода** – это электромеханическое устройство, задачей которого является поддержание определенной частоты вращения коленчатого вала двигателя при полностью закрытой дроссельной заслонке.

**Remote Frame** - широковещательно передаваемое передатчиком сообщение на запрос данных от конкретного узла сети (ЭБУ).

**ROP (Roll Over Programm)** - система предотвращения опрокидывания (ARP).

**CBC (Cornering Brake Control)** - система подтормаживания колеса в поворотах.

**Система автоматической парковки** (другое наименование - интеллектуальная система помощи при парковке, обиходное название – *парковочный автопилот*) относится к активным парковочным системам, т.к. обеспечивает парковку автомобиля в автоматическом или автоматизированном (автоматически выполняются отдельные функции) режиме (**Park Assist** на автомобилях Volkswagen; **Park Assist Vision** на автомобилях Volkswagen; **Intelligent Parking Assist System** на автомобилях Toyota, Lexus; **Remote Park Assist System** на автомобилях BMW; **Active Park Assist** на автомобилях Mercedes-Benz, Ford; **Advanced Park Assist** на автомобилях Opel).

**Common Rail (CRS)** - аккумуляторная система топливоподачи с отдельными узлами создания давления и впрыскивания топлива.

**Controller Area Network** (дословно - диспетчер сетевого участка) - стандарт промышленной сети, ориентированный прежде всего на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков.

**Servotronic** - торговое название системы управления гидравлическим усилителем руля.

**TIPTRONIC** - система управления работой АКП, в которой наряду с автоматическим предусмотрен и полуавтоматический режим управления, при котором команду на переключение передачи дает водитель, а качество этих переключений обеспечивает система

управления. В зависимости от производителя этот режим может иметь разные названия - Autostick, Steptronic, и др.

**TSA (Trailer Stabilisation Assistant)** - функция стабилизации автопоезда.

**HBA (Hydraulischer Bremsassistent)** - гидравлический тормозной ассистент.

**HBV (Hydraulische Bremskraftverstärkung)** - гидравлический усилитель тормозов.

**HVV (Hinterachsvollverzögerung)** - система замедления задних колёс.

**Центральный процессор** - элемент контроллера производящий выборку команд и данных из памяти программ и памяти данных, производит арифметические и логические операции над данными, управляет сигналами на внутренней шине адреса и данных.

**Частотные сигналы** - сигналы, частота изменения которых несет информацию об изменении физической величины, измеряемой датчиком.

**4WS («4 WHEEL STEER»)** – 4 управляемых колеса.

**ЭБУ** - электронный блок управления.

**Электрическое репрограммируемое запоминающее устройство (ЭРПЗУ)** - элемент в электронных блоках управления для временного хранения кодов-паролей, в том числе автомобильной противоугонной системы (АПС).

**ЭСАУ** - электронная система автоматического управления.

### III ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

#### 1 СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Все электронные системы управления по функциональному назначению могут быть классифицированы на две большие группы. К первой группе относятся электронные системы активного действия, ко второй - пассивного действия. Активные электронные системы - это системы оказывающие влияние на процесс управления автомобилем и трактором. Пассивные системы - это системы не оказывающие влияния на процесс управления, но выполняющие функции обеспечения комфорта и безопасности движения.

К активным относятся следующие системы управления: двигателем; трансмиссией и ходовой частью; рулевым управлением и тормозной системой (рис. 1).

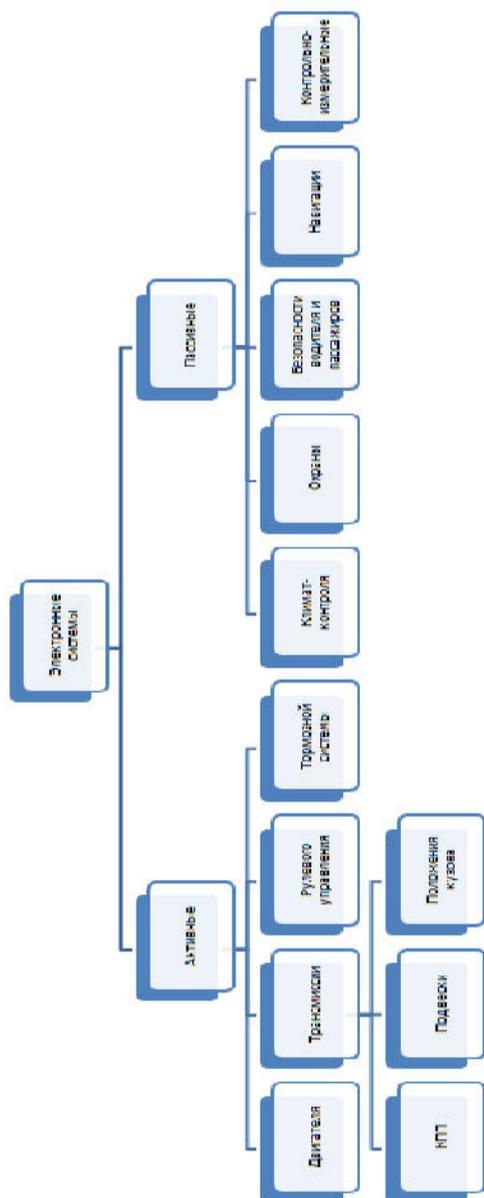


Рис. 1 – Классификация электронных систем управления

Пассивные - оборудованием салона и безопасностью автомобиля и трактора (рис. 1).

Система управления бензиновым двигателем обеспечивает оптимальную его работу путем управления впрыском топлива, углом опережения зажигания, частотой вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу и проведения диагностики.

Система электронного управления дизельным двигателем контролирует количество впрыскиваемого топлива, момент начала впрыска, ток факельной свечи и т.п.

В электронной системе управления трансмиссией объектом регулирования является главным образом автоматическая трансмиссия. На основании сигналов датчиков угла открытия дроссельной заслонки и скорости автомобиля ЭБУ выбирает оптимальные передаточное число трансмиссии и время включения сцепления.

Электронная система управления трансмиссией, по сравнению с применявшейся ранее гидромеханической системой, повышает точность регулирования передаточного числа, упрощает механизм управления, повышает экономичность и управляемость.

Управление ходовой частью включает в себя управление процессами движения, изменения траектории и торможения автомобиля. Они воздействуют на подвеску, рулевое управление и тормозную систему, обеспечивают поддержание заданной скорости движения.

Системы управления трансмиссией и ходовой частью условно могут быть разделены на три подгруппы:

**1) управление началом движения:**

- **(EDS (*Elektronische Differenzialsperre*))** -Электронная блокировка дифференциала (**EDL**);

- **ASR (*Antriebsschlupfregelung*)** - Противобуксовочная система (**TCS**);

- **M-ABS (*Motoreingriff-Antiblockiersystem (erweitertes Antiblockiersystem)*)** - Антиблокировочная функция, реализуемая через управление двигателем (расширение ABS);

- **НСС (*Hill Hold Control*)** -Ассистент трогания на подъёме (**HSA**);

- **AUTO HOLD** -Функция автоматического включения стояночного тормоза;

- **DAA (*Dynamische Anfahrassistent*)** - Ассистент трогания с места;

- **HSA (*Hill Start Assistent*)** - Ассистент трогания на подъёме (**НСС**).

## **2) управлением в процессе движения:**

- **ACC** (*Adaptive Cruise Control*) - Адаптивный круиз-контроль;
- **EDS (EDL)**;
- **ASR**;
- **ESP** (*Elektronisches Stabilisierungs programm*) - Электронная система поддержания курсовой устойчивости (**AHS, DSC, PSM, VDC, VSC, ESC, VSA**);
- **MSR** (*Motorschleppmomentregelung*) - Ассистент торможения двигателем;
- **BSW** (*Rain Brake Support*) - Система подсушивания тормозов;
- **M-ABS**;
- **DSR** (*Driver-Steering Recommendation*) - Ассистент рулевой коррекции;
- **ROP** (*Roll Over Programm*) - Система предотвращения опрокидывания (**ARP**);
- **HDC** (*Hill Descent Control*) - Ассистент движения на спуске;
- **TSA** (*Trailer Stabilisation Assistent*) - Функция стабилизации автопоезда;
- **EBV** (*Elektronische Bremskraftverteilung*) - Электронный регулятор распределения тормозных сил;
- **EVO** (*Electronic Variable Orifice*) - Электронное регулирование гидроусилителя;
- **AFS** (*Active Front Steering*) - Система активного рулевого управления.

## **3) управление торможение:**

- **ABS**;
- **EBV**;
- **CBC** (*Corner Brake Control*) - система стабилизации торможения при повороте (**ESBS**);
- **GMB** (*Gierrmomentbeeinflussung*) - Система воздействия на разворачивающий момент (**GMA**);
- **HBA** (*Hydraulischer Bremsassistent*) - Гидравлический тормозной ассистент;
- **HBV** (*Hydraulische Bremskraftverstärkung*) - Гидравлический усилитель тормозов;
- **HVV** (*Hinterachsvollverzögerung*) - Система замедления задних колёс;
- **FSA** (*Front Scan Assist*) - Сканирование пространства перед автомобилем (**FA**);

- ESP;
- FBS (*Fading Brake Support*) - Компенсация падения эффективности тормозов при нагреве (**Overboost**);
- EPB (*Elektrische Parkbremse*) - Электромеханический стояночный тормоз.

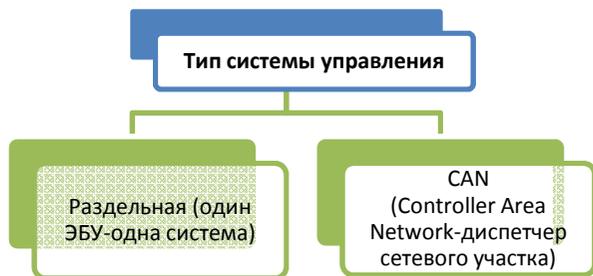
Управление оборудованием салона призвано повысить комфортабельность и потребительскую ценность автомобиля. С этой целью используются кондиционер воздуха, электронная панель приборов, multifunctionальная информационная система, компас, фары, стеклоочиститель с прерывистым режимом работы, индикатор перегоревших ламп, устройство обнаружения препятствий при движении задним ходом, стеклоподъемники, сиденья с изменяемым положением. Электронные системы безопасности включают в себя: противоугонные устройства, аппаратура связи, центральная блокировка замков дверей, режимы безопасности и т.д.

Бортовые системы контроля современных автомобилей и тракторов созданы на базе электронных блоков управления (ЭБУ). Все электронные блоки по функциональному назначению могут быть классифицированы на три основные системы управления: двигателем; трансмиссией и ходовой частью; оборудованием салона и безопасностью автомобиля (рис. 2).



**Рис. 2 - Классификация ЭБУ по функциональному назначению**

В настоящее время широко используются два типа управления электронными системами автомобилей (рис. 3). Первый тип - электронное управление исполнительными функциями осуществляется по системе - один блок управления принимал электронные сигналы с различных датчиков и после их обработки посылал соответствующие команды на исполнительные устройства (такие как бензонасос, форсунки, катушки зажигания и прочие).



**Рис. 3 - Типы систем управления**

Однако увеличение объёма функций управления автомобилем, передаваемое электронике, привело к появлению таких дополнительных систем как ABS, SRS, AT, Immobiliser и других. Совмещение этих функций в одном ЭБУ привело бы к его громоздкости и чрезмерной сложности, а так же к потере надёжности, когда выход из строя одной системы мог бы привести к потере управляемости всего автомобиля или трактора. Поэтому производители пошли по пути разделения функций управления и выделения всех систем в отдельные блоки. А для того, чтобы увязать все системы в единое целое для решения общих задач управления автомобилем, используется система **Controller Area Network**. особенностью этой системы является то, что различные электронные блоки управления и устройства завязанных в единую бортовую коммуникационную сеть автомобиля.

### **1.1 Контроллер системы управления двигателем**

Главная часть системы впрыска - контроллер системы управления двигателем. Его иногда еще называют “мозгами” или ЭБУ, как бы подчеркивая важность той работы, которую он выполняет. Контроллер (от английского control - “управление”) является коммуникационным и вычислительным центром системы - в зависимости от сигналов датчиков, по заранее определенным алгоритмам, он выдает управляющие воздействия на исполнительные устройства системы управления.

Конструктивно контроллер выполнен в виде металлического корпуса, внутри которого находится печатная плата с электронными компонентами. Жгут проводов от датчиков, исполнительных устройств и бортовой сети автомобиля подключается к контроллеру

многополюсным штекерным разъемом. Контроллер системы управления двигателем работает в тяжелых условиях: широкий диапазон температуры окружающей среды (от - 40 до +80°C); широкий диапазон влажности воздуха; высокая вибрация и т. д. Поэтому особые требования предъявляются к электронным компонентам и конструкции контроллера. Такие же высокие требования предъявляются к электромагнитной совместимости: чувствительности к внешним помехам и ограничению излучения собственных высокочастотных помех.

Современный контроллер (рис. 4) состоит из следующих основных частей:

- процессорная часть (микроЭВМ);
- формирователи входных сигналов;
- формирователи выходных сигналов;
- источник питания.

**Процессорная часть контроллера** Это именно та часть, где происходит все самое главное в работе контроллера. Основой процессорной части является однокристалльная микроЭВМ. Она называется так из-за того, что большинство компонентов микропроцессорной структуры находятся на одном кристалле микросхемы (чипе). В контроллерах СУД используются 8-, 16- или 32-разрядные микроЭВМ. Разрядность - это количество бит информации, с которыми она оперирует. Основные компоненты микроЭВМ:

**Центральный процессор.** Производит выборку команд и данных из памяти программ и памяти данных, производит арифметические и логические операции над данными, управляет сигналами на внутренней шине адреса и данных. Блок управления ЦП управляет последовательностью выполнения операций, синхронизирует операции обработки данных, извлекает необходимые данные и обеспечивает управление вводом-выводом. Сторожевое устройство (watch dog) отслеживает работу микроконтроллера и при определении неисправности возвращает ЦП в первоначальное состояние.

#### **Структура современного контроллера:**

**Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ).** То место, где хранится программа и данные в виде констант. *Программа* - переведенная на язык машинных кодов микроЭВМ совокупность всех алгоритмов управления двигателем.

*Данные* - калибровочные таблицы констант, которые участвуют в процессе расчетов или выбираются как управляющие параметры.

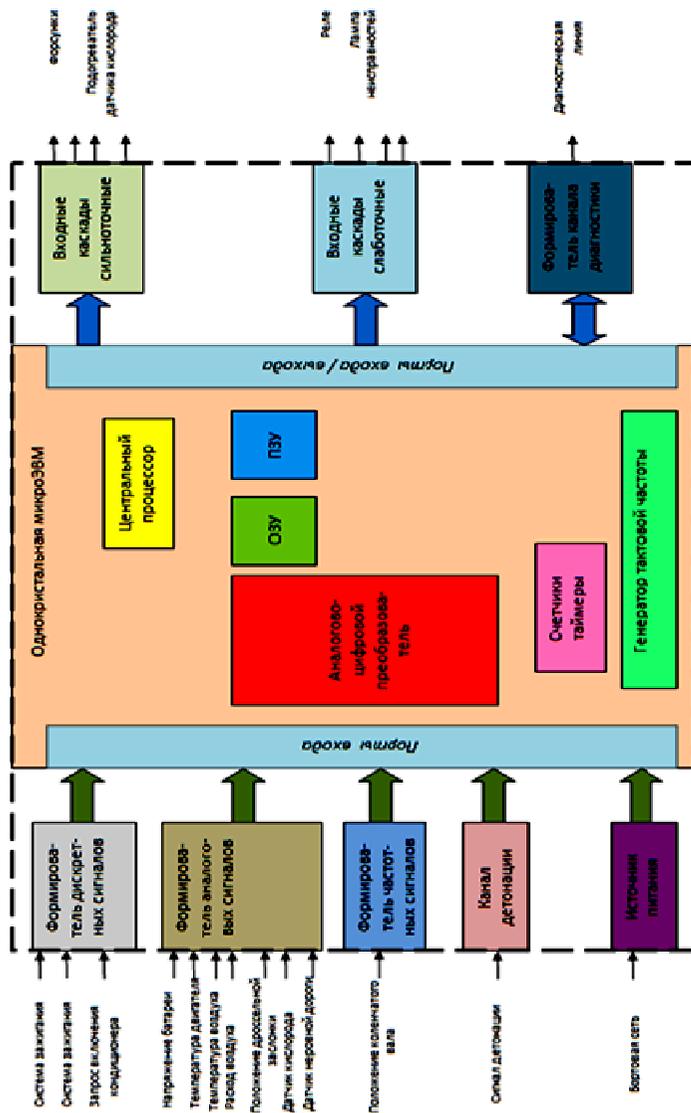


Рис. 4 - Схема контроллера

В ПЗУ содержатся основные алгоритмы работы компьютера. Они заносятся в микросхему при ее производстве, изменить их впоследствии невозможно. Компьютер может только считывать информацию из ПЗУ, запись и хранение информации в этом запоминающем устройстве компьютером невозможны.

### **Программируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ)**

Единственное отличие ППЗУ от ПЗУ заключается в том, что его можно один раз запрограммировать или записать в него какую-либо информацию. После этого ППЗУ устанавливается в компьютер. Компьютер считывает информацию из ППЗУ, но не может записать в него свои данные. В ППЗУ хранятся специальные алгоритмы работы компьютера, например кривая момента опережения зажигания или впрыска топлива определенного двигателя. Существуют также и другие типы ППЗУ, например **стираемые программируемые постоянные запоминающие устройства (СППЗУ)**. Это электрически стираемое программируемое постоянное запоминающее устройство (ЭСПЗУ), информация с которого стирается с помощью электрических сигналов. Последние модификации блоков управления оснащаются так называемыми **флэш-СППЗУ**. Данные из таких ЗУ также можно стереть с помощью электрических сигналов. Данные операции производятся изготовителем при извлечении запоминающего устройства из компьютера.

**Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ)**. Область памяти, где хранятся данные, которые в процессе работы изменяются. Это могут быть промежуточные результаты вычислений или значения, полученные от датчиков. В отличие от ПЗУ, информация в ОЗУ теряется после выключения питания контроллера. Чтобы сохранить данные, которые накапливаются в процессе работы контроллера и участвуют в расчетах как параметры адаптации алгоритмов к конкретному двигателю, в контроллерах существует так называемое энергонезависимое ОЗУ. Оно запитывается от отдельного источника питания, подключаемого непосредственно к аккумуляторной батарее. В режиме хранения это энергонезависимое ОЗУ потребляет очень незначительное количество энергии, что не может привести к разряду батареи, так как ток потребления в этом случае сравним с током саморазряда. Недостатком такого типа энергонезависимого ОЗУ является то, что процесс адаптации возобновляется каждый раз после отключения питания от аккумулятора. Для устранения этого недостатка в современных контроллерах СУД исполь-

зуют новый тип энергонезависимого ОЗУ, который для хранения информации вообще не требует никакого дополнительного источника питания.

**АЦП** - аналогово-цифровой преобразователь. Однокристалльная микроЭВМ не может работать с аналоговыми сигналами, поэтому в АЦП происходит дискретная выборка мгновенных значений непрерывного аналогового сигнала и преобразование их в цифровой код (обычно 8 или 10 двоичных разрядов).

**Порты ввода/вывода.** Служат для организации взаимодействия микроЭВМ с другими компонентами контроллера. Через них происходит считывание входных и выдача выходных сигналов и информации.

**Таймеры/счетчики** — это устройства, необходимые для измерения интервалов времени или подсчета числа событий.

**Генератор тактовой частоты.** Вырабатывает тактовые импульсы синхронизации работы всей системы. От точности его работы зависит точность измерения всех интервалов времени. Благодаря тактовому генератору компьютер выполняет все свои операции в определенный промежуток времени.

### **Внутренняя шина**

Отдельные элементы микрокомпьютера соединены между собой внутренней шиной. Шина представляет собой параллельные линии передачи данных (адресная шина, шина данных и шина управления), к которым можно подключить большое количество элементов, выполняющих различные функции, но имеющих одинаковый электрический интерфейс. Пропускная способность шины данных — это объем информации, которая может быть передана параллельно (соответствует количеству линий шины). В ЭБУ автомобилей используются 8-, 16- и 32-битные шины. Шина данных должна соответствовать пропускной способности ЦП.

*Дискретные сигналы* — это сигналы, значение которых во времени меняется скачкообразно. Например, сигнал включения зажигания или сигнал запроса кондиционера. Такие сигналы поступают после преобразователей напрямую в процессорную часть на входы портов ввода/вывода.

*Аналоговые сигналы* — это сигналы, значение которых во времени непрерывно меняется. Например, сигнал с датчика массового расхода воздуха или с датчика положения дроссельной заслонки. Эти сигналы после предварительной обработки поступают в процессорную часть на входы АЦП.

*Частотные сигналы* — это сигналы, частота изменения которых несет информацию об изменении физической величины, измеряемой датчиком. Например, частота сигнала с датчика положения коленвала пропорциональна скорости вращения двигателя. Для дальнейшей обработки таких сигналов важно, чтобы эти сигналы не имели импульсных помех. Во входном формирователе частотный сигнал ограничивается по амплитуде (амплитудное значение такого сигнала не несет необходимой информации) и поступает в процессорную часть на вход таймера/счетчика.

**Формирователи выходных сигналов** Эти формирователи преобразуют сигналы с портов ввода/вывода процессорной части в сигналы достаточной мощности для непосредственного управления исполнительными устройствами. Выходные формирователи — это современные микросхемы (драйверы), которые, кроме основных функций, усиления по мощности, еще выполняют функции защиты выходов контроллера от замыкания на массу или на плюс батареи, а также от перегрузки. Эти драйверы называют “интеллектуальными”, так как в случае ненормальной работы, когда срабатывают защитные функции, они информируют процессор об этом. В контроллере используются различные типы формирователей выходных сигналов в зависимости от необходимой мощности.

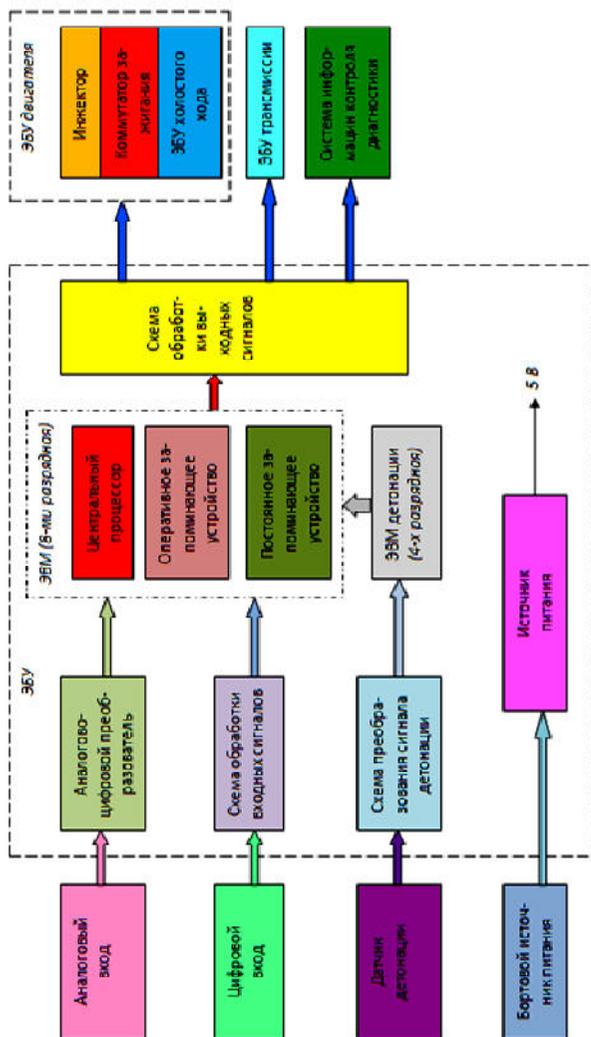
Формирователь канала диагностики необходим для согласования уровней электрических сигналов диагностического оборудования с уровнями сигналов процессора.

**Источник питания** Поскольку процессорная часть и микросхемы формирователей имеют рабочее напряжение питания +5 вольт, в контроллере предусмотрен источник питания. Он выдает стабильное напряжение при изменении напряжения в бортовой сети в широком диапазоне. Снижение напряжения до 6 вольт во время холодного пуска двигателя с не полностью заряженной батареей не приводит к отключению контроллера СУД. К внутреннему источнику питания контроллера также подключены некоторые датчики системы управления.

## 1.2 Электронные блоки управления

Микропроцессоры, входящие в состав ЭБУ, питаются постоянным напряжением 5В. Поскольку бортовая сеть автомобиля питается напряжением 12 В или 24 В, в ЭБУ имеется стабилизированный источник питания, преобразующий напряжение бортовой сети

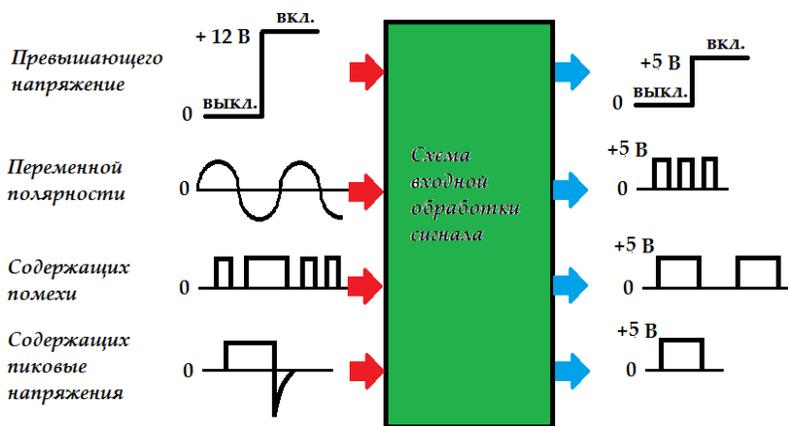
источник питания, на выходе которого напряжение 5 В. Обычно этот источник имеет два выхода (рис.5): основной (рабочий) и дополнительный (резервный). МикроЭВМ обычно выполняется на одном



**Рис. 5 - Схема системы управления бензиновым двигателем:** БИ ЭЭ - бортовой источник электричества; ДД - датчик детонации; ЦВ - цифровой вход; СВВ - схема входной обработки (схема обработки входных сигналов); ОЗУ - оперативное запоминающее устройство; АВ - аналоговые входы; АЦП - аналого-цифровой преобразователь; ЭВМ - 8-разрядная однокристальная ЭВМ; ЦП - центральный процессор; СОВС - схема обработки выходных сигналов; И - индуктор; КЗ - коммутатор зажигания; СД - система информации контроля двигателя; ПЗУ - постоянное запоминающее устройство; ЭВМ детонации - 4-разрядная однокристальная ЭВМ для выявления детонации; СПД - схема преобразования сигнала детонации; ИП - источник питания

кристалле, содержащем основные функциональные элементы: ПЗУ, ЦП, ОЗУ и др.

Эти ЭВМ классифицируются на ЭВМ общего применения и заказные. Поскольку от датчиков могут поступать электрические сигналы, которые в микроЭВМ вводить нельзя, ЭВМ общего применения для автомобиля малопригодно. Были разработаны несколько типов специальных однокристалльных микроЭВМ с необходимыми входными и выходными функциями, предназначенные для применения в системах управления автомобилем. В АЦП поступают аналоговые сигналы от датчиков расхода воздуха, напряжения бортовой сети, температуры охлаждающей жидкости, температуры поступающего в двигатель воздуха, угла открытия дроссельной заслонки и др. Эти сигналы нельзя подавать на вход микроЭВМ, так как она работает от стабилизированного источника напряжения питания +5 В, а сигналы датчиков имеют различные значения напряжения, превышающие допустимое (+12 В), или переменной полярности, которые в ЭВМ вводить нельзя, поэтому они преобразуются в сигналы, которые могут быть введены в микроЭВМ (рис. 6).



**Рис. 6 – Формы входных и выходных сигналов**

На основе входных сигналов эта микроЭВМ рассчитывает для данного состояния двигателя оптимальные значения количества впрыскиваемого топлива, угол опережения зажигания, частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу и другие параметры. Затем управляющие сигналы, пройдя *СОБС*, воздействуют на форсунки, коммутацию зажигания, клапан управления частотой холостого

хода и т.д. Последовательность работы такой ЭВМ показана на рисунке 7.

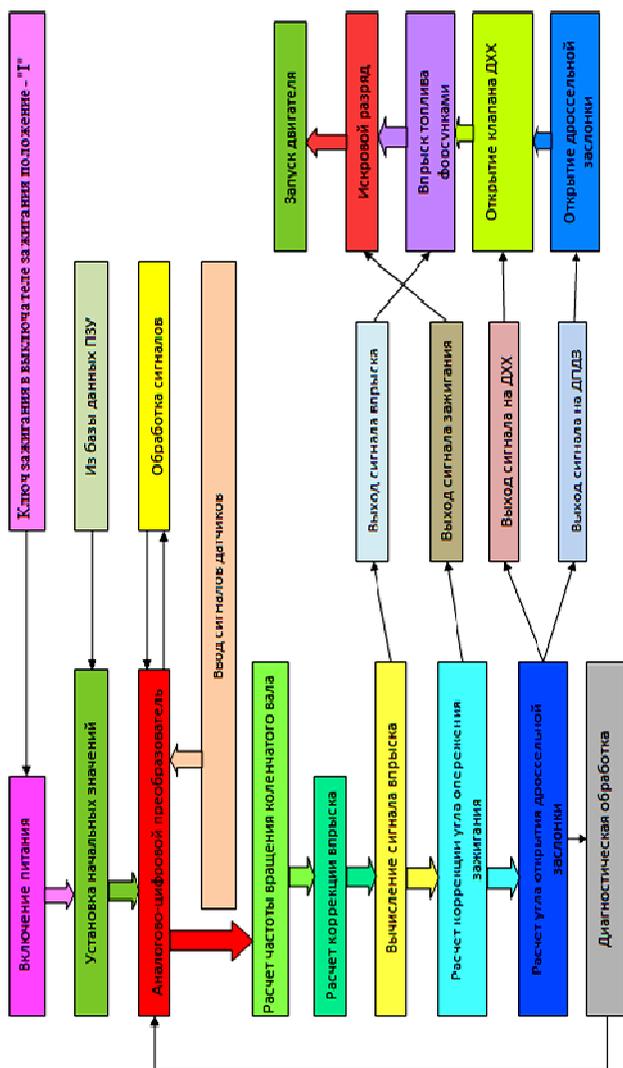


Рис. 7 - Последовательность работы электронной системы управления двигателем (режим пуска)

Выходные сигналы времени впрыска топлива и угла опережения зажигания выдаются в оптимальной временной последовательности за счет обработки, при которой приоритет отдается зажиганию, а не впрыску. Если во время расчета коррекции впрыска необходимо выдать выходной сигнал об угле опережения зажигания, то расчет коррекции впрыска останавливается, производится расчет и выдается сигнал об изменении угла опережения зажигания. Затем продолжается расчет коррекции впрыска. Выходные сигналы микроЭВМ в большинстве случаев не могут быть использованы для привода исполнительных механизмов, так как напряжение на выходе микроЭВМ равно 5 В, а номинальное напряжение исполнительных механизмов - форсунок, транзисторных коммутаторов, шаговых электродвигателей - 14 В. Поэтому между микроЭВМ и исполнительными механизмами устанавливается электронный усилитель.

### 1.3 Электронный блок управления трансмиссией

ЭБУ управления трансмиссией имеет следующие элементы и типы памяти [1].

**Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ)** хранит программу управления трансмиссией, содержащую последовательность рабочих команд и базовые параметры, на которые контроллер опирается при расчёте исходящих параметров. Память является энерго-независимой, т.е. её содержимое сохраняется независимо от наличия или отсутствия питания АКБ.

**Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ)** используется микропроцессором для временного хранения информации, например, измеряемых параметров, результатов вычислений, цифровых кодов неисправностей и пр. Память ОЗУ энергозависима. При отключении питания от контроллера хранимая информация стирается.

**Электрическое репрограммируемое запоминающее устройство (ЭРПЗУ)**, присутствует в электронных блоках управления для временного хранения кодов-паролей, в том числе автомобильной противоугонной системы (АПС). Коды принимаются контроллером от блока управления АПС, сравниваются с хранимыми кодами в ЭРПЗУ, меняются микропроцессором по заданному алгоритму и запоминаются для последующего сравнения. Память ЭРПЗУ энерго-независима.

**Аналогово-цифровой преобразователь** служит для преобразования аналоговых сигналов датчиков в цифровую форму. Оцифрованный сигнал используется вычислительным устройством.

**Вычислительное устройство** производит необходимые вычисления на основании поступивших сигналов, программы управления трансмиссией, рабочих команд и базовых параметров.

**Формирователь выходных сигналов** (драйвер выходных сигналов) представляет собой транзисторный блок, усиливающий управляющий сигнал вычислительного устройства. Управляющий сигнал вычислительного устройства подаётся на транзистор соответствующего исполнительного элемента. Транзистор «открывается» и подключает элемент к электрической цепи питания (к АКБ).

ЭБУ содержит набор программ управления, которые определяют его функциональное назначение. Программы состоят из отдельных блоков. Блоки содержат математические и логические инструкции по обработке данных и выработке управляющих команд и иные данные, например, относящиеся к характеристикам транспортного средства, как то: модель двигателя и его характеристики, передаточное отношение главной передачи и др. Математические зависимости и константы записываются в память блока управления в виде матриц.

Трансмиссионные ЭБУ осуществляют непрерывный контроль над работой системы управления трансмиссией, производят проверку работоспособности отдельных элементов системы и, в случае необходимости, проводят поиск возникшей неисправности.

Порядок осуществляемого контроля следующий: После включения зажигания происходит внутреннее самотестирование (проверяются внутренние элементы самого блока управления и его память). Затем проверяются источник питания (аккумуляторная батарея), электрические цепи датчиков и соленоидов. Итоги проверки фиксируются. Проверка осуществляется также и в процессе работы автомобиля либо непрерывно, либо периодически через определенные интервалы времени.

Каждый датчик системы и исполнительный механизм имеют рабочие диапазоны изменения напряжения. Блок управления контролирует наличие сигнала (напряжение), его значение и выход за установленные пределы. При обнаружении проблем с тем или иным элементом системы управления информация об этом записывается в память трансмиссионного ЭБУ в виде двух – трёхзначного цифрового кода.

Код неисправности записывается в память блока управления в тех случаях, когда возникает одно из следующих условий:

- сигнал беспорядочен;
- сигнал отсутствует;
- сигнал выходит за заданный диапазон.

В случае возникновения серьезной неисправности для оповещения водителя на приборной панели загорается контрольная лампочка. При этом блок управления переходит на программу управления трансмиссией в защитном режиме.

ЭБУ управления трансмиссией и его входные/выходные цепи контролируют следующие операции трансмиссии:

- время переключения;
- давление в линии;
- давление, прикладываемое к фрикционам (характер переключения);
- фрикцион блокировки гидротрансформатора.

Также блок получает сигналы от определенных датчиков и выключателей, связанных с функционированием трансмиссии. Блок использует эти сигналы для определения алгоритма функционирования трансмиссии. С использованием всех этих сигналов блок может определить оптимальные условия и время для переключения передач, а также момент блокировки или разблокировки гидротрансформатора. Он также определяет необходимое давление для оптимального характера переключения. Для реализации этих целей и контроля функционирования трансмиссии блок управляет шестью регулируемыми выпускными электромагнитными клапанами и четырьмя двухпозиционными электромагнитными клапанами. Блок включается и выключается в соответствии с подачей электропитания в систему зажигания и соединяется со жгутом проводов трансмиссии посредством 26-контактного разъема. Блок обрабатывает информацию, полученную от внутренних датчиков, и сигналы, полученные по шине CAN в аналоговой и цифровой формах, такие как:

- скорость вращения входного вала трансмиссии;
- скорость вращения выходного вала трансмиссии;
- положение педали акселератора;
- положение селектора передач;
- крутящий момент двигателя;
- частота вращения коленчатого вала;
- температура рабочей жидкости трансмиссии;
- положение педали тормоза;

- температура моторного масла;
- температура охлаждающей жидкости двигателя;
- температура забортного воздуха;
- атмосферное давление.



**Рис. 8 - Схема управления автоматической коробкой передач**

Эта информация используется блоком для выбора схемы переключения передач и управления энергией переключения. Электрогидравлические двухпозиционные электромагнитные клапаны и регулируемые выпускные электромагнитные клапаны управляют переключением передач трансмиссии. Шесть регулируемых выпускных электромагнитных клапанов и четыре двухпозиционных электромагнитных клапана используются для того, чтобы направлять поток рабочей жидкости трансмиссии и посредством этого управлять давлением жидкости в трех фрикционах и двух тормозных лентах. Отдельные регуляторы давления используются для управления фрикционом блокировки гидротрансформатора и установки давления в главном контуре трансмиссии. Блок отслеживает все свои входные и выходные сигналы для поддержания правильного функционирования системы. В случае, если появляется сообщение о неисправности блок способен предпринять заданное по умолчанию корректирующее

щее действие и информировать водителя о проблеме посредством контрольных ламп, находящихся в комбинации приборов. Детальная информация становится доступной при считывании кодов неисправности с помощью соответствующего сервисного оборудования. Шина обмена данными Блок передает через шину CAN сигналы, используемые другими системами автомобиля, такие как:

- положение рычага селектора;
- включенная передача;
- активация ручного режима;
- выходной крутящий момент;
- скорость вращения входного вала;
- скорость вращения выходного вала;
- температура рабочей жидкости трансмиссии.
- сигналы запроса понижения крутящего момента двигателя.

**Датчики сигналы поступающие от датчиков:**

**Датчик положения педали тормоза.** Датчик положения педали тормоза (BPP) информирует блок о включении режима торможения. Датчик BPP также используется для выключения замкового устройства блока рычага селектора (TGS) при движении из положения "Парковка", и, кроме того, участвует в определении алгоритма переключения.

**Датчик температуры воздуха на впуске.** Датчик температуры воздуха на впуске (EIT) определяет температуру воздуха на впуске двигателя и посылает эту информацию в блок.

**Датчик атмосферного давления.** Датчик атмосферного давления (BARO) определяет давление воздуха в данный момент времени и посылает эту информацию в блок.

**Датчик положения педали акселератора.** Датчик положения педали акселератора (APP) представляет собой потенциометр, смонтированный на педали акселератора. Этот датчик определяет положение педали акселератора и посылает эту информацию в блок. Сигнал датчика положения педали акселератора используется для планирования переключения передач и блокировок гидротрансформатора.

**Датчик скорости входящего вала.** Датчик скорости входящего вала (ISS) является датчиком, работающим на эффекте Холла.

**Датчик скорости выходного вала.** Датчик скорости выходного вала (OSS) является датчиком, работающим на эффекте Холла. Датчик OSS смонтирован внутри трансмиссии и расположен в задней части ее главного картера.

**Датчик частоты вращения ведущего вала.** Встроенный датчик на эффекте Холла, передает сигнал на блок о частоте вращения для синхронизации частоты вращения валов.

**Датчик температуры рабочей жидкости трансмиссии.** Блок использует один датчик температуры рабочей жидкости трансмиссии, расположенный в проводке коробки клапанов. Блок использует сигнал этого датчика для выбора различных алгоритмов переключения передач. Датчик представляет собой термочувствительный резистор (термистор). Датчик температуры проверяет правдоподобность сигналов при каждом считывании. Если отсчеты датчика температуры находятся вне рабочего диапазона, это может означать, что в цепи датчика обрыв либо короткое замыкание.

**Выключатель блокировки запуска двигателя.** Блок использует сигналы этого датчика для определения положения рычага селектора. Рычаг селектора соединен с трансмиссией через рычажный механизм, который переключает селектирующий вал трансмиссии между положениями Park, Reverse, Neutral и Drive. Выключатель блокировки запуска двигателя содержит набор сопротивлений, соответствующих каждому положению, значения которых считываются блоком. Блок использует эту информацию для управления включением скоростей переднего и заднего хода.

Для моделей с ручным режимом блок определяет выбранный водителем диапазон передач (+ или -) с помощью выключателей, непосредственно установленных на рычаге селектора и/или рулевом колесе. Переключение рычага между положениями Park, Reverse, Neutral и Drive определяет путь потока рабочей жидкости трансмиссии, а определяет передачу переднего хода, выбираемую в режиме Drive. Если рычаг не находится в положениях Park или Neutral, выключатель разомкнут и запуск двигателя запрещен.

**Система контроля трансмиссии.** Блок отслеживает все входные и выходные сигналы для того, чтобы определить наличие неисправностей. Если поступает сообщение о неисправности, блок выполняет необходимые действия для того, чтобы обеспечить безопасный режим работы трансмиссии, не жертвуя при этом ее долговечностью или безопасностью водителя. Контроль напряжения аккумулятора Если напряжение бортовой сети слишком велико или слишком мало, блок получит сообщение о неисправности.

**Контроль питания электромагнитных клапанов.** Во время активации транзисторов, управляющих работой электромагнитных клапанов, проводятся проверки на обрывы в цепи, замыкания цепей

на "массу" и на источник питания. Функция контроля оценивает характеристики напряжения бортовой сети при переводе выключателя зажигания в положение ON (ВКЛ) в процессе проверки наличия упомянутых выше сообщений о неисправности.

**Контроль передаточного числа.** При диагностике передаточных чисел определяется, соответствуют ли они требуемым числовым значениям. Также после переключения передач проверяется соответствие времени включения передачи допустимому значению.

**Датчик температуры рабочей жидкости трансмиссии** позволяет контролировать температуру и передает в блок сигнал о изменении температурного режима.

**Контроль гидротрансформатора.** Блок проверяет возможность правильной блокировки гидротрансформатора. Если гидротрансформатор не блокируется должным образом, блок выполняет соответствующее корректирующее действие и размыкает фрикцион блокировки гидротрансформатора.

**Управление энергией процесса переключения.** Эта функция предполагает уменьшение или увеличение крутящего момента двигателя в процессе переключения передач. При переключении на более высокую передачу это делается с целью уменьшения энергии, рассеиваемой трущимися деталями трансмиссии. Эта функция осуществляется за счет уменьшения крутящего момента двигателя во время изменения передаточного отношения без прерывания тягового усилия. Такая функция используется для:

- увеличения срока службы трансмиссии за счет уменьшения времени проскальзывания;
- увеличения комфортности переключения передач за счет уменьшения скачкообразного изменения крутящего момента при переключении;
- передачи большей мощности двигателя, это обеспечивается большей продолжительностью включенного состояния трансмиссии.

**Контроль крутящего момента двигателя в режиме реального времени** необходим для обеспечения максимального качества переключения передач и максимальной долговечности трансмиссии. Блок имеет возможность управлять крутящим моментом двигателя во время переключения для синхронизации с функционированием фрикционов трансмиссии.

**Модуляция давления рабочей жидкости.** Для обеспечения высокого уровня комфорта при переключении и высокой долговечности гидравлическое давление в элементах трения трансмиссии,

принимающих участие в процессе переключения, должно точно подстраиваться под входной крутящий момент трансмиссии. Это давление складывается из базового предустановленного давления и управляемого давления, устанавливаемого одним из регулируемых выпускных электромагнитных клапанов. Входной крутящий момент трансмиссии может быть непосредственно рассчитан из следующих рабочих параметров: крутящего момента двигателя, оборотов двигателя, или сигналов, передаваемых по CAN от электронного блока управления двигателем, а также данных о скольжении гидротрансформатора. Раздельные характеристики давления для каждой переключаемой передачи позволяют точно адаптироваться к каждой конкретной процедуре переключения. Режимы движения в хороших дорожных условиях и в условиях бездорожья имеют различные параметры для оптимизации качества переключения передач.

### Функциональная структура программы АКП

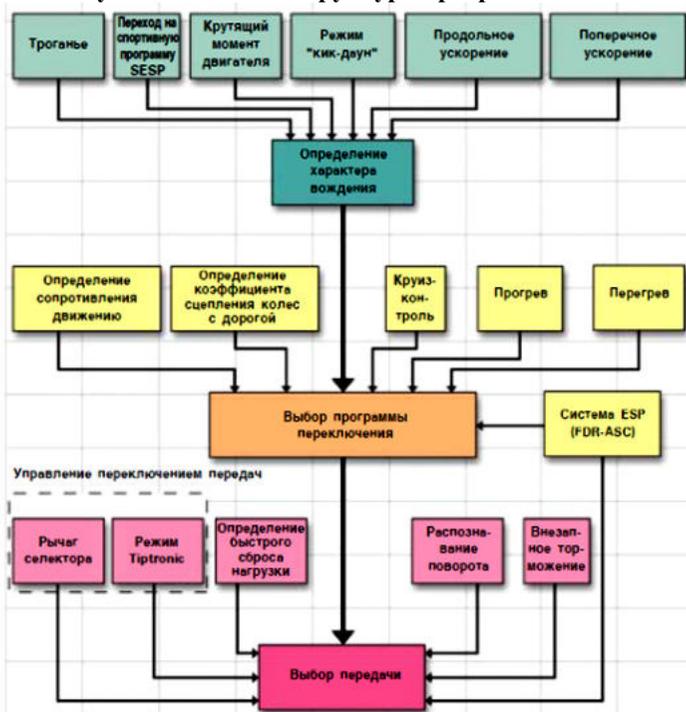


Рис. 9 - Схема функциональной структуры работы программы АКП

Функциональная структура программы подразделяется на три группы (рис. 9):

- определение характера вождения;
- выбор программы переключения в зависимости от состояния движения;
- выбор передач (момента переключения передач).

#### **Определение характера вождения**

Программа постоянно оценивает характер вождения, присваивая ему так называемый коэффициент спортивности, изменяющийся во всем диапазоне от экономичного характера вождения до спортивного.

Величина этого коэффициента определяется с учетом следующих факторов:

##### *Продольное ускорение автомобиля*

Продольное ускорение является мерой интенсивности изменения скорости автомобиля. Система учитывает как положительные значения ускорения (при разгоне), так и его отрицательные значения (при замедлении).

##### *Поперечное ускорение автомобиля*

Поперечное ускорение соответствует силе, которая действует на автомобиль на повороте и направлена от центра траектории движения. Величина этой силы зависит от скорости автомобиля и от угла поворота управляемых колес. Функция определения и обработки значений поперечного ускорения начинает действовать только при превышении им определенной пороговой величины.

Величина коэффициента спортивности зависит от максимального значения поперечного ускорения при прохождении поворота.

Оценка продольных и поперечных ускорений производится постоянно в фоновом режиме

##### *Троганье*

Каждый процесс троганья оценивается по величине максимального крутящего момента. Если водитель заставляет автомобиль трогаться с большой нагрузкой на двигатель, КП переводится на спортивную программу управления.

##### *Режим "кик-даун"*

Если водитель длительно использует режим "кик-даун", коэффициент спортивности циклически повышается и остается на достигнутой величине некоторое время после перехода на обычный режим (в зависимости от дальнейшего характера вождения).

##### *Быстрый переход на спортивный режим управления*

При резком перемещении педали акселератора счетчик переводится без промедления на высшее значение коэффициента спортивности. В результате производится переключение на следующую низшую передачу. Это высокое значение коэффициента действует только в течение нескольких секунд, после чего оно возвращается на прежний уровень.

При отпускании педали акселератора производится переключение на следующую высшую передачу.

### **Выбор программы переключения в зависимости от состояния движения.**

#### *Определение сопротивления движению автомобиля*

Определение сопротивления движению автомобиля является одной из важнейших функций, влияющих на выбор программы переключения передач. Действие этой функции начинается при трогании автомобиля с определения соотношения тяговых усилий (крутящего момента двигателя) и противостоящих им силам сопротивления на колесах.

Последние определяются по скорости и ускорению автомобиля. При этом учитываются следующие факторы:

- масса автомобиля (и сила инерции);
- аэродинамическое сопротивление (сопротивление встречного потока воздуха);
- составляющая веса автомобиля на подъеме;
- сопротивление шин качению.

В результате определяется коэффициент сопротивления, по величине которого выбирается программа переключения передач как при движении автомобиля по горизонтальной дороге, так и при движении на дорогах с уклоном.

По величинам коэффициентов спортивности и сопротивления движению производится выбор одной из программ переключения передач.

Помимо основных предусмотрены специальные программы переключения передач, используемые при определенных режимах работы агрегатов (например, прогрев двигателя и перегрев КП) или при действии некоторых систем автомобиля (например, активного или пассивного круиз-контроля).

*Движение с действующим активным или пассивным круиз-контролем*

Предназначенные для движения с включенным активным или пассивным круиз-контролем программы должны сокращать частоту переключений передач до минимума.

Чтобы обеспечить наилучшие режимы переключения при движении с действующим активным или пассивным круиз-контролем, выбор программ производится с учетом сопротивления движению автомобиля (см. таблицу).

Каждому виду круиз-контроля соответствуют определенная программ. Благодаря этому обеспечивается уточненный выбор режимов переключения передач и предотвращаются попеременные переключения вверх-вниз.

#### *Программа переключения передач при прогреве двигателя*

Эта программа направлена на снижение выброса вредных веществ с отработавшими газами после холодного пуска двигателя и при последующем его прогреве.

Активизация этой программы производится при температурах двигателя ниже 30°C. Она не учитывает сопротивление движению автомобиля и характер его вождения.

В соответствии с этой программой режимы переключения передач сдвинуты к большим частотам вращения вала двигателя.

#### *Бензиновые двигатели:*

Повышение частоты вращения вала бензинового двигателя приводит к ускорению прогрева нейтрализатора и соответствующему сокращению времени до начала его действия.

#### *Дизели:*

При работе дизеля с повышенной частотой вращения снижается нагрузка на него и, соответственно, уменьшается выброс вредных веществ.

В настоящее время программа переключения передач при прогреве применяется только на автомобилях с дизелями.

#### *Программа переключения передач при перегреве КП*

Эта программа вступает в действие при повышенных температурах КП. Она по существу является защитной программой, которая должна способствовать выводу КП из опасного диапазона температур.

Режимы переключения передач при этом зависят от уровня температур и сопротивления движения автомобилю.

Характерным для данной программы является смещение режимов переключения передач к большим частотам вращения вала двигателя, а также опережающее замыкание муфты блокировки гид-

ротрансформатора. В результате снижается проскальзывание гидротрансформатора и соответственно уменьшается нагрев рабочей жидкости ATF. Повышенная частота вращения вала двигателя приводит к усилению прокачки охлаждающей жидкости через охладитель жидкости ATF и улучшению отвода тепла от нее.

#### *Переключение передач при действии системы стабилизации ESP*

При действии различных систем динамического регулирования (ABS, ASR, ESP) переключение передач производится по специальным программам или блокируется. При этом предотвращается вращение вала двигателя с недопустимо высокой частотой.

Определение сцепления шин с дорогой (в настоящее время не используется). Одной из элементарных функций системы стабилизации ESP является постоянное определение коэффициента сцепления шин с дорогой. Значения этого коэффициента используются при автоматическом управлении КП.

При низких значениях коэффициента сцепления шин с дорогой, покрытой, например, льдом или снегом, а также при движении по мокрой дороге или по грунту выбираются программы переключения передач, которые способствуют снижению крутящего момента на колесах за счет опережающих переходов на высшие передачи. При этом по возможности избегаются переключения на пониженные передачи, которые могут привести к усиленному пробуксовыванию колес.

#### *Спортивные программы*

Выбор спортивной программы управления КП производится, прежде всего, по характеристике вождения автомобиля. В зависимости от этого параметра и с учетом сопротивлений движению автомобиля выбирается одна из нескольких (5...10) спортивных программ.

#### **Выбор передач (момента переключения передач).**

Переключение с одной передачи на другую осуществляется электронным блоком управления коробки передач на основании запрограммированной характеристической линии переключения передач. При этом учитывается скорость автомобиля и положение педали акселератора.

При переключении на более высокую или более низкую передачи используются разные характеристические линии.

Характеристическая линия переключения передач хранится в памяти блока управления для каждой передачи в виде функции скорости автомобиля и положения педали акселератора.

Моменты переключения выбираются довольно жестко, то есть переключение передачи происходит при одном и том же положении педали акселератора и скорости автомобиля (рис. 10).

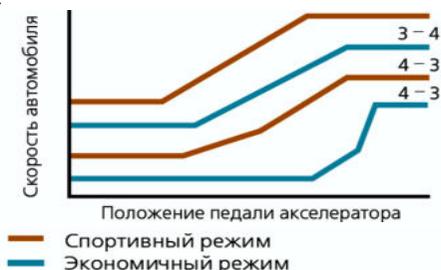


**Рис. 10 - Характеристические линии переключения между 3-й и 4-й передачами**

В начале внедрения электронных блоков управления коробки передач программировались только фиксированные параметры переключения. По мере дальнейшего развития электронных блоков управления коробки передач стал возможен выбор между двумя программами - спортивного режима и экономичного режима.

При помощи отдельного переключателя на рычаге переключения передач водитель имеет возможность выбирать между двумя характеристическими линиями (программами) переключения передач. Далее развитие было направлено на автоматизацию переключения между программами.

Та или иная программа автоматически включается в зависимости от скорости, с которой водитель нажимает на педаль акселератора. Тем не менее, подобно тому, как это было в предыдущей системе, выбор между режимами "ECO" и "SPORT" носил абсолютный характер (рис. 11).



**Рис. 11 - Характеристические линии переключения между 3-й и 4-й передачами при различных режимах движения**

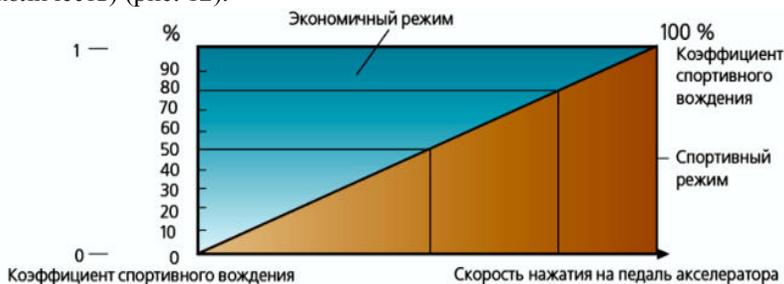
Современные электронные блоки управления коробки передач рассчитывают момент переключения по характеристической линии, учитывая большое количество данных, постоянно характеризующих текущий режим работы и вождения.

Данная индивидуально адаптируемая и нежесткая характеристика переключения передач используется в блоке управления для принятия решения о переключении передачи. Такая характеристика переключения передач называется адаптивной.

Программа переключения передач, основанная на определении силы сопротивления движению автомобиля, распознает различные виды сопротивлений движению, например, преодоление подъема или спуска, буксировка прицепа и движение против ветра.

Блок управления рассчитывает силу сопротивления движению на основании скорости автомобиля, положения дроссельной заслонки, числа оборотов двигателя и ускорения автомобиля и использует эти данные для определения моментов переключения.

Расчет момента переключения, учитывающий манеру вождения водителя и условия движения, выполняется с использованием принципа нечеткой логики (нечеткая логика делает допуск на намеренную неопределенность (нечеткость), при которой выбор происходит не между двумя значениями, а на основании результирующих количеств) (рис. 12).



**Рис. 12 - Диаграмма расчета момента переключения передач в зависимости от скорости нажатия на педаль акселератора и коэффициента сопротивления вождению**

Скорость, с которой водитель нажимает на педаль акселератора, приводит к созданию определенного коэффициента спортивного вождения, устанавливаемого при помощи нечеткой логики. Данный коэффициент спортивного вождения используется для выбора нефиксированного момента переключения передач между моментом

переключения, ориентированным на экономный расход топлива, и моментом, ориентированным на более высокие ездовые характеристики.

Таким образом, между режимами переключения передач "ECO" и "SPORT" возможен выбор ряда промежуточных моментов переключения. Следовательно, характер переключения передач стал больше соответствовать потребностям каждого отдельного водителя.

Обычно выбор включаемой передачи производится в соответствии с действующей в данный момент программой переключения.

Однако на выбор передачи могут повлиять внезапно изменившиеся обстоятельства движения или внешние факторы. Как правило при этом предотвращаются нежелательные переключения передач вверх или вниз и исключаются циклически повторяющиеся переключения.

#### *Учет быстрого сброса нагрузки (Fast-Off)*

При этом определяется положение и перемещение педали акселератора (скорость возвращения педали акселератора) при сбросе нагрузки водителем. Быстрый сброс нагрузки часто является признаком опасной ситуации. Водитель резко снимает ногу с педали акселератора (FastpOff), чтобы возможно быстрее перейти к торможению.

Если система обнаружила это действие водителя, она предотвращает переключение на высшие передачи до тех пор, пока водитель не нажмет вновь педаль акселератора.

При быстром возвращении педали акселератора из близкого к максимальному ходу положения данная функция выполняется всегда, а при ее возврате из положений частичного хода запрет перехода на высшую передачу действует не всегда.

#### *Учет движения на повороте*

Если при входе в поворот водитель снимает ногу с педали акселератора, в соответствии с программой может быть включена повышенная передача. При выходе из поворота необходимо включить пониженную передачу, чтобы ускорить разгон автомобиля (т. е. должны быть выполнены два ненужных и нежелательных переключения).

Функция распознавания поворота, проходимого с большой скоростью, предотвращает эти ненужные переключения. Эта функция учитывает поперечное ускорение, угол поворота рулевого вала и частоту вращения колес автомобиля.

Поворот считается актуальным при превышении определенного значения поперечного ускорения. Это значение достигается только при спортивном характере вождения или при прохождении неправильно оцененного поворота.

#### *Торможение автомобиля*

Вызываемое водителем торможение автомобиля определяется по перемещению педали тормоза и вызываемому при этом замедлению (отрицательному ускорению). В этом случае (но только при достаточно большом замедлении) режим переключения на пониженную передачу сдвигается настолько, чтобы обеспечить своевременную поддержку торможения. Это проявляется в переходе на пониженные передачи при работающем на холостом ходу двигателе и относительно высокой скорости автомобиля.

Преимущество этой функции заключается в том, что переход на пониженные передачи производится в то время, когда водитель еще нажимает педаль тормоза. Если после этого водитель пожелает вновь разогнать автомобиль, нужная передача оказывается уже включенной.

Наиболее отчетливо проявляется действие данной функции на затяжных спусках. При этом достаточно произвести легкое подтормаживание, чтобы вызвать переключение на понижающие передачи.

Смещение режимов перехода на пониженные передачи в рамках действия программы движения под гору позволяет лучше использовать тормозное действие двигателя.

Пока водитель нажимает педаль тормоза или пока двигатель работает на холостом ходу, действует функция запрета включения повышающих передач. Эта функция перестает действовать только при переходе к разгону, после чего переключения на повышенные передачи производятся в соответствии с действующей программой.

**Ручной выбор программы переключения передач.** Водитель может вручную выбирать между нормальным (S) и зимним режимами (W) с помощью переключателя режимов (трансмиссии). В зависимости от температуры трансмиссии, наличия состояний подъема и спуска, а также высокогорья, программы переключения передач подбираются блоком в соответствии с условиями езды. Доступны следующие программы:

Стандартный режим. Стандартный режим включается, когда селектор находится в положении D, переключатель режимов (трансмиссии) установлен в положение (S) и трансмиссия имеет температуру в пределах разрешенного диапазона. Моменты переключения

передач оптимизированы для получения наименьшего расхода топлива при езде в стандартных условиях.

Режим подъема и спуска. В этом режиме, в зависимости от загрузки автомобиля, выбираются адаптивные программы переключения, постепенно подстраивающие моменты переключения передач и блокировки гидротрансформатора.

Высокогорный режим. В условиях высокогорья моменты переключения передач автоматически подстраиваются для компенсации изменений крутящего момента двигателя, так как мощность двигателя в значительной степени уменьшается из-за понижения температуры воздуха и низкого барометрического давления.

Зимний режим. Когда выбран зимний режим, трогание с места облегчается за счет выполнения его на второй передаче, при этом загорается контрольная лампа индикации зимнего режима. Для предотвращения пробуксовки колес на скользкой поверхности трансмиссия не включает первую передачу до тех пор, пока это не будет запрошено вручную.

Режим движения в условиях бездорожья. Когда раздаточная коробка находится в режиме 4L, трансмиссия использует особую программу переключения передач для оптимального движения в сложных дорожных условиях. Как и в случае зимнего режима, включение первой передачи заблокировано. Трансмиссия может пропускать передачи при переключении, например осуществлять переключение 2-4 для сохранения оптимальных оборотов двигателя.

Режим прогрева. Обычно используется при температуре рабочей жидкости трансмиссии ниже 20 °С. В этом случае гидротрансформатор не блокируется, что способствует более быстрому прогреву трансмиссии.

Высокотемпературный режим. Высокотемпературный режим последовательно включается в диапазоне температур 110–145 °С. Степень блокировки гидротрансформатора увеличивается с целью понижения тепловыделения в нем. В качестве дополнительных мер обеспечения высокотемпературного режима активируются следующие функции: При температуре выше 110 °С – включаются электровентиляторы радиатора. При температуре выше 130 °С – понижается крутящий момент двигателя, при этом контрольная лампа WINTER на комбинации приборов начинает работать в мигающем режиме. При температуре выше 145 °С – в качестве последней степени защиты трансмиссия переводится в нейтральное положение до тех пор, пока ее температура не опустится ниже 120 °С. При активации

ции высокотемпературного режима становятся недоступны другие функции улучшения характеристик работы трансмиссии, включая функции движения на подъеме или спуске, а также движения в условиях высокогорья. При этом может иметь место некоторое ухудшение характеристик переключения, обусловленное тем, что при переключении передач не происходит разблокировки гидротрансформатора. Для полного выключения всех высокотемпературных режимов необходимо, чтобы температура рабочей жидкости опустилась ниже 105 °С.

*Режим включенного круиз-контроля.* При включенном круиз-контроле электронный блок управления двигателем может инициировать переключение на более низкую передачу синхронно с управлением дроссельной заслонки для осуществления возможности торможения двигателем.

### **Режимы работы АКП**

Рычаг выбора диапазона (РВД) работы коробки передач или «селектор» имеет несколько положений, которые имеют буквенное и цифровое обозначение. Количество этих положений у разных моделей автомобилей разное, но на всех автомобилях РВД обязательно имеет положения, обозначенные буквами «Р», «R» и «N».

*ПОЗИЦИЯ «Р» КОРОБКИ АВТОМАТ* выбирается при длительной стоянке автомобиля. В этом положении рычага в АКП выключены все элементы управления, а ее выходной вал заблокирован, поэтому движение автомобиля невозможно. На этом режиме разрешен запуск двигателя. Для надежной фиксации автомобиля во время стоянки на относительно ровных участках исправного механизма блокировки выходного вала АКП вполне достаточно. Но если автомобиль стоит на уклоне, то включение ручного тормоза обязательно. Причем первым необходимо затянуть ручной тормоз и только после этого установить рычаг переключения режимами коробки в положение «Р». В этом случае вы освобождаете от дополнительной нагрузки механизм блокировки выходного вала АКП.

*ПОЗИЦИЯ «N» КОРОБКИ АВТОМАТ* — в этом случае, как правило, выключены все элементы управления. Механизм блокировки выходного вала при этом выключен, то есть автомобиль может свободно перемещаться. На этом режиме разрешен запуск двигателя.

*ПОЗИЦИЯ «R» КОРОБКИ АВТОМАТ* — режим движения задним ходом. Перевод рычага в положение «R» во время движения вперед может привести к выходу из строя коробки передач. Если

рычаг АКП находится в этом положении, запуск двигателя невозможен.

Автомобили, оснащенные четырехскоростными автоматическими коробками передач, обычно имеют четыре положения движения вперед: «D», «3», «2» и «1» («L»). Следует отметить, что в случае установки РВД в одно из этих положений запуск двигателя невозможен.

*ДИАПАЗОН «D» КОРОБКИ АВТОМАТ* - основной режим движения. Он обеспечивает автоматическое переключение с первой по четвертую передачу. В нормальных условиях движения рекомендуется использовать именно его.

*ДИАПАЗОН «3» КОРОБКИ АВТОМАТ* - разрешено движение на первых трех передачах. Рекомендуется использовать при движении по холмистой дороге или в условиях частых остановок.

*ДИАПАЗОН «2» КОРОБКИ АВТОМАТ* - разрешено движение только на первой и второй передачах. Рекомендуется использовать на извилистых горных дорогах. Переключение на третью и четвертую передачи запрещено.

*ДИАПАЗОН «1» («L») КОРОБКИ АВТОМАТ* - разрешено движение только на первой передаче. Этот диапазон позволяет максимально реализовать тяговые возможности двигателя, поскольку передаваемый на колеса крутящий момент максимален именно на первой передаче. В этом режиме АКП особенно эффективно торможение двигателем. Первая передача рекомендуется при движении на крутых подъемах и спусках.

На большинстве современных автомобилей с автоматической трансмиссией в систему управления заложено несколько вариантов управления переключением передач. К ним относятся - экономичная, спортивная, зимняя и т.п.

*ЭКОНОМИЧНЫЙ РЕЖИМ КОРОБКИ АВТОМАТ* обеспечивает движение с минимальным расходом топлива, поскольку двигатель на каждой из ступеней работает в ограниченном скоростном диапазоне. При этом работа автоматической коробки передач и двигателя синхронизируется таким образом, что при включении очередной повышающей передачи двигатель начинает работать практически с холостых оборотов, и при дальнейшем разгоне обороты двигателя не доводятся до максимальных. Движение автомобиля в этом случае носит плавный, спокойный характер.

*СПОРТИВНЫЙ РЕЖИМ КОРОБКИ АВТОМАТ* позволяет максимально использовать мощность двигателя. Включение каждой

последующей передачи происходит при частотах коленчатого вала, близких к частотам, на которых развивается максимальный крутящий момент. При дальнейшем ускорении частота вращения коленчатого вала доводится до максимальных значений, при которых двигатель развивает максимальную мощность. Таким образом, двигатель работает с наибольшей отдачей. То есть диапазон изменения частот на каждой ступени происходит от частоты, при которой максимален момент, до частоты, соответствующей максимальной мощности. Автомобиль в этом случае развивает, по сравнению с экономичной программой, значительно большие ускорения. Для реализации экономичной или спортивной программы на приборной панели или рядом с рычагом выбора диапазона расположена специальная кнопка или переключатель, которые в зависимости от марки автомобиля могут иметь обозначения «POWER», «S», «SPORT», «AUTO», «A/T MODE» и т.п.

*ЗИМНИЙ РЕЖИМ КОРОБКИ АВТОМАТ* - для его активизации имеется специальная кнопка или переключатель, которые могут иметь обозначения «WINTER», «W», «HOLD». Для того чтобы исключить проскальзывание колес при трогании на скользком покрытии, крутящий момент, передаваемый от двигателя к колесам, должен быть минимальным. Это осуществимо в том случае, если автомобиль будет трогаться либо со второй, либо с третьей передачи.

*АВАРИЙНЫЙ РЕЖИМ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ* - активизируется в случае возникновения в трансмиссии или системе управления неисправности, которая может привести к серьезной поломке АКПП, блок управления начинает работать по программе защиты трансмиссии, что позволяет автомобилю добраться своим ходом до ремонтной мастерской или гаража.

Обычно в режиме защиты в автоматической 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.

*OVERDRIVE* - повышающая передача коробки автомат. Обозначается обычно как «OD» либо «D». Повышающую передачу рекомендуется использовать для размеренной, экономичной езды на магистрали.

*KICKDOWN* - режим коробки автомат, в который переходит система управления двигателем и коробкой для получения более высоких значений ускорения, например, при совершении обгона. Переход в режим *KICKDOWN* осуществляется при резком нажатии до упора педали управления дроссельной заслонкой, в коробке передач произойдет переключение на одну или две ступени вниз. При этом крутящий момент, передаваемый на колеса от двигателя, значительно возрастет, а двигатель в этот момент будет работать в диапазоне скоростей, при которых отдача близка к максимальной. Дальнейший переход к следующей повышающей передаче АКП в этом случае может произойти только при достижении двигателем максимальных оборотов. Если отпустить педаль управления дроссельной заслонкой, то коробка передач перейдет в штатный режим работы.

### **Адаптивный режим управления АКП**

Развитие «электронных» АКП привело к появлению адаптивных коробок передач. Разрабатываемые алгоритмы управления становятся все более интеллектуальными, что приводит к появлению новых качеств в тех же самых с механической точки зрения трансмиссиях.

Бортовой компьютер следит за манерой и особенностями управления водителя и подстраивает работу автоматической коробки передач и двигателя соответствующим образом. Если манера движения размеренная и плавная, компьютер делает соответствующие поправки, при которых двигатель не выводится на мощностные режимы работы, что положительно сказывается на расходе топлива. Как только водитель «занервничал» и начал производить частые и резкие нажатия на педаль газа, компьютер тут же понимает, что ускорения и обгоны нужно производить резвее. Двигатель на каждой из ступеней выводится в режим максимальных оборотов. Для обеспечения более резких ускорений система управления может осуществлять переключения на две, а то и на три ступени вниз. Интересно и то, что в алгоритм работы, как правило, заложен учет износа фрикционных элементов АКПП. Все это приводит не только к повышению комфорта поездки на автомобиле, но и к повышению его ресурса и экономичности.

*TIPTRONIC* - это система управления работой АКП, в которой наряду с автоматическим предусмотрен и полуавтоматический режим управления, при котором команду на переключение передачи дает водитель, а качество этих переключений обеспечивает система

управления. В зависимости от производителя этот режим может иметь разные названия (Autostick, Steptronic, Tiptronic), реализуется он только на автомобилях, имеющих электронную систему управления АКП, и то не на всех. В автомобилях, оборудованных такой системой, рычаг переключения имеет специальное положение, в котором и активизируется этот режим. Относительно положения есть два противоположных, не фиксируемых положения которые имеют обозначения «+» («Up») и «-» («Dn»), соответственно для переключения на более высокую или более низкую передачу.

Режим Autostick коробки автомат является скорее полуавтоматическим, чем ручным, поскольку трансмиссионный компьютер не перестает контролировать действия водителя и не позволит ему, например, тронуться с высшей передачи или выбрать передачу таким образом, чтобы обороты двигателя превысили допустимые. В остальном же создается полная иллюзия механической трансмиссии.

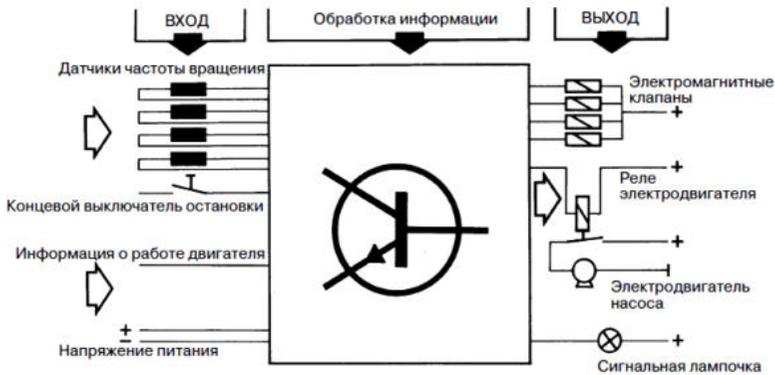
#### **1.4 Электронный блок управления тормозной системы**

Электронные блоки управления АБС различаются внутренним содержанием, а главное - алгоритмом функционирования (достижения в этой области составляют предмет тщательной охраны, так как в наибольшей степени определяют качество системы в целом). Подавляющее большинство ЭБУ тормозной системы аналогично ЭБУ двигателя и трансмиссии [8-11].

Отличием ЭБУ тормозных систем легковых и коммерческих автомобилей и тракторов служит наличие в последних функции управления тормозной системы сочетаются с отдельными дополнительными ЭБУ гидравлических и пневматических систем.

Дополнительные ЭБУ предназначены для выполнения контрольных функций состояния тормозных систем, информацию о которых передают на центральный ЭБУ. Могут устанавливаться непосредственно на исполнительных элементах тормозной системы (например центральном кране пневмосистемы автомобиля или прицепа, распределительного крана гидротормозной системы трактора и др.).

Электронный блок управления получает информацию от датчиков частоты вращения колес, концевого выключателя остановки (педали тормоза), а также информацию от ЭБУ двигателя о режимах его работы (рис. 13).



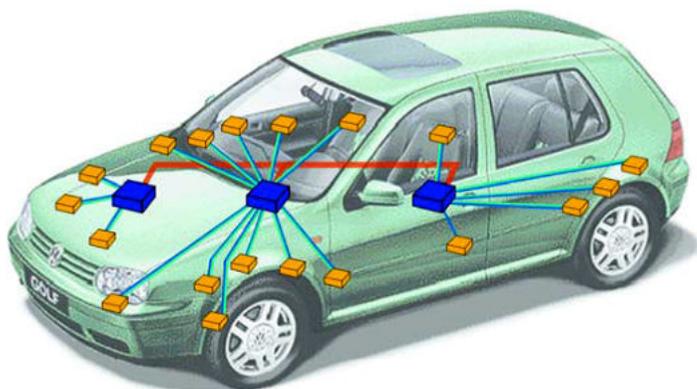
**Рис. 13 - Схема управления тормозной системой**

После включения зажигания проводится автоматическое тестирование электронной схемы блока. При достижении машиной скорости 6 км/ч проводится тестирование тормозной системы (исправность датчиков, насоса и др.). В процессе работы ЭБУ циклически проводит самодиагностику систем. При выявлении неисправности какого-либо элемента загорается аварийная лампа и ЭБУ отключается, при этом АБС отключается, а тормозная система работает в штатном режиме обычной тормозной системы.

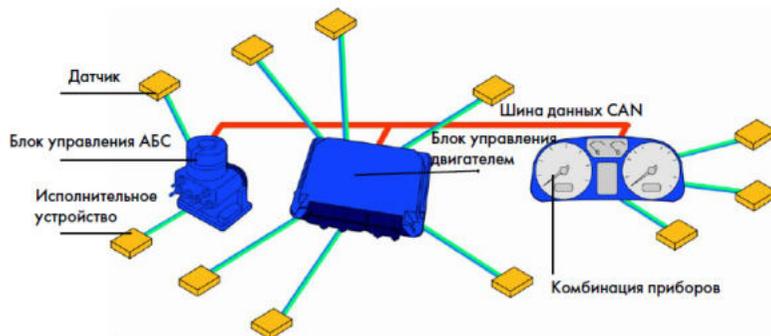
### 1.5 Система CAN

**Controller Area Network** (дословно - диспетчер сетевого участка) - это понятие вошло в обиход после того, как в начале 1980-х годов в Robert Bosch GmbH разработали стандарт промышленной сети, ориентированный прежде всего на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков. Одно их первых внедрений в автомобильной промышленности было осуществлено на нескольких моделях автомобилей Mercedes-Benz в 1992 году. А для того, чтобы связать все системы в единое целое для решения общих задач управления автомобилем, Robert Bosch GmbH был разработан коммуникационный стандарт CAN который стал применяться в автомобилестроении. На сегодняшний день практически каждый новый автомобиль оснащён этой системой. Пример взаимосвязи электронных блоков управления и устройств, завязанных в единую бор-

товую коммуникационную сеть автомобиля представлен на рисунке 14.



а)



б)

**Рис. 14 – Коммуникационная сеть автомобиля (CANшина):**

*а - коммуникационная сеть CAN на автомобиле; б - схема системы CAN*

В современных автомобилях находит всё большее применение и беспроводная передача информации. К примеру, система навигации, слежение за местонахождением автомобиля (защита от угона), контроль за давлением в шинах, удалённая диагностика и многие другие. В ближайшем будущем можно ожидать, что слияние воедино в бортовой сети автомобилей внутренних и внешних информационных потоков выведет управление транспортным средством на новый уровень безопасности и комфорта прежде всего в таких направ-

лениях, как отображение информации предупреждения об опасных ситуациях на дорогах и даже активного смягчения последствий возможных столкновений автомобилей, а так же более рационального распределения транспортных потоков

Если два или более микропроцессора взаимосвязаны в одну систему, то должен использоваться стандартный протокол который определяет, каким образом данные должны быть переданы между сетевыми блоками. Наиболее распространенным примером такого протокола является **TCP/IP** (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), который используется для подключения хостингов в сети Интернет. Предшественником TCP/IP был протокол - Open System Interconnection (**OSI**). Этот протокол был разработан в 1982 году Международным бюро по стандартизации International Organization for Standardization (ISO 7498-1:1994 (E)). OSI протокол иногда называют как «семиуровневая» модель, поскольку он состоит из семи независимых элементов, которые определяют требования к взаимосвязи на различных уровнях взаимодействия.

Уровни модели:

1) Уровень приложений (Application Layer) — этот уровень определяет какие приложения (программы) имеют доступ к сети. Например, электронная почта, передача файлов, терминалы удалённого доступа и веб-браузеры.

2) Уровень представления данных (Presentation Layer) — этот уровень определяет такие моменты, как стандарты сжатия данных и их шифрования.

3) Уровень передачи данных (Transport Layer) — этот уровень обеспечивает стандарты передачи данных между адресатами, осуществляет контроль ошибок и безопасности.

4) Сетевой уровень (Network Layer) — этот уровень отвечает за вопросы маршрутизации сетевого трафика данных.

5) Уровень каналов связи (Data Link Layer) — этот уровень обеспечивает синхронизацию передачи данных и контроль ошибок.

6) Уровень контроля за сеансами связи (Session Layer) — этот уровень обеспечивает стандартизацию начала и завершения сеансов связи между различными приложениями и сетевыми блоками.

7) Физический уровень (Physical Layer) - этот уровень определяет стандарты физических характеристик устройств в сети, в том числе типы соединений и разъёмов, электрические характеристики кабелей, уровня напряжения, силы тока и тд.

Но задачи, решаемые протоколом OSI, не в полной мере отвечали нуждам автомобильной электроники, и инженерами Robert Bosch GmbH был разработан специальный протокол OSI CAN, который определял стандарты физического и канального уровней модели OSI для осуществления последовательной передачи информации между двумя или более устройствами.

CAN был разработан Robert Bosch GmbH для автомобильной промышленности в начале 1980-х годов и официально публично выпущен в пользование в 1986 году. Эта разработка CAN от Bosch была принята в качестве стандарта ISO (ISO 11898), в 1993 переименована в CAN 2.0A, и расширена в 1995 году в CAN 2.0B, чтобы позволить идентифицировать большее количество сетевых устройств. Как правило, CAN шина соединяет в сеть модули (или узлы), используя два провода, витая пара. Многие компании и не только автомобильные, внедряют CAN протокол в свои разработки для взаимосвязи различных электронно-управляемых устройств. CAN - последовательный, мульти-отправляющий, многоадресный протокол, это означает, что, когда шина свободна, любой узел, может отправить сообщение (мульти-отправляющее устройство), и все узлы могут получить и отреагировать на сообщение (многоадресно передано). Узел, который инициирует сообщение, называют передатчиком, любой узел не отправляющий сообщение называют получателем. Всем сообщениям присвоены статические приоритеты, передающий узел остаётся передатчиком до тех пор, пока шина не станет неактивной или пока в сети не появилось сообщение от другого узла с более высоким приоритетом, процесс который определяет приоритет сообщений и называется - арбитраж. Сообщение по CAN шине может содержать до 8 байтов данных. Идентификатор сообщения описывает контент данных и используется получающими узлами для определения места назначения в сети (другими словами — адресата, узел которому это сообщение адресовано). В коротких сетях ( $\leq 40$  м), скорость передачи сообщений может достигать до 1 Мбит/с. Более длинные сетевые расстояния уменьшают доступную скорость передачи, например до 125 Кбит/с в сети длиной до 500м. Высокоскоростной CAN ("High speed" CAN) сетью считается сеть со скоростью передачи данных более 500 Кбит/с.

Исходя из этого CAN характеризуется следующими основными свойствами:

- каждому сообщению (а не устройству) устанавливается свой приоритет;

- гарантированная величина паузы между двумя актами обмена;
- гибкость конфигурирования и возможность модернизации системы;
- широковещательный прием сообщений с синхронизацией времени;
- непротиворечивость данных на уровне всей системы;
- допустимость нескольких ведущих устройств в сети ("многوماстерная сеть");
- способность к обнаружению ошибок и сигнализации об их наличии;
- автоматический повтор передачи сообщений, доставленных с ошибкой, сразу, как только сеть станет свободной;
- автоматическое различение сбоев и отказов с возможностью автоматического отключения отказавших модулей.

К недостаткам можно отнести сравнительно высокую стоимость CAN-устройств, отсутствие единого протокола прикладного уровня, а также чрезмерную сложность и запутанность протоколов канального и прикладного уровня.

### **Шина данных CAN**

Шина данных CAN современных автомобилей состоит из следующих компонентов (рис. 15):

- контроллер;
- трансивер;
- два терминала шины данных;
- два провода шины данных.

Все узлы шины данных встроены в блоки управления, за исключением проводов шины данных.

*Контроллер* шины данных CAN получает данные от микрокомпьютера блока управления. Он обрабатывает их и передает трансиверу шины CAN. Аналогично контроллер принимает сигналы от трансивера шины CAN, обрабатывает их и передает микрокомпьютеру блока управления.

*Трансивер* шины данных CAN – это приемник и передатчик, объединенные в одно устройство. Он служит для преобразования данных от контроллера шины данных CAN в электрические сигналы и передачи их по проводам. Аналогично он также принимает данные и преобразует их для контроллера шины CAN. Связь трансивера с

модулем системы CAN осуществляется посредством проводов TX (передающий провод) и RX (принимающий провод).

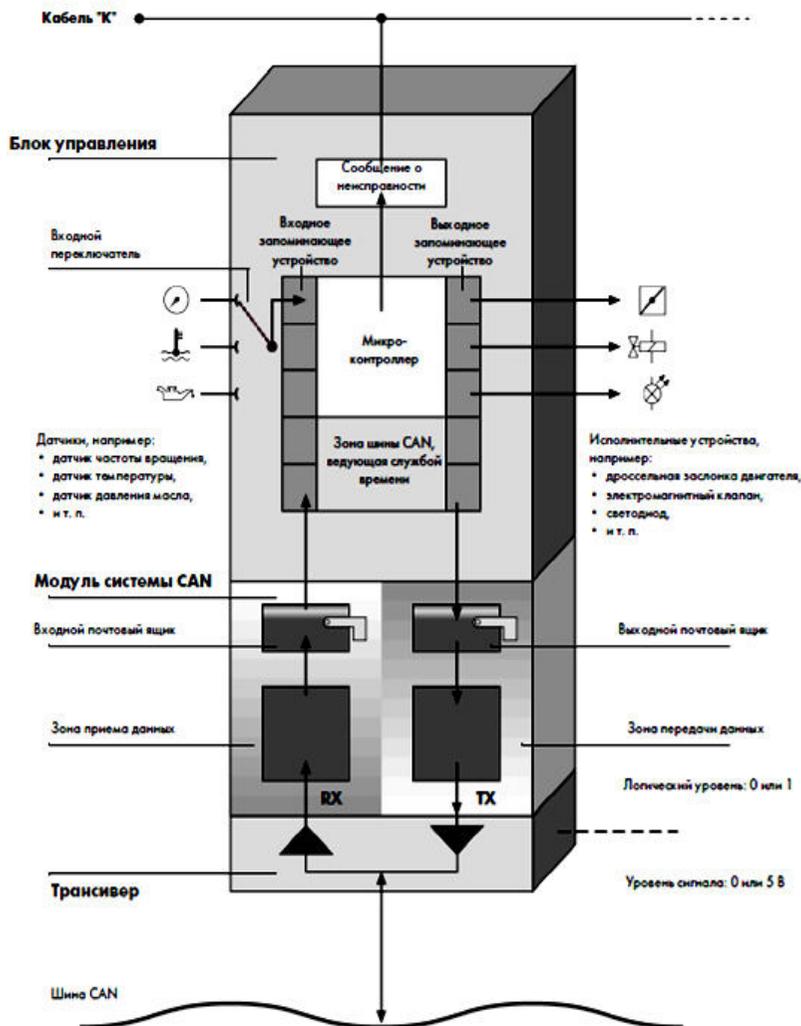
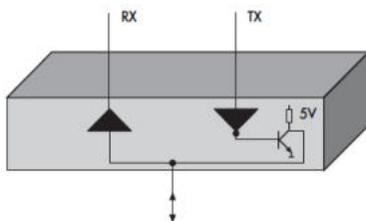


Рис. 15 - Функциональные компоненты: блок управления, модуль системы CAN и трансивер

Провод RX соединен с шиной CAN через усилитель. Он позволяет постоянно "прослушивать" сигналы, передаваемые через шину (рис. 15). Особенностью подключения провода TX к шине является соединение через каскад с открытым коллектором (рис. 16), он обеспечивает передачу сигнала от блока шине данных. Благодаря этому могут быть реализованы два состояния шины:

Состояние 1: пассивное - уровень шины = 1, провод шины соединен с источником тока через высокоомное сопротивление, при этом транзистор закрыт (выключатель разомкнут);

Состояние 0: активное - уровень шины = 0, шина замкнута на "массу" через низкоомное сопротивление, при этом транзистор открыт (выключатель замкнут);

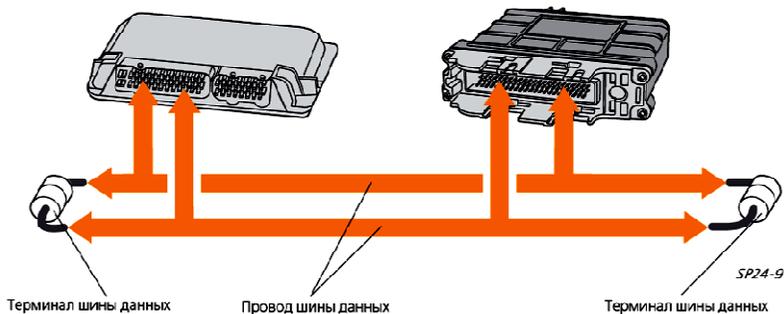


**Рис. 16 - Схема трансивера**

*Терминал* шины данных – это резистор. Он предотвращает обратную передачу данных от концов проводов шины, что может привести к фальсификации последующих данных (рис. 17).

Блок управления двигателем с контроллером и трансивером шины данных CAN

Блок управления автоматической коробкой передач с контроллером и трансивером шины данных CAN



**Рис. 17 - Схема с установкой терминала шины данных**

Провода шины данных являются двунаправленными и служат для передачи данных.

#### **Типы применяемых в автомобилях шин данных.**

Ввиду различных требований к частоте передаваемых сигналов, объему информации и к резервированию данных шины CAN подразделяются на три вида:

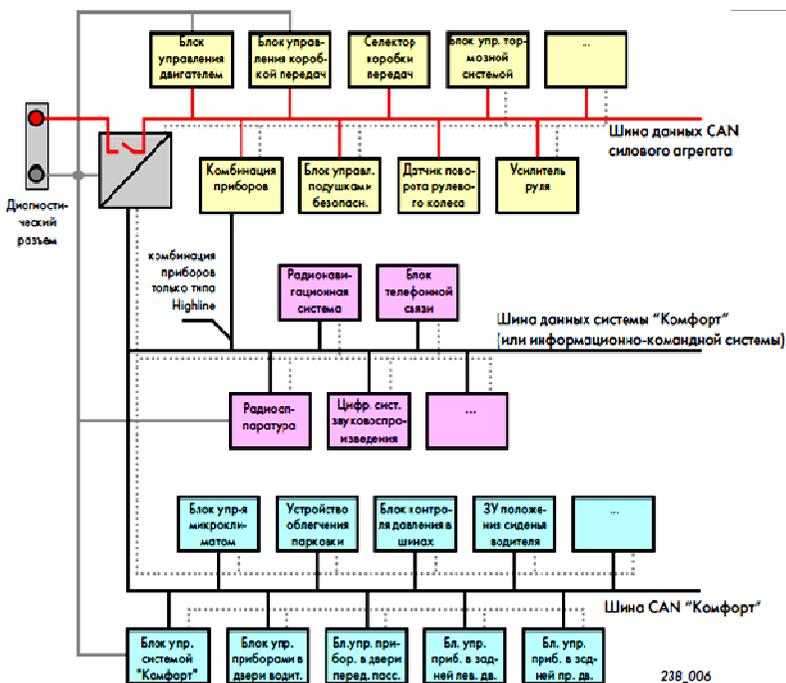
**Шина CAN силового агрегата** (быстрая шина) (High-Speed CAN), позволяющая передавать информацию со скоростью 500 кбит/с. Она служит для связи между блоками управления на линии двигателя и трансмиссии. Шина объединяет следующие блоки управления (рис. 18):

- электронными приборами на рулевой колонке;
- автоматической коробкой передач;
- раздаточной коробкой;
- двигателем;
- АБС с системой стабилизации;
- подушками безопасности;
- уровнем кузова;
- блокировкой заднего дифференциала;
- обогревателем ветрового стекла;
- охранной системой.

**Шина CAN системы "Комфорт"** (медленная шина) (Low-Speed CAN), позволяющая передавать информацию со скоростью 100 кбит/с. Она служит для связи между блоками управления, входящими в систему "Комфорт". Шина объединяет следующие блоки управления (рис. 18):

- центральный блок управления;
- электронными приборами на рулевой колонке;
- климатической установкой;
- системой прицепа;
- системой парковки;
- приборами в задней левой и правой двери;
- приборами в передней левой и правой двери;
- системой контроля давления в шинах;
- охранной системой.

**Шина данных CAN информационно-командной системы** (медленная шина) (Low-Speed CAN), позволяющая передавать данные со скоростью 100 кбит/с. Она служит для связи между различными обслуживающими системами, например, радиосистемой, телефонной и навигационной системами (рис. 18).



238\_006

Рис. 18 - Примерная схема шины CAN

Шина объединяет следующие блоки управления:

- телефонной связью;
- двигателем стеклоочистителя;
- аудиосистемы;
- навигационной системы;
- отопителем салона.

Все связанные через шину CAN блоки управления подключаются к ней параллельно с помощью двух проводов. Один из проводов шины CAN называется верхним (CAN High), а другой — нижним (CAN Low). Два скрученные между собой провода образуют пару (Twisted Pair) (рис. 19).



Рис. 19 - Пара проводов передачи данных Twisted Pair

## Процесс передачи данных

**Подготовка данных.** Точкой отправки сообщения (данных) всегда является блок управления. Он передает данные, подлежащие отправке, собственному контроллеру шины CAN (рис. 20).

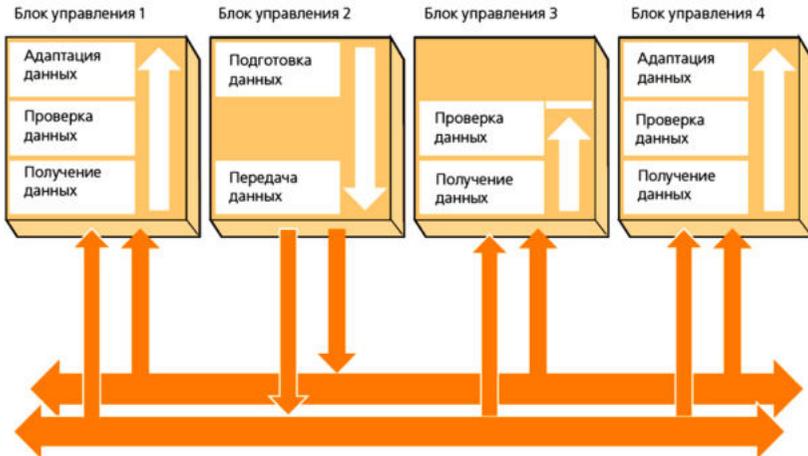


Рис. 20 - Передача данных шины CAN

**Передача данных.** Трансивер шины CAN получает данные от контроллера, преобразует их в электрические сигналы и отправляет их далее по шине.

**Получение данных.** Все блоки управления, объединенные через шину данных, затем выполняют функцию приемника.

**Проверка данных.** Блоки управления проверяют, являются ли полученные данные необходимыми для их функционирования или нет.

**Адаптация данных.** Если полученные данные важны, они подвергаются адаптации и обработке, в противном случае они игнорируются.

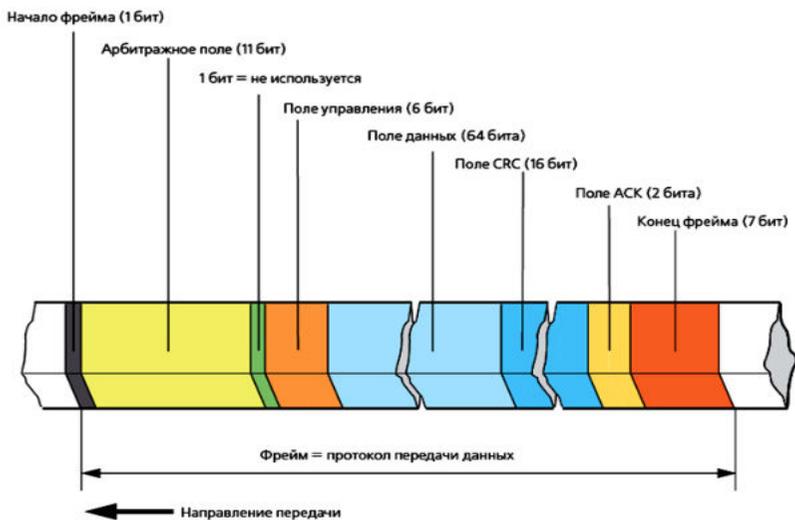
Передача данных в шине CAN выполняется по протоколу в виде обмена сообщениями между блоками управления через очень короткие промежутки времени.

### Протокол передачи данных

Протокол состоит из последовательности бит информации, передающихся друг за другом. Число бит в протоколе передачи дан-

ных зависит от размера поля данных. Структура обоих проводов шины данных аналогична (рис. 19).

Структура протокола передачи данных всегда соответствует стандартным фреймам. Фрейм состоит из семи последовательно расположенных полей данных (рис. 21).



**Рис. 21 - Структура протокола передачи данных**

**Начало фрейма** обозначает начало протокола передачи данных. Начало фрейма кодируется одним доминантным битом. Все устройства сети одновременно синхронизируют свои приемники по переднему фронту импульса этого бита.

**Арбитражное поле** используется для обозначения приоритета протокола передачи данных. Например, если двум блокам управления требуется отправить сообщения одновременно, первым отправляет сообщение блок управления с более высоким приоритетом. Кроме того, оно используется для определения содержания сообщения (например, обороты двигателя).

В контрольном поле в виде кода записывается количество элементов информации в поле данных. Этим обеспечивается возможность для каждого приемника проверить, были ли получены все необходимые данные.

Формат поля арбитража различается для стандартного и расширенного формата фрейма. В стандартном фрейме поле арбитража

состоит из идентификатора длиной 11 бит и RTR-бита (Remote Transmission Request - "запрос дистанционной передачи").

В расширенном формате поле арбитража имеет идентификатор длиной 29 бит, SRR-бит (Substitute Remote Request - "заменяющий RTR-бит"), IDE-бит (Identifier Extension Bit - "бит идентификации расширенного формата") и RTR-бит. Поле идентификатора в расширенном формате состоит из базового идентификатора и расширенного идентификатора. Базовый идентификатор определяет приоритет расширенного фрейма. RTR-бит служит для того, чтобы отличить фрейм данных от фрейма вызова. IDE-бит служит для различения стандартного и расширенного формата фреймов.

В *поле данных* передаются элементы данных, являющиеся важными для других блоков управления. В этом поле содержится больше всего информации: от 0 до 64 бит (от 0 до 8 байт).

*Поле CRC* используется для обнаружения ошибок в процессе передачи данных.

*Поле ACK* (поле уведомления) содержит сигнал приемника передатчику о том, что протокол данных был успешно выполнен. В случае обнаружения ошибки информация об этом немедленно передается передатчику, после чего отправка сообщения повторяется.

*Конец фрейма* предназначен для проверки передатчиком протокола данных и отправки приемнику подтверждения о его безошибочном выполнении. В случае обнаружения ошибки передача данных немедленно прекращается, а затем выполняется повторно. После этого протокол передачи данных считается выполненным.

*Фрейм перегрузки* состоит из двух полей: флага перегрузки и поля разделителя. Существуют следующие условия, при наступлении которых начинается передача фрейма перегрузки:

- перегрузка приемника, которая требует увеличить паузу между принимаемыми им фреймами;
- обнаружение доминантного бита на месте первого и второго бита в *поле перерыва* паузы между фреймами.

Между фреймами данных, фреймом вызова и любыми другими фреймами устанавливается *пауза*. В отличие от этого, перед фреймами перегрузки и ошибок паузы нет, это ускоряет их доставку.

Пауза содержит *поле перерыва* (3 бита) и *поле простоя* (произвольной длины) и, для пассивных к ошибке устройств, которые выполняли передачу предыдущего сообщения, поле приостановленной передачи (рис. 22).

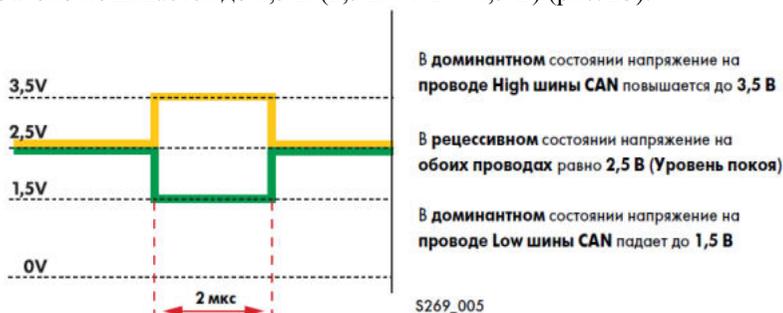


**Рис. 22 - Полная структура фреймов**

В шинах CAN используется дифференциальная передача данных, заключающаяся в изменении напряжений на проводах шины CAN при переходах доминантного (активного) состояния в рецессивное (пассивное) и наоборот.

В исходном состоянии шины на обоих проводах поддерживается постоянное напряжение на определенном базовом уровне. У шины CAN силового агрегата это напряжение равно приблизительно 2,5 В.

При нахождении напряжения на базовом уровне говорят о рецессивном состоянии, так как оно может быть изменено любым подключенным к ней блоком управления. При переходе в доминантное состояние напряжение на проводе High повышается на определенную величину, которая в данном случае равна не менее 1 В. При этом напряжение на проводе Low снижается также на определенную величину, которая в данном случае составляет не менее 1 В. Таким образом при переходе шины CAN в активное состояние напряжение на проводе High достигает 3,5 В ( $2,5 \text{ В} + 1 \text{ В} = 3,5 \text{ В}$ ), а на проводе Low оно понижается до 1,5 В ( $2,5 \text{ В} - 1 \text{ В} = 1,5 \text{ В}$ ) (рис. 23).



**Рис. 23 - Форма сигнала, передаваемого по проводам шины CAN**

При нахождении шины CAN в рецессивном состоянии разность напряжений на ее проводах равна нулю, а при ее нахождении в доминантном состоянии разность напряжений на проводах шины составляет не менее 2 В.

В системе "Комфорт" и информационно-командной системы напряжение на проводе High при рецессивном состоянии шины равно нулю, а в доминантном состоянии оно увеличивается не менее чем до 3,6 В.

Напряжение на проводе Low при рецессивном состоянии шины равно 5 В, а в доминантном состоянии оно падает не менее чем до 1,4 В.

Поэтому после образования разности напряжений в дифференциальном усилителе рецессивный уровень сигнала равен  $-5$  В, а доминантный уровень составляет 2,2 В. Таким образом разность напряжений при рецессивном и доминантном состояниях шины равна или больше 7,2 В.

#### **Способ реализации протокола передачи данных**

Протокол передачи данных состоит из нескольких последовательных бит. Каждому биту может быть присвоено только одно из значений «0» или «1». В двоичной системе счисления цифры 0 и 1 могут использоваться для обозначения любого числа.

**Бит с состоянием «1»** – передатчик трансивера неактивен (аналогично разомкнутым контактам переключателя) – напряжение на проводе шины данных составляет приблизительно 5 В или 2,5 В.

**Бит с состоянием «0»** – передатчик трансивера активен (аналогично замкнутым контактам переключателя) – напряжение на проводе шины данных составляет приблизительно 0 В.

При наличии двух битов возможны четыре различные комбинации. Каждая комбинация может обозначать определенные данные. Этот способ организации одинаков для всех блоков управления. Каждый дополнительный бит удваивает количество элементов данных. Чем больше бит в последовательности, тем большее количество элементов данных может быть передано.

Если нескольким блокам управления требуется отправить сообщения через протокол передачи данных одновременно, необходимо установить приоритет для каждого из них. Первым по протоколу передачи данных отправляется сообщение с более высоким приоритетом.

### Процедура назначения приоритета

Каждый бит имеет одно из двух состояний. Это состояние может быть следующим:

или  $\left\{ \begin{array}{l} \text{логический "0",} \\ \text{с приоритетом логическая "1",} \\ \text{без приоритета.} \end{array} \right.$

Приоритет протокола передачи данных зависит от расположения бит в сообщении.

Протокол, где первыми битами идет логический "0" являются приоритетными.

#### Способ определения приоритета протокола передачи данных.

Для арбитражного поля протокола передачи данных вместе с приоритетом протокола назначается также код, состоящий из 11 бит.

Например так выглядят приоритеты трех протоколов передачи данных

|   |  |                   |
|---|--|-------------------|
|   | <i>Арбитражное поле (11 бит передаваемой информации)</i> |                   |
| <b>Блок управления АБС</b>              | 001  | 1010 0000         |
| <b>Блок управления двигателем</b>       | 010  | 1000 0000         |
| <b>Блок управления коробкой передач</b> | 100  | 0100 0000         |
|   | <i>приоритет</i>   | <i>информация</i> |

Все три блока управления начинают работу одновременно с передачей данных по протоколу. Параллельно с этим осуществляется поочередная проверка всех битов, передающихся по проводу шины.

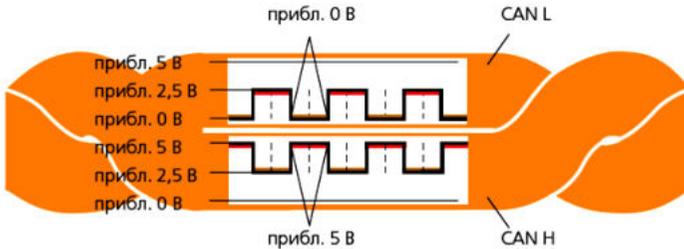
Если блок управления обнаруживает в арбитражном поле бит приоритет по сравнению со своим собственным, он останавливает передачу данных и начинает прием. В данном случае приоритетным является протокол блока управления АБС (биты 001), он продолжает передачу, а блоки управления двигателем и коробкой передач прекращают передачу и начинают прием передаваемого блоком АБС протокола.

### Защита от электромагнитных помех

Электромагнитными источниками помех, могущими ухудшить передачу информации, являются электрооборудование автомобиля, а также внешние источники радиоизлучения.

Два неэкранированных провода объединены в витую пару для предотвращения искажения передаваемых данных помехами. По витой паре передается разностный сигнал, т.е., другими словами, на проводах противопоставляются соответствующие значения напряжения.

Если напряжение на одном из проводов шины данных составляет приблизительно 0 В, напряжение на другом проводе составляет приблизительно 5 В. В обратной ситуации, когда напряжение на проводах одинаково, оно составляет приблизительно 2,5 В (рис. 24).



**Рис. 24 - Принцип обеспечения защиты передачи данных от помех**

Таким образом, сумма напряжений на двух проводах в любой момент времени остается постоянной величиной, а влияние электромагнитных полей двух проводов шины данных нейтрализуется.

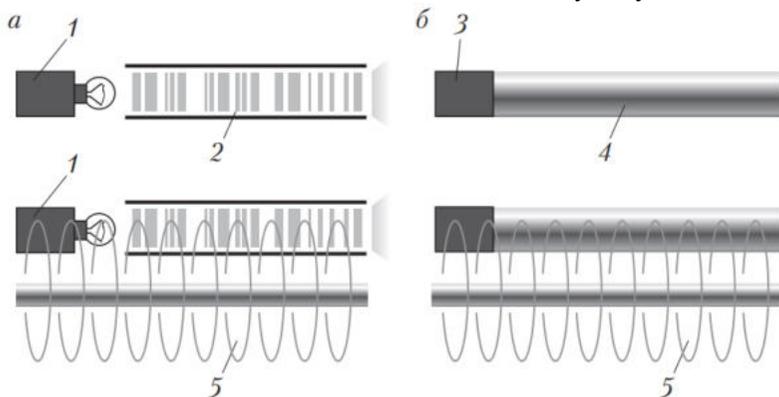
В этом случае провода шины данных остаются защищенными от электромагнитных волн, генерируемых внешними источниками, а также не оказывают практически никакого воздействия на внешние объект.

### Волоконно-оптическая CAN

Центральный блок информационно-командной системы может соединяться с процессором навигационной и других систем посредством оптического кабеля - *шины типа MOST (Media Oriented Systems Transport)*. Это необходимо для защиты линии передачи данных от помех. Для передачи данных через оптический кабель необходимо преобразовать аналоговую информацию в серии свето-

вых импульсов, которые затем могут распространяться по стеклянным волокнам кабеля. Длина световых волн меньше длины радиоволны, поэтому они не создают электромагнитных помех и сами являются невосприимчивыми к таковым.

Вокруг любого проводника, по которому проходит электрический ток (рис. 25), возникают поля, поэтому проложенные параллельно или перекрещивающиеся проводники тока создают взаимные помехи. Помехи создаются также электромагнитными волнами, генерируемыми, например, мобильным телефоном. При использовании волоконно-оптической связи такие помехи отсутствуют.



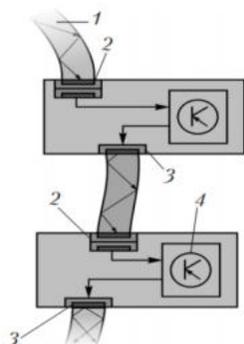
**Рис. 25 - Передача тока по волоконно-оптическому (а) и металлическому (б) проводникам:**

*1 - цифровая информация; 2 - оптический кабель; 3 - аналоговая или цифровая информация; 4 - металлический проводник; 5 - электромагнитное поле проводника*

Преимуществом современных волоконно-оптических систем, кроме отсутствия помех, является также скорость передачи данных, достигающая 21,2 Мб/с, что позволяет передавать информацию в виде цифрового сигнала. Такая связь применяется при приеме аудио- и видеопередач, что требует скорости передачи данных порядка 6 Мб/с и больше, в то время как шина CAN при большом количестве жил в жгуте проводов может передавать данные со скоростью не более 1 Мб/с.

Светодиод - один из основных компонентов волоконно-оптической системы (рис. 26) предназначен для преобразования сигнала по напряжению в световой сигнал. Длина волны выработанных

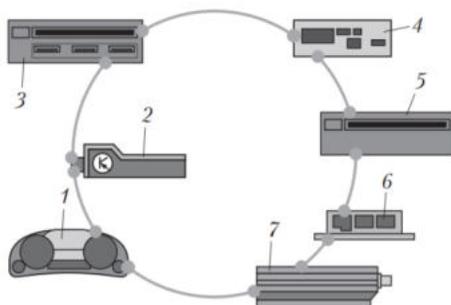
световых сигналов около 650 нм и их видно как красный свет. Световод предназначен для отправки световых волн, вырабатываемых в передатчике одного блока управления, на приемник другого блока управления. Фотодиод предназначен для преобразования световых волн в сигналы по напряжению.



**Рис. 26 - Основные компоненты волоконно-оптической системы:**

*1 - световод; 2 - фотодиод; 3 - светодиод; 4 - трансивер*

Недостатком волоконно-оптической системы является требование плавных изгибов; радиус изгиба световода не должен превышать 25 мм.



**Рис. 27 - Шина типа MOST (на примере Touareg 2011 Volkswagen):**

*1 - ЭБУ в комбинации приборов; 2 - диагностический интерфейс шин данных; 3 - ЭБУ информационной электронной системы; 4 - ТВ-тюнер; 5 - DVD-чейнджер; 6 - головное устройство аудиосистемы; 7 - ЭБУ цифровой аудиосистемы*

Шина типа MOST представляет шину последовательной передачи данных (аудио- и видеосигналов, голосовых сигналов) по оптическому кабелю (рис. 27). С точки зрения физического исполнения в случае шины MOST речь идет о кольцевой структуре (топологии) сети. Шина типа MOST может включать до 64 устройств.

## **2 СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ**

### **2.1 Основные принципы управления двигателем**

Первые системы управления двигателем были механическими, как, например, карбюратор или распределитель зажигания. Но с помощью подобных систем невозможно одновременно обеспечить и высокий КПД двигателя, и соответствие строгим нормам токсичности отработавших газов. Поэтому следующим этапом развития систем стало появление механических систем впрыска топлива, например, так называемой K-Jetronic Bosch, а затем их сменили системы с электронным управлением, в том числе L-Jetronic Bosch.

В некоторых системах устанавливалась только одна форсунка (одноточечная система впрыска), но большинство современных систем имеет несколько форсунок, по одной на каждый цилиндр, которые управляются индивидуально (многоточечная система MPI).

Системы управления обеспечивают оптимальное соотношение между воздухом и топливом в смеси и эффективные значения угла опережения зажигания, что позволяет получить высокую мощность и крутящий момент при низком уровне выбросов вредных веществ ОГ.

В настоящее время системы управления двигателем EMS состоят из датчиков, необходимых для получения данных о режимах работы двигателя, исполнительных механизмов, осуществляющих управление двигателем, и управляющего всей системой ЭБУ двигателя.

ЭБУ обрабатывает данные от датчиков, рассчитывает оптимальные условия работы двигателя и реализует их, управляя исполнительными механизмами (рис. 25).



**Рис. 25 - Структура системы электронного управления бензиновым двигателем**

К системам дизельным двигателям предъявляются еще более жесткие требования из-за постоянного ужесточения экологических норм токсичности и требований к уровню шума, а также потребности в снижении расхода топлива. Одна из первых систем управления дизельным двигателем имела механический распределительный ТНВД (топливный насос высокого давления). Из-за не очень точного дозирования топлива в этих системах сложно было достичь высокой мощности и соответствия двигателя жестким экологическим нормам. Следующий этап развития ознаменовался появлением ТНВД распределительного типа с электронным управлением COVEC-F фирмы Zexel. К последнему поколению систем дизельного впрыска относится аккумуляторная система непосредственного впрыска CRDI, которая включает в себя множество датчиков для определения условий и режима работы двигателя. Исполнительные механизмы регулируют режим работы двигателя и управляются блоком управления (ЭБУ). Блок управления обрабатывает сигналы от датчиков, находит оптимальный режим работы двигателя и обеспечивает его путем управления исполнительными механизмами (рис. 26).



**Рис. 26 - Структура системы электронного управления дизельным двигателем**

Электронная система управления дизельным двигателем выполняет следующие функции:

- управление впрыском топлива;
- управление системой топливоподачи;
- регулирование частоты вращения вала двигателя на режиме холостого хода;
- регулирование системой подогрева топлива;
- регулирования системы нейтрализации ОГ;
- регулирование работы сажевого фильтра;
- управление системой вентиляции топливного бака;
- регулирование давления топливоподачи;
- регулирование скорости автомобиля;
- управление системой подачи воздуха (если имеется) по показаниям датчика наддува;
- непрерывное управление фазами впуска и выпуска;
- управление подвеской двигателя;
- регулирование температуры охлаждающей жидкости;
- управление топливным электронасосом;
- электронная стабилизация движения автомобиля ESP;
- проведение самодиагностики.

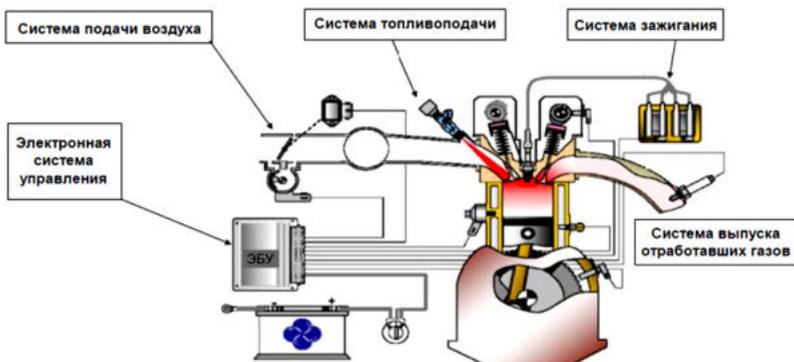
## 2.2 Системы управления бензиновым двигателем

Электронная система управления двигателем выполняет следующие функции:

- управление впрыском топлива;
- управление зажиганием (системой зажигания с общей, двойной или индивидуальными катушками);
- регулирование частоты вращения вала двигателя на режиме холостого хода;
- регулирования системы нейтрализации ОГ по сигналам одного или двух датчиков кислорода;
- управление системой вентиляции топливного бака;
- обеспечение электропривода дроссельной заслонки;
- регулирование скорости автомобиля;
- управление системой подачи вторичного воздуха (если имеется);
- регулирование зажиганием по сигналам датчиков детонации;
- непрерывное управление фазами впуска и двухпозиционное управление фазами выпуска;
- управление подвеской двигателя;
- регулирование температуры охлаждающей жидкости;
- управление топливным электронасосом;
- электронная стабилизация движения автомобиля ESP;
- проведение самодиагностики.

Современная электронная система управления бензиновым двигателем состоит из четырех основных подсистем (или пяти, если подсистема снижения токсичности ОГ является самостоятельной): система управления топливоподачей, система подачи воздуха, электронная система управления с датчиками и система зажигания (рис. 27).

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 28 [4].



**Рис. 27 - Подсистемы управления бензиновым двигателем**



**Рис. 28 - Классификация способов впрыскивания топлива**

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 впры-

скиванием 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.

При центральном впрыскивании обеспечивается большая точность и стабильность дозирования топлива.

Структурная схема системы впрыскивания топлива с программным управлением приведена на рисунке 29.



**Рис. 29 - Структурная схема системы впрыскивания топлива с программным управлением**

Особенно эффективна в отношении повышения топливной экономичности система распределенного впрыскивания топлива в сочетании с цифровой системой зажигания.

В мировой практике разработкой электронных систем впрыска топлива занимаются многие фирмы, однако наиболее известны в Европе: BOSCH, Siemens, поэтому чаще всего используют их обозначение систем. Общепринятым международным обозначением электронных систем впрыска является Jetronic.

Все известные системы по принципу действия принято подразделять на пять основных групп:

*Группа К* - механические системы многоточечного непрерывного впрыска (K-Jetronic, KE-Jetronic) применялись до 1989 г.;

*Группа Mono* - системы центрального (одноточечного) импульсного впрыска с управлением от ЭБУ (Mono-Jetronic, Opel-Multic, G-Motors, ВАЗ) для машин среднего потребительского класса;

*Группа L* - системы прерывистого (импульсного) многоточечного впрыска с управлением от ЭБУ (L-Jetronic, LE-Jetronic, LH-Jetronic, ВАЗ) применялись до 2000 г.;

*Группа M* - системы впрыска топлива группы "L" или "Mono" в составе ЭСАУ-Д (Motronic, L- Motronic, Mono- Motronic, Fenix, МИКАС, ВАЗ), современные системы впрыска;

*Группа D* - системы прерывистого (импульсного) впрыска непосредственно в камеру сгорания каждого отдельного цилиндра с управлением от ЭБУ (L-Jetronic, LE-Jetronic, LH-Jetronic, ВАЗ) применяются после 2000 г.

### **Система впрыска бензина "Mono-Jetronic"**

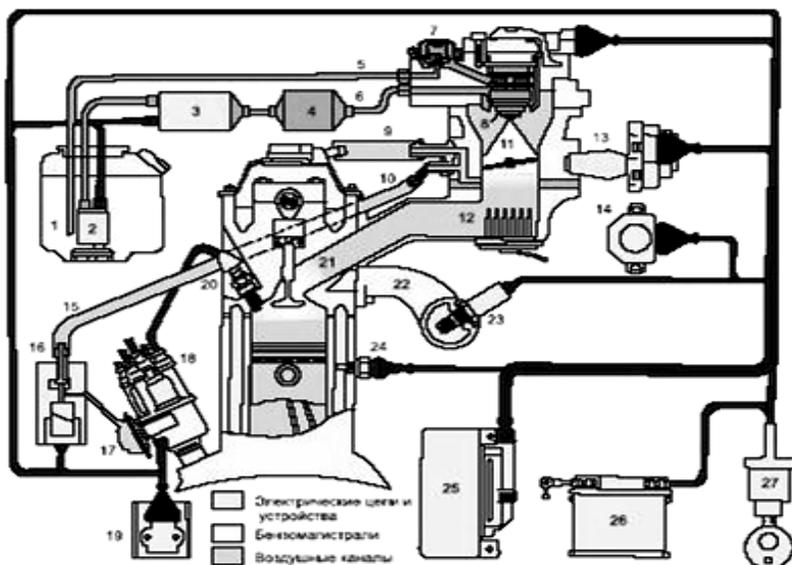
Впервые система центрального одноточечного импульсного впрыска топлива для бензиновых двигателей легковых автомобилей была разработана фирмой BOSCH в 1975 году. Эта система получила название "Mono-Jetronic" (Monojet - одиночная струя) и была установлена на автомобиле "Volkswagen".

В системе "Mono-Jetronic" масса воздуха рассчитывается в ЭБУ по показаниям двух датчиков (см. рис. 30): температуры поступающего воздуха (ДТВ) и положения дроссельной заслонки (ДПД).

Так как конкретному угловому положению дроссельной заслонки соответствует строго определенное объемное количество поступающего в цилиндры воздуха, то дроссельный потенциометр выполняет функцию расходомера воздуха.

В системе "Mono-Jetronic" он является также датчиком нагрузки двигателя. Но масса поступающего воздуха в значительной степени зависит от температуры. Холодный воздух более плотный, а значит более тяжелый. По мере повышения температуры плотность воздуха и его масса уменьшаются. Влияние температуры учитывается датчиком ДТВ.

По рассчитанному в ЭБУ объему воздуха, а также по сигналу о частоте вращения двигателя, который поступает от датчика числа оборотов системы зажигания, определяется требуемая (базовая) продолжительность открытого состояния центральной форсунки впрыска.



**Рис. 30 - Схема системы "Моно-Jetronic":**

1 - топливный бак; 2 - подкачивающий насос; 3 - основной насос; 4 - топливный фильтр; 5 - обратный топливопровод; 6 - подающий топливопровод; 7 - регулятор давления; 8 - форсунка; 9 - отвод картерных газов; 10 - штуцер вакуумного шланга для запорного клапана; 11 - дроссельная заслонка; 12 - подогреватель топливоздушной смеси; 13 - электропривод дроссельной заслонки; 14 - дроссельный потенциометр; 15 - вакуумный шланг; 16 - запорный пневмоклапан; 17 - вакуумный регулятор опережения зажигания; 18 - датчик-распределитель; 19 - электронный коммутатор зажигания; 20 - свеча зажигания; 21 - впускной клапан; 22 - выпускной коллектор; 23 - датчик кислорода; 24 - датчик температуры; 25 - ЭБУ впрыска; 26 - аккумуляторная батарея; 27 - замок зажигания

Так как подпорное давление  $P_t$  в топливоподающей магистрали (ПБМ) постоянно (для "Моно-Jetronic"  $P_t = 1...1,1$  бар), а пропускная способность форсунки задана суммарным сечением отверстий распылительного сопла, то время открытого состояния форсунки однозначно определяет количество впрыснутого бензина. Момент впрыска обычно задается одновременно с сигналом на воспламенение ТВ-смеси от системы зажигания (через  $180^\circ$  поворота коленчатого вала ДВС).

Таким образом, при электронном управлении процессом смесеобразования обеспечение высокой точности дозировки впрыскиваемого бензина в измеренное количество массы воздуха является легко решаемой задачей и, в конечном счете, точность дозирования определяется не электронной автоматикой, а точностью изготовления и функциональной надежностью входных датчиков и форсунки впрыска.

### ***Микропроцессорные системы управления бензиновым двигателем***

Сейчас производители практически отказались от отдельных электронных систем впрыска и производят электронные микропроцессорные системы управления двигателем (МСУД), объединяющие управление впрыском топлива и зажиганием бензинового двигателя. Такие системы обозначаются Motronic. Производятся на современном этапе три типа систем [1]:

M–Motronic – микропроцессорная система управления зажиганием и распределенным впрыском топлива;

ME–Motronic – микропроцессорная система управления зажиганием и распределенным, последовательным впрыском топлива, с  $\lambda$ - регулированием и электронным дросселем (система ETC);

MED–Motronic– микропроцессорная система управления зажиганием и непосредственным впрыском топлива в цилиндры (Direct injection, DI).

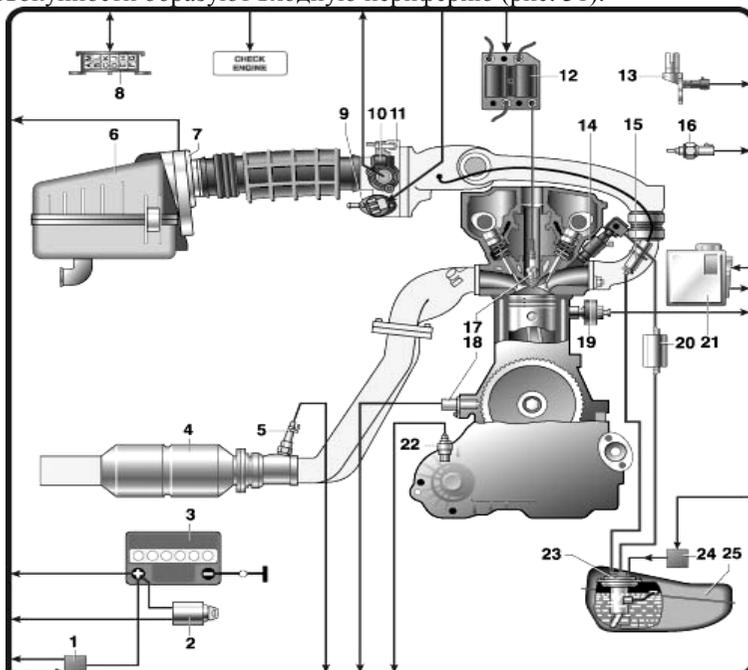
В состав системы входят: комплект датчиков (входная периферия), электронный блок управления (ЭБУ), набор исполнительных устройств (выходная периферия) и жгут проводов с соединителями (выполняет функции простейшего интерфейса). В системе могут применяться комплектующие изделия, как отечественного производства, так и фирмы BOSCH [4].

По значениям полученной от входных датчиков информации и в соответствии с заложенной в ЗУ программой ЭБУ управляет следующими подсистемами и устройствами:

- подсистемой топливоподдачи (электробензонасосом (ЭБН) через реле);
- электромагнитными форсунками;
- свечами зажигания (через модуль зажигания);
- подсистемой стабилизации оборотов на холостом ходу (регулятором дополнительного воздуха, РДВ (регулятор холостого хода, РХХ));

- подсистемой диагностики (диагностический разъем и лампа «check engine»).

В системе МИКАС применяются семь датчиков, которые в совокупности образуют входную периферию (рис. 31).



**Рис. 31 - Схема микропроцессорной системы управления двигателем (МСУД) с последовательным впрыском топлива ВАЗ, ГАЗ:**

1 - реле зажигания; 2 - центральный переключатель; 3 - аккумуляторная батарея; 4 -нейтрализатор ОГ; 5 - датчик кислорода; 6 - воздушный фильтр; 7 - датчик массового расхода воздуха; 8 - диагностический разъем; 9 - регулятор холостого хода; 10 - датчик положения дроссельной заслонки; 11 - дроссельный патрубок; 12 - модуль зажигания; 13 - датчик фаз; 14 - топливная форсунка; 15 - регулятор давления топлива; 16 - датчик температуры охлаждающей жидкости; 17 - свеча зажигания; 18 - датчик положения коленчатого вала; 19 - датчик детонации; 20 - топливный фильтр; 21 - контроллер (ЭБУ, ECU); 22 - датчик скорости; 23 - топливный насос; 24 - реле включения топливного насоса; 25 - бензобак.

Количество впрыскиваемого топлива определяется временем открытия электромагнитного клапана форсунки, поскольку сечение точно калибровано, а давление поддерживается постоянным. Впрыск осуществляется во впускной трубопровод на расстоянии 100-150 мм от впускного клапана. Электронный блок управления обрабатывает информацию о режиме работы двигателя и формирует электронный импульс, определяющий момент и продолжительность впрыска. Основная информация о режиме работы двигателя - частота вращения коленчатого вала двигателя и давление во впускном трубопроводе или расход воздуха (в зависимости от имеющихся датчиков). Все преимущества электронного впрыска обусловлены возможностью корректировать количество впрыскиваемого топлива в зависимости от различных факторов (по напряжению питания; по температуре охлаждающей жидкости; по температуре воздуха).

В большинстве случаев впрыск топлива обеспечивается синхронно: за один оборот коленчатого вала двигателя выполняется один впрыск. Такой впрыск называется синхронным. Время синхронного впрыска включает в себя базовое (основное) время впрыска с учетом коэффициента коррекции и время  $t$  на изменение напряжения питания. За базовое время впрыска во впускной трубопровод поступает количество топлива, требуемое для создания теоретически необходимого коэффициента избытка воздуха. Время  $t$  впрыска на изменение напряжения питания обусловлено изменением времени срабатывания электромагнитной форсунки.

Корректировать впрыск по изменению производительности топливного электронасоса не следует, так как в системе подачи топлива имеется регулятор давления, поддерживающий постоянное давление впрыска.

Коррекция на время прогрева холодного двигателя в зимнее время необходима с целью увеличения количества впрыскиваемого топлива, коррекция после пуска двигателя осуществляется с целью стабилизации частоты вращения коленчатого вала двигателя непосредственно после пуска. Она прекращается через определенное время после пуска. Коррекция для увеличения приемистости двигателя во время прогрева осуществляется в зависимости от температуры охлаждающей жидкости. Во избежание перегрева двигателя, нейтрализатора и других деталей при движении в режиме максимальной мощности необходимо обогащение горючей смеси. Коррекция с учетом температуры всасываемого воздуха необходима в связи с увеличением заряда воздуха, вызванного повышением его плотности.

Коррекция соотношения воздух - топливо обеспечивается методом обратной связи. Чтобы с помощью трехкомпонентного нейтрализатора одновременно достигнуть высокой степени очистки отработавших газов по компонентам CO, HC и NO<sub>2</sub>, необходима точная регулировка коэффициента избытка воздуха, таким образом, чтобы состав смеси был максимально близок к стехиометрическому - оптимальному соотношению между массами веществ, вступающих в химическую реакцию. С этой целью с помощью датчика, установленного в выпускной системе (лямбда-зонд), измеряется концентрация кислорода в отработавших газах. Таким образом, организуется обратная связь в системе автоматической стабилизации стехиометрического состава горючей смеси. Датчик кислорода не работает, пока его температура низка. Поэтому до окончания прогрева реальное соотношение воздух -топливо определяется ЭБУ без использования датчика кислорода. При работе датчика его сигналы изменяются в зависимости от состава смеси. Подача топлива может прекращаться в двух случаях: при высокой частоте вращения коленчатого вала и в режиме принудительного холостого хода. Частота вращения коленчатого вала ограничивается во избежание преждевременного изнашивания двигателя. Режим принудительного холостого хода при не отключенной подаче топлива приводит к повышенному его расходу. Поэтому при высокой частоте вращения коленчатого вала, включенной передаче и закрытой дроссельной заслонке подача топлива прекращается. Когда частота вращения коленчатого вала двигателя падает ниже заданной, подача топлива возобновляется.

#### **Датчики. Назначение и устройство.**

Датчики служат для преобразования неэлектрических показателей в электрические. В системах управления бензиновым двигателем устанавливаются свыше десяти датчиков, которые могут быть объединены в следующие группы: расходомеры воздуха, датчики температуры, угла открытия дроссельной заслонки, угла поворота коленчатого вала и детонации. Принципиально различаются четыре типа расходомеров:

1. Потенциометр, управляемый поворачивающейся под воздействием воздуха заслонкой;
2. Датчик изменения перепада давления во впускном трубопроводе;
3. Датчик Кармана, измеряющий число вихрей, создаваемых воздушным насосом;

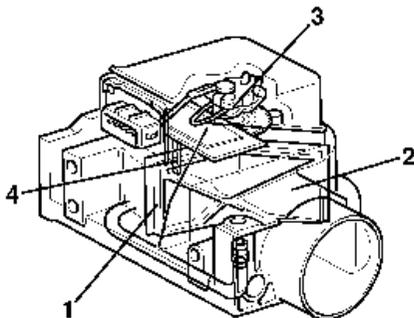
4. Термоанемометрический датчик, реагирующий на изменение сопротивления платиновой проволоки.

**Измерить поступившее в двигатель количество воздуха** – это значит определить нагрузку на двигатель.

В течение длительного времени измерение расхода воздуха сопровождалось значительными трудностями. Все измерения, как правило, проводили в лабораториях, и в бортовых системах управления они не применялись. Однако достижения расходоизмерительной техники дали возможность создать ряд измерителей воздушного расхода, которые применяются в автомобилях. На сегодняшний день известно более 50 способов измерения.

#### **Потенциометр, управляемый поворачивающейся под воздействием воздуха заслонкой**

Датчик измерения расхода воздуха имеет форму заслонки (рис. 32).



**Рис. 32 - Датчик объёмного расхода воздуха (пояснения в тексте)**

Устанавливается в воздухозаборнике. Заслонка (1) растягивает обратную пружину, отклоняясь под воздействием потока воздуха. Датчик снабжается дополнительной заслонкой (2), служащей балансиром и выполняющей функцию демпфера, препятствующего возникновению колебаний; расположена заслонка в камере демпфирования. Вал датчика соединяется рычагом с потенциометром реостата (3).

Конструкция потенциометра состоит из металлокерамического основания, которое соединяется узкими проводниками с шиной из металла и имеет высокую износостойкость и сопротивление, и резисторов. Напряжение сигнала может или уменьшаться, или увеличиваться.

ваться с расходом воздуха, что зависит от конструкционных особенностей электрической части.

#### Недостатки датчика

Недостатком этого датчика является то, что он измеряет объём поступающего воздуха. Так как для выяснения необходимого количества топлива требуется определить массу воздуха, необходимо корректировать показания датчика в зависимости от плотности воздуха. Чтобы решить эту проблему, рядом с датчиком расхода в воздухооборудование ставят датчик температуры воздуха.

Для регулирования СО датчик расхода шунтируется в некоторых частях обходным каналом, оснащённым регулировочным винтом.

К другим недостаткам датчика можно отнести также механический контакт между металлической шиной и дорожкой сопротивлений, что в итоге приводит к износу. Чаще всего протирается дорожка в месте, где находится шинка, во время режима холостого хода. В большей части случаев проблему можно решить путём ослабления 3-4 винтов крепления керамической панели, сняв для этого пластмассовую крышку, - после этого шинка должна работать по непотёртой чистой дорожке, а устройство оставаться неизменённым.

#### Датчик Кармана

Действие датчика основано на вихревых потоках Кармана. Если на пути воздушного потока поместить треугольную стойку, по обеим сторонам стойки образуются вихревые потоки (рис. 33 б). Количество вихревых потоков пропорционально объёму воздуха, проходящему в единицу времени. Чем сильнее поток, тем больше образуется вихрей. Количество вихревых потоков и, следовательно, объём воздуха измеряется объёмным расходомером воздуха. Он состоит из следующих узлов и деталей (рис. 33 г).

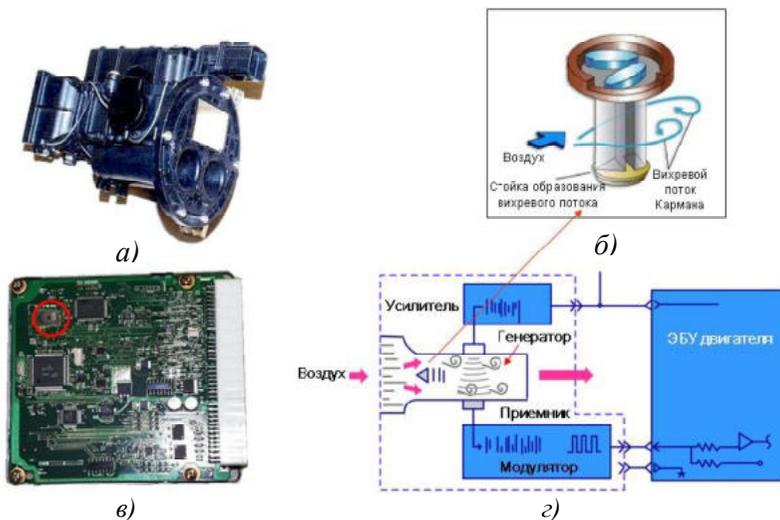
Выпрямитель: выпрямляет поток воздуха, проходящий через воздушный фильтр.

Передачик: передает ультразвуковые волны.

Приемник: принимает ультразвуковые волны.

Усилитель: усиливает сигнал.

Модулятор: преобразует ультразвуковые волны в электрические импульсы.



**Рис. 33 - Датчик Кармана:**

*а - общий вид; б - образование вихревых потоков Кармана; в - датчик атмосферного давления; г - устройство датчика*

Ультразвуковые волны из передатчика поступают в приемник. При отсутствии воздушного потока вихри не образуются, следовательно, ультразвуковым волнам потребуется определенный промежуток времени  $T$ , чтобы достигнуть приемника после того, как вихри начнут образовываться. Если вихревой поток, проходящий между передатчиком и приемником, закручивается по часовой стрелке, направление передачи ультразвуковых волн совпадает с ведущей половиной потока, следовательно, время прохождения волн меньше эталонного значения  $T$ . Однако при закручивании потока против часовой стрелки это время увеличивается.

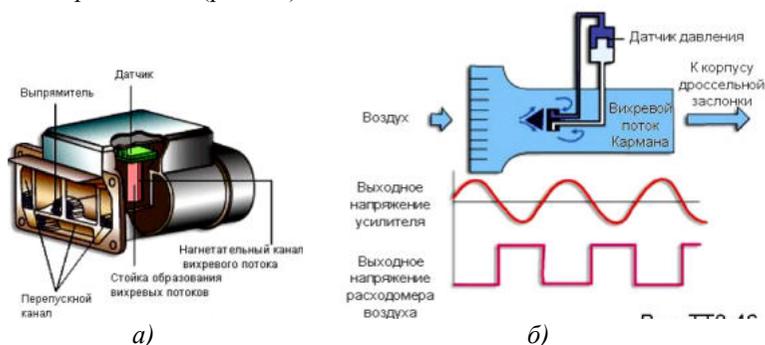
Поскольку оба типа потоков чередуются, чередуется и время прохождения ультразвуковых волн. По количеству чередований за определенный промежуток времени рассчитывается количество проходящего воздуха. После того как приемник принимает сигнал, он преобразуется модулятором в формат, воспринимаемый ЭБУ двигателя.

С учетом этих двух показателей можно очень точно определить количество воздуха. Датчик атмосферного давления используется не только в сочетании с ультразвуковым датчиком с вихревыми

потоками Кармана. Он также применяется во многих других системах для измерения атмосферного давления (плотности воздуха), что необходимо для коррекции состава топливоздушнной смеси.

### Датчик массового расхода воздуха, основанный на принципе измерения давления воздуха

В основе расходомера воздуха лежит принцип образования вихревых потоков Кармана вокруг треугольной стойки. Различие с предыдущими датчиками заключается в способе определения количества чередующихся потоков. Количество определяется не по времени прохождения ультразвуковых волн, а с помощью датчика давления, который измеряет колебания давления, вызванные этими потоками. Чем больше частота колебаний, тем больше воздуха проходит через датчик (рис. 34).



**Рис. 34 - Датчик массового расхода воздуха, основанный на принципе измерения давления воздуха:**

*а - общий вид и устройство; б - принцип работы и форма выходного сигнала*

Расходомеры воздуха вихревого типа не используются в настоящее время на автомобилях

### Устройство ДМРВ

Установка такого датчика делается между впускным шлангом и воздушным фильтром (рис. 35).

Сигнал ДМРВ присутствует в виде постоянного тока определённого напряжения, величина которого определяется количеством направлением движения воздуха, который проходит через датчик.

Если поток воздуха и прямой, напряжение выходного сигнала датчика диапазоном от 1 до 5 В. Диапазон напряжения обратного потока воздуха равен 0-1 В.

Его функционирование происходит следующим образом. В потоке поступающего воздуха находится чувствительный элемент в виде электрически нагреваемого тела, охлаждение которого осуществляется воздушными потоками. Постоянную разность температуры создаёт схема регулирования нагревательного тока, ток нагрева при этом пропорционален массе потока воздуха. При данном методе измерения учитывается плотность воздуха. Нагревательным элементом называется **плёночный платиновый резистор**, который находится на керамической пластине вместе с другими элементами.



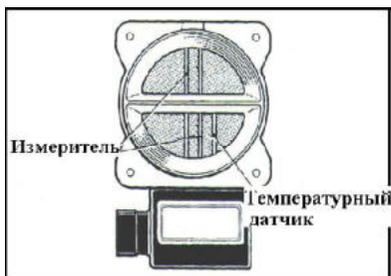
**Рис. 35 – Датчик массового расхода воздуха:**  
*а - место установки; б - устройство*

Измерительный резистор, имеющий пропорциональное расходу воздуха сопротивление, располагает непосредственными тепловыми контактами с поступающим воздушным потоком и нагревателем и, а так же включается в измерительный мост. Высокая точность измерения достигается благодаря разделению нагревателя и измерителя. Мерой для массы потока воздуха можно назвать напряжение на нагреваемом измерительном резисторе. После этого измерение усиливается и преобразуется электронной схемой, чтобы контроллеру представилась возможность измерить его величину, другими словами, происходит согласование уровней.

#### **Проволочный ДМРВ**

Данное устройство определения массового воздушного расхода было создано с целью устранения недостатков датчика электро-механического типа для объёмного расхода. Новый вид датчика не подвергается пульсациям, которые связаны с открытием и закрытием

впускных клапанов, и не испытывают влияние от плотности поступающего воздуха.



**Рис. 36 - ДМРВ проволочного типа**

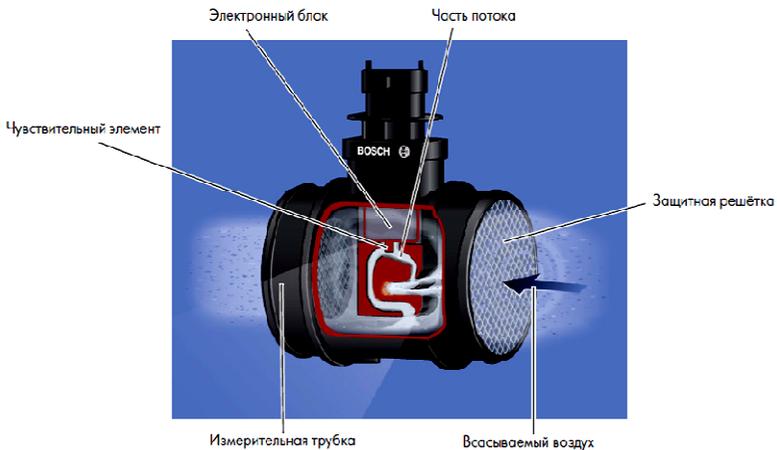
Этот тип датчика состоит из нагретого провода (измеритель, рис. 36), диаметр которого равен 70 мкм, установленного в измерительной трубке, расположенной перед дроссельной заслонкой. Работа датчика основана на постоянстве температуры. Одним из плеч резисторного моста является расположенный в воздушном потоке платиновый провод.

Когда увеличивается расход воздуха, платиновый провод остывает и падает его сопротивление. Резисторный мост теряет свою симметричность, возникает подаваемое на усилитель напряжение, которое направлено на повышение температуры привода. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока сопротивление и температура провода не приведут к системному равновесию. Значение силы тока, протекающего через провод может быть до 1200 мкА.

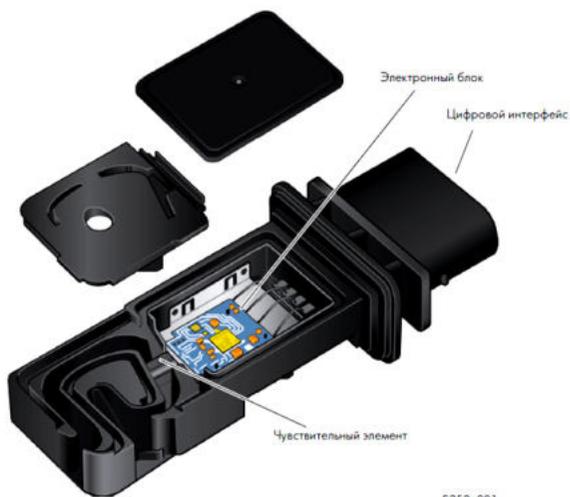
### **Плёночный ДМРВ**

Данное устройство можно считать одной из новинок компании Bosch. Состоит он из основания керамического, на котором располагается плёнка с вмонтированными в неё компенсационным и измерительным резисторами. Подобная конструкция делает датчик более дешёвым и надёжным.

Плёночный расходомер обладает следующим преимуществом перед нитевым расходомером, как повышенная механическая прочность, так как на нём происходит разделение функций, то есть, подложка выполняет функцию несущего или силового элемента, а плёнка - измерительного элемента общей конструкции.



**Рис. 37 – Пленочный ДМРВ**



**Рис. 38 - Устройство измерителя пленочного ДМРВ**

Другим направлением усовершенствования датчиков расхода воздуха можно назвать разработку датчика измерения давления. Он состоит из толстой плёночной диафрагмы.

Датчик служит для измерения давления на впускном коллекторе по измерениям деформации плёночной диафрагмы. Элементы

измерения располагаются внутри плёнки. Представляет собой это устройство датчик, измеряющий разрежения с малой инерционностью и устанавливается он во впускном коллекторе.

Следует отметить, что ДМРВ весьма чувствительны к состоянию воздушного фильтра. Наиболее надёжными считаются плёночные датчики. Срок службы у них превышает срок службы автомобиля.

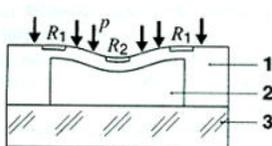
### Датчик абсолютного давления в коллекторе / атмосферного давления

Датчик давления в коллекторе определяет изменения давления во впускном коллекторе, вызванные изменениями режима работы двигателя, например при изменении частоты вращения коленчатого вала и угла открытия дроссельной заслонки.



**Рис. 39 - Датчик давления в коллекторе:**  
*а - место установки; б - устройство*

Датчик включает в себя пьезорезистивную кремниевую микросхему и интегральную микросхему (ИС). С одной стороны на микросхему действует разрежение, с другой - давление в коллекторе (рис. 40).



**Рис. 40 - Устройство и принцип работы датчика давления:**  
*1 - кремний; 2 - вакуум; 3 - стекло (пирекс); P - давление в коллекторе; R<sub>1</sub> - измеряющий тензорезистор; R<sub>2</sub> - компенсирующий тензорезистор*

В результате этого микросхема искривляется, а ее сопротивление изменяется. Степень искривления зависит только от давления в коллекторе, так как давление в вакуумной камере остается постоянным. По изменению сопротивления рассчитывается давление во впускном коллекторе, что позволяет рассчитать массовый расход воздуха. Датчик MAP может быть установлен в ресивере или во впускном коллекторе.

**Датчики температуры** охлаждающей жидкости и воздуха представляют собой полупроводниковый элемент, сопротивление которого резко почти линейно, изменяется (рис. 41).



а)



б)

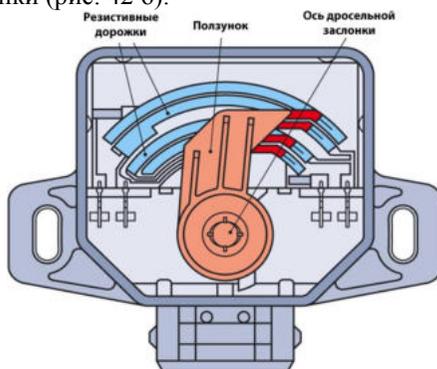
**Рис. 41 – Датчики температуры:**

а) охлаждающей жидкости; б) воздуха

**Датчик угла открытия дроссельной заслонки** (положения дроссельной заслонки) представляет собой потенциометр, ползун которого связан с осью заслонки (рис. 42 б).



а)



б)

**Рис. 42 - Датчик угла открытия дроссельной заслонки:**

а - общий вид; б - устройство

При воздействии на педаль подачи топлива изменяется положение заслонки и напряжение подаваемое на контролер. В закрытом состоянии напряжение составляет 0,7 В, при полностью открытой 4 В. В соответствии с этими данными датчик и контролирует подачу топлива.

Датчики положения дроссельной заслонки выпускаются в двух вариантах: пленочно-резисторные и бесконтактные.

Пленочно-резисторные имеют резистивные дорожки контактного типа, а бесконтактные датчики работают на основе магнитно-резисторного эффекта.

Если возникает неисправность датчика положения, то контролер не сможет правильно определять положение заслонки. Это вытекает в следующие неисправности:

- во всех режимах работы двигателя обороты начинают «плавать», на холостом ходу обороты будут повышенными;
- при выключении передачи (нейтраль) во время движения, двигатель можетглохнуть;
- иногда может загораться лампочка CHECK.

Для проверки работоспособности датчика положения, можно воспользоваться мультиметром. Изменение положения заслонки должно приводить к изменению напряжения.

**Дроссельная заслонка** – это воздушный клапан, который регулирует количество воздуха, попадающего в двигатель (рис. 43).



**Рис. 43– Дроссельная заслонка**

Принцип ее работы заключается в изменении сечения воздушного канала. Когда она полностью открыта, воздух беспрепятственно попадает во впускной коллектор. Для определения угла открытия предназначен датчик положения дроссельной заслонки, который связан с блоком управления двигателем. Основываясь на сигналах, которые передает датчик, блок управления подает команду

увеличить количество впрыскиваемого топлива, рабочая смесь обогащается, и мотор работает на максимальных оборотах.

Чем меньше угол открытия заслонки, тем меньше воздуха попадает в коллектор, и тем ниже обороты двигателя.

### **Устройство дроссельной заслонки**

Сама дроссельная заслонка представляет собой круглую пластину, способную поворачиваться на 90 градусов вокруг своей оси (от полного закрытия до полного открытия). Устанавливается она внутри корпуса, там же размещается ее привод, регулятор холостого хода (РХХ) и датчик положения дроссельной заслонки. Все эти элементы вместе образуют блок дроссельной заслонки или дроссельный узел. Следует отметить, что на ВАЗ-2109 с инжекторным двигателем, ВАЗ-2110 и ВАЗ-2115 узел применяется один и тот же.

Устройство корпуса дроссельного узла не такое простое, как могло бы показаться на первый взгляд. Помимо всего прочего он является еще и частью системы охлаждения двигателя. В нем имеются каналы для циркуляции охлаждающей жидкости. Также он оснащен патрубками, один из которых связан с системой вентиляции картера двигателя, а второй – с системой улавливания паров бензина.

Дроссельная заслонка может иметь привод двух видов:

1. механический (ВАЗ-2109, ВАЗ-2110, ВАЗ-2114);
2. электрический, который применяется на большинстве современных автомобилей.

#### **Механический привод**

У ВАЗ-2109, ВАЗ-2110 и других устаревших моделей ВАЗ дроссельная заслонка связана с педалью газа посредством стального троса. Механический привод имеет очень простое устройство и низкую стоимость, поэтому до сих пор применяется на многих недорогих автомобилях.

#### **Электрический привод**

Если дроссельная заслонка оснащена электрическим приводом, то прямой связи между ней и педалью газа нет. Принцип работы заслонки с электроприводом не меняется, но ее устройство намного сложнее. Упрощенно такой узел работает следующим образом. Силу нажатия на педаль газа регистрирует специальный датчик, который передает эту информацию блоку управления двигателем, угол открытия заслонки определяет датчик положения дроссельной заслонки, и также передает соответствующие сигналы блоку управления. Контроллер постоянно сравнивает эти значения и подает ко-

манды электродвигателю на увеличение или уменьшение угла открытия заслонки.

Главной отличительной особенностью дроссельной заслонки с электроприводом является отсутствие регулятора холостого хода. Когда мотор работает на холостых оборотах, дроссельная заслонка не закрывается полностью, угол ее открытия задается блоком управления в соответствии с параметрами работы силового агрегата. Электронная дроссельная заслонка, в отличие от механической, имеет не один датчик положения, а два. Если один датчик, он же потенциометр дроссельной заслонки, выйдет из строя, дроссельный узел все равно будет работать.

### Регулятор холостого хода

Регулятор холостого хода – это электромеханическое устройство, задачей которого является поддержание определенной частоты вращения коленчатого вала при полностью закрытой дроссельной заслонке (рис. 20). Например, во время прогрева мотора или изменения нагрузки, когда включается дополнительное оборудование. Устройство регулятора холостого хода следующее: внутри корпуса находится шаговый электромотор, с которым соединена подпружиненная конусная игла. Когда двигатель работает на холостом ходу игла, перемещаясь вперед-назад, регулирует площадь поперечного сечения обходного воздушного канала, через который проходит воздух при полностью закрытой заслонке

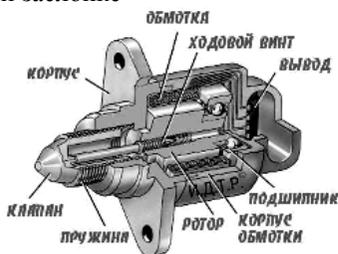


Рис. 20 – Устройство регулятора холостого хода

### Датчик кислорода - лямбда-зонд.

Для снижения токсичности отработавших газов двигателя современных автомобилей оснащаются системами, контролирующими количество сгораемого топлива. С помощью сигнала обратной связи лямбда-датчика они предназначены поддерживать состав топливо-

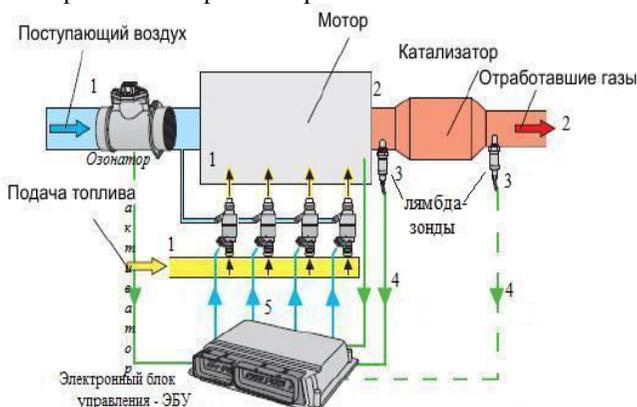
воздушной смеси как можно ближе к стехиометрическому значению, которое считается оптимальным соотношением воздуха и топлива. Теоретически при таком составе все топливо должно сгореть. Для бензиновых двигателей это соотношение составляет 14,7:1. При изменении режимов работы двигателя и движения данное соотношение также изменяется. Оно бывает больше или меньше значения 14,7:1. Все типы датчиков можно разделить на две группы:

- узкодиапазонные кислородные датчики;
- широкодиапазонные кислородные датчики.

К датчикам первой группы относятся датчики с циркониевым и титановым элементами. Широкодиапазонный кислородный датчик, также называемый датчиком состава топливовоздушной смеси, используется как с дизельными, так и с бензиновыми двигателями.

Работа всех кислородных датчиков основана на электрохимическом принципе — принципе Нернста (термодинамические принципы гальванических элементов).

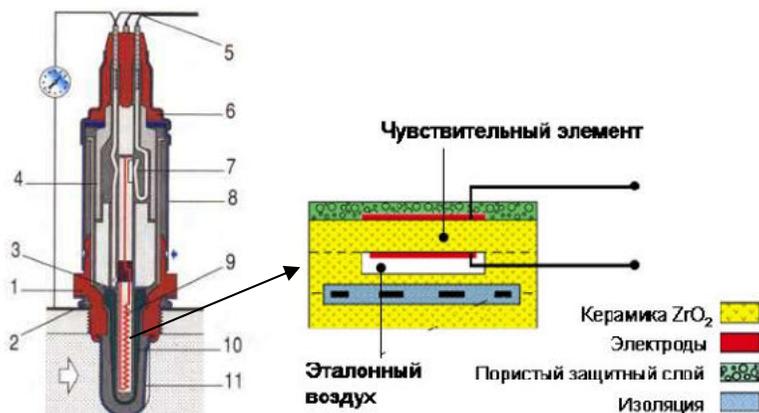
Датчик кислорода устанавливается в выпускной системе автомобиля, некоторые модели автомобилей могут содержать в комплектации два кислородных датчика (рис. 21), в таком случае один из них устанавливается до нейтрализатора, второй – после нейтрализатора. Применение 2 датчиков, позволяет усилить контроль, за отработанными газами автомобиля, тем самым достигнуть наиболее эффективной работы нейтрализатора.



**Рис. 21 – Установка двух датчиков кислорода**

Кислородный датчик с диоксидом циркония представляет собой гальванический кислородный элемент с твердым электролитом в

виде непроницаемой керамической пластины с диоксидом циркония, стабилизированным оксидом иттрия. С одной стороны элемент подвергается воздействию окружающего воздуха, с другой - закрыт. На обеих сторонах керамического основания закреплены проницаемые платиновые электроды. Наружный платиновый электрод выполняет функцию катализатора, поддерживающего реакции в поступающих отработавших газах. Во избежание загрязнения в нем имеется пористый керамический слой. На внутреннюю сторону воздействует окружающий воздух, выполняющий роль эталона.



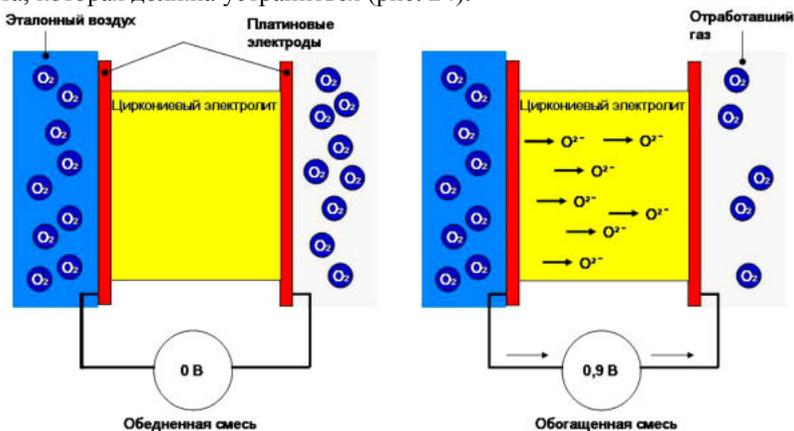
**Рис. 22 - Датчик кислорода:**

1 - металлический корпус с резьбой; 2 - уплотнительное кольцо; 3 - токосъемник электрического сигнала; 4 - керамический изолятор; 5 - проводка; 6 - манжета проводов уплотнительная; 7 - токопроводящий контакт цепи подогрева; 8 - наружный защитный экран с отверстием для атмосферного воздуха; 9 - подогрев; 10 - наконечник из керамики; 11 - защитный экран с отверстием для отработавших газов



**Рис. 23 - Структура чувствительного элемента датчика кислорода**

Работа датчика с циркониевым элементом основана на электрохимическом принципе Нернста. При нагреве керамического электролита до температуры 350°C и более он начинает пропускать ионы кислорода. Один пористый платиновый электрод подвергается действию окружающего воздуха, другой - отработавших газов, поэтому существует разница в количестве ионов с разных сторон электролита, которая должна устраниваться (рис. 24).



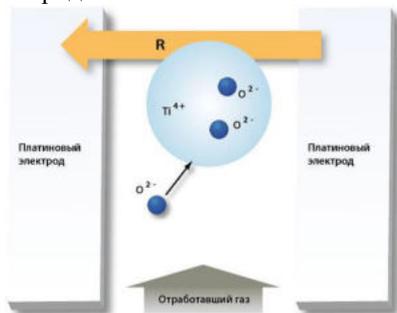
**Рис. 24 - Принцип работы циркониевого датчика кислорода**

В результате данной разности образуется поток ионов из атмосферного воздуха через керамику в отработавшие газы. Он и образует измеряемое напряжение. Кислородные датчики с цирконие-

вым элементом не определяют наличие кислорода. Они генерируют напряжение, соответствующее разности его количества в атмосферном воздухе и отработавших газах. По мере изменения количества остаточного кислорода (всегда меньшего, чем эталонного значения) в отработавших газах изменяется выходное напряжение датчика с 0 до 1 В. Стехиометрическому составу топливовоздушной смеси 14,7:1 соответствует выходное напряжение датчика 0,45-0,5 В. Крайне важно понимать, что даже самые небольшие отклонения от стехиометрического состава топливовоздушной смеси приводят к резкому изменению напряжения датчика, соответствующего либо обогащенной, либо обедненной смеси. Именно поэтому такие датчики называются узкодиапазонными. Они генерируют сигнал пропорционально содержанию кислорода в отработавших газах в пределах узкого диапазона вокруг стехиометрического значения.

Рассчитывая среднее значение множества сигналов, ЭБУ двигателя/ЭБУ силовой передачи (PCM) регулируют продолжительность впрыска, чтобы среднее значение напряжения находилось на уровне 0,45 В.

В некоторых системах впрыска нашли применение датчики, в которых используется чувствительный элемент на основе окислов титана ( $TiO_2$ ). Принцип действия титанового кислородного датчика отличается от принципа работы циркониевого датчика. Сопротивление титанового элемента изменяется в зависимости от концентрации кислорода.



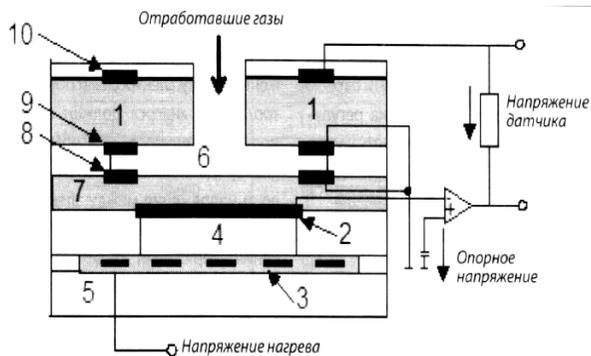
**Рис. 25 - Принцип работы титанового датчика кислорода**

Этому датчику связь с наружным воздухом не требуется. На кислородный датчик подается напряжение 5 В. По мере изменения сопротивления датчика изменяется и сигнал напряжения (сопротивление R снижается при богатой смеси и повышается при бедной сме-

си (рис. 25)), подаваемый в ЭБУ двигателя. Небольшое падение напряжения указывает на богатую смесь, большое — на бедную. Рабочая температура значительно выше, чем у циркониевого — начинается с 500°С.

### Широкодиапазонный лямбда-зонд или универсальный лямбда-зонд (LSU)

Лямбда-зонд этого типа представляет собой новое поколение зондов, многократно используемых в качестве предкатализаторных и имеющих очень широкий диапазон измерений. Это позволяет оптимально использовать их для двигателей, работающих на бедных смесях, газе и дизтопливе. Значение лямбда выдается не в виде скачкообразно растущей кривой напряжения, как у циркониевого зонда, а в виде почти линейной кривой роста силы тока. Благодаря этому теоретически возможно измерение значения лямбда в большом диапазоне измерений (более широкий диапазон) от  $\lambda = 0,7$  до  $\lambda = \infty$ . Надежно анализируемые сигналы получают при значениях лямбда до 3,4. Значение  $\lambda$  определяется не по изменению напряжения, а по изменению силы тока. Рабочая температура в регулируемом диапазоне составляет 750 °С. Из-за очень низкого сопротивления нагревательного элемента рабочая температура зонда достигается через 15 секунд. Принципиальная схема LSU-зонда изображена на рисунке 23.



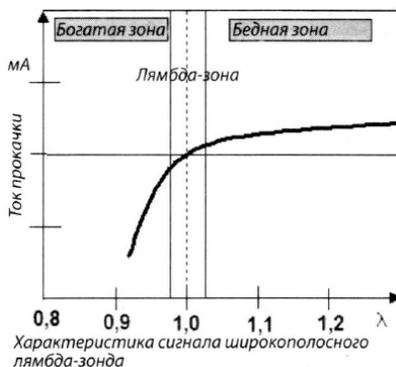
**Рис. 23 - LSU-зонд:**

1 - электролизный «насос» ( $ZrO_2$ ); 2 - платиновые электроды опорной ячейки; 3 - нагревательный элемент; 4 - эталонный зазор; 5 - керамика из  $ZrO_2$ ; 6 - измерительный зазор (диффузионный зазор, 10-50 мкм.); 7 - опорная ячейка (измерительная ячейка,  $ZrOJ$ ); 8 - платиновые электроды опорной ячейки; 9; 10 - платиновые электроды электролизного «насоса»

В отличие от зонда с релейной характеристикой напряжение на электродах поддерживается постоянным. Это реализуется с помощью так называемого электролизного «насоса», подающего на электрод со стороны ОГ столько кислорода, чтобы напряжение между электродами всегда составляло 450 мВ.

Это соответствует значению  $\lambda = 1$  в измерительном зазоре. Потребляемый «насосом» ток пересчитывается электронным блоком управления двигателем в значение лямбда. Зонд можно заменять только в комплекте с кабелем и разъемом, так как все компоненты согласованы между собой. Разъемы нужно обязательно защищать от загрязнения, так как через них наружный воздух как эталонный газ подается внутрь датчика. Существуют 6-контактные (Bosch) и 5-контактные (NTK) варианты.

Протекание сигнала у широкополосного зонда изображено на рисунке В результате подачи напряжения на платиновые электроды электролизного «насоса» кислород перекачивается из ОГ или в ОГ через диффузионный барьер диффузионного зазора. Электроника регулирует напряжение таким образом, что состав смеси в диффузионном зазоре составляет  $\lambda = 1$  (450 мВ). Протекающий через электроды электролизного «насоса» ток прямо пропорционален концентрации кислорода в ОГ.



**Рис. 24-** Характеристика сигнала LSU-зонда

При обеднении топливовоздушной смеси содержание кислорода в ОГ повышается, и электролизный «насос» должен откачивать кислород наружу. Соотношение кислорода к наружному воздуху изменяется при постоянной мощности насоса, и напряжение между

электродами падает. Чтобы достичь напряжения в 450 мВ между электродами, нужно уменьшить концентрацию кислорода на стороне выпуска. Мощность «насоса» изменяется, и блок управления двигателем пересчитывает потребляемый «насосом» ток в значение лямбда. Состав смеси соответствующим образом изменяется.

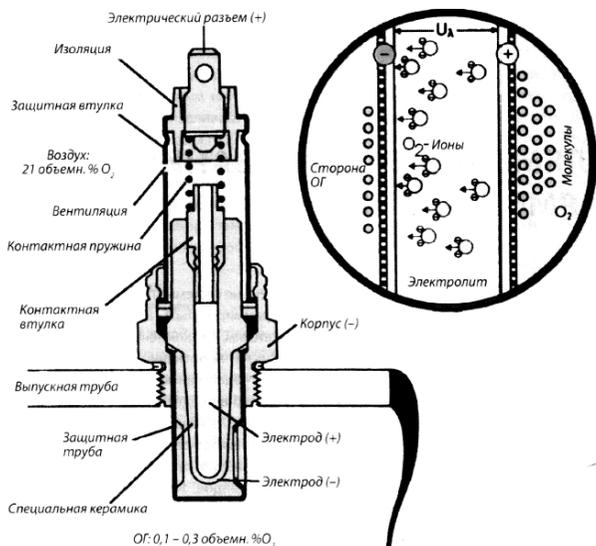
При обогащении топливоздушнoй смеси содержание кислорода в ОГ снижается, и электролизный «насос» закачивает меньше кислорода в область измерения. Направление тока меняется на обратное, и кислород выкачивается в измерительный зазор из ОГ и из реакции превращения  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Напряжение между электродами повышается. Электролизный «насос» должен изменить свою производительность, чтобы содержание кислорода в измерительной камере выросло, и напряжение между электродами снова составило 450 мВ.

### **Циркониевый зонд или зонд напряжения**

Изображенный на рисунке 25 лямбда-зонд работает по принципу гальванического концентрационного кислородного элемента. Он состоит из полупроводникового электролита (диоксид циркония  $\text{ZrO}_2$  и триоксид иттрия  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ), который начинает пропускать ток - ионы кислорода - при температуре около 300 °С. Кислород из наружного воздуха или эталонного воздуха диффундирует через электролит и ионизируется. Ионы накапливаются на покрытом платиной электроде со стороны ОГ и образуют относительный избыток электронов («минусовой» полюс). Со стороны воздуха возникает относительный недостаток электронов («плюсовой» полюс).

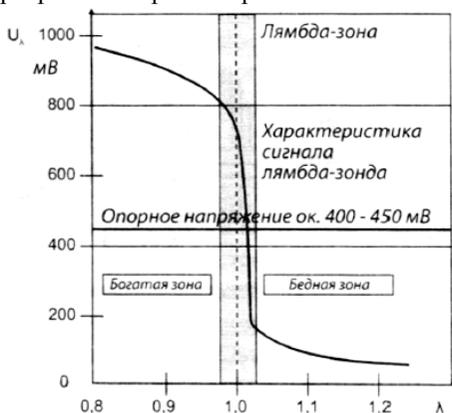
Разность потенциалов зависит от содержания кислорода в ОГ и, соответственно, от состава смеси. Сигнал напряжения анализируется управляющей электроникой, сравнивается с жестко заданным опорным напряжением и используется для коррекции смеси.

Если измеренное зондом напряжение составляет около 800 мВ (богатая смесь), то она будет обедняться с заданным линейным снижением до тех пор, пока зонд не измерит напряжение около 200 мВ (бедная смесь). После этого смесь обогащается с заданным линейным увеличением до тех пор, пока не будет измерено напряжение около 800 мВ. При этом напряжение постоянно сравнивается с жестко заданным опорным напряжением 450 мВ.



**Рис. 25 - Функция зонда напряжения (источник: Opel)**

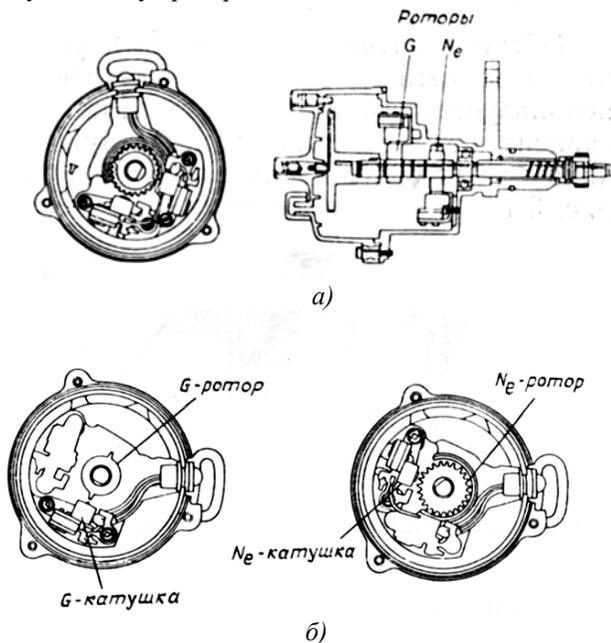
На рисунке 26 показано типичное прохождение сигнала этого лямбда-зонда. В особых условиях работы (холодный пуск, полная нагрузка и пр.) сигналы лямбда-зонда подавляются либо электроника присваивает им более низкий приоритет. Сигналы зонда подавляются также в программе аварийной работы.



**Рис. 26 - Характеристика сигнала зонда напряжения**

Этот тип зонда называют также скачковым зондом. Есть зонды, использующие в качестве опорной величины кислород воздуха, и зонды, работающие с внутренней опорной атмосферой. Обогреваемые зонды быстрее достигают рабочей температуры и могут быстрее передавать анализируемые электроникой сигналы. Этот зонд можно использовать в системах ОВД и в качестве управляющего зонда и в качестве диагностического.

**Датчик угла поворота коленчатого вала двигателя** размещается в корпусе распределителя зажигания и состоит обычно из двух катушек и двух роторов - магнитов.



**Рис. 27 - Датчик угла поворота коленчатого вала двигателя:**

**ля:**

*а - схема устройства; б - датчики сигналов  $G$  и  $N_e$ ;*

Одна пара катушка-ротор выдает сигнал  $G$  угла поворота коленчатого вала, другая - сигнал  $N_e$  скорости вращения коленчатого вала двигателя (рис. 27б).

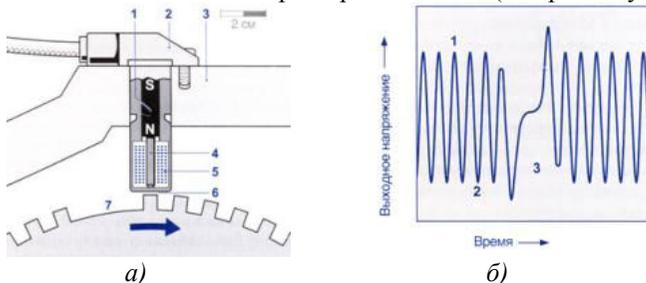
**Датчики частоты вращения коленчатого вала двигателя** используются для:

- измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- определения положения коленчатого вала (или положения поршней двигателя).

Частота вращения коленчатого вала рассчитывается по частоте сигналов, поступающих от этого датчика. Выходной сигнал датчика является одной из важнейших величин электронной системы управления двигателем.

Датчик установлен оппозитно ферромагнитному триггерному колесу 7 (рис.28), от которого он отделен воздушным зазором.

В датчике находится сердечник 4 из электротехнического железа (полюсный штифт), окруженный обмоткой 5. Полюсный штифт соединен с постоянным магнитом 1. Магнитное поле воздействует на этот полюсный штифт и поступает на триггерное колесо. Уровень магнитного потока, проходящего через обмотку, зависит от положения датчика относительно триггерного колеса (зазор или зуб).



**Рис. 28 – Индуктивный датчик частоты вращения коленчатого вала:**

*а - устройство: 1 – постоянный магнит; 2 – корпус датчика; 3 – блок цилиндров двигателя; 4 – полюсный штифт; 5 – обмотка; 6 – воздушный зазор; 7 – триггерное колесо с зазором-меткой; б - характеристика сигналов частоты вращения коленчатого вала: 1 – напряжение при прохождении зуба; 2 – напряжение при прохождении зазора; 3 – напряжение при прохождении зазора-метки*

Магнитный поток рассеяния концентрируется на зубе, что ведет к усилению полезного потока, проходящего через обмотку. Напротив, зазор ослабляет этот поток. При вращении триггерного колеса происходит изменение магнитного потока, что, в свою очередь, индуцирует в обмотке электромагнита синусоидальное выходное напряжение (рис. 29), пропорциональное скорости изменения этого потока и, следовательно, частоте вращения коленчатого вала.

Амплитуда напряжения переменного тока сильно возрастает по мере повышения частоты вращения триггерного колеса (от нескольких мВ до значений  $> 100$  В). Для генерирования сигнала достаточного уровня необходима частота вращения величиной как минимум  $30 \text{ мин}^{-1}$ . Количество зубьев триггерного колеса зависит от условий его применения. В системах управления двигателем с регулированием с помощью электромагнитных клапанов обычно используются триггерные колеса с 60-ю зубьями, при этом два зубца пропущены (7, рис. 28). Следовательно, это колесо имеет  $60 - 2 = 58$  зубьев. Очень большой зазор между зубьями предназначен для отметки определенного положения коленчатого вала и служит как установочная метка для синхронизации блока управления.

В другом варианте исполнения триггерного колеса имеется всего по одному зубу на каждый цилиндр двигателя. Например, в четырехцилиндровом двигателе это четыре зуба, т. е. за один оборот этого колеса генерируются четыре импульса (рис. 30).



**Рис. 30 - Разновидности триггерных колес датчика положения коленчатого вала**

Геометрические размеры зубьев и полюсов должны соответствовать друг другу. Электронная схема оценки данных в блоке управления преобразует синусоидальное напряжение с очень разной амплитудой в прямоугольное напряжение с постоянной амплитудой. Этот сигнал подвергается обработке в микроконтроллере блока управления.

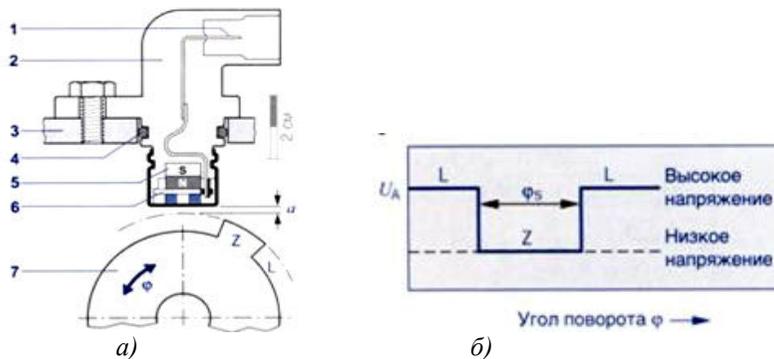
#### ***Фазный датчик Холла***

Частоты вращения распределительного и коленчатого валов соотносятся как 1:2. Положение распределительного вала показывает, находится ли поршень двигателя, движущийся к ВМТ, на такте сжатия или выпуска. Фазный датчик на распределительном валу передает эту информацию в блок управления.

В таких датчиках (рис. 31а) использован эффект Холла. Вместе с распределительным валом вращается ферромагнитное триггерное колесо 7 с зубьями и сегментами, либо диафрагма с отверстиями. Интегральная схема датчика Холла 6 располагается между триггер-

ным колесом и постоянным магнитом 5, который генерирует магнитное поле, перпендикулярное элементу Холла.

Когда зуб  $Z$  триггерного колеса проходит у токонесущего элемента (полупроводниковая плата) стержневого датчика, то он изменяет напряженность магнитного поля, перпендикулярного элементу Холла. В результате этого путь электронов, которые движутся за счет продольного напряжения, действующего на элемент, отклоняется по перпендикулярю к направлению тока.



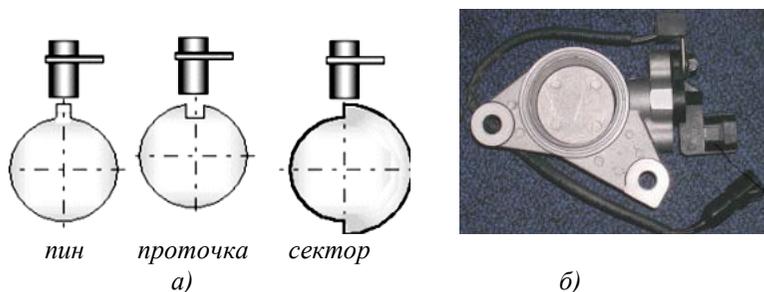
**Рис. 31 – Фазный датчик Холла:**

*а – расположение датчика и однодорожечного триггерного колеса относительно друг друга; б - характеристика выходного сигнала  $U_A$ ; 1 – электрический разъем; 2 – корпус датчика; 3 – блок цилиндров двигателя; 4 – уплотнительное кольцо; 5 - постоянный магнит; б – интегральная схема Холла; 7 – триггерное колесо с зубом/ сегментом  $Z$  и зазором  $L$ ;  $a$  – воздушный зазор;  $a$  – угол поворота;  $j_s$  – ширина сигнала;  $U_A$  – выходное напряжение*

За счет этого возникает сигнал напряжения (напряжение Холла), который находится в милливольтном диапазоне и не зависит от относительной скорости между датчиком и триггерным колесом. Оценивающая электронная схема, встроенная в интегральную схему, вырабатывает сигнал в форме прямоугольных импульсов (высокий/ низкий, рис. 31 б).

На аналогичном принципе работают и датчики распределительного вала. Отличие состоит в форме задающего диска.

В большинстве двигателей используется датчик положения распределительного вала для определения положения ВМТ поршней цилиндров № 1 и № 4.



**Рис. 32 - Датчик положения распределительного вала:**

*а - типы; б - внешний вид*

В двигателях с системой изменения фаз газораспределения CVVT датчик положения распределительного вала применяется для точной установки распределительного вала в требуемое положение. При неисправности датчика положения распределительного вала, в зависимости от используемой в двигателе системы управления, двигатель может как запуститься, так и не запуститься. Выход датчика из строя во время работы двигателя не приводит к остановке двигателя, так как в этом случае положение рассчитывается по положению коленчатого вала после того, как определено положение поршня цилиндра № 1 в ВМТ. Если не работает датчик положения коленчатого вала, запуск и работа двигателя невозможны.

На последних моделях применяется защитный алгоритм работы ДВС – при неисправности датчика положения коленчатого вала происходит переход на сигнал датчика положения распределительного вала и наоборот. На V-образных ДВС опорным является сигнал датчика положения распределительного вала впускных клапанов.

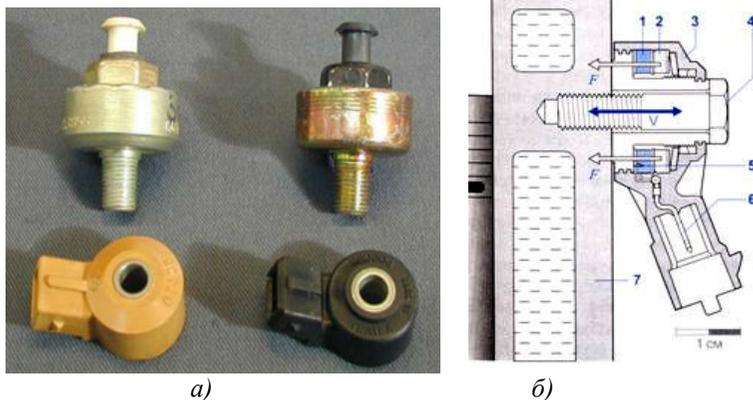
**Датчик детонации** - представляет собой пьезоэлемент, установленный в жестком корпусе, частота собственных колебаний которого равна частоте колебаний при детонации. В этот период пьезоэлемент вырабатывает максимум напряжения, так как испытывает максимальные нагрузки (рис.31).

Если двигатель имеет широкий диапазон детонационных частот  $f$ , то применяются датчики детонации нерезонансного типа.

Датчики детонации по принципу своего функционирования являются датчиками вибрации и пригодны для регистрации акустических колебаний, возникающих в конструктивных элементах двигателя. Эти колебания возникают при неконтролируемом детонационном сгорании в рабочей смеси в двигателе. Они преобразуются датчиком в электрические сигналы и направляются в блок управления.

Как правило, 4-цилиндровые рядные двигатели оснащены одним датчиком, 5- и 6-цилиндровые двигатели – двумя, 8- и 12-цилиндровые двигатели – двумя и большим числом датчиков. Они подключаются в соответствии с порядком зажигания.

Любая масса, благодаря своим инерционным свойствам подвергающаяся воздействию колебаний, создает усилия сжатия на кольцеобразном пьезокерамическом элементе 1 (рис. 32) такой же частоты, как и возбуждающие колебания.



**Рис. 31 – Датчик детонации:**

*а* - общий вид; *б* - устройство: 1 – пьезокерамический элемент; 2 – сейсмическая масса с усилиями сжатия  $F$ ; 3 – корпус; 4 – затяжной болт; 5 – контактная поверхность; 6 – электрическое соединение; 7 – блок цилиндров двигателя;  $V$  - вибрация

Внутри керамического элемента эти силы сжатия вызывают сдвиг заряда на внутренних сторонах керамического элемента. При этом возникает электрическое напряжение, которое снимается контактными дисками 5 и далее поступает в блок управления для обработки этого сигнала.

Чувствительность датчика определяется значением выходного напряжения, приходящегося на единицу ускорения (мВ/ г) на выходе датчика. Напряжение оценивается высокоомным усилителем переменного тока в блоке управления системы зажигания или в системе управления двигателем.

Место установки датчика детонации в каждом двигателе выбирается таким образом, чтобы можно было надежно определить

детонацию в каждом цилиндре двигателя. Чаще всего датчик крепится на винтах на боковой стороне блока цилиндров двигателя. Для того чтобы результирующие сигналы вибрации в конструктивных элементах могли передаваться на датчик от места измерения на блоке цилиндров двигателя без резонанса и в соответствии с выбранной характеристической кривой, следует учесть следующие факторы:

- крепежный болт должен затягиваться определенным моментом затяжки;

- контактная поверхность датчика и отверстие в блоке цилиндров двигателя должны соответствовать определенным требованиям по качеству;

- не должны применяться шайбы любого типа.

#### **Датчики положения.**

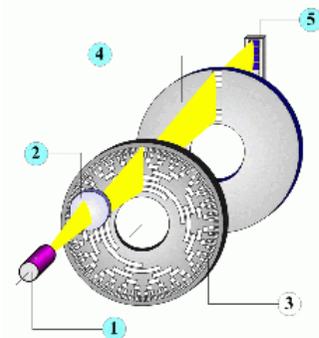
Многие автомобильные системы управления дроссельной заслонкой используют сегодня электрическую цепь для передачи сигнала управления от педали управления подачей топлива к электронной системе впрыска топлива. Определенному положению педали соответствует определенное значение подаваемого на блок управления сигнала. Если сигнал будет неправильным, но его значение будет находиться в определенных для системы пределах, установить ошибочность сигнала невозможно. Для исключения такой возможности фирмы «Williams Controls» и «Navistar International Transportation» объединили свои усилия и разработали прибор, в котором интегрируется выключатель режима холостого хода (IVS - idle validation switch) с устройством управляемого педалью подачей топлива тока. Этот прибор посылает отдельные избыточные сигналы в ЭБУ. Устройство IVS объединено с датчиком положения педали (APS - accelerator position sensor). Оба компонента остаются электрически изолированными, но связаны с педалью единой механической связью. Интегральный ключ IVS и датчик положения APS располагаются на единой подложке. Подложка несколько увеличена для встраивания ключа, но никаких новых элементов не содержит. Выгоды приведенной интеграции включают простоту изготовления, более легкое обслуживание, меньшую стоимость и повышенную совместимость с различными исполнениями педалей.

#### **Потенциометры.**

Потенциометры просты по конструкции и работе (представляют собой щетку, скользящую по резистивной поверхности), они имеют массу преимуществ: высокотемпературный диапазон, низкую стоимость, высокий уровень сигнала и почти безграничное разреше-

ние в сравнении с магнитными или оптическими датчиками. Потенциометрический датчик является лучшим для указания положения, но имеет наименьший срок службы. Кроме того, обычные потенциометры иногда теряют свою линейность под воздействием некоторых условий, например вибрации двигателя. Они могут выдержать только 10 млн. циклов (колебаний). Нарушение линейности является результатом разрушения резистивного элемента и роста в этой точке электрического сопротивления. Используя специальную резину, графит и наполнители, фирма «Alps Electric Co» разработала потенциометр со сроком службы при вибрации более 1 млрд. циклов колебаний. Были исследованы характеристики условий скольжения этого нового датчика. Контактное сопротивление оставалось в пределах 2 % от начального после 40 млн. циклов при температуре 175° С, через 10 млн. циклов оно сохраняло свое начальное значение до 100 млн. циклов, после чего сопротивление стало заметно возрастать.

Самыми долговечными должны быть датчики положения клапана рециркуляции газов, дроссельной заслонки и высоты пола кузова над дорожным покрытием.



**Рис. 37 – Датчик углового положения:**

*1- излучающий диод; 2 - конденсор; 3 – кодовая шкала; 4 - анализирующая маска; 5 – дискретный фотоприемник*

Датчики углового положения (RPS). Они обычно применяются в системах ДВС для определения положения дроссельной заслонки, распространяются и на системы управления «без проводов». Обычные потенциометры углового положения основываются на контакте между резистивным элементом и трущимся о него контактом, что сопровождается соответствующим стиранием. Микровы-

ключатели, работающие на бесконтактных датчиках углового положения, являются альтернативой сегодняшних устройств. Линейный выход в соединении с магниточувствительной схемой обеспечивают линейность и стабильность магнитного поля, большой срок службы и компенсацию механических допусков.

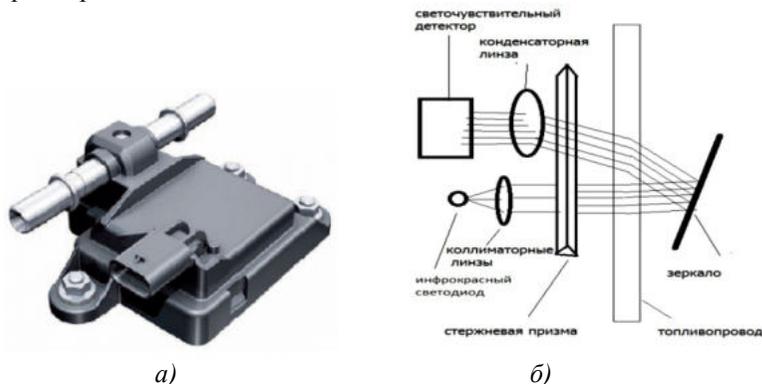
Такие датчики состоят из интегральной микросхемы на эффекте Холла с линейным выходом, возбуждаемой неодимовым магнитом и расположенной вблизи него на роторе датчика, точность формы которого выдерживается в пределах 1% для обеспечения необходимой линейности сигнала. Зазор между ними является компромиссом между минимальной разницей в чувствительности при разных положениях (что требует большого зазора) и максимальной силой (что требует малого зазора). Линейные датчики включают элементы тонко и толстопленочной технологий для достижения высокой чувствительности, точной установки нуля, хорошей температурной компенсации и электронной совместимости с электронными блоками управления. Они способны к работе уже при питании напряжением 5 В и в диапазоне температур  $-40...+150^{\circ}\text{C}$ . Возвратная пружина датчика обеспечивает стабильность зазора ротора, что гарантирует минимальный гистерезис характеристик. Датчики были испытаны в течение 10 млн. циклов без заметного изменения их параметров. Стабильность выхода при закрытой дроссельной заслонке обеспечивается калибровкой и составляет несколько градусов мертвой зоны во всем температурном диапазоне.

**Датчики качества топлива.** Фирма «Mitsubishi Electric» разработала датчик состава топлива, измеряющий коэффициент преломления и диэлектрическую постоянную топлива.

Он будет способен определять концентрацию метанола (многотопливные двигатели) или качество бензина у автомобилей. Принцип работы датчика состоит в следующем.

Параллельный световой пучок, излучаемый инфракрасным диодом с коллиматорными линзами, проходит через стержневую призму, изготовленную из оптического стекла, к границе поверхности, на которую поступает топливо, подлежащее измерению. После отражения под углом, пропорциональным коэффициенту преломления топлива, луч света отражается от зеркала, преломляясь на той же граничной поверхности. Затем он снова проходит через стержневую призму и фокусируется конденсаторной линзой на светочувствительном детекторе позиционирования (PSD - position sensitive detector).

Положение падающего на детектор пучка соотносится с коэффициентом преломления топлива. Поскольку этот коэффициент зависит от температуры, в устройстве для температурной компенсации предусмотрен малогабаритный термистор высокого разрешения. Диапазон измеряемых коэффициентов преломления зависит от угла среза призмы.



**Рис. 38 - Датчик качества топлива: общий вид и устройство:**

*а - общий вид; б - устройство и принцип работы*

Поэтому для этанола и бензина можно применять один и тот же датчик, различающийся лишь углом среза призмы. Датчик малогабаритен, чувствителен, имеет достаточно линейный выход в используемом диапазоне коэффициентов преломления. Основным преимуществом таких фотопозиционных детекторных систем является устойчивость к загрязнениям оптических систем, прочность и унифицированность конструкции для контроля как концентрации метанола, так и качества бензина.

**Датчики качества масла.** Подобно датчику топлива фирма «Ford» разрабатывает датчик загрязнения масла, определяющий диэлектрическую постоянную не бензина, а масла. Датчик, реагируя на химические или физические параметры моторного масла, оповещает водителя об ухудшении свойств масла, помогает избежать использования нестандартного масла, контролирует, не разбавлено ли масло топливом или охлаждающей жидкостью, отслеживает, насколько хорошим поддерживается состояние масла в картере. Чувствительным элементом датчика является миниатюрный воздушный конден-

сатор, монтируемый в промежуточной кольцевой прокладке между масляным фильтром и блоком цилиндров двигателя.

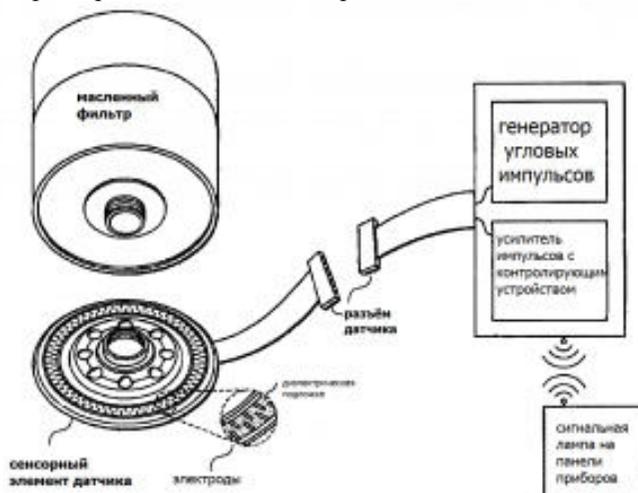


Рис. 39 – Датчик качества масла

Электронная схема преобразует изменения диэлектрической постоянной в изменения частоты. Кольцевая прокладка поддерживает положение датчика в области интенсивного масляного потока на выходе его из маслососа двигателя, чтобы исключить попадание датчика в застойные зоны, где может накапливаться шлам. Устройство достаточно чувствительно для обнаружения доливки одного литра масла, полной его смены или работы двигателя с пониженным уровнем масла. Одного параметра недостаточно для определения необходимости смены масла. Современные системы управляются алгоритмом, учитывающим ряд параметров, в том числе интегрально температуру масла двигателя в зависимости от передачи, для решения о необходимости смены масла. Однако, конденсаторный датчик состояния масла может обеспечивать микропроцессор системы контроля масла химическими параметрами, расширяя возможности действующих систем.

**Исполнительные механизмы.** Подача бензина. Этот процесс обеспечивается распределенным впрыском, центральным впрыском или карбюратором. Распределенный впрыск имеет на каждый цилиндр свою форсунку. Центральный впрыск отличается от распределенного тем, что форсунка одна и устанавливается в корпусе карбю-

ратора. Поскольку электронный впрыск намного дороже карбюратора, разрабатываются и выпускаются системы управления карбюратором, удовлетворяющие требованиям по расходу бензина и составу отработавших газов.

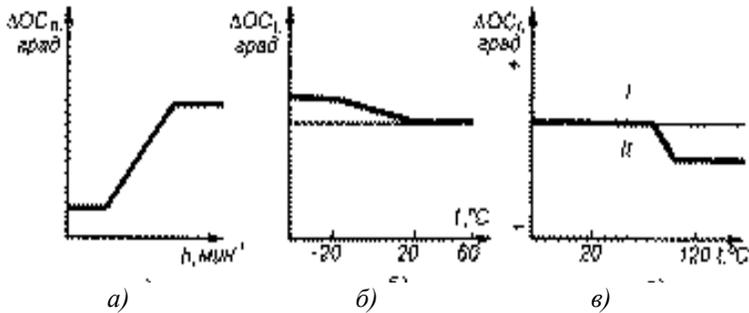
Управление карбюратором заключается в регулировании соотношения воздух - топливо путем изменения пропускной способности топливных или воздушных жиклеров. Примером может служить карбюратор «General Motors», в котором электромагнитный клапан управляется ЭБУ. При пропускании тока через обмотку клапана отверстие жиклера закрывается, а при отключении тока открывается. Однако при управлении карбюратором в принципе нельзя достигнуть результатов управления впрыском бензина, так как реализуемое соотношение воздух - бензин сильно колеблется, особенно на переходных режимах, а карбюратор является существенной инерционной системой.

Зажигание. Электронный блок управления подает сигналы на транзисторный коммутатор для изменения угла опережения зажигания. В свою очередь транзисторный коммутатор управляет током первичной цепи катушки зажигания: при открывании выходного транзистора ток проходит по первичной цепи и в магнитном поле катушки накапливается энергия. При закрывании выходного транзистора ток прерывается и во вторичной цепи происходит индукционное повышение напряжения, которое подается к свечам. Оптимальный угол опережения зажигания

$$\alpha = \alpha_{уст} + \Delta\alpha$$

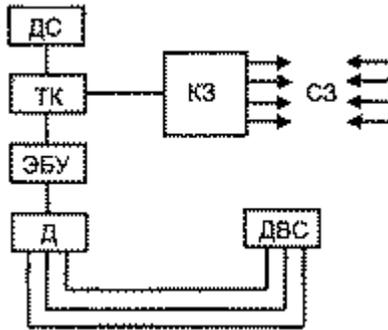
где  $\alpha_{уст}$  - установочный угол опережения зажигания;  $\Delta\alpha$  - поправка угла опережения зажигания.

Установочный угол опережения зажигания определяется по характеристике двигателя и выставляется или корректируется вручную при установке зажигания. Поэтому он и называется установочным. Поправка же  $\Delta\alpha$  многофункциональна. Она зависит от частоты вращения коленчатого вала  $n$  (рис. 40а), температуры  $t$  охлаждающей жидкости (рис. 40б, в), расхода воздуха, детонации (сорта топлива) и др.



**Рис. 40 - Изменение угла опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала**

(а), изменения температуры холодного (б) и горячего (в) двигателей: I и II - соответственно раннее и позднее зажигание



**Рис. 41 - Схема системы зажигания с электронным управлением:**

Д - датчики; ЭБУ - электронный блок управления впрыском топлива; ТК - транзисторный коммутатор; ДС - датчик импульсов, синхронных с частотой вращения коленчатого вала; КЗ - катушка зажигания; СЗ - свечи зажигания; ДВС - двигатель внутреннего сгорания

Изменение угла опережения зажигания осуществляется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, изменения температуры холодного и горячего двигателей. При обеспечении оптимального угла опережения зажигания в электронный блок управления ЭБУ (рис.42) поступают электрические сигналы от соответствующих датчиков Д, в которых эти сигналы обрабатываются (происходит алгебраическое сложение) и результирующий сигнал подается

в качестве управляющего на транзисторный коммутатор ТК, который и прерывает ток в катушке зажигания КЗ.

### 2.3 Системы управления дизельным двигателем

Системы электронного управления работой дизельного двигателя (EDC) обладают интегральными функциями регулирования, обеспечивая изменение подачи топлива насосом в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, нагрузки и рабочей температуры двигателя [3, 4, 7, 12].

Для управления нагрузкой и частотой вращения коленчатого вала дизеля используется только изменение цикловой подачи топлива; количество воздуха на впуске не дросселируется. Так как дизель на малых нагрузках при увеличении цикловой подачи топлива может увеличивать частоту вращения, превышающую допустимую, важно иметь устройство, ограничивающее это увеличение. Необходимо также иметь регулятор частоты вращения на режиме холостого хода.

Распределительные насосы с электромагнитным управлением. При использовании таких насосов количество подаваемого топлива отмеряется электромагнитным клапаном высокого давления, что обеспечивает большую гибкость при дозировании количества топлива и выборе момента начала впрыска (рис. 42). Основными элементами распределительных насосов нового поколения являются:

- электромагнитный клапан высокого давления;

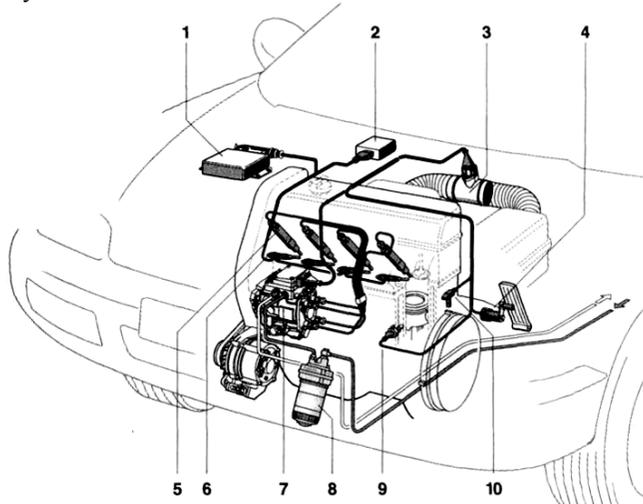
- электронный блок управления;

- система управления работой электромагнитного клапана, в которой используются датчики угла поворота кулачкового вала насоса и момента впрыска топлива.

Закрытие электромагнитного клапана определяет начало подачи топлива, которая продолжается до момента открытия клапана. Количество впрыскиваемого топлива зависит от времени, в течение которого клапан остается закрытым. Такой метод обеспечивает быстрое регулирование подачи топлива независимо от частоты вращения коленчатого вала двигателя, улучшение герметизации полостей высокого давления и в конечном итоге увеличение эффективности насоса.

Насос снабжен собственным ЭБУ для точной установки момента начала подачи топлива и его дозирования. В памяти ЭБУ хранится программа работы конкретного насоса и информация о данных его калибровки. Электронный блок управления работой двига-

теля определяет начало впрыска топлива и его подачу на основе рабочих характеристик двигателя и отправляет эту информацию по каналу связи в блок ЭБУ насоса.



**Рис. 42 - Система впрыскивания топлива с роторным топливным насосом высокого давления (ТНВД) распределительного типа:**

*1 - ЭБУ двигателя; 2 - блок управления работой свечей накаливания; 3 - датчик массового расхода воздуха; 4 - датчик положения педали газа; 5 - форсунка; 6 - свеча накаливания; 7 - роторный ТНВД распределительного типа с блоком ЭБУ; 8 - топливный фильтр; 9 - датчик температуры; 10 - датчик частоты вращения коленчатого вала*

С использованием такой системы можно управлять как моментом начала впрыска, так и началом нагнетания. ЭБУ насоса также получает сигнал о количестве впрыскиваемого топлива через шину данных. Этот сигнал затем обрабатывается в ЭБУ двигателя в соответствии с сигналами, поступающими от педали газа, и другими параметрами, определяющими потребное количество топлива. В ЭБУ насоса сигналы о количестве впрыскиваемого топлива и скоростном режиме работы насоса на момент начала подачи топлива принимаются в качестве входных переменных для диаграммы рабочих характеристик насоса, на основании которых соответствующий период срабатывания сохраняется в виде угла поворота кулачкового

вала. И наконец, момент срабатывания электромагнитного клапана высокого давления и продолжительность его закрытия определяются по данным угла поворота датчика, интегрированного в ТНВД распределительного типа (VE). Сигнал от датчика угла поворота кулачкового вала используется для управления этим углом поворота и временем закрытия клапана. Датчик состоит из магниторезистивного сенсора и кольцевого элемента, обладающего магнитным сопротивлением и имеющего метки, расставленные через  $3^\circ$ , для каждого цилиндра двигателя. Датчик с высокой точностью определяет угол поворота распределительного вала, при котором электромагнитный клапан открывается и закрывается. Это позволяет ECU насоса преобразовывать данные по моменту начала подачи топлива в данные по соответствующему этому моменту углу поворота кулачкового вала и наоборот.

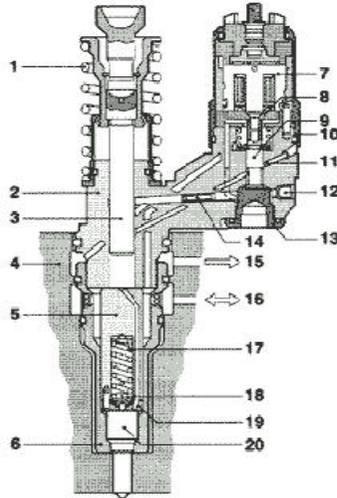
Мягкое протекание процесса подачи топлива в начале впрыскивания, которое зависит от конструктивных особенностей насоса распределительного типа, еще больше реализуется при использовании двухпружинной форсунки.

При работе прогретого двигателя с турбонаддувом такое протекание топливоподачи позволяет снизить уровень шума работающего двигателя.

Новое поколение систем впрыскивания топлива на основе одного насоса, регулируемого по времени, для современных легковых и грузовых автомобилей с дизелями с непосредственным впрыском характеризуется модульной конструкцией; эти системы включают электронно-управляемый блок, насос-форсунки (UIS) и блок насоса (UPS) [12].

Система с блоком насос-форсунок (UIS) для грузовых  
автомобилей

Электронно-управляемый блок насос-форсунки представляет собой одноцилиндровый ТНВД, рисунок 29. Этот блок характеризуется интегральным соленоидным клапаном и предназначен для установки непосредственно на головке цилиндров дизеля. Кронштейны, работающие на растяжение, удерживают отдельные модули, которые имеют отдельные цепи подачи топлива для каждого из цилиндров двигателя.



**Рис. 43 – Блок насос-форсунки (UIS):**

*1 - пружина; 2 - корпус насоса; 3 -плунжер насоса; 4 - головка цилиндра; 5- держатель пружины; 6 - стяжная гайка; 7 - статор; 8 - якорная пластина; 9 - игла соленоидного клапана; .10-стяжная гайка соленоидного клапана;11 - заглушка канала высокого давления;12 - заглушка канала низкого давления;13 - упор иглы соленоида; 14 - сужение;15 - возврат топлива; 16 - подача топлива; 17 - инжектор; 18 - нажимной штифт; 19 - прокладка; 20 - распылитель*

Соленоидный клапан включается во время хода подачи плунжера насоса, перекрывая перепускной клапан, таким образом, герметизируя цепь высокого давления. Топливо затем подается к форсунке, как только превышаете давление открытия распылителя. То есть впрыск топлива начинается, когда соленоидный клапан закрывается. Насос-форсунка используется при давлениях впрыскивания топлива до 160 МПа (180 МПа для перспективных моделей). Эта конструкция также может применяться для выборочного индивидуального отключения цилиндра (при частичных нагрузках).

Система с топливным насосом высокого давления, встроенным в блок цилиндров (UPS) для грузовых автомобилей. Система единичного насоса, объединенного с форсункой, также является модульной конструкцией с устройством впрыскивания топлива и управлением по времени, рисунок 44.

Каждый цилиндр двигателя питается отдельным модулем со следующими компонентами:

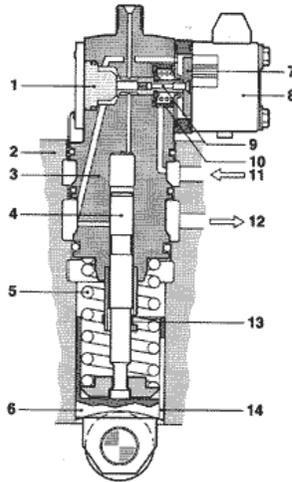
- выполненный заодно с электромагнитным клапаном насос высокого давления;
- быстродействующий электромагнитный клапан;
- короткая линия высокого давления; корпус форсунки в сборе.

Индивидуальные системы насоса и форсунки обеспечивают прямую зависимость между параметрами топливоподачи и положением коленчатого вала.

Согласование обеспечивается посредством зубчатого диска на коленчатом валу, в то время как импульсный датчик, установленный на распределительном валу, синхронизирует впрыскивание топлива в соответствии с каждым отдельным цилиндром. Управление процессом впрыскивания по типу обратной замкнутой связи протекает в соответствии с программой, хранящейся в памяти ЭБУ.

Электронный блок управления позволяет обеспечивать управление соленоидами насос-форсунок. Он контролирует и обрабатывает различные входящие сигналы измерительных датчиков. ЭБУ может хранить в памяти информацию, содержащую специфические схемы работы для получения разнообразных параметров. Основными данными являются частота вращения коленчатого вала двигателя и нагрузка, на которые водитель может оказывать непосредственное влияние посредством педали газа. Контролируемые параметры также включают температуру воздуха, топлива, охлаждающей жидкости и давление турбокомпрессора. Эти основные функции могут дополняться разнообразием других операций, предназначенных для повышения удобства. ЭБУ удовлетворяет строгим требованиям надежности работы компенсацией и выявлением неисправностей функционирования отдельных составных частей. Он также предназначен для облегчения диагностики неисправностей работы дизеля и его системы топливоподачи.

Индивидуальный для каждого цилиндра ТНВД устанавливается непосредственно в блок цилиндров дизеля, где он приводится в движение от кулачкового вала газораспределительного механизма (рис. 44).

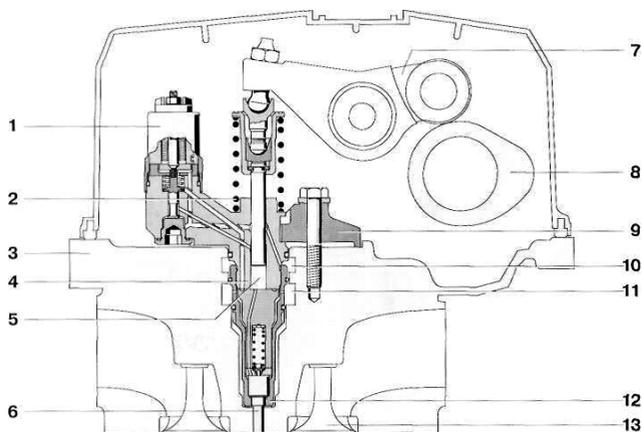


**Рис. 44 – Индивидуальный ТНВД с электромагнитным клапаном (UPS):**

*1 - упор перемещения иглы клапана; 2 - головка блока цилиндров двигателя; 3 - корпус насоса; 4 - плунжер; 5 - возвратная пружина; 6 - роликовый толкатель; 7 - диск якоря; 8 - статор; 9 - игла клапана; 10- фильтр; 11 - подача топлива; 12 - возврат топлива; 13 - фиксатор; 14 - установочный паз*

Электромагнитный клапан осуществляет точное управление временем начала и продолжительностью впрыскивания топлива в соответствии с программой. В открытом состоянии электромагнитный клапан позволяет плунжеру насоса заполнять рабочую полость во время такта впуска и впрыскивать топливо в заданное время. Область высокого давления герметизируется только во время такта подачи, когда электромагнит срабатывает на закрытие клапана

Впрыскивание топлива начинается в тот момент, когда давление перед форсункой станет выше давления начала подъема иглы. Индивидуальные для каждого цилиндра ТНВД могут создавать давление до 180 МПа (в перспективе 200 МПа). Такие высокие давления впрыскивания топлива согласуются с электронным управлением с обратной связью, которое основывается на данных, записанных в памяти ЭБУ, для значительного сокращения расхода топлива и токсичности.



**Рис. 45 - Установка насос-форсунки в головке блока цилиндров двигателя:**

1 - электромагнитный клапан высокого давления, 2 - возвратная пружина, 3 - головка блока цилиндров, 4 - корпус насос-форсунки в сборе, 5 - камера высокого давления, 6 - распылитель в сборе, 7 - коромысло, 8 - кулачок, 9 - прижим, 10 - канал возврата топлива, 11 вход топлива, 12 - гайка крепления распылителя, 13 - клапан двигателя.

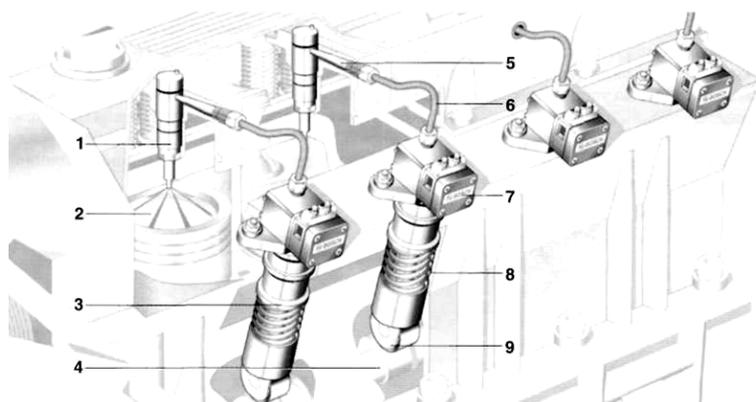
Данная система впрыскивания также обеспечивает получение дополнительных функций, например электроуправляемый предварительный впрыск и отсечку подачи топлива в отдельные цилиндры.

**Система с блоком насос-форсунок (UIS) для легковых автомобилей** (рис. 46).

Система создана для удовлетворения требований, предъявляемых к современным дизельным двигателям с непосредственным впрыском топлива, обладающим высокой удельной мощностью. Система характеризуется компактностью конструкции, высоким давлением впрыскивания на выходе из форсунки (до 200 МПа) и наличием гидромеханического устройства для предварительного впрыскивания, осуществляемого по программе на всем рабочем диапазоне, что позволяет значительно снизить шум при сгорании топлива [12].

Эта система впрыскивания содержит несколько подсистем (по числу цилиндров двигателя), каждая из которых содержит насос высокого давления, форсунку и электромагнитный клапан. Насос-

форсунка каждого цилиндра располагается в головке блока цилиндров между клапанами, и носик распылителя входит непосредственно в камеру сгорания двигателя.



**Рис. 46 - Установка индивидуальных ТНВД:**

*1 - форсунка, 2 - камера сгорания двигателя, 3 - индивидуальный ТНВД, 4 - распределительный вал двигателя, 5 - итуцеры трубопровода высокого давления, 6 - трубопровод высокого давления, 7 - электромагнитный клапан, 8 - возвратная пружина, 9 - роликовый толкатель.*

Насос-форсунки приводятся в действие коромыслами, которые, в свою очередь, приводятся от верхнего распределительного вала. Для получения компактности системы электромагнитный клапан расположен поперек.

Система впрыскивания заполняется топливом во время хода всасывания плунжера, пока электромагнитный клапан обесточен и, таким образом, открыт. Период впрыскивания топлива начинается, когда наступает момент закрытия электромагнитного клапана (при поступлении на него электрического тока) - это происходит во время хода подачи плунжера.

Предварительное впрыскивание начинается, когда давление в системе высокого давления повышается до уровня, обеспечивающего открытие форсунки, а заканчивается, когда механический перепускной клапан открывается и резко снижает давление в камере высокого давления, обеспечивая закрытие форсунки. Ход и диаметр этого

клапана определяют продолжительность так называемого интервала впрыскивания (между окончанием предварительного впрыскивания топлива и началом основного). Перемещение поршня перепускного клапана также воздействует на пружину форсунки, за счет чего быстро отсекается подача топлива в конце предварительного впрыскивания.

Демпфер, расположенный между иглой и пружиной форсунки, позволяет гасить большие пульсации топлива при его подаче. Период времени, когда игла оставляет форсунку открытой, оказывается во время предварительного впрыскивания очень коротким. Основное впрыскивание начинается при достижении определенного давления, обеспечивающего открытие форсунки. Однако, из-за воздействующего на пружину форсунки дополнительного усилия, это давление оказывается в 2 раза выше, чем в момент начала предварительного впрыскивания. Впрыскивание топлива заканчивается, когда электромагнитный клапан обесточивается и, следовательно, открывается.

Промежутком времени между повторным открытием форсунки и открытием электромагнитного клапана определяется количество впрыскиваемого топлива во время фазы основного впрыскивания.

Применение электронного управления позволяет делать выборку из целого ряда хранящихся в памяти ЭБУ запрограммированных значений начала впрыскивания и количества впрыскиваемого топлива. Эта особенность системы, вместе с высокими давлениями впрыскивания, дает возможность получить очень высокую удельную мощность двигателя при низких значениях содержания токсичных веществ в отработавших газах и исключительно низком расходе топлива.

Создание в дальнейшем еще более компактной системы с насос-форсунками позволит использовать ее на двигателях с четырьмя клапанами на цилиндр, что даст возможность еще в большей степени снизить эмиссию токсичных веществ с отработавшими газами и позволит, таким образом, создавать двигатели, удовлетворяющие перспективным нормам по максимально допустимой токсичности отработавших газов.

### **Аккумуляторная топливная система типа Common Rail (CRS)**

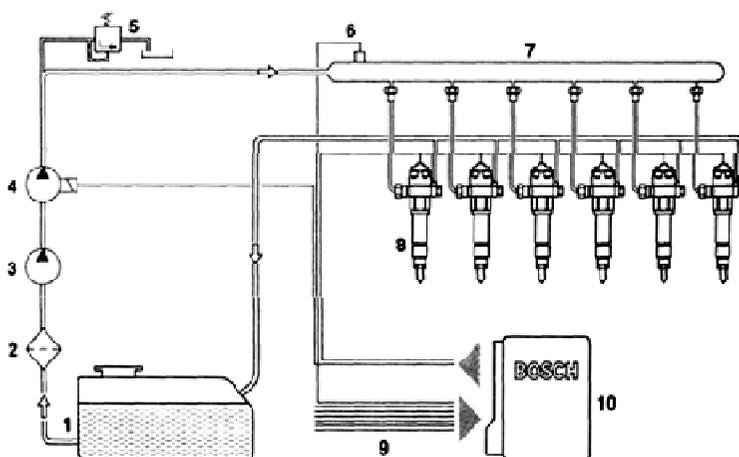
Системы с аккумулятором делают возможным объединение системы впрыскивания топлива дизеля с различными дистанционно

выполняемыми функциями и в то же время позволяют повышать точность управления процессом сгорания топлива, рисунок 47 [3].

Отличительная характеристика системы с общим трубопроводом заключается в разделении узла, создающего давление, и узла впрыскивания. Это делает возможным повысить величину давления впрыскивания топлива.

Отличительная характеристика системы с общим ресивером заключается в разделении узла, создающего давление, и узла впрыскивания. Это делает возможным повысить величину давления впрыскивания топлива.

Основной особенностью системы является то, что давление впрыскивания не зависит от частоты вращения коленчатого вала и количества впрыскиваемого топлива.



**Рис. 47 - Система впрыска Common Rail с аккумулятором давления:**

*1 - топливный бак; 2 - фильтр; 3 - топливоподкачивающий насос; 4 - насос высокого давления; 5 - редукционный клапан; 6 - датчик давления; 7 - аккумулятор; 8 - форсунки; 9 - ввод данных от измерительных датчиков; 10 - ЭБУ*

Основу системы составляет резервуар (аккумулятор). Этот резервуар включает компоненты распределительное трубопровода, линии подачи топлива и форсунки. Плунжерный насос высокого давления (рядный насос на грузовых автомобилях, радиальное

плунжерное устройство на легковых автомобилях) создает давление; этот насос требует для работы низких значений крутящего момента и существенно уменьшает потребности в тяговом усилии.

В насосах для легковых автомобилей необходимое давление в системе поддерживается регулировочным клапаном, расположенным на корпусе насоса. Насосы высокого давления для грузовых автомобилей имеют систему регулирования количества нагнетаемого топлива.

В последних моделях таких насосов для легковых автомобилей также применяется устройство для регулирования количества нагнетаемого топлива. Это позволяет снизить температуру топлива, циркулирующего внутри системы. Давление системы, создаваемое ТНВД, распространяется через аккумулятор и топливопроводы к форсунке. Форсунка обеспечивает подачу нужного количества топлива в камеру сгорания. В точно установленный момент ЭБУ передает сигнал возбуждения к соленоиду форсунки, означающий начало подачи топлива.

Количество впрыскиваемого топлива определяется периодом открытия распылителя и давлением в системе.

Эта система расширяет область оптимизации процесса сгорания посредством разделения функций создания давления и впрыскивания. Давление впрыскивания остается постоянным на период продолжительности процесса впрыска топлива при давлении (с минимальными отклонениями) 140 МПа для грузовых автомобилей и 135 МПа для легковых.

Такая способность управлять характером сгорания может использоваться для многоимпульсного впрыскивания в целях уменьшения вредных компонентов отработавших газов; также это может обеспечить снижение шума.

Система Common Rail позволяет контролировать движение иглы форсунки, а вместе с ней и схему впрыскивания в пределах определенного диапазона.

Система управления стала практически полностью электронной. Педаль акселератора больше не связана механически с ТНВД (ее положение контролируется датчиком), на шкивах коленчатого вала и распределительного вала появились, соответственно, датчики положения коленчатого и распределительного валов (первый также является и датчиком ВМТ).

## 2.4 Система управления двухрядными V-образными двигателями

Система управления двигателем Motronic позволяет реализовать высокую мощность двигателя при минимальном расходе топлива за счет согласования режимов его работы с условиями эксплуатации. Ядро системы Motronic образуют два электронных блока управления. В противоположность однорядному двигателю для управления V-образным двигателем может быть применена система с двумя блоками управления, причем каждый из них обслуживает один ряд цилиндров как отдельный двигатель.

Поступающая только в блок управления 1 информация передается блоку управления 2 через внутреннюю шину данных CAN. Эта шина служит исключительно для обмена данными между блоками управления.

Оба блока управления обслуживают соответствующие ряды цилиндров, выполняя следующие функции:

- управление впрыском топлива;
- управление зажиганием (системой зажигания с индивидуальными катушками);
- регулирование частоты вращения вала двигателя на режиме холостого хода;
- регулирования системы нейтрализации ОГ по сигналам двух датчиков кислорода;
- управление системой вентиляции топливного бака;
- обеспечение электропривода дроссельных заслонок;
- регулирование скорости автомобиля;
- управление системой подачи вторичного воздуха;
- регулирование угла опережения зажигания по детонации;
- бесступенчатое управление фазами впуска и выпуска;
- управление подвеской двигателя;
- регулирование температуры охлаждающей жидкости;
- проведение самодиагностики.

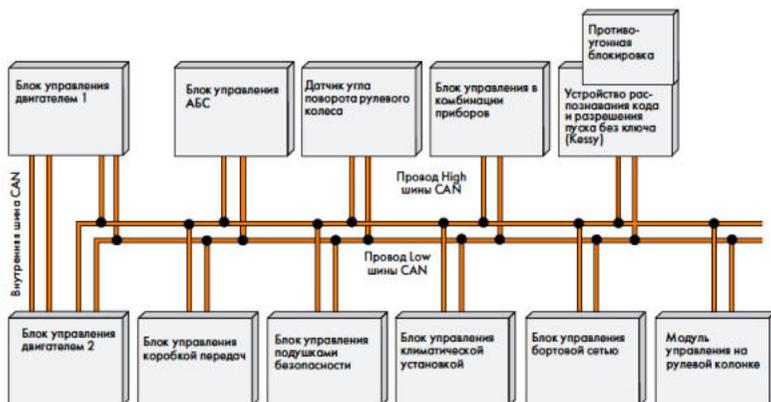
Помимо этого блок управления 1 выполняет еще следующие функции:

Прием и обработка сигналов:

- датчика температуры охлаждающей жидкости;
- датчика положения педали акселератора;
- выключателя сигнала торможения;
- контактного датчика на педали тормоза;

- переключателя системы регулирования скорости (CPC) автомобиля;
  - выключателя режима интенсивного разгона (Kick/down).
- Управление исполнительными устройствами:
- реле бортового питания;
  - топливными насосами;
  - электронасосом охлаждающей жидкости;
  - термостатом системы охлаждения с электронным регулированием;
  - электромагнитным клапаном электрогидравлической подвески двигателя;
  - вентиляторами системы охлаждения.

Сигналы, поступившие на вход блока управления 1, обрабатываются в нем и передаются через внутреннюю шину CAN на вход блока управления 2. Блоки управления 1 и 2 обмениваются данными с другими блоками управления автомобиля посредством шины данных CAN силового агрегата. Шина соединяет отдельные блоки управления в общую систему (рис. 48).



**Рис. 48 - Шина данных CAN V-образного двигателя**

В системе управления предусмотрен только один датчик частоты вращения коленчатого вала, сигналы которого передаются как на вход блока управления 1, так и на вход блока управления 2. Все остальные датчики индивидуальны для соответствующего ряда цилиндров и информацию передают в соответствующий блок управления: датчики 1-го ряда цилиндров в блок 1, а датчики 2-го ряда цилиндров - в блок 2. В системе топливоподдачи расположены два топ-

ливных насоса, при этом второй насос включается при необходимости (недостаточности подачи первого насоса при пуске двигателя (для ускорения повышения давления), при объеме топлива в баке меньше 20 л, а также при высоких нагрузках и частотах вращения вала двигателя.). Включение насосов производится по команде блока 1 управления двигателем. Необходимая доза впрыскиваемого топлива и соответствующая ей продолжительность впрыска рассчитываются каждым из блоков управления по входящим в него сигналам с датчиков соответствующего ряда цилиндров. В остальном управление идентично как и для одноцилиндрового.

## 2.5 Системы управления фазами газораспределения ДВС

В серийные двигатели даже недорогих моделей все чаще устанавливаются регуляторы фаз газораспределения. Конструкторы еще на заре двигателестроения поняли, что с помощью механизма сдвига фаз можно заметно экономить топливо, обеспечив оптимальное наполнение цилиндра горючей смесью на любом режиме и при любой температуре. Кроме того, становится менее токсичными отработавшие газы, но самое главное - заметно улучшается характеристика крутящего момента на низких оборотах [4, 6, 7].

В обычном двигателе фазы газораспределения определяются формой кулачка распределительного вала и остаются неизменными во всех диапазонах работы двигателя. Однако постоянные фазы газораспределения не позволяют создавать оптимальные процессы смесеобразования.

Чтобы варьировать фазами газораспределения необходимо изменять положение распределительного вала относительно коленчатого.

**Холостой ход.** На этом режиме работы следует устанавливать такой угол поворота распределительного вала, который соответствует самому позднему началу открытия впускных клапанов (максимальный угол задержки, при минимальном перекрытии клапанов). Этим обеспечивается минимальное поступление отработавших газов во впускной трубопровод, что улучшает стабильность работы двигателя и снижение расхода топлива.

**Режим низких нагрузок.** Перекрытие клапанов уменьшается для минимизации поступления отработавших газов во впускной трубопровод, что улучшает стабильность работы двигателя.

**Режим средних нагрузок.** Перекрытие клапанов увеличивается, что позволяет снизить «насосные» потери, при этом часть отработавших газов поступает во впускной трубопровод, что позволяет снизить температуру рабочего цикла и вследствие этого содержание оксидов азота в отработавших газах.

**Режим высоких нагрузок при низкой частоте вращения коленчатого вала.** На этом режиме обеспечивается раннее закрытие впускных клапанов, что обеспечивает увеличение крутящего момента. Небольшое или нулевое перекрытие клапанов заставляет двигатель более четко реагировать на изменение положения дроссельной заслонки, что, например, очень важно в транспортном потоке.

**Режим высоких нагрузок при высокой частоте вращения коленчатого вала.** Для того чтобы получить максимальную мощность при высокой частоте вращения коленчатого вала, необходимо перекрытие клапанов около ВМТ с большим углом поворота коленчатого вала. Это связано с тем, что мощность в наибольшей степени зависит от максимально возможного количества топливно-воздушной смеси, попадающей в цилиндр за короткое время, но, чем выше частота вращения, тем меньше время, отводимое на заполнение цилиндра.

Главными задачами системы изменения фаз газораспределения являются:

- улучшение качества работы двигателя на холостом ходу
- снижение расхода топлива
- оптимизация крутящего момента в области средних и высоких частот вращения коленчатого вала
- увеличение внутренней рециркуляции отработавших газов с сопутствующим ей снижением температуры газов при сгорании и уменьшением выброса оксидов азота
- увеличение мощности в области высоких частот вращения коленчатого вала

Системы по принципу изменения фаз делятся на два типа:

- системы с поворотом распределительного вала относительно своей оси (VVT-I, VANOS);
- системы управления ходом клапанов (Valvetronic, VVA).

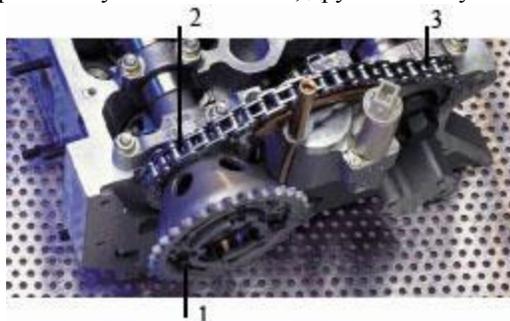
Система VVT-i (Variable Valve Timing intelligent - изменения фаз газораспределения (разработчик фирма Toyota) позволяет плавно изменять фазы газораспределения в соответствии с условиями работы двигателя. Это достигается путем поворота распределительного вала впускных клапанов относительно вала выпускных в диапазоне

40-60° (по углу поворота коленчатого вала). В результате изменяется момент начала открытия впускных клапанов и величина времени "перекрытия" (то есть времени, когда выпускной клапан еще не закрыт, а впускной - уже открыт).



**Рис. 49 – Классификация систем по принципу изменения фаз**

Как правило, изменение фаз газораспределения применяется в двигателях с двумя распределительными валами, один из которых служит для открытия впускных клапанов, другой – выпускных.



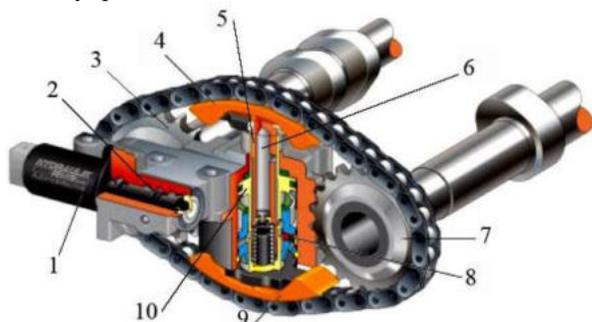
**Рис. 50- Привод системы с изменением натяжения цепи по принципу гидравлического кольца:**

*1 – привод распределительного вала для выпускных клапанов; 2 – звездочка распределительного вала для привода выпускных клапанов; 3 – звездочка распределительного вала для привода впускных клапанов*

Широкое распространение находят системы с изменением натяжения цепи по принципу гидравлического кольца. Изменение фаз газораспределения при таком виде производится только для впускных клапанов. Распределительный вал для открытия выпускных клапанов приводится во вращение от коленчатого вала двигателя

через шестерню или звездочку ременной или цепной передачи 1, а распределительный вал для открытия впускных клапанов через цепную передачу от звездочки установленной на распределительном вале привода выпускных клапанов 2.

В систему изменения фаз газораспределения масло поступает через отверстие в головке блока. Изменение потоков масла осуществляется управляющим клапаном 1, передвигающим золотник 2, по сигналам блока управления двигателем.

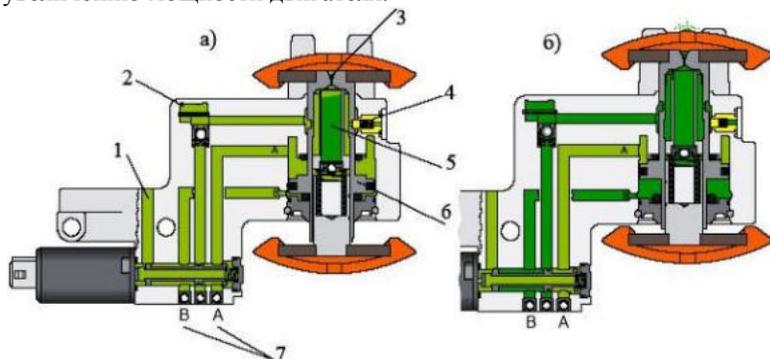


**Рис. 51 - Устройство для изменения фаз газораспределения по натяжению цепи:**

*1 – управляющий клапан; 2 – золотник; 3 – звездочка привода впускных клапанов; 4,9 – натяжитель цепи; 5 – толкатель натяжителя цепи; 6 – полость для масла; 7 – звездочка привода выпускных клапанов; 8 – фиксатор стартовый; 10 – управляющий поршень*

Для изменения фаз газораспределения впускных клапанов служит гидравлический цилиндр с поршнем 10 (рис. 51). При подаче масла в цилиндр по сигналу блока управления поршень, выдвигаясь, воздействует на натяжитель цепи. Одна сторона цепи начинает удлиняться, а противоположная укорачиваться, при этом происходит поворот звездочки для привода впускных клапанов, не связанной цепной передачей с коленчатым валом. Управление подачей масла осуществляется с помощью клапана 1, управляемого электронным блоком управления. Указанная система имеет дискретный двухпозиционный диапазон изменения фаз газораспределения, так как давление масла, развиваемое штатным масляным насосом, изменяется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, и может служить только для движения поршня в верхнее или нижнее положение. Такой принцип изменения фаз газораспределения имеют серийные двигатели фирм Ауди, Порше и Фольксваген.

В зависимости от сигнала блока управления масло направляется в каналы А или В (рис. 52). При неработающем двигателе изменения натяжения цепи не происходит, ввиду отсутствия давления масла на управляющий поршень 6. Стартовый фиксатор 4 при этом входит в паз канавки управляющего поршня и стопорит его, исключая колебания цепи. Распределительный вал в данном случае устанавливается на более позднее открытие клапанов, соответствующее увеличению мощности двигателя.



**Рис. 52 - Схема подачи масла в устройство изменения фаз газораспределения:**

*а – позднее открытие клапанов; б – раннее открытие клапанов; 1 – возврат масла; 2 – подвод масла; 3 – продувочное и масляное отверстие; 4 – фиксатор стартовый; 5 – полость для масла; 6 – управляющий поршень; 7 – управляющие каналы*

После запуска двигателя, когда давление масла начинает возрастать, оно воздействует на плоскость стартового фиксатора, преодолевая натяжение его пружины. Стартовый фиксатор освобождает управляющий поршень и он, передвигаясь, натягивает цепь, устанавливая фазы газораспределения в положение раньше или позже, соответствующее увеличению крутящего момента или мощности двигателя. При открытом управляющем канале А (рис. 52), масло воздействует на поршень сверху и он натягивает цепь вниз, устанавливая открытие клапанов в положение соответствующее большей мощности (позднее открытие клапанов).

При достижении частоты вращения коленчатого вала 1300 мин<sup>-1</sup> открывается канал В (рис. 52) и масло воздействует на поршень снизу и он натягивает цепь вверх, устанавливая открытие клапанов

панов в положение соответствующее большему крутящему моменту (раннее открытие клапанов).

Полость для масла служит для наполнения без давления плунжера натяжного устройства цепи нагнетательной полости при запуске двигателя. Это сказывается также положительно на шумовых свойствах при запуске двигателя. Отверстие 3 сверху полости для масла служит для вентиляции и смазки цепи.

В связи с все более повышающимися требованиями к уменьшению выбросов токсичных веществ с отработавшими газами в настоящее время разработаны устройства, которые могут изменять фазы газораспределения во всем диапазоне возможной частоты вращения коленчатого вала двигателя, как для впускных так и для выпускных клапанов, что позволяет регулировать количество остаточных отработавших газов в камере сгорания. Бесступенчатое изменение фаз газораспределения позволяет также улучшить работу двигателя на холостом ходу и полных нагрузках, обеспечивая повышение крутящего момента и мощности. Для увеличения давления на поршень может применяться отдельный масляный насос. Применение высокого давления позволяет устанавливать более точное положение распределительного вала в зависимости от нагрузки двигателя.

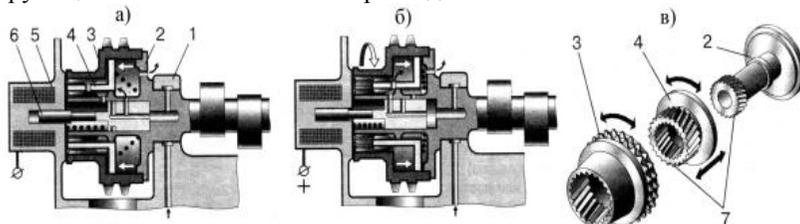
Необходимый угол изменения фаз газораспределения выбирается в зависимости от нагрузки и частоты вращения коленчатого вала по полю параметрических характеристик. Отклонение необходимого угла поворота распределительного вала от истинного угла рассчитывается по алгоритму блока управления, согласно выданному значению которого, изменяется ток в клапане управления давлением масла. Клапан управления в свою очередь изменяет давление масла на исполнительный механизм, позволяющий поворачивать распределительный вал. Частота вращения коленчатого вала определяется индуктивными датчиками, установленными на коленчатом или распределительном валах, считывающими частоту вращения по зубчатым колесам, установленным на валах.

Распределительный вал привода впускных клапанов может поворачиваться и с помощью поршня.

Устройство устанавливается на переднем конце распределительного вала, управляющего впускными клапанами (рис. 53).

При низких частотах вращения коленчатого вала обеспечивается позднее открытие впускных клапанов и минимальное перекрытие клапанов, что позволяет добиться минимально возможного об-

ратного выброса отработавших газов во впускной канал, увеличения крутящего момента и снижения расхода топлива.



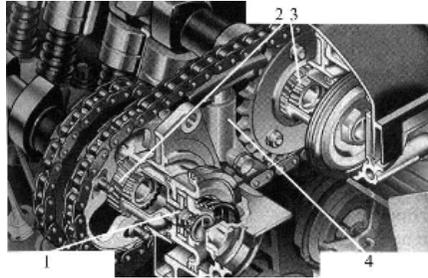
**Рис. 53 - Схема устройства изменения фаз газораспределения:**

1 – головка блока; 2 – распределительный вал; 3 – звездочка привода распределительного вала; 4 – поршень; 5 – электромагнит; 6 – якорь-клапан; 7 – косоугольные шлицы; а – поздние фазы; б – ранние фазы; в – соединение деталей устройства косоугольными шлицами

В этом положении якоря-клапана его вертикальный канал соединен с пространством с правой стороны поршня, так как электромагнит 5 устройства выключен. Поршень 4 отжат влево под воздействием пружины и давления масла, поступающего через якорь-клапан 6.

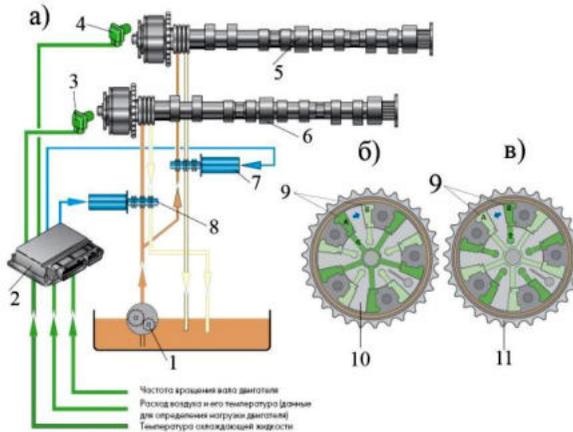
На высоких частотах по команде электронного блока управления двигателем включается электромагнит 5, сердечник которого соединяет вертикальный канал с пространством с левой стороны поршня. Масло из центрального отверстия распределительного вала поступает под поршень 4, имеющий внутренние и наружные косые шлицы. Ответные шлицы имеет конец вала и ступица звездочки цепи 3. Двигаясь в направлении «назад», поршень за счет шлицев обеспечивает сдвиг звездочки в окружном направлении относительно вала на  $12...15^\circ$  в сторону более раннего впуска. Это позволяет увеличить крутящий момент двигателя на высоких частотах вращения. Подобные механизмы устанавливаются на двигателях (MERCEDES-BENZ, ALFA ROMEO и др.) с двумя верхними распределительными валами.

В конструкции двигателей БМВ применены принципы работы обоих вышеописанных способов изменения фаз газораспределения (рис. 53).



**Рис. 54 - Бесступенчатое изменение фаз газораспределения фирмы БМВ:**

*1 – управляющий поршень; 2 – косозубая шестерня; 3 – прямозубая шестерня; 4 – натяжитель цепи*



**Рис. 55 - Схема системы непрерывного изменения фаз газораспределения с гидроуправляемой муфтой:**

*1 – масляный насос; 2 – электронный блок управления двигателем; 3 – датчик Холла для распределительного вала привода выпускных клапанов; 4 – датчик Холла для распределительного вала привода впускных клапанов; 5 – распределительный вал для впускных клапанов; 6 – распределительный вал для выпускных клапанов; 7 – электрогидравлический распределитель распределительного вала для впускных клапанов; 8 – электрогидравлический распределитель распределительного вала для выпускных клапанов; 9 – рабочие полости; 10 – ротор; 11 – гидроуправляемая муфта; а – общая схема; б – поворот ротора относительно корпуса вправо; в – поворот ротора относительно корпуса влево*

Косозубая шестерня 2 может перемещаться в продольном направлении при воздействии масла на управляющий поршень. Перемещаясь, она сдвигает в окружном направлении звездочку привода распределительного вала. Применение такой конструкции позволяет изменять фазы газораспределения не только для впускных (до  $60^\circ$ ), но и для выпускных клапанов (до  $46^\circ$ ).

Альтернативной вышеизложенным системам является более дешевая конструкция системы изменения фаз газораспределения, действующая с использованием гидроуправляемой муфты (рис. 55).

Привод состоит из двух частей – внутренней с закручивающимся ротором 10, связанной с распределительным валом и внешней 11, приводимой цепью или ременной передачей от коленчатого вала. Связь между обеими частями осуществляется с помощью масляной полости, в которой выступы ротора или лопасти поворачивают ротор влево или вправо. Одновременно с ротором поворачивается распределительный вал, на который навинчен ротор.

Давление масла в рабочей камере зависит от частоты вращения коленчатого вала, нагрузки и температуры двигателя. Положение распределительного вала относительно коленчатого вала во время работы двигателя может быть как переменным, так и постоянным (фиксированным). Питание рабочей полости осуществляется от системы смазки двигателя.



**Рис. 56 - Общий вид системы непрерывного изменения фаз газораспределения с использованием лопастного гидравлического двигателя**

Жесткая связь между приводной звездочкой и ротором, связанным с распределительным валом, существует только во время запуска двигателя. Некоторые производители, например Ауди, при запуске двигателя блокируют ротор при запуске двигателя специальным плунжером, управляемым гидравлической системой, что позволяет установить распределительный вал привода впускных клапанов в положении наиболее благоприятного впуска топливовоздушной смеси. При наполнении масляной полости маслом, внутренняя и внешняя части привода разъединяются. При самом большом давлении масла распределительные валы поворачиваются в положение соответствующее наиболее позднему впуску горючей смеси и наиболее раннему выпуску отработавших газов.

Управляющий электрогидравлический распределитель 8 состоит из гидравлической части и электромагнита. Клапан установлен на корпусе распределительных валов и подключен к системе смазки двигателя. В цилиндре распределителя установлен золотник, перемещение которого приводит к изменению потоков масла. Управление положением золотника управляющего распределителя происходит по сигналу электронного блока управления 2. В зависимости от положения распределителя масло подается к гидроуправляемой муфте через один или через оба канала. Подключением того или иного канала производится перестановка ротора в положение «рано» или «поздно» или же он удерживается в определенном фиксированном положении.

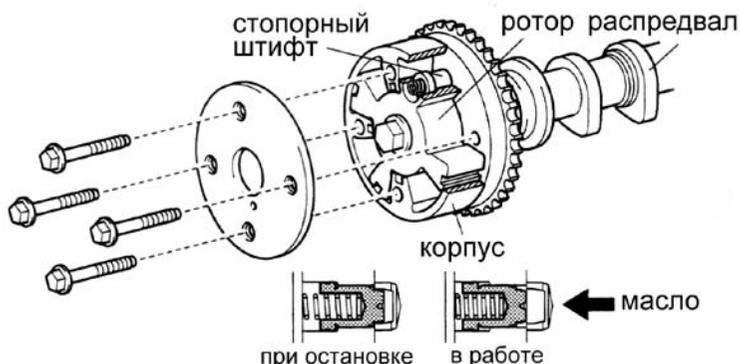
Исходное положение золотника определяется натяжением возвратной пружины.

Диапазон перестановки распределительного вала составляет  $40^\circ$  по углу поворота коленчатого вала или  $20^\circ$  по углу поворота распределительных валов.

В настоящее время системы непрерывного изменения фаз газораспределения применяются на двигателях Ауди, Фольксваген, Тойота, Рено, Вольво и др.

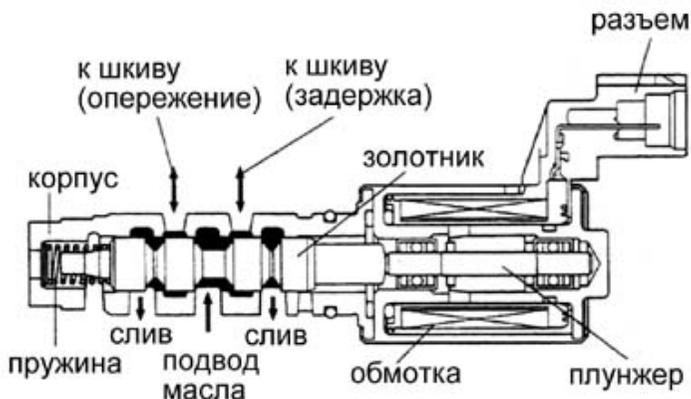
Исполнительный механизм VVT-i размещен в шкиве распределительного вала - корпус привода соединен со звездочкой или зубчатым шкивом, ротор - с распредвалом (рис. 57). Масло подводится с одной или другой стороны каждого из лепестков ротора, заставляя его и сам вал поворачиваться. Если двигатель заглушен, то устанавливается максимальный угол задержки (то есть угол, соответствующий наиболее позднему открытию и закрытию впускных клапанов). Чтобы сразу после запуска, когда давление в масляной

магистрали еще недостаточно для эффективного управления VVT-i, не возникало ударов в механизме, ротор соединяется с корпусом стопорным штифтом (затем штифт отжимается давлением масла).



**Рис. 57 - Исполнительный механизм системы VVT-i (Toyota)**

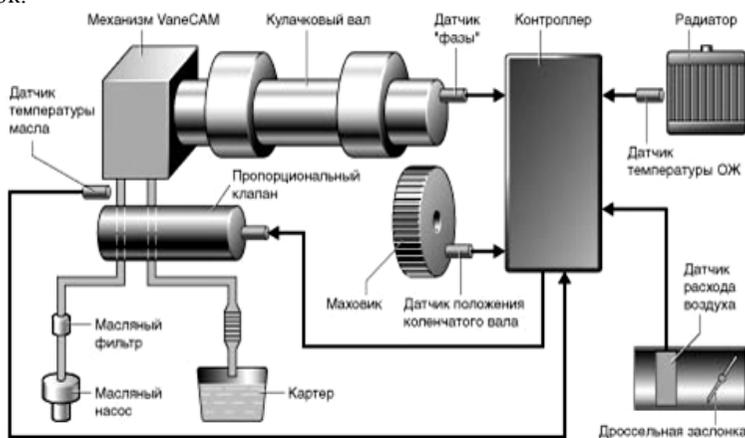
Управление VVT-i осуществляется при помощи клапана VVT-i (OCV - Oil Control Valve) (рис. 58). По сигналу блока управления электромагнит через плунжер перемещает основной золотник, перепуская масло в том или ином направлении. Когда двигатель заглушен, золотник перемещается пружиной таким образом, чтобы установился максимальный угол задержки.



**Рис. 57 – Клапан OCV (Oil Control Valve) системы VVT-i**

Для поворота распределительного вала масло под давлением при помощи золотника направляется к одной из сторон лепестков ротора, одновременно открывается на слив полость с другой стороны лепестка. После того, как блок управления определяет, что распредвал занял требуемое положение, оба канала к шкиву перекрываются и он удерживается в фиксированном положении.

Сегодня на двигателях с регулируемыми фазами внутри ведущей звездочки на кулачковом валу размещают своеобразный гидромотор с почти плоским ротором. Масло, попадая в камеры этого мотора через электромагнитные клапаны, поворачивает ротор на тот или иной угол, сдвигая связанный с ним кулачковый вал. Такой механизм, как правило, называют VaneCAM (рис. 59). Механизм удобен еще и тем, что представляет собой функционально законченный узел, который можно изготовить отдельно на специализированном предприятии. Монтаж на двигатель требует минимальных доработок.

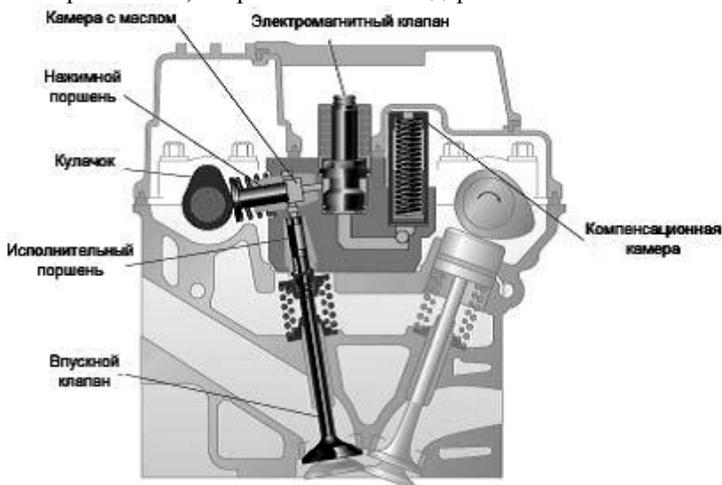


**Рис. 59 – Схема системы управления фазами газораспределения VaneCAM**

Данную систему применяют различные фирмы, в том числе БМВ, РЕНО.

Фирма ФИАТ разработало систему VVA (Variable Valve Actuation) - варьируемое управление клапанами. Речь идет об индивидуальном управлении процессом открытия и закрытия впускных клапанов, что позволяет оптимально дозировать поступающий в каждый цилиндр воздух. Кулачковый вал не контактирует непосредственно

венно со стержнями клапанов. Между кулачком и клапаном расположена заполненная маслом камера (рис. 60). Если она полна, система работает как с обычным распределительным валом, если же масла в камере меньше, открытие клапана задерживается.



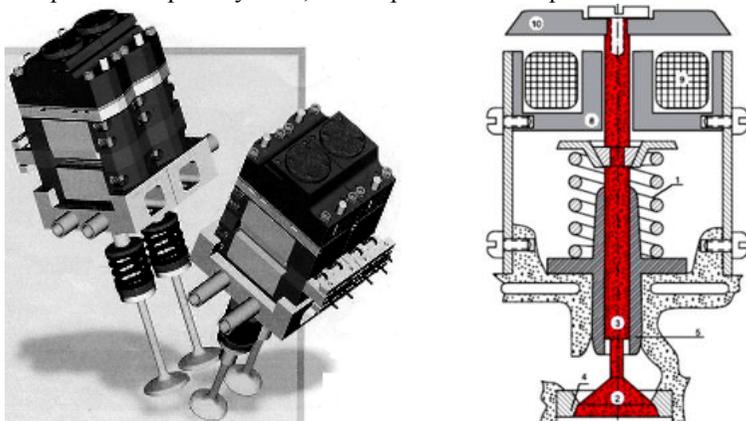
**Рис. 60 – Система VVA (Variable Valve Actuation)**

Электромагнитный механизм управляет золотником и может в любой момент приостановить открытие впускного клапана или даже закрыть его с помощью возвратной пружины. Пределы регулировки позволяют вообще отключить любой из впускных клапанов. В итоге - 10-15% экономии топлива, причем на столько же возрастают мощность и крутящий момент двигателя.

Конструкторы БМВ сделали следующий шаг, научившись регулировать не только фазы, но и высоту подъема клапанов и избавившись от дроссельной заслонки, требующей затрат мощности.

Клапан с непосредственным электромагнитным приводом (рис. 61) открывается электромагнитом 8, 9, 10 при подаче на него управляющего электрического сигнала, а закрывается - возвратной пружиной 1. При подаче постоянного управляющего напряжения на обмотку 9 электромагнита, его магнитопровод, состоящий из неподвижного ярма 8 и магнитопроводящей шайбы (подвижного якоря) 10, смыкается и магнитопроводящая шайба 10 своим ходом «вниз» толкает клапанный стержень 3, тем самым открывая запорный узел

2, 4 клапана. После прекращения действия постоянного управляющего напряжения ток в обмотке 9 электромагнита прерывается, магнитное поле в магнитопроводе 8, 10 исчезает, магнитопроводящая шайба 10 под действием возвратной пружины 1 поднимается «вверх» и запорный узел 2,4 электроклапана закрывается.



**Рис. 61 – Управление клапанами электромагнитами (Valvetronic)**

Пока это реализуется с помощью сложной и точной механики, но в перспективе - управление клапанами без кулачковых валов с помощью электромагнитов, (рис. 61). Развитие и применение этой системы ограничивается наличием мощных стартер-генераторов для бортовой сети напряжением 42 В, иначе не обеспечить обмотки соленоидов нужной электрической мощностью [13].

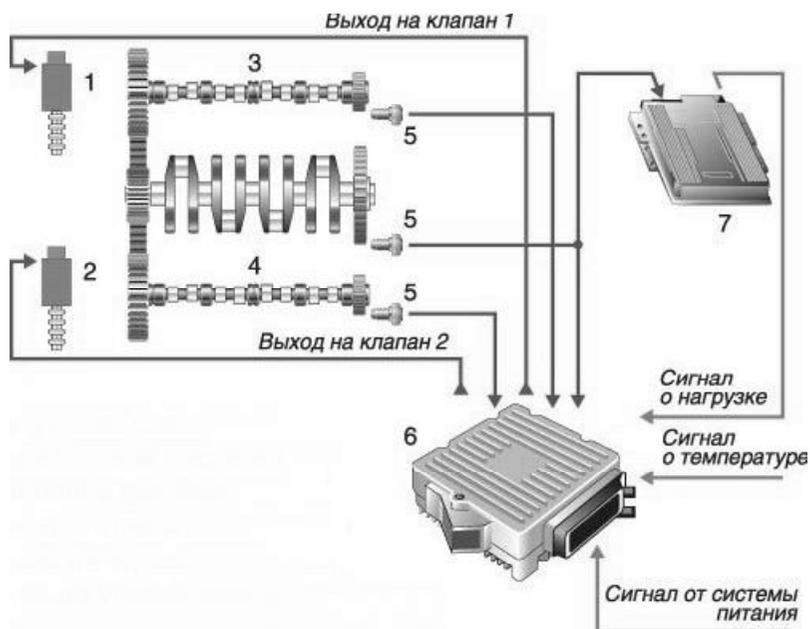
ЭБУ позволяет задать любой сдвиг по фазе, отключить любой цилиндр.

Очевидно, что применение гидравлики снижает КПД систем, ведь нужно создавать и постоянно поддерживать рабочее давление масла в магистрали, тратить ватты на электромагнитные клапаны. Решение проблемы – электрическая система сдвига фаз газораспределения, без всякой гидравлики.

Так фирма AFT спроектировало устройства, помогающие экономить топливо, - электромагнитную систему изменения фаз газораспределения на основе нового узла, названного EVO, потребляет оно всего 5 Вт. Зато при необходимости он может сдвинуть вал со скоростью до 400 град/с. Мало того, можно остановить процесс в любой момент, то есть управление фазами – бесступенчатое. Впро-

чем, фирма не оставляет без внимания и традиционную гидравлику, разработав новую систему управления VCtronic 3.0. (рис. 62). Она одновременно командует и впускными, и выпускными клапанами, обеспечивая заданные программой углы.

Оснастить устройством можно любой автомобиль, в моторе которого на звездочке коленчатого вала 60 или 36 измерительных зубьев. При этом датчики могут быть индуктивными или датчики Холла, сигналы с контроллера двигателя – цифровыми или аналоговыми.



**Рис. 62 - Структурная схема универсальной электрогидравлической системы управления фазами газораспределения:**

1 - клапан управления фазами на впуске; 2 - клапан управления фазами на выпуске; 3 - кулачковый вал впускных клапанов; 4 - кулачковый вал выпускных клапанов; 5 - датчики положения валов двигателя; 6 - контроллер VCtronic; 7 - контроллер двигателя.

Управление дизельным двигателем имеет много общего с системой управления бензиновым двигателем. Имеется и много отличий.

чий. Отличие состоит в том, что не требуется управления углом опережения зажигания и поэтому его нет.

Управление впрыском преследует цели уменьшить количество вредных примесей в отработавших газах, дымность, вибрацию и шум, оптимизацию и стабилизацию частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу.

В ЭБУ от датчиков поступают данные о частоте вращения коленчатого вала двигателя и положении педали управления подачей топлива. На основании этих данных ЭБУ рассчитывает основное количество впрыскиваемого топлива. Одновременно с этим поступают данные от датчиков температуры и давления поступающего в двигатель воздуха, температуры охлаждающей жидкости и т.д. На основании этих данных производится поправка и находится оптимальное количество впрыскиваемого топлива. Электронный блок управления подает сигналы на насос высокого давления, который в соответствии с получаемыми сигналами обеспечивает подачу оптимального количества топлива и момент впрыска.

Обычно ЭБУ управляет и воздушной заслонкой, установленной в воздушном канале впускного трубопровода. Изменяя положение воздушной заслонки, добиваются уменьшения вибрации на холостом ходу и устранения вибрации при остановке двигателя. Кроме того, предотвращается чрезмерный разгон двигателя при отказе системы управления. В этом случае ЭБУ открывает воздушную заслонку наполовину.

Регулирование оптимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя обеспечивается путем изменения количества впрыскиваемого топлива.

Во всех случаях количество впрыскиваемого топлива регулируется исполнительным механизмом, представляющим собой электромагнитный игольчатый клапан, установленный на распределительной головке топливного насоса высокого давления. Он закрывает и открывает по сигналам ЭБУ возвратный канал топлива, отходящего из плунжерной камеры. Изменение количества топлива достигается изменением интервала времени от поднятия плунжера, когда впрыск начинается, до открытия возвратного клапана.

### **3 РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ**

Рулевое управление предназначено для обеспечения движения автомобиля в заданном водителем направлении.

Рулевое управление современного автомобиля имеет следующее устройство:

- рулевое колесо с рулевой колонкой;
- рулевой механизм;
- рулевой привод.

Рулевое колесо воспринимает от водителя усилия, необходимые для изменения направления движения, и передает их через рулевую колонку рулевому механизму. Диаметр рулевого колеса легковых автомобилей находится в пределах 380 - 425 мм, грузовых автомобилей – 440 – 550 мм. Рулевое колесо спортивных автомобилей имеет меньший диаметр.



**Рис. 62 – Схема рулевого управления:**

*1-рулевое колесо; 2 - рулевая колонка; 3- карданный вал; 4- датчик крутящего момента на рулевом колесе; 5-электроусилитель руля; 6-рулевой механизм; 7-рулевая тяга; 8-наконечник рулевой тяги с шаровым шарниром*

Рулевая колонка обеспечивает соединение рулевого колеса с рулевым механизмом. Рулевая колонка представлена рулевым валом, имеющим несколько шарнирных соединений. На современных автомобилях предусмотрено механическое или электрическое регулирование положения рулевой колонки. регулировка может производиться по вертикали, по длине или в обоих направлениях. В целях

защиты от угона осуществляется механическая или электрическая блокировка рулевой колонки.

Рулевой механизм предназначен для увеличения, приложенного к рулевому колесу усилия, и передачи его рулевому приводу. В качестве рулевого механизма используются различные типы редукторов. Наибольшее распространение на легковых автомобилях получили реечные рулевые механизмы.

Реечный рулевой механизм включает шестерню, установленную на валу рулевого колеса и связанную с зубчатой рейкой. При вращении рулевого колеса рейка перемещается в одну или другую сторону и через рулевые тяги поворачивает колеса. Реечный рулевой механизм располагается, как правило, в подрамнике подвески автомобиля.

Рулевой привод предназначен для передачи усилия, необходимого для поворота, от рулевого механизма к колесам. Он обеспечивает оптимальное соотношение углов поворота управляемых колес, а также препятствует их повороту при работе подвески.

Для уменьшения усилий, необходимых для поворота рулевого колеса, в рулевом приводе применяется усилитель рулевого управления. Применение усилителя обеспечивает точность и быстродействие рулевого управления, а также снижает общую физическую нагрузку на водителя.

В зависимости от типа привода различают следующие виды усилителей рулевого управления:

- гидравлический;
- электрический;
- пневматический.



Рис. 63 – Типы усилителей рулевого управления

Большинство современных автомобилей имеют гидравлический усилитель рулевого управления (другое название – гидроусилитель руля). Разновидностью гидроусилителя является электрогидравлический усилитель рулевого управления.

В последние годы на автомобилях все шире применяется электрический усилитель рулевого управления (другое название – электроусилитель руля).

Усилитель рулевого управления, в котором усилие, необходимое для поворота рулевого колеса, изменяется в зависимости от скорости автомобиля называется адаптивным усилителем рулевого управления. Известной конструкцией адаптивного усилителя рулевого управления является система Servotronic.

Инновационной является система активного рулевого управления, устанавливаемая на автомобили BMW, система динамического рулевого управления, устанавливаемая на автомобили Audi. В данных системах передаточное число рулевого механизма изменяется в зависимости от скорости движения автомобиля

### **3.1 Гидроусилитель рулевого управления**

Гидроусилителем рулевого управления (обиходное название – гидроусилитель руля) называется конструктивный элемент рулевого управления автомобиля, в котором дополнительное усилие при повороте рулевого колеса создается с помощью гидравлического привода. Гидроусилитель руля является самым распространенным видом усилителя рулевого управления.

Простейший гидроусилитель руля имеет привод гидронасоса от коленчатого вала двигателя. У такого усилителя производительность прямо пропорциональна частоте вращения коленчатого вала двигателя, что противоречит реальным потребностям рулевого управления (при максимальной скорости движения требуется минимальный коэффициент усиления, и наоборот).

Наиболее совершенным с точки зрения потребительских свойств и конструкции является электрогидравлический усилитель руля. Преимуществами электрогидравлического усилителя являются компактность, возможность функционирования на неработающем двигателе, экономичность за счет включения в нужный момент. В конструкции данного гидроусилителя предусмотрена возможность электронного регулирования коэффициента усиления. Поэтому, наряду с комфортностью управления усилитель может обеспечить лег-

кость маневрирования на малых скоростях, что недоступно обычному гидроусилителю.

Электрогидравлический усилитель рулевого управления имеет следующее устройство:

- насосный агрегат;
- гидравлический узел управления;
- система управления.

Схема электрогидравлического усилителя руля

Насосный агрегат представляет собой объединенный блок, включающий гидравлический насос, электродвигатель насоса и бачок для рабочей жидкости. На насосный агрегат устанавливается электронный блок управления.

Гидравлический насос может быть лопастного или шестеренного типа. Наиболее простым и надежным является шестеренный насос.

Гидравлический узел управления является исполнительным механизмом усилителя руля. Он включает:

- торсион с поворотным золотником и распределительной гильзой;
- силовой цилиндр с поршнем.

Гидравлический узел управления объединен с рулевым механизмом. Шток поршня силового цилиндра является продолжением рейки рулевого механизма.

Система управления обеспечивает работу гидроусилителя. На современных автомобилях используется электронная система управления, которая обеспечивает регулирование коэффициента усиления в зависимости от скорости поворота рулевого колеса и скорости движения автомобиля. Усилитель с такими характеристиками называется адаптивным усилителем рулевого управления.

На автомобилях концерна Volkswagen и BMW электронная система управления гидравлическим усилителем руля имеет торговое название Servotronic.

Система Servotronic включает:

- входные датчики;
- электронный блок управления;
- исполнительное устройство.

Входными датчиками системы являются датчик усилителя руля (датчик угла поворота рулевого колеса – на автомобилях, оборудованных ESP), датчик спидометра. Помимо датчиков, система ис-

пользует информацию о частоте вращения коленчатого вала двигателя, поступающую от системы управления двигателем.

Электронный блок управления гидроусилителем руля принимает и обрабатывает сигналы датчиков и в соответствии с установленной программой воздействует на исполнительное устройство.

В разных модификациях системы Servotronic используются следующие исполнительные устройства:

- электродвигатель насоса;
- электромагнитный клапан в гидросистеме.

В первом случае изменение производительности гидроусилителя осуществляется за счет изменения скорости вращения электродвигателя. Во-втором, за счет изменения проходного сечения гидросистемы (открытие-закрытие клапана).

### **Работа гидроусилителя руля**

При прямолинейном движении автомобиля гидравлический узел управления обеспечивает циркуляцию жидкости по кругу (от насоса по каналам напрямую в бачек).

При повороте рулевого колеса происходит закрутка торсиона, которая сопровождается поворотом золотника относительно распределительной гильзы. По открывшимся каналам жидкость поступает в одну из полостей (в зависимости от направления поворота) силового цилиндра. Из другой полости силового цилиндра жидкость по открывшимся каналам сливается в бачек. Поршень силового цилиндра обеспечивает перемещение рейки рулевого механизма. Усилие от рейки передается на рулевые тяги и далее приводит к повороту колес.

При осуществлении поворота на небольшой скорости (при парковке, маневрах в ограниченном пространстве) гидроусилитель руля работает с наибольшей производительностью. На основании сигналов датчиков электронный блок управления увеличивает частоту вращения электродвигателя насоса (обеспечивает открытие электромагнитного клапана). Соответственно увеличивается производительность насоса. В силовой цилиндр интенсивнее поступает специальная жидкость. Усилие на рулевом колесе значительно снижается.

С увеличением скорости движения частота вращения электродвигателя насоса снижается (срабатывает электромагнитный клапан и уменьшает поперечное сечение гидросистемы).

Работа гидравлического усилителя осуществляется в пределах поворота рулевого колеса и ограничивается предохранительным клапаном.

### 3.2 Усилитель рулевого управления с электронным регулированием

Системы рулевого управления с усилителем находят широкое применение. Однако без применения электроники усилители, как правило, имеют постоянный коэффициент усиления, что негативно сказывается на слишком больших и слишком малых скоростях движения автомобиля: на малой скорости требуются большие усилия на рулевом колесе, а на большой скорости - малые.

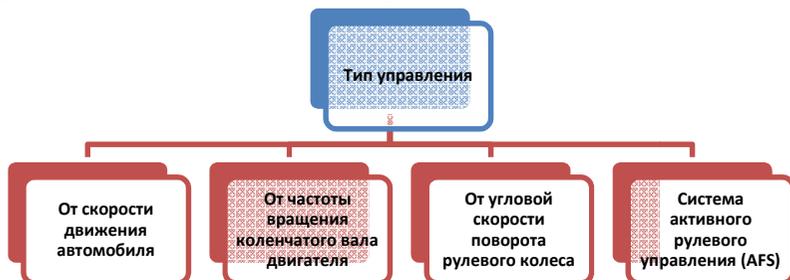


Рис. 64 – Типы систем рулевого управления

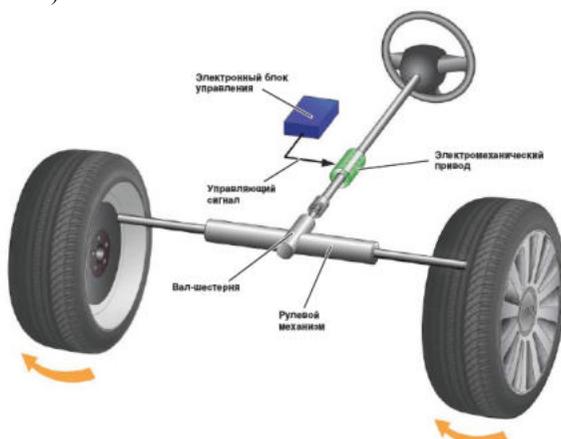
Разработки с целью повышения эффективности рулевого управления базируются на прогрессе в области электронной техники и имеют два направления:

- 1) управление, реагирующее на скорость движения автомобиля (динамическое рулевое управление);
- 2) управление, реагирующее на частоту вращения коленчатого вала двигателя;
- 3) от угловой скорости поворота рулевого колеса

В 1-м случае коэффициент усиления изменяется в соответствии со скоростью автомобиля, во 2-м — с частотой вращения коленчатого вала двигателя. В обоих случаях цель изменения состоит в том, чтобы сделать более легким управление на низкой скорости и менее чувствительным - на высокой.

В обычных системах рулевого управления имеется прямая механическая связь между рулевым колесом и рулевым механизмом. Поэтому между углом поворота рулевого колеса и углом поворота управляемых колёс существует чётко установленное отношение. Изменяя геометрию зубчатого зацепления рейка — вал-шестерня, можно получить рулевые механизмы с различным передаточным отношением.

При таком подходе рулевой механизм конкретного автомобиля будет иметь единственное неизменное передаточное отношение. Выбор этого передаточного отношения всегда представляет собой компромисс, который зачастую обязан наилучшим образом удовлетворять противоречивым требованиям. Основным требованиям может удовлетворять только рулевое управление с изменяемым передаточным отношением. То есть при такой характеристике фактический угол поворота управляемых колёс варьируется в зависимости от скорости движения и угла поворота рулевого колеса. Реализовать изменяемую характеристику удалось с помощью дополнительного электромеханического привода вала-шестерни рулевого механизма, который преобразовывает заданный водителем угол поворота рулевого вала (рис. 65).

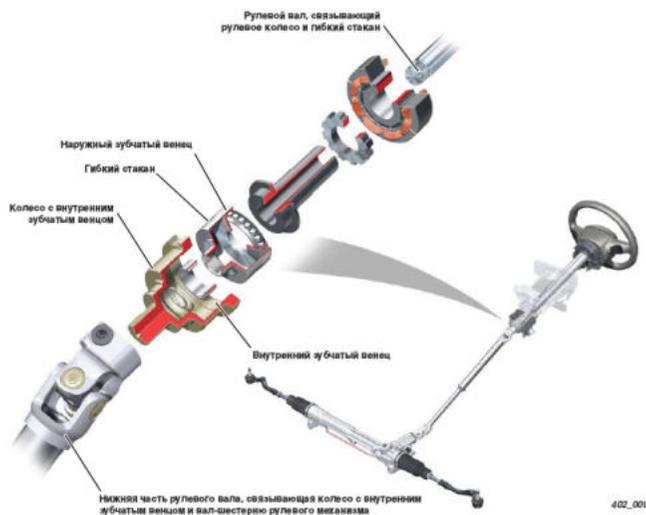


**Рис. 65 - Рулевое управление, реагирующее на скорость движения автомобиля (динамическое рулевое управление)**

Необходимость увеличения или уменьшения угла поворота управляемых колёс определяется блоком управления. Блок управления управляет электродвигателем, который приводит один из элементов суммирующего механизма. Угол поворота колёс равен сумме угла подруливания, заданного суммирующим механизмом, и угла поворота рулевого колеса, заданного водителем. Суммирующий механизм позволяет:

– увеличить угол поворота колёс, заданный водителем поворотом рулевого колеса (подруливание в направлении поворота),

- уменьшить угол поворота колёс, заданный водителем поворотом рулевого колеса (подруливание в противоположном направлении),
- повернуть колёса без поворота рулевого колеса водителем.



**Рис. 66 - Устройство динамического рулевого управления**

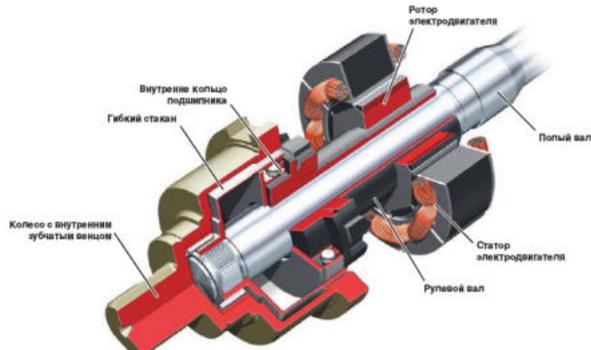
Исполнительный механизм (суммирующий механизм) предназначен для корректировки угла поворота управляемых колёс. Он приводит во вращение вал-шестерню рулевого механизма.

Исполнительный механизм представляет собой волновую передачу, один из элементов которой приводится электродвигателем. Характерной особенностью этого механизма является преобразование высокой частоты вращения (например, электродвигателя) в очень низкую.

Общий принцип работы состоит в том, что в зацеплении находятся две шестерни с различным числом зубьев. В применённом для создания динамического рулевого управления механизме электродвигатель приводит шестерню со 100 зубьями, которая особым образом входит в зацепление с шестерней, имеющей 102 зуба.

Рулевой вал, напрямую связанный с рулевым колесом, при динамическом рулевом управлении также связан с валом-шестерней рулевого механизма. Связь осуществляется через волновой редуктор. Гибкий стакан посажен на шлицы верхней части рулевого вала (с

которой напрямую также связано рулевое колесо). Гибкий стакан является чашеобразной деталью с тонкими и потому гибкими, упругодеформируемыми стенками. На его корпусе имеется наружный зубчатый венец из 100 зубьев. Гибкий стакан входит в зацепление с колесом с внутренним зубчатым венцом из 102 зубьев.



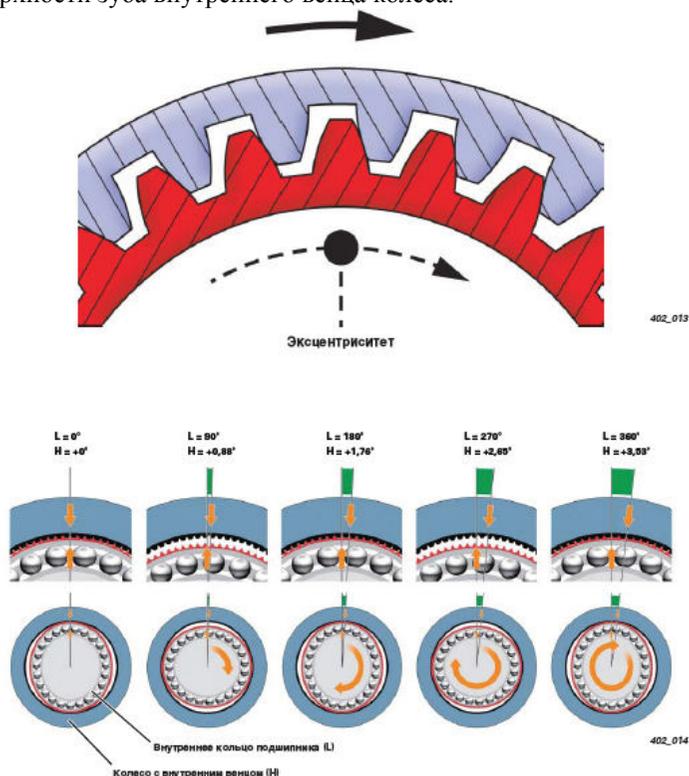
**Рис. 67 - Устройство исполнительного механизма**

Это колесо жёстко связано с нижней частью рулевого вала и через неё с валом-шестернёй. При повороте рулевого колеса гибкий стакан и втулка поворачиваются вместе, т. к. связаны зубчатым соединением (соединение работает как шлицевое типа вал-ступица). При такой схеме работы рулевой механизм работает обычным образом (без изменения передаточного отношения). Наружное кольцо подшипника является гибкой стальной обоймой. Эксцентрическая форма внутреннего кольца подшипника передаётся наружному кольцу (вместе они образуют так называемый генератор волн возмущения).

На наружное кольцо подшипника с лёгким натягом посажен гибкий стакан. Тонкие стенки гибкого стакана повторяют эксцентрическую форму подшипника. Наружный зубчатый венец гибкого стакана из-за своего эксцентриситета находится не по всей своей поверхности в зацеплении с круглым внутренним зубчатым венцом колеса.

Работающий электродвигатель приводит во вращение полный вал. Вместе с ним вращается внутреннее кольцо подшипника качения, имеющее эксцентрическую форму. Из-за различного количества зубьев на венцах гибкого стакана и колеса с внутренним венцом зубья венца гибкого стакана несколько смещаются относительно впа-

дин венца колеса. Зуб венца гибкого стакана смещается к боковой поверхности зуба внутреннего венца колеса.



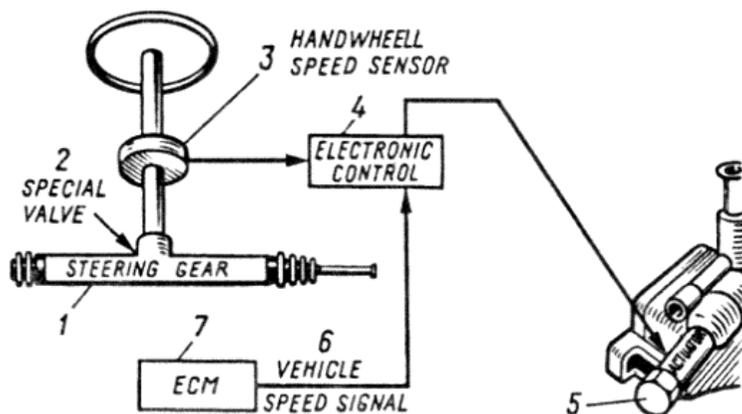
**Рис. 68 - Принцип действия динамического управления**

Вследствие этого на боковую поверхность зуба внутреннего венца колеса воздействует усилие, что приводит к минимальному повороту колеса. Вращение генератора волн деформации (подшипника с эксцентриситетом) при работе электродвигателя последовательно вводит в зацепление все зубья венца гибкого стакана. Возникает непрерывное вращательное движение колеса с внутренним венцом и связанной с ней вал-шестерни. Изменяется угол поворота управляемых колёс. Достижимое при этом понижение числа оборотов электродвигателя (относительно числа оборотов вала-шестерни) составляет примерно 50:1.

Существуют также системы, которые с помощью микроЭВМ позволяют управлять рулевым усилителем по угловой скорости поворота рулевого колеса либо устанавливать его по желанию водителя.

Отделение Saginaw концерна «Дженерал Моторс» разработало и уже серийно выпускает гидравлический усилитель рулевого управления с электронным регулированием, позволяющим изменять усилие на рулевом колесе в зависимости от скорости движения автомобиля. В конструкции заложена возможность настройки самим водителем. Принципиальная схема системы регулирования усилителя Electronic Variable Orifice (EVO) приведена на рисунке 69.

Особенностью конструкции нового усилителя является то, что исполнительный механизм может быть установлен либо в насосе усилителя, либо в реечном рулевом механизме. В исполнительном механизме имеется дозирующий шток, перемещение которого относительно жиклера изменяет расход жидкости из насоса усилителя. Перемещением дозирующего штока управляет электронный блок управления, получающий сигналы о скорости движения автомобиля от центрального электронного управляющего модуля (датчика) 7.



**Рис. 69 - Принципиальная схема системы регулирования усилителя EVO:**

1— рулевой механизм; 2 специальный клапан; 3— датчик углового перемещения рулевого колеса; 4— ЭБУ; 5— исполнительный механизм; 6 и 7— соответственно сигнал и датчик скорости движения автомобиля

При увеличении скорости движения автомобиля расход жидкости, подаваемой насосом усилителя, уменьшается.

Таким образом, обеспечивается небольшое усилие (водителя) на рулевом колесе при низких скоростях движения (при парковке автомобиля) и более высокое - при высоких скоростях движения, что позволяет более точно управлять автомобилем. Контроллер дозирующего штока допускает ступенчатое изменение его положения относительно жиклера, обеспечивая, таким образом, постепенное увеличение усилия на рулевом колесе по мере роста скорости движения автомобиля.

Электронный блок управления 4 получает также сигналы от датчика 3 углового перемещения рулевого колеса, установленного на рулевой колонке. Этот датчик определяет быстрые изменения угла его поворота. Во время скоростных поворотов рулевого колеса усилитель обеспечивает максимальное снижение усилия на рулевом колесе, облегчая водителю выполнение маневра. Эта система работает при определенных параметрах, заложенных в конструкции.

Свойством нового усилителя является сохранение работоспособности при отсутствии электронного сигнала. В этом случае дозирующий шток немедленно выталкивается из жиклера под давлением масла, и усилитель работает на режиме полной мощности при всех скоростях движения автомобиля.

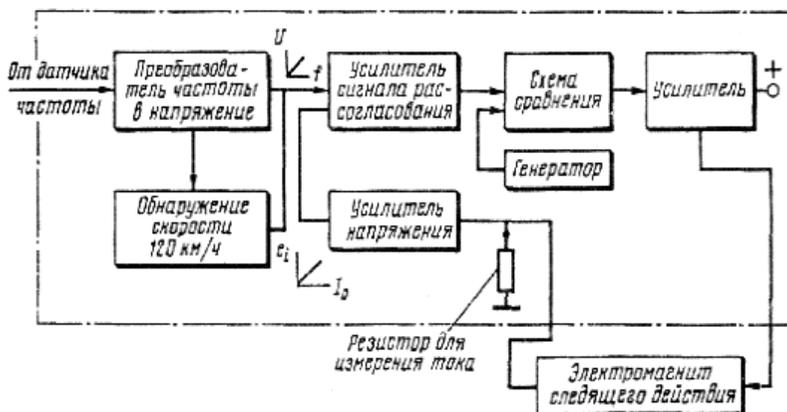
Одной из наиболее интересных особенностей нового усилителя является возможность создания его параметров по требованию заказчика. Характеристики усилителя обеспечиваются изготовителем по желанию потребителя. По заявлению отделения Saginaw, его конструкция может быть выполнена так, что водитель сможет самостоятельно отрегулировать зависимость усилия на рулевом колесе от скорости движения автомобиля в соответствии с индивидуальными требованиями к чувствительности рулевого управления.

Электронный блок рулевого управления с усилением по скорости автомобиля, выполненный в виде аналоговой схемы, изображен на рисунке 66.

На вход схемы поступает сигнал от датчика скорости. Выходным сигналом ЭБУ является сигнал переменной скважности, приводящий в движение электромагнит следящего действия [4-7].

Этот электромагнит отличается от обычного тем, что может фиксировать четыре клапана в произвольном положении, пропорциональном среднему току. Управление электромагнитом обеспечивается сигналом с изменяющейся скважностью. Сигнал от датчика

скорости с помощью преобразователя частоты в напряжение преобразуется в напряжение, пропорциональное скорости, которое легко обрабатывается аналоговой схемой. На высокой скорости для увеличения рулевого усилия ток электромагнита должен расти. Но чтобы не допускать чрезмерного увеличения рулевого усилия на больших скоростях, значение тока остается неизменным при скорости выше 120 км/ч. Для этого вводится схема обнаружения скорости 120 км/ч.



**Рис. 70 - Структурная схема ЭБУ рулевого управления**

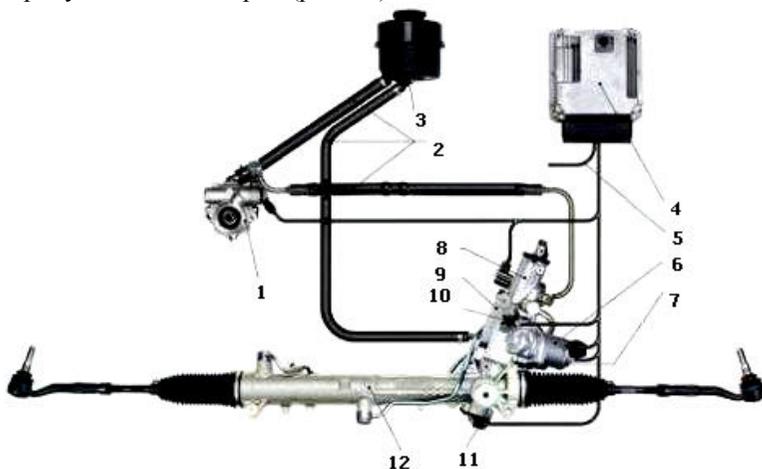
Напряжение, полученное в результате преобразования сигнала датчика скорости, напряжение  $e$  пропорциональное падению напряжения (образуемому током  $I_0$  через электромагнит) на резисторе для измерения тока, сравниваются в усилителе сигнала рассогласования. Усилитель, содержащий интегрирующую схему на операционном усилителе, вырабатывает сигнал, скорректированный таким образом, что при наличии рассогласования через электромагнит всегда протекает ток, пропорциональный скорости. Схема сравнения в результате обработки скорректированного сигнала и сигналов треугольной формы  $e_0$  генератора вырабатывает импульсы, скважность которых пропорциональна скорости. Этот сигнал через транзистор поступает на электромагнит. С увеличением тока степень открытия электромагнитного клапана и рулевое усилие возрастают.

### 3.3 Система активного рулевого управления

Система активного рулевого управления (Active Front Steering, AFS) предназначена для:

- изменения передаточного отношения рулевого механизма в зависимости от скорости движения;
- корректирования угла поворота передних колес при прохождении поворотов и торможении на скользком покрытии.

Система AFS является совместной разработкой фирм Bosch и ZF. В настоящее время система устанавливается на большинство моделей автомобилей BMW в качестве опции и является фирменным атрибутом данной марки (рис. 71).



**Рис. 71 – Схема активного рулевого управления:**

*1-насос гидроусилителя руля; 2-шланги; 3-бачок для рабочей жидкости; 4-электронный блок управления; 5-шина обмена данными; 6-электродвигатель; 7-датчик угла поворота электродвигателя; 8-клапан системы Servotronic; 9-планетарный редуктор; 10-аварийный фиксатор; 11- датчик суммарного угла поворота; 12-рулевой механизм*

Конкурентными преимуществами данной системы являются повышение комфорта и безопасности при эксплуатации автомобиля.

Система активного рулевого управления в своей работе взаимодействует с другими системами, в т.ч. с гидроусилителем руля Servotronic, системой динамической стабилизации DSC.

Система AFS имеет следующее общее устройство:

- планетарный редуктор;
- система управления.

Планетарный редуктор служит для изменения скорости вращения рулевого вала. Он устанавливается на рулевом валу. Планетарный редуктор включает солнечную шестерню, блок сателлитов и коронную (эпициклическую) шестерню. На входе рулевой вал соединен с солнечной шестерней, на выходе – с блоком сателлитов.

Эпициклическая шестерня имеет возможность вращения. При неподвижной шестерне передаточное число планетарного редуктора равно единице и рулевой вал передает вращение напрямую. Вращение эпициклической шестерни в одну или другую сторону позволяет увеличить или уменьшить передаточное число планетарной передачи, чем достигается изменение передаточного отношения рулевого механизма. Вращение шестерни обеспечивает электродвигатель, соединенный с ее внешней стороной посредством червячной передачи

Для реализации функций системы активного рулевого управления создана система управления. Электронная система управления включает следующие элементы:

- входные датчики;
- электронный блок управления;
- исполнительные устройства.

Входные датчики предназначены для измерения параметров работы системы и преобразования их в электрические сигналы. Система AFS в своей работе использует следующие датчики:

- датчик положения электродвигателя;
- датчик суммарного угла поворота;
- датчик угла поворота рулевого колеса;
- датчики системы динамической стабилизации (скорости вращения автомобиля вокруг вертикальной оси и вертикального ускорения).

Датчик суммарного угла поворота рулевого механизма может не устанавливаться, в этом случае угол рассчитывается виртуально на основании сигналов других датчиков.

Электронный блок управления принимает сигналы от датчиков, обрабатывает их и в соответствии с заложенным алгоритмом

формирует управляющие воздействия на исполнительные устройства. Электронный блок управления имеет соединение и осуществляет взаимодействие с блоками управления других систем автомобиля:

- системы Servotronic;
- системы динамической стабилизации DSC;
- системы управления двигателем;
- системы доступа в автомобиль.

Исполнительными механизмами системы AFS являются:

- электродвигатель;
- сигнальная лампа на панели приборов.

Электродвигатель обеспечивает вращение эпициклической шестерни планетарного редуктора. Электродвигатель оборудован аварийным электромагнитным фиксатором, блокирующим червячную передачу. В исходном положении передача заблокирована. При подаче тока на электродвигатель, срабатывает ротор электродвигателя, преодолевая усилие пружины, освобождает ротор электродвигателя. При возникновении неисправности в системе AFS, прекращается подача тока на электродвигатель, фиксатор блокирует червячную передачу.

Возникновение неисправностей в системе сопровождается срабатыванием сигнальной лампы на панели приборов. При этом на информационном дисплее появляется сообщение системы самодиагностики.

#### **Принцип работы системы активного рулевого управления**

Система AFS активируется при запуске двигателя. Работа системы заключается в изменении передаточного отношения рулевого механизма в зависимости от скорости и условий движения.

При совершении маневров на низкой скорости в соответствии с сигналом датчика угла поворота рулевого колеса включается электродвигатель. Электродвигатель через червячную пару передает вращение на эпициклическую шестерню планетарного редуктора. Вращение шестерни в определенном направлении с максимальной скоростью обеспечивает наименьшее передаточное отношение рулевого механизма, которое достигает значения 1:10. При этом руль становится острым, уменьшается число оборотов рулевого колеса от упора до упора, чем достигается высокий комфорт в управлении (рис. 72).

С ростом скорости движения выполнение поворотов сопровождается уменьшением частоты вращения электродвигателя, соот-

ответственно увеличивается передаточное отношение рулевого механизма.

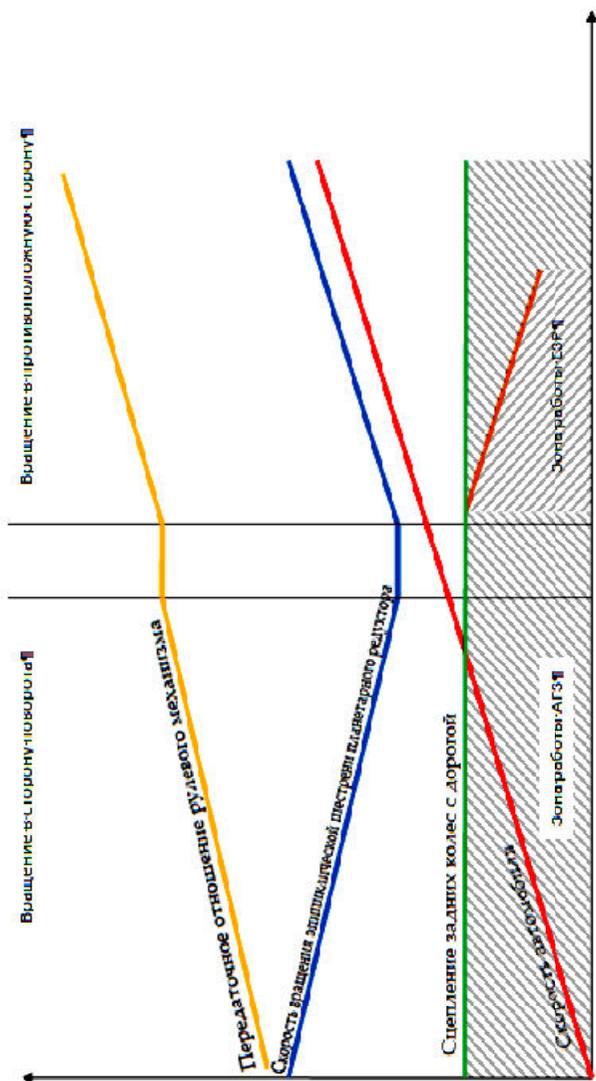


Рис. 72 - Графическое представление принципа работы АГЗ

На скорости 180-200 км/ч передаточное отношение достигает оптимального значения 1:18. Электродвигатель при этом перестает вращаться, а усилие от рулевого колеса передается на рулевой механизм напрямую.

С дальнейшим ростом скорости электродвигатель снова включается, при этом вращение производится в противоположную сторону. Передаточное отношение рулевого механизма может достигать величины 1:20.

При данном передаточном отношении рулевое управление обладает наименьшей остротой, увеличивается число оборотов рулевого колеса от упора до упора, тем самым обеспечивается безопасность маневрирования на высоких скоростях.

Если при прохождении поворота фиксируется избыточная поворачиваемость автомобиля (потеря сцепления задних колес с дорогой) система AFS на основании сигналов датчиков системы DSC самостоятельно корректирует угол поворота передних колес. В результате чего сохраняется курсовая устойчивость автомобиля. В случае, когда система активного рулевого управления не может полностью обеспечить устойчивость автомобиля, подключается система динамической стабилизации.

Аналогичным образом система активного рулевого управления стабилизирует движение автомобиля при торможении на скользком покрытии, чем достигается повышение эффективности антиблокировочной системы тормозов ABS и сокращение тормозного пути.

Система активного рулевого управления постоянно включена и не имеет возможности отключения.

#### **4 СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЁС С ДОРОГОЙ**

Вмешательство различных систем контроля сцепления с дорогой позволяет в различных критических ситуациях предотвратить блокировку колёс. Целью при этом является сохранение курсовой устойчивости и управляемости автомобиля.

Системы контроля сцепления с дорогой подразделяются на два типа:

1) работающие только за счёт вмешательства в гидравлику тормозной системы, и такие, которые могут, помимо этого, управ-

лять и работой двигателя, а на машинах с АКП - и автоматической коробки передач.

К ним относятся:

- антиблокировочная система **ABS**;
- система электронного перераспределения тормозных усилий

**EBV**;

- расширенная система стабилизации торможения **ESBS** (Corner Brake Control **CBC**);

- электронная блокировка дифференциала **EDS**;

- расширенная антиблокировочная система **ABSplus**;

- система воздействия на разворачивающий момент **GMA** (**GMB**).

Ко второй группе относятся:

- противобуксовочная система **ASR**;

- ассистент торможения двигателем **MSR**;

- антиблокировочная функция, реализуемая через управление двигателем **M-ABS** (расширенная **ABS**).

#### 4.1 Антиблокировочная система

С помощью обычной тормозной системы автомобиля реализовать равномерное замедление скорости вращения всех четырех колес одновременно практически невозможно. Даже если допустить, что все колесные цилиндры сообщают тормозным барабанам (или дискам) одинаковые тормозные усилия, то и в таком случае сцепление колесных шин с автодорогой не может быть одинаковым [8-11].

Так появилась идея - зарегистрировать неравномерность вращения колес и по полученной информации автоматически откорректировать тормозные усилия в каждом колесном тормозном цилиндре в отдельности. Таким способом можно урвать скорости вращения всех четырех колес и повысить безопасность движения автомобиля при интенсивном торможении. На серийных легковых автомобилях автоматическое управление гидравлическими тормозами стало применяться в конце 70-х годов, и первой была система антиблокировки колес (**ABS**).

В настоящее время на легковых автомобилях применяется достаточно большое количество самых разнообразных вариантов исполнения систем антиблокировки тормозов (**ABS**). Общим для всех **ABS** является то, что они дополняют рабочие функции гидравлической тормозной системы (**ГТС**) автомобиля принципиально но-

вым качеством - способностью интенсивного торможения без блокировки колес. Для достижения этой цели любая система ABS помимо основных компонента ГТС включает в свой состав датчики частоты вращения колес. Электронный блок управления гидротормозами (ЭБУ-Т) автомобиля и центральный гидравлический исполнительный механизм (ЦИМ), который раздельно управляет колесными тормозными цилиндрами (КГЦ), а сам управляется от электрических сигналов ЭБУ-Т. Разновидности систем ABS можно классифицировать на четыре типа по четырем отличительным признакам (рис. 70):

- а — конструктивным особенностям системы;
- б — функциональным возможностям системы;
- в — типы регулировки колес;
- г — типы удержания давления

1. Если система ABS выполнена с применением шариковых клапана (ШК), которые управляются поршневыми толкателями, а последние в свою очередь приводятся в действие червячными передачами (ШЧМ) от электродвигателя — ЭД, то такая система работает без гидронасоса с использованием давления от главного тормозного цилиндра (ГТЦ) и классифицируется как вентильная ABS (ABS-V) или как ABS первого типа (ABS-T1).

Если система ABS реализована с применением шариковых клапанов, которые управляются от гидроусилителя руля (ГУР) посредством поршневых толкателей, а переключение режимов торможения — с помощью двухпозиционного электрогидроклапана (ДПЭК), то система может быть отнесена в отдельный (второй) тип. В состав ЦИМ такой системы дополнительно входят три гидравлических клапана: предохранительный (ПХК), перепускной (ППК) и переключающий (ПКК).

2. Если в системе ABS давление в колесных тормозных цилиндрах управляется посредством двух- или трехпозиционных гидроклапанов (ТПЭК), которые в свою очередь управляются электрическими сигналами от ЭБУ-Т. и в системе имеется электрогидронасос низкого давления (ГННД), то такая система называется электроклапанной (ABS-К) и относится к третьему типу (ABS-T3). Система дополняется регулятором-распределителем давления (РРД) и редуцирующим клапаном (РК).

3. Если система ABS содержит в своем составе гидроаккумулятор высокого давления - ГАВД (120...180 бар) с подпорным герметичным пневморессивером - ПРВД (азот, гелий), то эта система содержит гидронасос высокого давления (ГНВД) с автоматическим

гидровыключателем насоса (ГВК) и классифицируется как ABS с гидроаккумулятором (ABS-Г), или как ABS четвертого типа (ABS-T4). Давление в КТЦ управляется посредством четырех клапанно-поршневых регуляторов (КПР), которые в свою очередь управляют трехпозиционными электрогидроклапанами, каждый из которых составлен из двух двухпозиционных клапанов. Системы ABS-T4 более эффективны в работе, обладают высоким быстродействием и могут применяться совместно с электронными системами EDS, EBV и ASR.

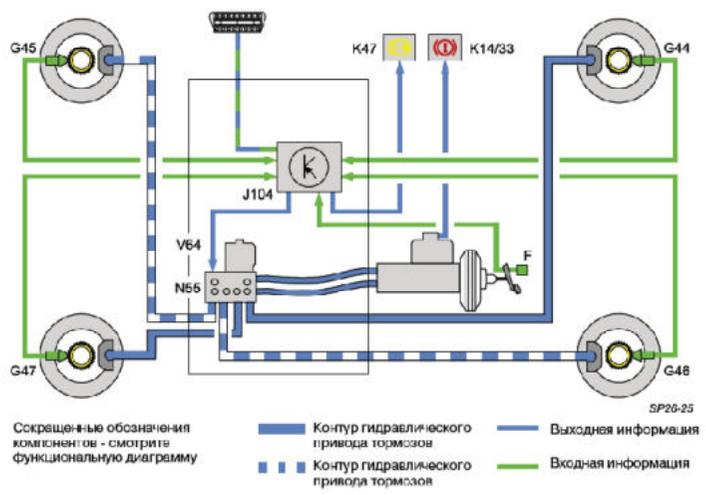
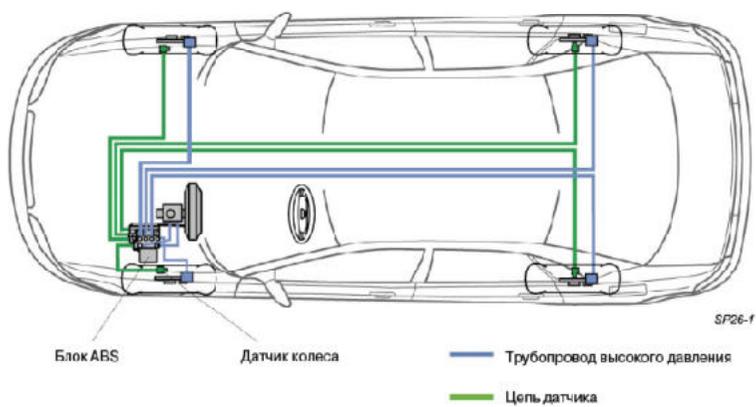
4. Если регулировке с помощью ABS подвергаются два передних колеса в отдельности, а два задних колеса вместе по общему гидроканалу регулирования (Select low), то система называется трехканальной. Наиболее простой вариант такой системы реализован с использованием давления от главного тормозного цилиндра.

5. Если регулировке с помощью ABS подвергаются только два задних колеса, но по одному (общему) гидроканалу, то система называется одноканальной. Такая система выполняет функцию регулятора тормозов заднего моста и устанавливалась на японском автомобиле "TOYOTA" еще в 1971 г. Это первое применение системы ABS на серийном автомобиле. В классификацию включена более поздняя одноканальная система ABS (для японского автомобиля "TRUCK", 1989 год выпуска), в которой в качестве рабочего давления используется давление гидроусилителя руля — ГУР.

6. Если с помощью ABS регулировке подвергается каждое из четырех колес в отдельности, то система называется четырехканальной. Применяется на большинстве современных автомобилей высокого потребительского класса.

7. Если ABS используется на полноприводном автомобиле, то в системе устанавливается специальный инерционный датчик, а система называется ABS с датчиком (ДЗ) замедления (может быть одно-, трех- или четырехканальной, в отдельный тип не выделяется.)

8. Если давление в управляемом с помощью ABS колесном цилиндре может удерживаться для трех случаев торможения (торможение с повышением давления, торможение с удержанием давления, торможение с понижением давления), то система ABS трехпозиционная. Специфический компонент 3-х позиционной ABS - трехпозиционный гидроклапан с электромагнитным управлением от ЭБУ-Т.



**Рис. 73 – Схема антиблокировочной системы автомобиля**

10. Если давление в колесном цилиндре может удерживаться только для двух случаев торможения (с увеличением и понижением давления), то система ABS — двухпозиционная. Реализуется такая система с применением двухпозиционных гидроклапанов. Однако с помощью пары двухпозиционных клапанов можно создать один

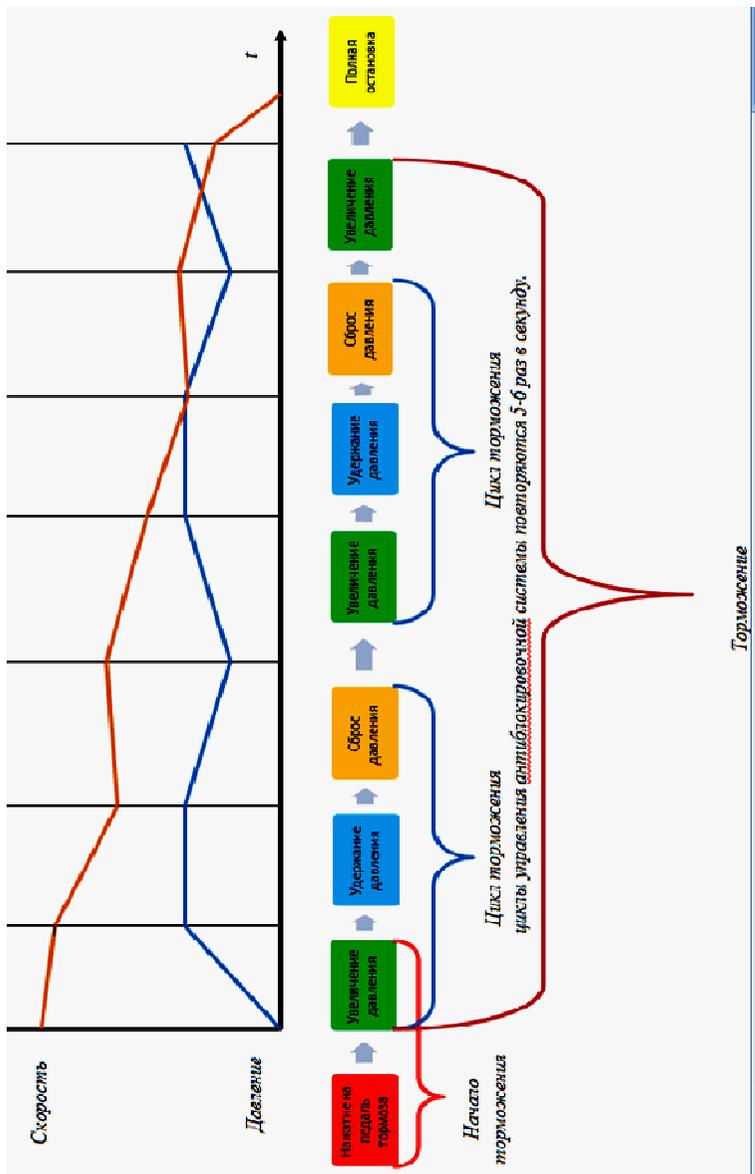


Рис. 74 - Циклы работы ABS

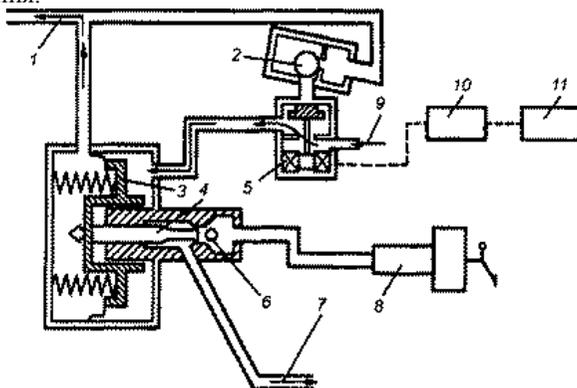
трехпозиционный электрогидроклапан (используется в системах ABS-T4).

Электронные системы, обеспечивающие управление тормозами, по функциональному назначению, могут быть классифицированы на антиблокировочные, регулирования тормозных сил и полностью электронные

Электронные блоки управления АБС различаются внутренним содержанием, а главное - алгоритмом функционирования (достижения в этой области составляют предмет тщательной охраны, так как в наибольшей степени определяют качество системы в целом). Блокировка колес автомобиля в процессе торможения крайне нежелательна, так как увеличиваются тормозной путь и вероятность заноса автомобиля.

Антиблокировочная система препятствует блокировке колес при резком торможении, благодаря чему полностью сохраняется управляемость автомобиля.

Основной задачей АБС является поддержание в процессе торможения автомобиля такого тормозного момента, который при данном состоянии дорожного покрытия исключает возможность блокировки колес и обеспечивает максимально возможный эффект торможения.



**Рис. 75 - Электропневматическая схема АБС:**

1 - трубопровод; 2,5 и 6 - соответственно перепускной, управляющий и редукционный клапаны; 3 - поршень; 4 - плунжер; 7 - трубопровод задних тормозных механизмов; 8 - главный тормозной цилиндр; 9 - воздухопровод; 10 - компьютер; 11 - датчик скорости колеса

Для решения данной задачи АБС должна в зависимости от характера изменения частоты вращения затормаживаемых колес автоматически изменять давление в цилиндрах или тормозных камерах исполнительных тормозных механизмов. При этом необходимо обеспечить высокое быстродействие регулирования давления, для чего используют быстродействующие клапанные устройства с электромагнитным приводом (так называемые модуляторы давления).

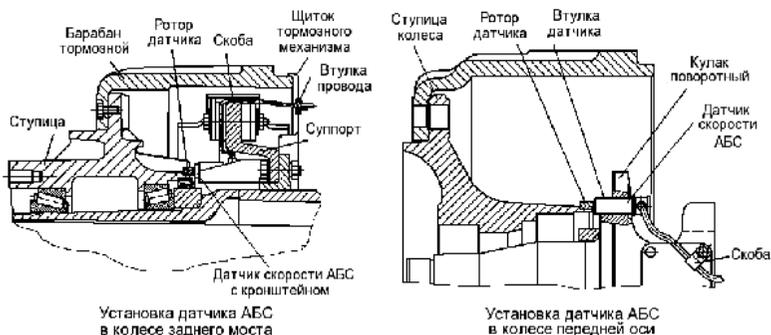
Для обеспечения нормального функционирования системы она должна непрерывно сравнивать скорость автомобиля и частоту вращения затормаживаемого колеса. Основная трудность решения этой задачи связана с отсутствием надежных и простых методов определения скорости автомобиля, т.е. методов, не связанных с измерением частоты вращения его колес. Поэтому для оценки скорости автомобиля в АБС используют те или иные косвенные методы. Один из алгоритмов основан на сопоставлении реальной частоты вращения колеса и так называемой опорной частоты вращения, рассчитываемой в каждый момент времени системой управления.

Основными компонентами антиблокировочной тормозной системы являются: регулятор давления, изменяющий тормозное усилие, которое прикладывается к колесу; ЭБУ, анализирующий изменение скорости колеса, а также обеспечивающий управление давлением в регуляторе; датчики частоты вращения колеса, устанавливаемые в колесных узлах автомобиля [10].

Антиблокировочная система (АБС) автобусов и грузовых автомобилей с пневматической тормозной системой состоит из датчиков угловой скорости вращения колес, модуляторов тормозного давления, электромагнитного клапана отключения вспомогательной тормозной системы, электронного блока управления, реле, блока предохранителей, соединительных кабелей, диагностической лампы и клавиши диагностики.

*Датчики угловой скорости* индуктивного типа, установленные в колесах передней оси и заднего моста, состоят из зубчатого ротора напрессованного на ступицу, и датчика, установленного в поворотном кулаке передней оси или на кронштейне заднего моста (рис. 76).

При вращении колеса в обмотке датчика наводится переменная ЭДС, создающая переменное напряжение, частота которого пропорциональна частоте вращения колеса. Полученный сигнал по кабелям передается в блок управления. Для нормальной работы датчика зазор между ротором и датчиком не должен превышать 1,3 мм.



**Рис.76 — Установка датчиков АБС**

*Электронный блок управления* вместе с кожухом, предназначенным для защиты блока от влаги и механических повреждений, крепится в правом нижнем углу кронштейна реле и предохранителей, за креслом водителя. Блок служит для обработки сигналов, поступающих с датчиков угловой скорости, выдачи управляющих сигналов на модуляторы, электромагнитный клапан отключения вспомогательной тормозной системы и диагностическую лампу, а также для диагностики элементов системы.

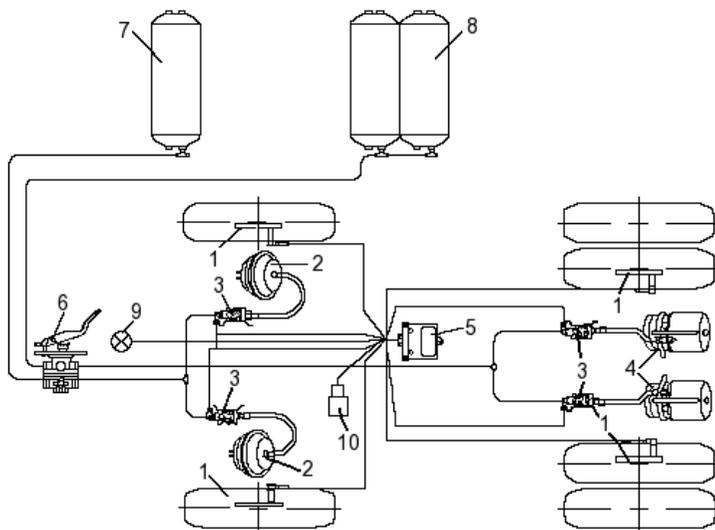
*Модуляторы тормозного давления* (рис. 77), установленные в тормозных магистралях передних и задних колес на каркасе основания шасси перед тормозными камерами, представляют собой электропневматические регулировочные клапаны, обеспечивающие точное, ступенчатое регулирование давления в тормозных камерах в процессе торможения в зависимости от регулирующих сигналов электронного блока управления.

Модуляторы выполняют следующие функции:

- повышение давления в тормозных камерах, при увеличении угловой скорости;
- поддержание давления в тормозных камерах;
- понижение давления в тормозных камерах, при блокировании колес.

Когда АБС не вступает в работу, сжатый воздух свободно проходит через модулятор.

*Электромагнитный клапан* отключения вспомогательной тормозной системы установлен на второй поперечине и включен в магистраль вспомогательной тормозной системы и при торможении служит для ее отключения в случае блокирования колес.



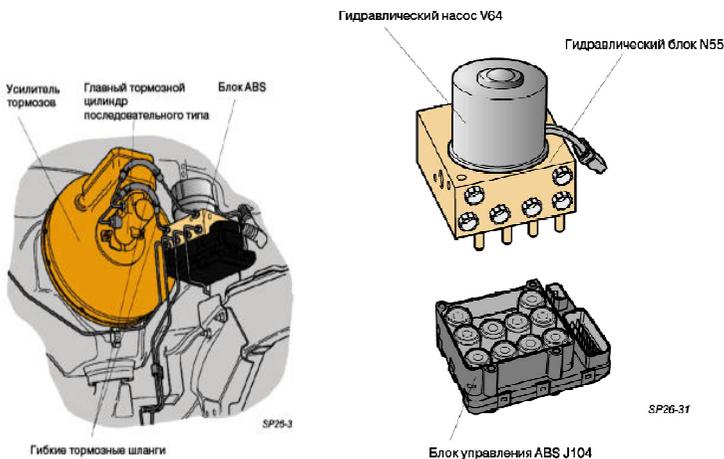
**Рис. 77 — Функциональная схема АБС автобуса:**

1 — датчики угловой скорости колес; 2 — тормозные камеры типа 24; 3 — модуляторы; 4 — тормозные камеры типа 30/24; 5 — блок управления; 6 — тормозной кран; 7 — ресивер контура I; 8 — ресиверы контура II; 9 — диагностическая лампа; 10 — электромагнитный клапан

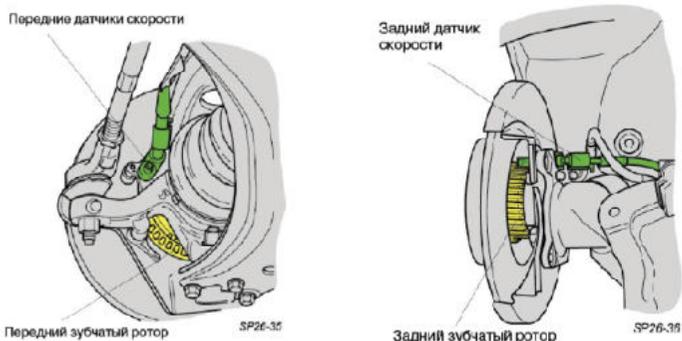
Блок предохранителей, установленный под откидной панелью, служит для защиты электроуправляемых элементов АБС. Диагностические лампы с символами «ABS», сигнализирующие об исправности (неисправности АБС), и клавиша диагностики АБС, расположенная на панели выключателей в кабине водителя, служит для активизации режима диагностики АБС. Клавиша не фиксированная, т. е. после нажатия ее следует удерживать определенное время, в зависимости от требуемого режима.

#### **Колесные датчики**

Колесные датчики подвержены вибрациям, ударам, влиянию агрессивных сред, низким ( $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и высоких ( $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) температур. Следовательно, эти датчики должны быть устойчивыми к воздействию перечисленных факторов, кроме того, быть дешевыми, простыми в эксплуатации, а в случае выхода из строя - легко монтироваться и демонтироваться [10].



**Рис. 78– Элементы системы ABS**

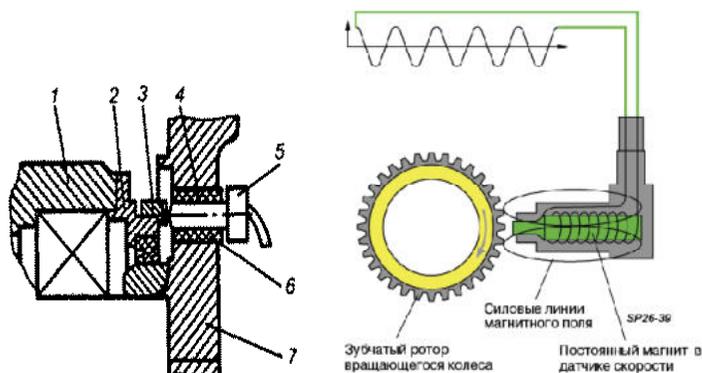


**Рис. 79 – Колесные датчики**

Как показали исследования, из всех существующих датчиков частоты вращения всем этим требованиям в наибольшей степени удовлетворяют магнитоэлектрические пальчикового типа с открытой магнитной цепью датчики, выпускаемые германскими фирмами «Bosch» и «Vabc», а также максимально унифицированные с ними по своим установочным размерам (длина стакана-пальца 40 мм, диаметр 16,8 мм), отечественные КМЭД-4М-1989 (разработаны НПКО АНТ-3 по заказу НПО «Автоэлектроника»).

Магнитный поток в таких датчиках коммутируется ферромагнитным коммутатором в виде зубчатого колеса-ротора 3 (рис. 80),

напрессованного на крышку 2 сальника ступицы 1 колеса автомобиля, причем зубья колеса-ротора передних колес расположены по торцу, задних - по образующей наружной поверхности колеса-ротора, что связано с конструктивными различиями передних и задних тормозных узлов автомобиля.



**Рис. 80 - Магнитоэлектрический датчик пальчикового типа с открытой магнитной цепью**

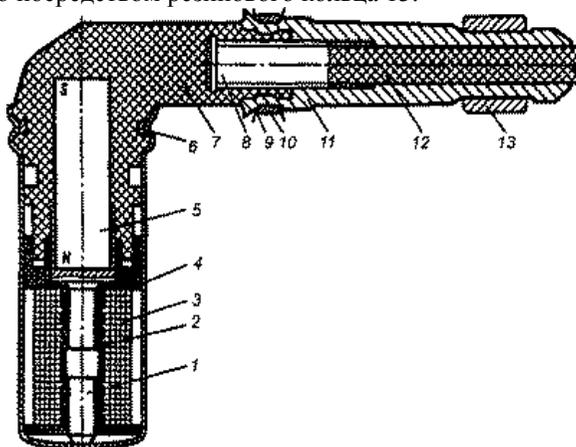
Датчики 5 передних колес установлены в цапфе 7, задних - в приливе на кожухе полуоси. Они крепятся при помощи цилиндрической не ферромагнитной пружины 4 в немагнитной втулке 6. Данный способ крепления, с одной стороны, позволяет уменьшить влияние ферромагнитных масс колес автомобиля на работу датчиков, с другой - облегчает их монтаж-демонтаж и самоустановку с минимально возможным зазором между торцом датчика и зубьями колеса-ротора.

Датчик в гнезде ставится «до упора», поэтому зазора между его торцом и зубом колеса практически нет. При прокручивании колеса датчик, касаясь своей торцевой поверхностью зубьев колеса-ротора, перемещается от него на минимально возможное расстояние и удерживается в этом положении за счет сил трения между его наружной поверхностью, внутренней поверхностью пластинчатой пружины.

Рассмотрим устройство магнитоэлектрических датчиков, применяемых в АБС и ПБС.

Основные элементы датчика EPD 28879A (рис. 81) фирмы «Bosch» - магнит 5 и катушка, соединенные наконечником-стержнем

1 из магнитомягкого материала (каркас 2 катушки спрессован в горячем состоянии по буртику стержня 1 и составляет с ним единое целое). Выводы обмотки 3 катушки подключены к цилиндрическим штырям, которые вместе с южным полюсом магнита 5, латунной фиксирующей трубкой 8 и экранированным двужильным кабелем 12 также опрессованы высокотемпературной пластмассой в корпусе 7. Магнит и обмотка защищены от воздействия окружающей среды стаканом 4 из немагнитной стали, завальцованным через резиновый уплотнитель 6 по буртику на корпусе 7. Вывод кабеля закрыт резиновой трубкой 11, которая на датчике крепится обжимным кольцом 10 через латунную подкладку 9. Второй конец трубки прижимается к кабелю посредством резинового кольца 13.



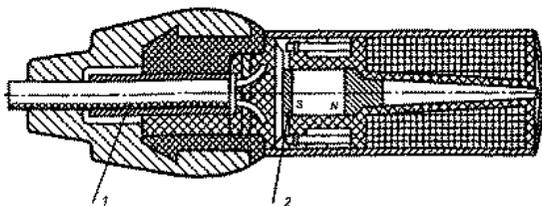
**Рис. 81- Магнитоэлектрический датчик EPD 28879А - фирмы «Bosch» (пояснения в тексте)**

Достоинством датчика является его жесткость (даже монолитность), в то время как вывод выполнен мягким (эластичным), что особенно важно, учитывая условия его работы; недостатки - сложность изготовления (в целях обеспечения соосности всей магнитной системы необходимо добиться высокой точности изготовления поверхностей магнита и стержня), невысокая чувствительность.

Устройство датчика фирмы «Vabco» 224W042 идентично рассмотренному, хотя у него есть особенности: объем магнита увеличен, причем его полюсный наконечник-стержень, соединенный с южным полюсом магнита, является концентратором магнитного потока, объем же катушки, наоборот, уменьшен за счет намотки ее бо-

лее тонким проводом; внешняя часть (головка) покрыта силиконовой резиной. Благодаря этим усовершенствованиям, а также более высокому уровню технологии изготовления выходные характеристики датчика выше, чем датчика фирмы «Bosch». Однако на универсальном оборудовании его выпускать невозможно: для его производства требуются специальные материалы, особое оборудование и оснастка, применение которых в мелкосерийном производстве нерентабельно.

В отличие от рассмотренных датчиков зарубежных фирм, отечественный КМЭД-4М-1989 имеет весьма простую и оригинальную конструкцию (рис. 82). В нем кабель для снятия информации расположен вдоль оси, постоянных магнитов - два, причем они самарий-кобальтовые (КС10ММ27) и уменьшенного объема; дополнительно введен верхний полюсный наконечник 2 в целях увеличения чувствительности; полости залиты компаундом 1 на основе эпоксидной смолы.



**Рис. 82 - Отечественный магнитоэлектрический датчик КМЭД-4М-1989 (пояснения в тексте)**

Датчик технологичен, дешев, надежен и, самое главное, как показали исследования (табл.), по чувствительности превосходит зарубежные аналоги. Он применим и в других областях машиностроения - там, где требуется точная информация о характеристиках вращающихся масс.

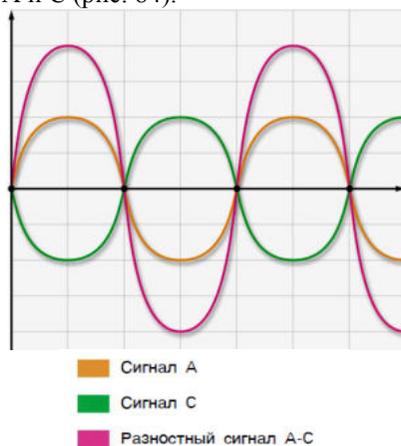
Датчик частоты и направления вращения (рис. 83).

Чувствительный орган датчика образован тремя элементами Холла (рис. 83 а). Задающий диск заменен намагниченным уплотнением подшипника колеса. На уплотнении образованы 48 пар полюсов (северных и южных), поэтому кольцо уплотнения называется многополюсным (рис. 83 б).



**Рис. 83 - Датчик частоты и направления вращения колес:**  
*а - схема датчика; б - устройство датчика*

Датчик реагирует на изменение плотности магнитного потока. Три элемента Холла смещены относительно друг друга. Расстояния между ними подобраны таким образом, что, если через элемент А проходит максимум магнитного поля, то через элемент С проходит его минимум. В электронной части датчика образуется разность сигналов элементов А и С (рис. 84).

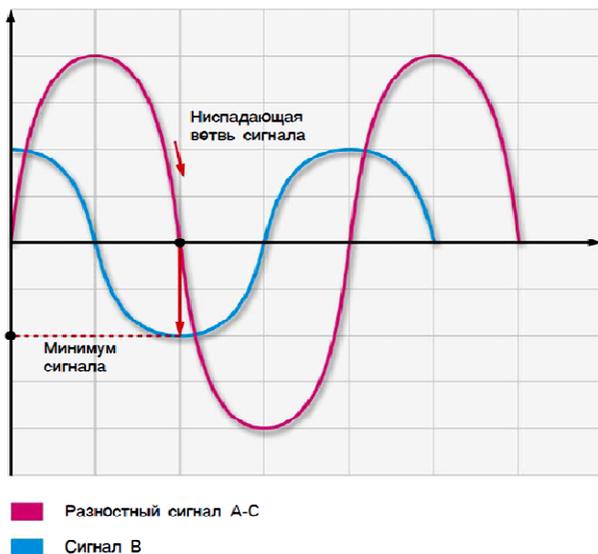


**Рис. 84 - Формирование сигналов датчика**

Элемент Холла В расположен между элементами А и С. Экстремальные значения сигнала В совпадают с нулевым значением разности сигналов элементов А и С.

Для определения направления вращения нужно знать, когда имеет максимум или минимум сигнала В.

Например, если через нуль проходит ниспадающая ветвь разностного сигнала А-С и сигнал В достигает при этом минимума, следовательно имеет место вращение против часовой стрелки (рис. 85).



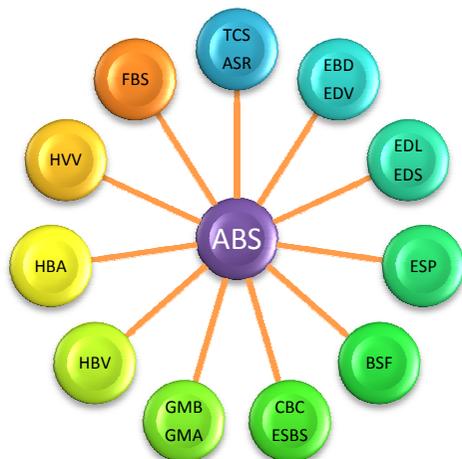
**Рис. 85 - Определение направления вращения колес**

В настоящее время система ABS является основной электронной системой, обеспечивающей безопасность автомобиля при движении, на основании которой функционируют остальные системы движения автомобиля TCS, (ASR) - антипробуксовочная система, EBD (EBV) - электронная система распределения тормозных усилий, EDL (EDS) - электронная система блокировки дифференциалов, ESP - электронная система курсовой устойчивости (рис. 86).

Все системы контроля сцепления с дорогой развились из антиблокировочной системы ABS, которая является системой торможения с управлением только тормозами. Системы EBV, EDS, CBC, ABSplus и GMB являются расширениями системы ABS, либо на уровне ПО, либо с добавлением дополнительных компонентов.

Система ASR представляет собой дальнейшее развитие системы ABS, помимо активного управления тормозами она позволяет

также управлять работой двигателя. К системам торможения, которые работают только за счёт управления двигателем, относятся M%ABS и MSR.



**Рис. 86 – Электронные системы на базе ABS**

Если в автомобиле установлена система поддержания курсовой устойчивости ESP, то работа всех систем контроля сцепления с дорогой подчиняется ей. При выключении функции ESP системы контроля сцепления с дорогой продолжают свою работу самостоятельно.

Система поддержания курсовой устойчивости ESP самостоятельно вносит коррективы в динамику автомобиля, когда электроника фиксирует отклонение фактического движения автомобиля от желаемого водителем. Другими словами, электронная система ESP решает, когда, в зависимости от конкретных условий движения, надо задействовать или наоборот отключить ту или иную систему контроля сцепления колёс с дорогой. ESP выполняет, таким образом, по отношению к другим системам функцию координирующего и управляющего центра.

Расширения системы ESP называются дополнительными функциями на базе ESP, для их наличия необходимо, чтобы в автомобиле была установлена сама система ESP.

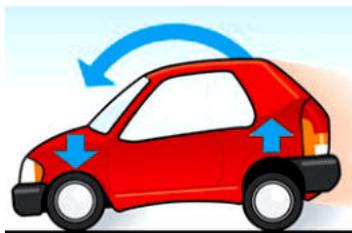
## 4.2 Электронный регулятор распределения тормозных сил (EBV)

Автомобиль с заблокированными задними колёсами неустойчив и может в любой момент сорваться в неконтролируемый занос. Для предотвращения такого критического состояния используется функция перераспределения тормозных усилий (EBV).

Распределение масс в современном автомобиле таково, что на заднюю ось приходится существенно меньшая нагрузка, чем на переднюю.

Для сохранения устойчивости автомобиля тормозные усилия должны распределяться таким образом, чтобы колёса передней оси блокировались раньше колёс задней оси (директива ЕЭК13; ЕЭК (ЕСЕ) = Экономическая комиссия для Европы), для обеспечения сохранения определённой минимальной курсовой устойчивости.

При резком торможении происходит дополнительное перераспределение нагрузки на переднюю ось. Автомобиль наклоняется относительно поперечной оси («клюёт»). В результате этого движения нагрузка, приходящаяся на заднюю ось, уменьшается. В результате «кивка» при торможении нагрузка на переднюю ось увеличивается, а на заднюю - уменьшается. В результате уменьшения нагрузки уменьшается и максимальная сила сцепления с дорожным покрытием, и задние колёса могут оказаться заблокированными. Это будет означать нарушение директивы ЕЭК по перераспределению тормозных усилий.



**Рис. 87 - Перераспределение нагрузки при резном торможении**

По данным датчиков угловой скорости система распознаёт, что в результате кивка задняя ось получает большее тормозное усилие, чем она может передать на дорогу без блокирования. EBV через клапаны гидравлического блока ABS управляет тормозным усилием задней оси и обеспечивает тем самым максимально возможное тор-

мозное усилие передней и задней осей. Этим предотвращается занос задних колёс, который мог бы быть вызван их блокированием.

Крен автомобиля при торможении или прохождении поворотов приводит к тому, что нагрузка на каждое отдельное колесо может сильно изменяться. Следовательно, тормозные усилия тоже должны будут распределяться по разному. В отличие от механических устройств, электронная система EBV в состоянии индивидуально регулировать тормозные усилия, передаваемые на каждое отдельное колесо.

Таким образом система в состоянии учитывать различия в сцеплении с дорожным покрытием каждого отдельного колеса. EBV распознаёт уменьшение угловой скорости одного или обоих задних колёс и снижает тормозное давление в соответствующем колесе или колёсах.

Диапазон действия EBV заканчивается, как только одно из колёс демонстрирует высокую склонность к блокированию. Тогда управление передаётся системе ABS.

Для работы функции EBV не требуются дополнительные узлы или компоненты, она использует уже имеющиеся устройства системы ABS.

Электронная функция перераспределения тормозных усилий представляет собой программное расширение системы ABS.

Система сравнивает угловые скорости передних и задних колёс. Когда разница между ними превышает определённую величину, система распознаёт превышение тормозного усилия и задействует функцию EBV. EBV закрывает впускные клапаны ABS левого и/или правого заднего колеса, так что давление в тормозном цилиндре перестаёт расти и удерживается на текущем уровне.

В то время как впускные клапаны передних колёс остаются открытыми для увеличения давления, впускные клапаны задних колёс уже закрыты. Если превышение тормозного усилия задней оси сохраняется, дополнительно открываются соответствующие выпускные клапаны ABS и давление в тормозных цилиндрах уменьшается. Если тормозное усилие на задних колёсах станет ниже предельно возможного, тормозное давление увеличивается для реализации максимального тормозящего действия. Тем самым обеспечивается полное использование всего имеющегося запаса сцепления колеса с дорогой.

Упрощённо EBV можно назвать системой ABS, действующей только на задние колёса и использующей три фазы: «удержание давления», «сброс давления» и «увеличение давления».

### **4.3 Система стабилизации торможения при повороте (CBC)**

Corner Brake Control (CBC) означает систему стабилизации торможения при повороте (раньше использовалось также сокращение ESBS, от расширенной системы стабилизации торможения).

Возникающие при торможении в повороте опасные ситуации могут проявляться в избыточной или недостаточной поворачиваемости и приводить, в неблагоприятных случаях, к заносу автомобиля.

Это объясняется тем, что при торможении в повороте скорость поворота автомобиля (рыскание) может доходить до такой величины, что будут происходить описанные выше явления.

CBC корректирует проявления такого рыскания. Для этого функция CBC управляет при торможении тормозными давлениями таким образом, чтобы создать корректирующий разворачивающий «противомомент».

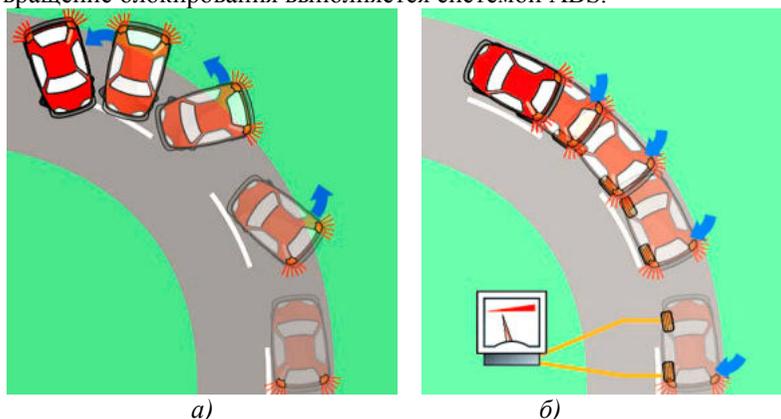
CBC повышает курсовую устойчивость автомобиля при торможении в повороте.

Для работы функции CBC не требуются дополнительные узлы или компоненты, она использует уже имеющиеся устройства системы ABS. Т. е. CBC также является только программным расширением системы ABS. Особенность её заключается в том, что она способна распознавать опасные ситуации, прежде всего при торможении в повороте, без датчиков поворота или бокового ускорения, только на основании данных об угловой скорости вращения колёс.

CBC срабатывает при обнаружении проскальзывания колёс, которого ещё недостаточно для включения ABS. Наличие такого проскальзывания CBC определяет на основании данных об угловой скорости отдельных колёс. При дальнейшем анализировании этих данных блок управления ABS может распознать появление недостаточной или избыточной поворачиваемости и соответствующим образом откорректировать тормозные давления.

Как и при обычной работе ABS, регулирование давления происходит по трём фазам: «удержание давления», «сброс давления» и «увеличение давления». В результате автомобиль стабилизируется и его управляемость сохраняется. ABS обладает приоритетом по от-

ношению к СВС. Это означает, что когда величина проскальзывания колёс входит в зону срабатывания ABS, СВС отключается и предотвращение блокирования выполняется системой ABS.



**Рис. 88 - Прохождение поворота автомобилем (а) без системы СВС и (б) с системой СВС**

Когда автомобиль без СВС входит в слишком крутой поворот со слишком высокой скоростью и при этом слишком сильно тормозится, происходит занос задней оси в сторону внешнего края поворота (рис. 88 а). На автомобиле с СВС при возникновении избыточной поворачиваемости система снижает тормозное давление внутренних (по отношению к повороту) колёс (рис. 88 б). Это увеличивает управляющие усилия на внутренних колёсах и стабилизирует автомобиль на курсе.

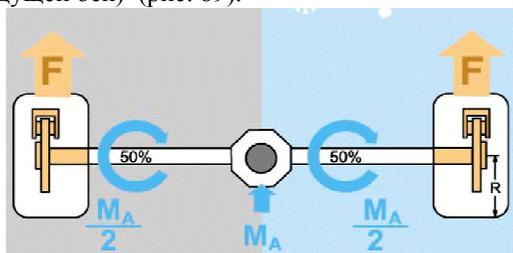
#### **4.4 Система блокировки дифференциалов EDL (EDS)**

В результате работы дифференциала 50 % эффективного крутящего момента действует на каждое ведущее колесо, что обеспечивается одинаковым сцеплением с покрытием [8-11].

При движении по дороге с неодинаковым покрытием, одно из колёс ведущей оси находится на скользком покрытии (малый коэффициент трения между дорожным покрытием и шиной), другое колесо той же оси стоит на асфальте с высоким коэффициентом трения. Колесо на скользкой поверхности будет вращаться с большей скоростью, поскольку меньшая сила трения между шиной и поверхностью оказывает меньшее сопротивление вращению колеса. В

крайних случаях (при очень скользкой поверхности, например, на льду) одно колесо будет проворачиваться, тогда как противоположное колесо будет стоять неподвижно. Вся мощность двигателя уйдёт при этом на трение между колесом и дорогой, а не на создание тяги.

Причина такого поведения заключается в принципе работы дифференциала, который по своей конструкции может передавать на оба колеса только одинаковый крутящий момент. Если одно из колёс прокручивается, передаваемый им крутящий момент снижается. И тогда в неблагоприятных условиях (например, одно колесо на льду) крутящий момент настолько мал, что его недостаточно для приведения в движение другого колеса. В этом случае автомобиль остаётся стоять на месте с одним пробуксовывающим и одним неподвижным колесом (ведущей оси) (рис. 89).



**Рис. 89 - Схема распределения крутящего момента при неодинаковом дорожном покрытии**

Это обнаруживается датчиком скорости колеса, и сигнал передается блоку управления ABS/EDL.

Блок управления активируется и начинает управлять подтормаживанием буксующего колеса. Это создает тормозной момент  $M_B$ .

Смысл этой функции в том, что колесо, вращающееся с большей скоростью (т. е. имеющее большее проскальзывание), подтормаживается с определённым тормозным моментом. Этот тормозной момент ( $M_B$ ) увеличивает сопротивление, испытываемое вращающимся колесом. Или, другими словами: для вращения этого колеса будет необходим больший крутящий момент.

Поскольку, как уже было сказано, дифференциал всегда передаёт на оба колеса одинаковый крутящий момент, одновременно увеличится и крутящий момент на противоположном колесе. Такое увеличение крутящего момента за счёт подтормаживания колеса с большим проскальзыванием происходит до тех пор, пока оба ведущих колеса не будут вращаться с примерно одинаковой скоростью.



**Рис. 90 - Схема распределения крутящего момента при включении системы блокировки дифференциалов**

Добавленная тяга является результатом реализации дополнительной движущей силы  $F_{EDS}$ .

Функция EDS срабатывает на скоростях до 80 км/ч (Тouareg: до 120 км/ч), а также и при движении в повороте. При нажатии водителем педали тормоза или при достижении тормозными дисками предельно допустимой температуры (оценивается блоком управления ABS) функция EDS отключается.

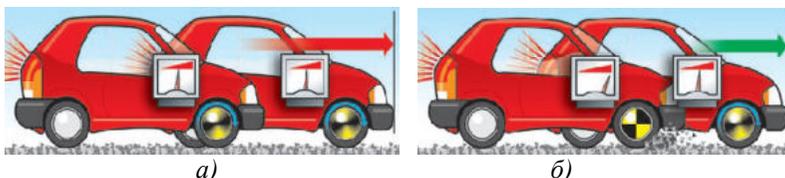
#### **4.5 Расширенная антиблокировочная система ABSplus**

Расширенная антиблокировочная система ABSplus представляет собой программное расширение в блоке управления ABS/ESP. Система ABSplus позволяет на дороге без твёрдого покрытия (например, щебень или песок) достичь сокращения тормозного пути на величину до 20 %. ABSplus использует датчики системы ESP.

На основании данных датчиков ABS и блока управления ABS система распознаёт характер дорожного покрытия.

Сокращение тормозного пути достигается за счёт кратковременного, контролируемого блокирования колёс.

При этом перед заблокированными колёсами образуется «буртик» из материала дорожного покрытия, который оказывает тормозящее воздействие и тем самым укорачивает тормозной путь. Через определённые промежутки времени колёса периодически деблокируются и начинают вращаться, в результате чего сохраняется управляемость автомобиля.



**Рис. 91 - Торможение автомобиля (а) без и (б) с системой ABSplus**

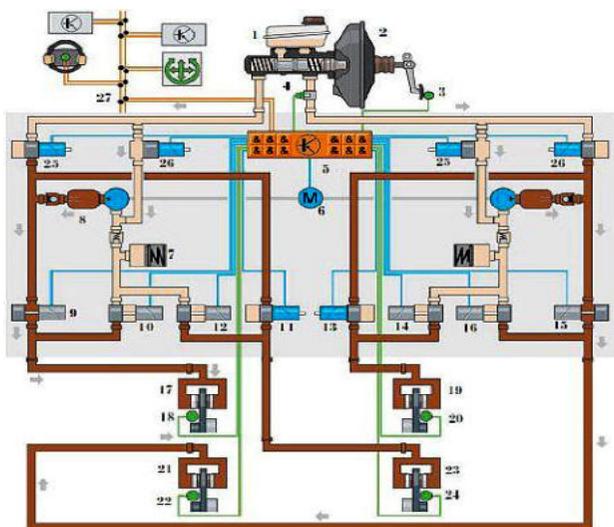
На автомобиле без ABSplus торможение на дороге без твёрдого покрытия происходит так же, как и на дороге с твёрдым покрытием (рис. 91 а). На автомобиле с ABSplus при торможении на дороге без твёрдого покрытия колёса периодически кратковременно блокируются, так что перед ними образуется буртик из материала покрытия (рис. 91 б). В результате тормозной путь сокращается.

### **Система курсовой устойчивости**

Система курсовой устойчивости (другое наименование - система динамической стабилизации) предназначена для сохранения устойчивости и управляемости автомобиля за счет заблаговременного определения и устранения критической ситуации [8-11].

В зависимости от производителя различают следующие системы курсовой устойчивости:

- система ESP (Electronic Stability Programme) на большинстве автомобилей в Европе и Америке;
- система ESC (Electronic Stability Control) на автомобилях Honda, Kia, Hyundai;
- система DSC (Dynamic Stability Control) на автомобилях BMW, Jaguar, Rover;
- система DTSC (Dynamic Stability Traction Control) на автомобилях Volvo;
- система VSA (Vehicle Stability Assist) на автомобилях Honda, Acura;
- система VSC (Vehicle Stability Control) на автомобилях Toyota;
- система VDC (Vehicle Dynamic Control) на автомобилях Infiniti, Nissan, Subaru;
- система VDIM (Vehicle Dynamics Integrated Management) на автомобилях Toyota.



**Рис. 92 – Схема системы контроля курсовой устойчивости автомобиля:**

1-компенсационный бачок; 2-вакуумный усилитель тормозов; 3-датчик положения педали тормоза; 4-датчик давления в тормозной системе ; 5- блок управления; 6-насос обратной подачи; 7-аккумулятор давления ; 8-демпфирующая камера; 9- впускной клапан переднего левого тормозного механизма; 10-выпускной клапан привода переднего левого тормозного механизма; 11-впускной клапан привода заднего правого тормозного механизма; 12-выпускной клапан привода заднего правого тормозного механизма; 13-впускной клапан привода переднего правого тормозного механизма; 14-выпускной клапан привода переднего правого тормозного механизма; 15-впускной клапан привода заднего левого тормозного механизма; 16-выпускной клапан привода заднего левого тормозного механизма; 17-передний левый тормозной цилиндр; 18- датчик частоты вращения переднего левого колеса; 19-передний правый тормозной цилиндр; 20-датчик частоты вращения переднего правого колеса; 21-задний левый тормозной цилиндр; 22-датчик частоты вращения заднего левого колеса; 23-задний правый тормозной цилиндр; 24-датчик частоты вращения заднего правого колеса; 25-переключающий клапан; 26-клапан высокого давления; 27-шина обмена данными

Устройство и принцип действия системы курсовой устойчивости рассмотрены на примере самой распространенной системы ESP.

Устройство системы курсовой устойчивости

Система курсовой устойчивости является системой активной безопасности более высокого уровня. Система ESP включает следующие системы:

- антиблокировочную систему тормозов (ABS),
- систему распределения тормозных усилий (EBD),
- электронную блокировку дифференциала (EDS),
- антипробуксовочную систему (ASR).

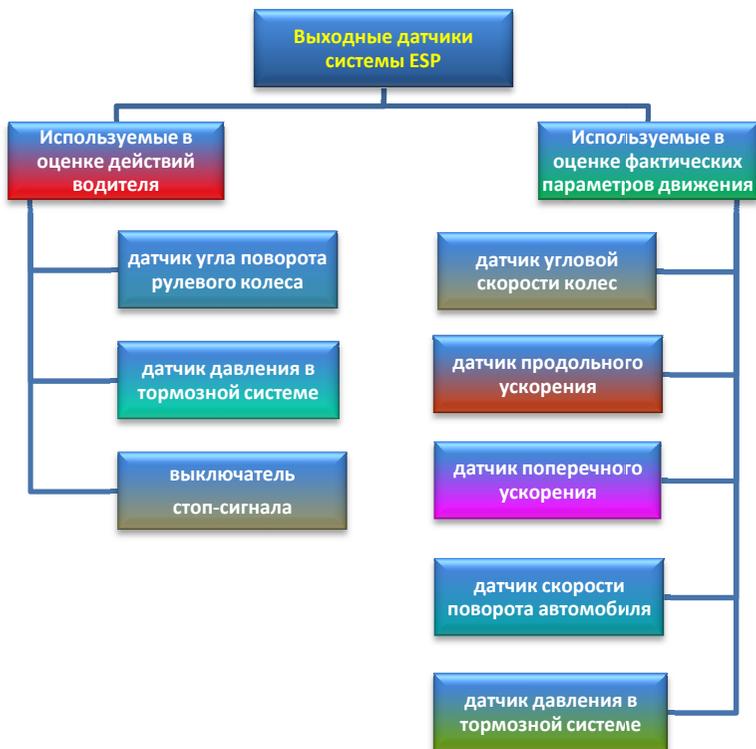
Система курсовой устойчивости имеет следующее устройство:

- входные датчики;
- блок управления;
- гидравлический блок.

Входные датчики фиксируют конкретные параметры автомобиля и преобразуют их в электрические сигналы. С помощью датчиков система динамической стабилизации оценивает действия водителя и параметры движения автомобиля. К входным датчикам системы ESP относятся:

|   |   |
|---|---|
| используются в оценке действий водителя               | <ul style="list-style-type: none"><li>• датчик угла поворота рулевого колеса;</li><li>• датчик давления в тормозной системе;</li><li>• выключатель стоп-сигнала ;</li></ul>   |
| используются в оценке фактических параметров движения | <ul style="list-style-type: none"><li>• датчики угловой скорости колёс;</li><li>• датчик продольного ускорения;</li><li>• датчик поперечного ускорения;</li><li>• датчик скорости поворота автомобиля ;</li><li>• датчик давления в тормозной системе</li></ul> |

Блок управления системы ESP принимает сигналы от датчиков и формирует управляющие воздействия на исполнительные устройства подконтрольных систем активной безопасности. При необходимости блок использует информацию из блока управления системы управления двигателем и блока управления автоматической коробки передач.



**Рис. 93 - Классификация датчиков системы курсовой устойчивости**

Для работы системы динамической стабилизации используется гидравлический блок системы ABS/ASR.

Принцип работы системы курсовой устойчивости

Определение наступления аварийной ситуации осуществляется путем сравнения действий водителя и параметров движения автомобиля. В случае, когда действия водителя (желаемые параметры движения) отличаются от фактических параметров движения автомобиля, включается система ESP.

На основании сигналов, поступающих от датчиков, электронная система курсовой устойчивости активирует соответствующие системы безопасности и управляет их работой. Основными датчиками системы являются:

- датчик угла поворота рулевого колеса;

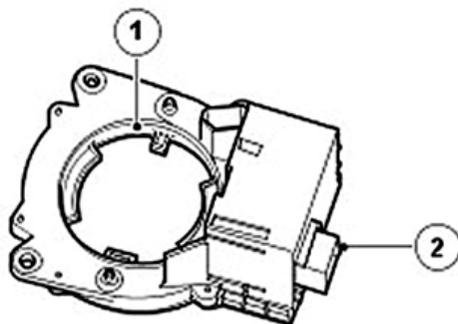
- датчик бокового ускорения;
- датчик рыскания;
- датчик продольного ускорения.

### **Датчик угла поворота рулевого колеса G85**

Датчик расположен на рулевой колонке между переключателем рулевой колонки и рулевым колесом. Возвратное кольцо с цилиндрической винтовой пружиной для подушки безопасности встроено в датчик угла поворота рулевого колеса и располагается снизу.

Возвратное кольцо с цилиндрической винтовой пружиной для подушки безопасности встроено в датчик угла поворота рулевого колеса и располагается снизу.

Датчик предназначен для передачи на блок управления системы АБС с EDL/TCS/ESP значения угла поворота рулевого колеса. Датчик способен определять угол до  $\pm 720^\circ$ , то есть до четырех полных оборотов рулевого колеса.



**Рис. 94 - Датчик угла поворота рулевого колеса:**

*1 - шестерня; 2 - электрический разъем*

Датчик поворота рулевого колеса является единственным датчиком системы ESP, который передает данные через мультиплексную шину CAN непосредственно на блок управления. При включенном зажигании инициализация датчика происходит после поворота рулевого колеса на  $4,5^\circ$ . Это эквивалентно движению рулевого колеса на 1,5 см.

После регулировки углов установки колес, а также ремонтных работ и установки узлов системы рулевого управления необходимо выполнить калибровку нуля. Калибровку нуля необходимо также выполнять после замены датчиков давления в тормозной системе.

Угол поворота измеряется с использованием принципа светового барьера (оптоэлектрический сигнал).

**Основные элементы:**

а Источник света

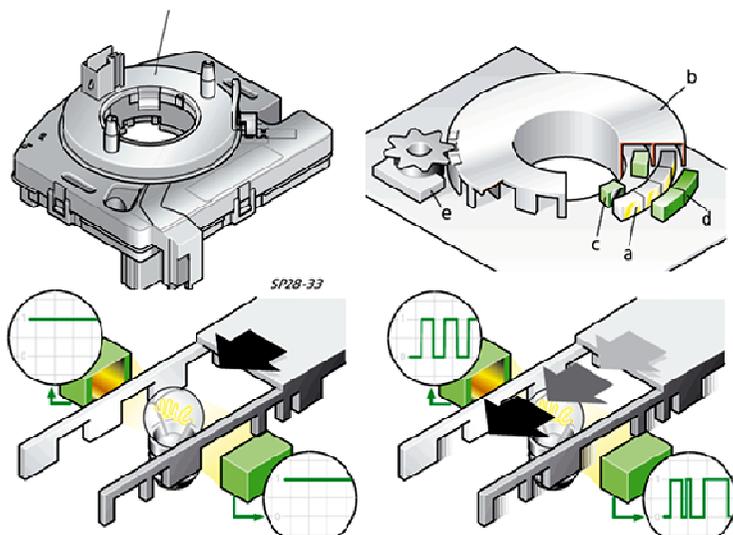
б Кодированный диск с 2 экранами с отверстиями

с, d Светочувствительные датчики

е Блок индексации полных оборотов.

Кодированный диск состоит из двух колец, абсолютного кольца и кольца шагового приращения. Каждое из колец сканируется двумя датчиками.

*Датчик угла поворота рулевого колеса*



**Рис. 95 – Устройство и принцип работы датчика угла поворота рулевого колеса**

**Принцип работы**

Представим конструкцию датчика в упрощенном виде, разместив рядом экран шагового приращения с отверстиями 1 и абсолютный экран с отверстиями 2 (рис. 95). Источник света 3 располагается между двумя экранами с отверстиями. Светочувствительные датчики 4 и 5 расположены снаружи.

При попадании луча света на датчик через отверстие генерируется напряжение сигнала. При прекращении подачи света на датчик напряжение пропадает. При перемещении экранов с отверстиями

ми в направлении, указанном стрелкой, генерируются две разные последовательности напряжений.

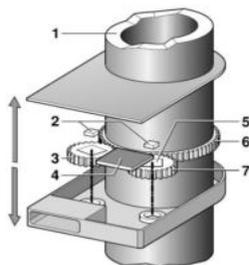
Датчик шагового приращения подает равномерные сигналы по мере чередования отверстий в экране. Абсолютный датчик подает неравномерные сигналы, поскольку отверстия в экране расположены неравномерно. Посредством сравнения двух сигналов система рассчитывает расстояние, на которое переместились экраны. Это дает возможность определить начальную точку, с которой началось перемещение абсолютного экрана.

Датчик угла поворота рулевого колеса работает по такому же принципу. Разница заключается в том, что он определяет вращательное движение.

С точки зрения физических законов необходимо, чтобы этот датчик располагался как можно ближе к центру тяжести автомобиля. Установочное положение и ориентацию датчика категорически запрещается изменять. Датчик расположен рядом с рулевой колонкой и прикреплен к кронштейну вместе с датчиком рыскания.

#### **Магниторезистивный датчик угла поворота рулевого колеса.**

Магниторезистивный датчик угла поворота рулевого колеса является более универсальным устройством, т.к. помимо относительного и абсолютного угла поворота рулевого колеса позволяет определять его угловую скорость. Конструктивно датчик включает два магниторезистивных элемента, закрепленных в корпусе датчика. Магниторезисторы взаимодействуют с двумя подвижными магнитами.



**Рис. 96 - Магниторезистивный датчик:**

*1 - рулевая колонка; 2 - элементы магниторезистивного датчика; 3 - измерительная шестерня с  $t$  зубьями; 4 - электронная плата; 5 - постоянные магниты; 6 - ведущая шестерня; 7 - измерительная шестерня с  $t+1$  зубьями*

В основе датчика лежат гигантские магниторезисторы (GMR) или анизотропные магниторезисторы (AMR). Каждый из магнитов вращаются посредством зубчатой передачи. Приводные зубчатые колеса имеют различное количество зубьев, отличающееся на единицу.

Измерения построены на том, что для каждого положения рулевого колеса существует свое положение магнитов, которое фиксируют магниторезисторы. На основании этого электронный блок управления определяет величину угла поворота, его направление и скорость.

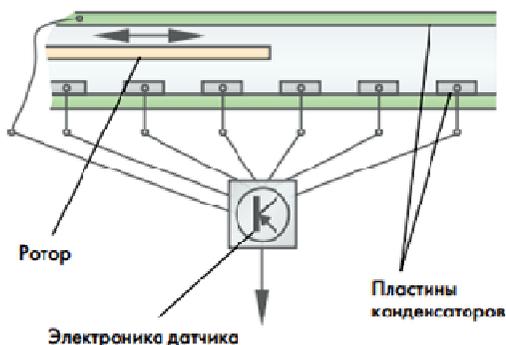


Рис. 97 - Схема, поясняющая принцип изменения емкости конденсаторов

Схема датчика при виде сверху

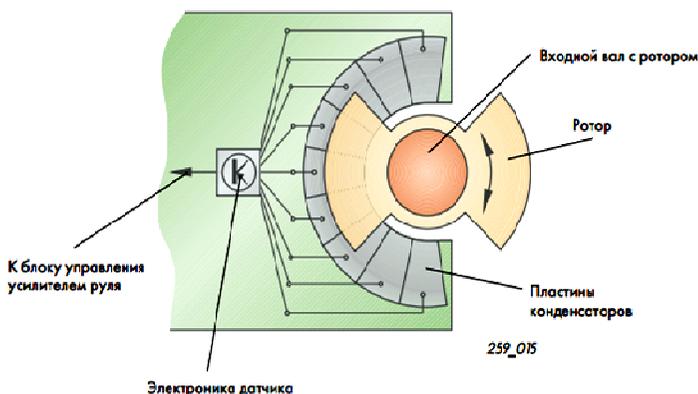
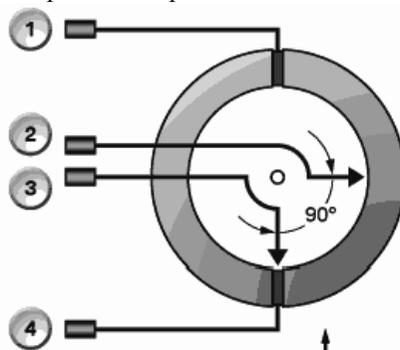


Рис. 98 - Схема датчика при виде сверху

**Емкостной датчик.** Между пластинами девяти малогабаритных конденсаторов вращается ротор, закрепленный на входном вале редуктора рулевого механизма. При этом емкость пластинчатых конденсаторов изменяется (рис. 97, 98). Встроенная в датчик электроника преобразует изменение емкости в сигналы угла и скорости поворота рулевого колеса, которые поступают на вход блока управления усилителем руля.

**Потенциометрический датчик угла поворота рулевого колеса.**

Датчик угла поворота рулевого колеса представляет собой потенциометр с двумя смещенными на 90 градусов скользящими контактами (рис. 99). Благодаря такой установке двух скользящих контактов распознается направление вращения.



**Рис. 99 - Схема потенциометрического датчика угла поворота рулевого колеса:**

*1 - опорное напряжение; 2 - напряжение на скользящем контакте 1; 3 - напряжение на скользящем контакте 2; 4 - масса*

Чувствительный элемент потенциометрических датчиков угла поворота выполнен с высокой точностью, износостойкий резистивный элемент изготовлен из пластика. Благодаря высокой стойкости к истиранию, данные датчики угла поворота являются особенно подходящими для измерений с целью контроля качества в длительных производственных процессах, где требуется большой ресурс и большое число циклов поворота. В потенциометрическом чувствительном элементе угла поворота применены многоточечные ползунки с контактами из драгоценного металла. Это гарантирует хороший контакт, высокие скорости поворота и стойкость к вибрации. Резистивный элемент высокой точности изготовлен с использованием техно-

логий лазерного контроля и имеет превосходную однородность. Это обеспечивает идеальные условия большого ресурса датчиков угла поворота. Вал из нержавеющей стали имеет узкие пределы допуска, шарикоподшипники с малым трением из нержавеющей стали с двойными уплотнителями.

### **Принцип действия**

Для работы DSC необходимо значение угла поворота рулевого колеса. Угол поворота рулевого колеса (2 значения напряжения), определенный с помощью скользящих контактов, включает число полных оборотов. Через 360 градусов поворота рулевого колеса значения напряжения повторяются. Благодаря этому датчик угла поворота считает полные обороты рулевого колеса.

Суммарный угол, который определяет датчик, образуется из:

- корректировочного значения датчика угла поворота рулевого колеса. Это корректировочное значение определяет положение рулевого колеса для движения по прямой. Корректировочное значение определяется и записывается при коррекции датчика угла поворота рулевого колеса.

- текущего измеренного значения угла поворота рулевого колеса

- числа полных оборотов рулевого колеса.

### **Датчик бокового ускорения**

Определяет силы, действующие на автомобиль при повороте, которые могут быть переданы. По этим данным система оценивает, какие перемещения автомобиля могут быть выполнены при текущих дорожных условиях без риска потери управляемости.

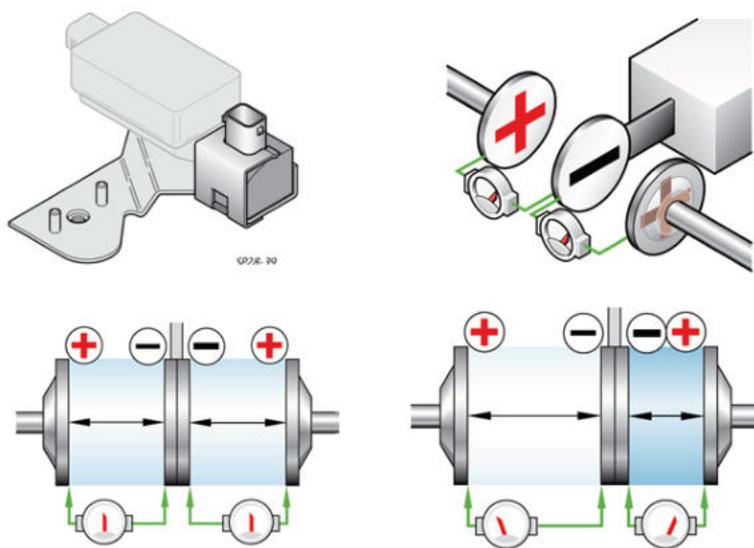
При отсутствии данных от датчика бокового ускорения расчет фактического состояния автомобиля во время движения становится невозможным. В этом случае функция ESP становится неработоспособной. Датчик чрезвычайно чувствителен к повреждениям.

Датчик бокового ускорения работает на основе емкостного принципа (рис. 100).

Датчик состоит из двух конденсаторов, расположенных один за другим. Положение общей средней обкладки конденсаторов в результате приложения к ней силы может изменяться. Каждый конденсатор обладает емкостью, т.е. способностью накапливать и удерживать определенный электрический заряд.

Если боковое ускорение отсутствует, расстояние от средней пластины конденсатора до внешних пластин не изменяется, при этом емкость обоих конденсаторов остается одинаковой. При возникно-

вении бокового ускорения средняя пластина сдвигается таким образом, что расстояние до одной внешней пластины увеличивается, а до другой уменьшается.



**Рис. 100 – Устройство и принцип действия датчика бокового ускорения**

Это, в свою очередь, приводит к изменению емкости конденсаторов. Таким образом, электронная система управления может определить направление и величину бокового ускорения по изменению емкости конденсаторов.

При отсутствии данных от датчика бокового ускорения расчет фактического состояния автомобиля во время движения становится невозможным. В этом случае функция ESP становится неработоспособной.

**Датчик ускорения или акселерометр** (лат. *accelero* - ускорю и *метрѳ* - измеряю) - прибор, измеряющий разность между абсолютным ускорением объекта и ускорением силы тяготения. Существуют трёхосевые акселерометры, которые позволяют измерять ускорение сразу по трем осям (трёхмерном измерении 3D).

#### **Пьезоэлектрические акселерометры**

Являются универсальным вибродатчиком, в настоящее время применяемым почти во всех областях измерения и анализа механи-

ческих колебаний. Пьезоэлектрические акселерометры отличаются широкими рабочими частотным и динамическим диапазонами, линейными характеристиками в этих широких диапазонах, прочной конструкцией, надежностью и долговременной стабильностью параметров.

Так как пьезоэлектрические акселерометры являются активными датчиками, генерирующими пропорциональный механическим колебаниям электрический сигнал, при их эксплуатации не нужен источник питания. Отсутствие движущихся элементов конструкции исключает возможность износа и гарантирует исключительную долговечность пьезоэлектрических акселерометров. Отдаваемый акселерометром сигнал, пропорциональный ускорению, можно интегрировать с целью измерения и анализа скорости и смещения механических колебаний.

Основным элементом пьезоэлектрического акселерометра является диск из пьезоэлектрического материала (искусственно поляризованная ферроэлектрическая керамика). Подвергаемый действию силы пьезоэлектрический материал генерирует на своих поверхностях, к которым прикреплены электроды, электрический заряд, пропорциональный воздействующей силе.

Пьезоэлемент практических пьезоэлектрических акселерометров сконструирован так, что при возбуждении механическими колебаниями инерционная масса воздействует на него силой, пропорциональной ускорению механических колебаний.



**Рис. 101 - Пьезоэлектрический акселерометр**

Отдаваемый акселерометром электрический сигнал пропорционален ускорению воздействующих на него механических колебаний.

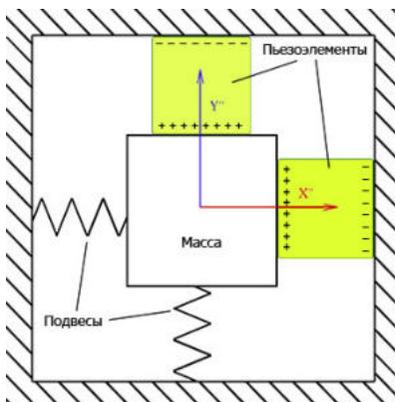
Основные варианты конструкции пьезоэлектрических акселерометров:

- вариант сжатия, в котором масса воздействует силой сжатия на пьезоэлектрический элемент;
- вариант сдвига, характерным для которого является работа пьезоэлемента под действием срезающего усилия, обусловленного внутренней массой акселерометра.

**Датчики ускорения MEMS систем** (технологии и устройства, объединяющие в себе микроэлектронные и микромеханические компоненты, изготавливаются на кремниевой подложке с помощью технологии микрообработки, аналогично технологии изготовления однокристалльных интегральных микросхем. Типичные размеры микромеханических элементов лежат в диапазоне от 1 микрометра).

Акселерометры микроэлектромеханических MEMS систем делятся на два типа:

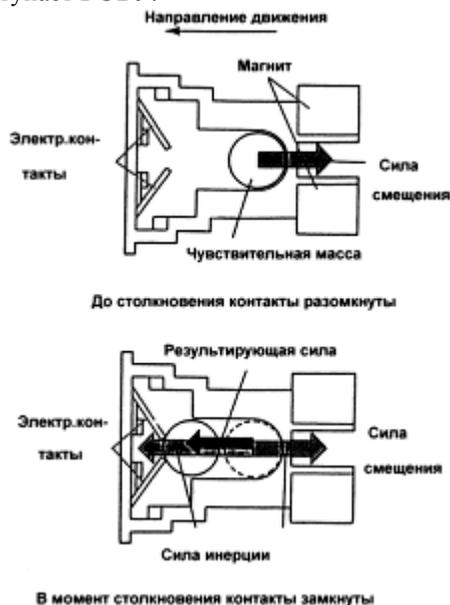
- сенсоры – измерительные устройства, которые переводят те или иные физические воздействия в электрический сигнал;
- актуаторы (исполнительные устройства) – системы, которые занимаются обратной задачей, то есть переводом сигналов в те или иные действия.



**Рис. 102 - Основной принцип работы акселерометров на пьезоэлементах**

В акселерометрах происходит давление грузика на пьезокристалл. Основной принцип тот же, что и в пьезозажигалках – под воздействием деформации пьезоэлемент вырабатывает ток. Из значения напряжения, зная параметры системы, можно найти силу, с которой грузик давит на кристалл – и, соответственно, рассчитать искомое ускорение.

**Акселерометр с постоянным магнитом.** Эта механическая конструкция (рис. 89) состоит из чувствительной массы (металлического шара), которая прочно удерживается в задней части небольшого цилиндра мощным постоянным магнитом. Во время обычной езды выходные электрические контакты датчика разомкнуты. При столкновении сила инерции металлического шара преодолевает притяжение магнита, шар катится по цилиндру вперед и замыкает контакты, сигнал поступает в ЭБУ.



**Рис. 103 -- Акселерометр с постоянным магнитом**

Динамические характеристики механических акселерометров описываются дифференциальным уравнением 2-го порядка. Такие параметры, как жесткость пружины, масса шарика, сила притяжения магнита, демпфирование и т.д. должны быть увязаны с динамикой автомобиля при ударе. Эти параметры подбирают под конкретную

модель автомобиля с учетом его веса, конструкции корпуса, места расположения датчика.

В последнее время начали применяться интегральные акселерометры на основе полупроводниковых или пьезоэлектрических тензорезисторов. Они более надежны, программируются, их характеристики воспроизводимы с более высокой точностью. Интегральные датчики располагаются примерно в центре салона. Порог срабатывания их ниже, чем для механических из-за амортизации корпуса. Используется один датчик для фронтального удара с диапазоном  $\pm 50g$ . Могут применяться датчики боковых ударов, пьезорезистивные или емкостные. Погрешность менее 5%, частотный диапазон 0...750 Гц.

Акселерометры используются также в активной подвеске для определения изменения нагрузки на колеса. Рабочий диапазон  $\pm 2g$ , погрешность менее 5%, диапазон частот 0...10 Гц.

#### **Датчик рыскания**

Этот датчик необходимо устанавливать близко к центру тяжести автомобиля, поэтому он крепится к кронштейну вместе с датчиком бокового ускорения.

#### **Назначение**

Этот датчик определяет, воздействуют ли на кузов крутящие моменты. Данный датчик позволяет определить, вращается ли кузов вокруг одной из трех пространственных осей (в зависимости от того, в каком положении установлен датчик). Датчик системы ESP позволяет определить, поворачивается ли автомобиль вокруг вертикальной оси. В этом случае речь идет об измерении рыскания.

#### **Последствия неисправности**

При отсутствии данных от датчика рыскания система не может определить начало заноса автомобиля. В этом случае функция ESP становится неработоспособной.

#### **Самодиагностика**

При диагностике определяется обрыв цепи или короткое замыкание на плюс или на массу. Кроме того, система определяет, является ли сигнал датчика достоверным.

#### **Конструкция**

Основным элементом датчика является микромеханическая система с двойным камертоном, изготовленным из кристаллов кремния и заключенным в корпус небольшого электронного элемента на плате датчика.

Рассмотрим упрощенную схему двойного камертона. В своей сужающейся части он соединен с другим кремниевым элементом,

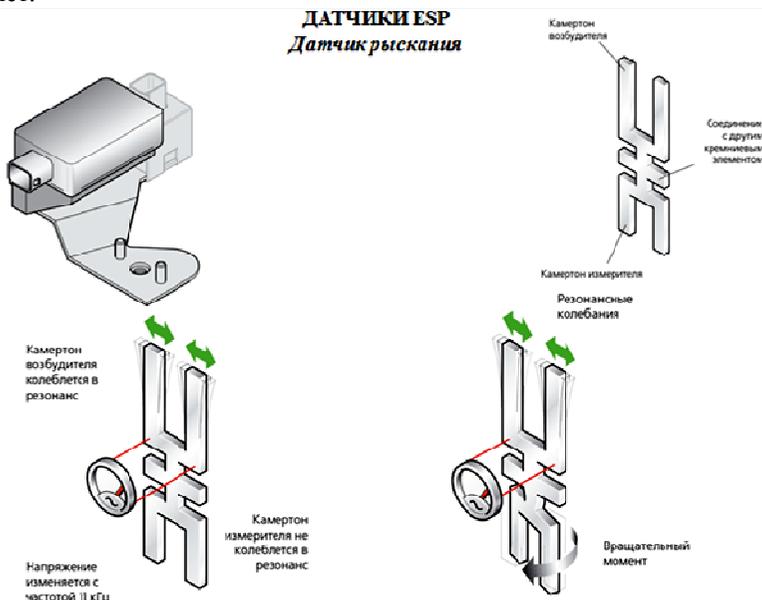
который в целях упрощения описания конструкции здесь не рассматривается.

Двойной камертон состоит из камертона возбуждателя и камертона измерителя.

### Принцип работы

При подаче на кремниевый камертон напряжения переменного тока в нем индуцируются колебания.

Две части камертона настроены таким образом, что камертон возбуждателя имеет резонансную частоту колебаний 11 кГц, а камертон измерителя – 11,33 кГц. При подаче на двойной камертон напряжения переменного тока с частотой 11 кГц камертон возбуждателя производит индуцированные колебания, а камертон измерителя – нет.



**Рис. 104 – Устройство и принцип действия датчика рыскания**

Камертон, производящий индуцированные колебания, реагирует на воздействие силы более инертно, чем масса, находящаяся в покое.

В то время как камертон измерителя и оставшаяся часть датчика движутся вместе с автомобилем при воздействии на него вра-

щательного ускорения, совершающая колебания часть двойного камертона (камертон возбуждателя) начинает двигаться в этом направлении с определенной задержкой. Следовательно, двойной камертон поворачивается как штопор.



**Рис. 105 – Устройство и принцип работы датчика на пьезокристаллах:**

*1 – приемное устройство (левое); 2 – приемное устройство (правое); 3 – выходное напряжение (правое); 5 – возбуждающий элемент; 6 – входное напряжение;  $V$  – напряжение;  $t$  – время*

Это вращательное движение приводит к изменению в распределении заряда камертона, измеряемого электродами, распределение заряда анализируется электронной системой датчика и передается на блок управления.

В системах курсовой устойчивости и навигации используют датчики на пьезоэлектрическом эффекте. Пьезокристаллы могут деформироваться под действием электрического напряжения (топливные пьезофорсунки) и, наоборот, создавать напряжение при деформации (датчики детонации). В гиродатчиках использованы оба этих свойства.

Гиродатчик навигации состоит из треугольной стойки и расположенных на каждой грани пьезодатчиков: одного возбуждающего и двух приемных. При подаче напряжения на возбуждающий датчик он заставляет вибрировать всю стойку. Приемные датчики преобразуют эту вибрацию в выходное напряжение. Первоначальная вибрация необходима для калибровки и снижения искажений сигналов, дополнительно обеспечивая постоянный выходной сигнал от гиродатчика. Под действием сил при повороте автомобиля приемные стороны стойки деформируются. Два приемных пьезодатчика преоб-

разуют деформацию в электрические сигналы для определения угла поворота.

### Датчик продольного ускорения

Датчик продольного ускорения расположен в правой части центрального тоннеля пола ближе к стойке. Он требуется только для полноприводных моделей. На автомобилях с одним ведущим мостом система вычисляет продольное ускорение с использованием данных от датчика давления в тормозной системе, датчиков частоты вращения колес и данных, получаемых от системы управления двигателем. На полноприводных автомобилях с муфтой Haldex передние и задние колеса жестко соединены. Значение фактической скорости автомобиля, определяемое с использованием значений частоты вращения отдельных колес, не всегда является точным в некоторых условиях, если, например, сцепление колес с дорогой недостаточно, а муфта Haldex включена.

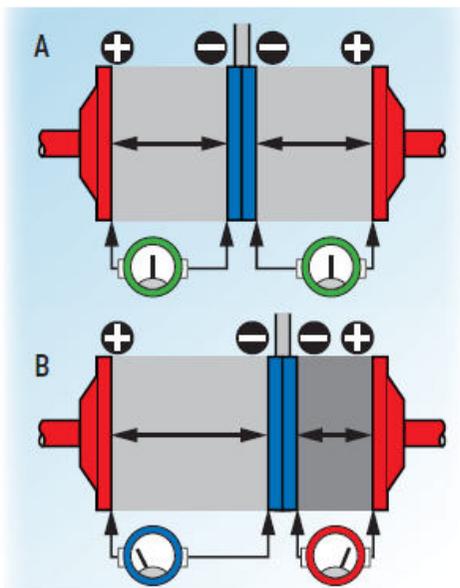
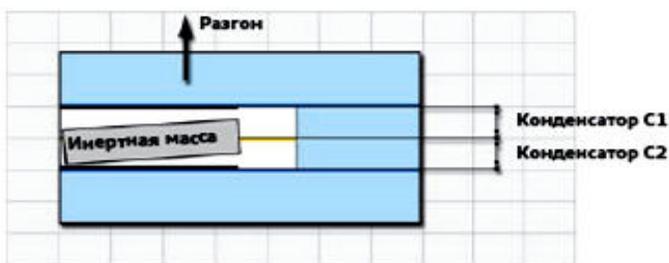
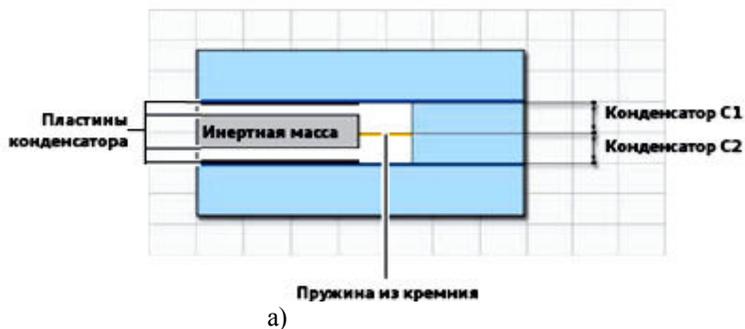


Рис. 106 – Принцип работы датчика ускорения объемно-конденсаторного типа: А – равноускоренное движение; В – замедление

Измеренное значение продольного ускорения используется как подтверждение теоретического значения скорости автомобиля.

При отсутствии данных от датчика продольного ускорения расчет фактической скорости полноприводных автомобилей при неблагоприятных дорожных условиях становится невозможным. В этом случае функции ESP и TCS становятся неработоспособными. Функция EBD остается работоспособной.

Конструкция и принцип действия этого датчика аналогичны датчику бокового ускорения. Этот датчик устанавливается под углом  $90^\circ$  по отношению к датчику бокового ускорения. Он состоит из двух одноименно заряженных пластин и подвижно закрепленной между ними пластины с противоположным зарядом, которая перемещается при ускорении/замедлении автомобиля.



**Рис. 107 - Датчик продольного ускорения пластино-конденсаторного типа: а - принципиальная схема; б - принцип работы**

Работа датчика основана на зависимости емкости конденсатора от расстояния между пластинами. Одновременно это расстояние соответствует разности потенциалов между пластинами: чем ближе

пластины друг к другу, тем больше напряжение. По его изменению определяется перемещение подвижной части датчика.

Датчик продольного ускорения пластино-конденсаторного типа устанавливается под углом  $90^\circ$  по отношению к датчику бокового ускорения. Одна из пластин является неподвижной. Вторая пластина может перемещаться под воздействием сил инерции. При воздействии ускорения на подвижную пластину расстояние между двумя пластинами уменьшается и становится равным  $s_1$ , а емкость конденсатора при этом увеличивается и становится равной  $C_1$  (рис. 107 б). В случае снижения инерционности пластина отходит обратно под действием пружины. Емкость конденсатора снова уменьшается.

#### **Кнопочный выключатель систем TCS/ESP**

С его помощью можно включать и выключать системы TCS и ESP. При отключении систем TCS/ESP на щитке приборов загорается контрольная лампа. При повторном нажатии выключателя функции TCS/ESP включаются. Контрольная лампа гаснет.

Если водитель забудет включить эти системы, при следующем запуске двигателя они включаются автоматически.

В обычных условиях системы TCS/ESP должны быть включены. Системы отключаются в следующих исключительных случаях:

- для освобождения колес автомобиля, увязших в глубоком снегу или рыхлой почве,
- при использовании цепей противоскольжения
- когда автомобиль испытывается на стенде с беговыми барабанами.

При выполнении цикла управления отключение системы ESP невозможно. В начале цикла управления контрольная лампа TCS/ESP на щитке приборов начинает мигать. Это сигнализирует водителю о том, что автомобиль движется на пределе физических возможностей.

Контрольная лампа также загорается при обнаружении неисправностей в системе.

#### **Датчик давления в тормозной системе**

Эти датчики вкручиваются в корпус главного тормозного цилиндра. Предназначены для передачи данных, используемых при вычислении тормозного усилия и управления давлением на входе в насос.

Если блок управления не получает сигналов от этого датчика, функция ESP отключается.

Давление в тормозной системе измеряется емкостными датчиками, работающими по принципу пластинчатого конденсатора внутри датчика, на который действует давление тормозной жидкости. Расстояние  $s$  между двумя пластинами обеспечивает некоторую емкость конденсатора.  $C$ . Это значит, что конденсатор обладает способностью накапливать и удерживать определенный электрический заряд. Емкость измеряется в фарадах.

Одна из пластин является неподвижной. Вторая пластина может перемещаться под воздействием давления, производимого тормозной жидкостью.

При воздействии давления на подвижную пластину расстояние между двумя пластинами уменьшается и становится равным  $s_1$ , а емкость конденсатора при этом увеличивается и становится равной  $C_1$ . В случае понижения давления пластина отходит обратно под действием пружины. Емкость конденсатора снова уменьшается. Следовательно, изменение емкости прямо связано с изменением давления.

#### **Блок активного усилителя тормозов с главным тормозным цилиндром**

Блок активного усилителя тормозов (активный усилитель) существенно отличается от более ранних моделей.

Помимо выполнения стандартной функции - увеличения тормозного усилия при нажатии педали тормоза (используется разрежение во впускном коллекторе или от вакуумного насоса), усилитель также поддерживает давление на входе в насос для цикла управления ESP.

Это необходимо, поскольку всасывающая способность гидравлического насоса системы АБС не всегда достаточна для обеспечения требуемого давления. Это связано с повышением вязкости тормозной жидкости при низких температурах.

На основании сигналов, поступающих от датчиков, электронная система курсовой устойчивости активирует соответствующие системы безопасности и управляет их работой.

### **4.6 Система подсушивания тормозов BSW**

В дождливую погоду на тормозных дисках может образовываться тонкая водяная плёнка. Это приводит к некоторому замедлению возникновения тормозного момента, так как тормозные накладки сначала скользят на этой плёнке до тех пор, пока вода в результа-

те нагрева деталей тормоза не испарится или не будет «стёрта» накладками с поверхности диска. Только после этого тормозной механизм развивает свой полный тормозной момент [8-11].

При торможении в критической ситуации каждая доля секунды задержки имеет огромное значение. Поэтому для предотвращения такой задержки в срабатывании тормозов в сырую погоду была разработана система подсушивания тормозов.

Система подсушивания тормозов BSW следит за тем, чтобы диски тормозов передних колёс всегда были сухими и чистыми. Достигается это лёгким и кратковременным прижатием тормозных колодок к дискам. Тем самым полный тормозной момент достигается в случае необходимости без задержки и сокращается тормозной путь.

Обязательным условием для реализации на автомобиле системы подсушивания тормозов BSW является наличие на нём системы ESP. Условия включения системы подсушивания тормозов BSW (рис. 91):

- автомобиль движется со скоростью не менее 70 км/ч;
- стеклоочиститель включён.

Если эти условия выполнены, то во время работы стеклоочистителя в постоянном или интервальном режиме колодки передних тормозов через определённые промежутки времени подводятся к тормозным дискам. Тормозное давление при этом не превышает 2 бар (рис. 91).

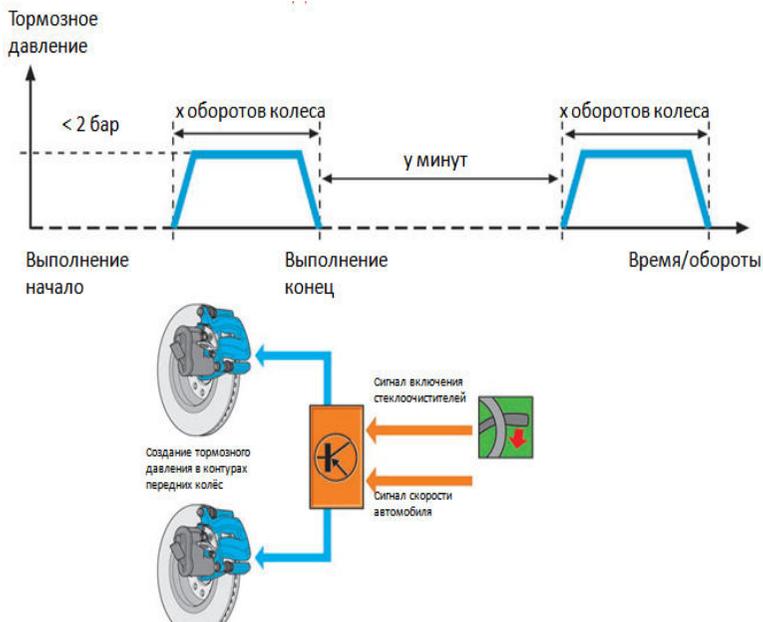
При однократном включении стеклоочистителя колодки подводятся к дискам также один раз. Такие лёгкие прижатия накладок, как они осуществляются системой BSW, для водителя незаметны.

Блок управления ABS/ESP получает по шине данных CAN сообщение (рис. 108), что сигнал скорости соответствует  $> 70$  км/ч. Далее системе требуется сигнал работы электродвигателя стеклоочистителя. По нему система BSW делает вывод, что идёт дождь и на дисках тормозов возможно образование водяной плёнки, приводящей к замедлению срабатывания тормозов. После этого система BSW включает тормозной цикл. На клапаны наполнения передних тормозных цилиндров подаётся управляющий сигнал.

Насос обратной подачи включается и создаёт давление примерно 2 бар и удерживает его в течение примерного  $x$  оборотов колеса.

В течение всего этого цикла система постоянно контролирует тормозное давление. Если тормозное давление превышает определённое заложенное в памяти системы значение, она сразу же снижает

ет давление, чтобы не допустить никакого заметного тормозного воздействия.



**Рис. 108 – Схема работы BSW**

При нажатии водителем педали тормоза цикл прерывается и после завершения нажатия начинается сначала.

## 5 СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ АВТОПОЕЗДА

Боковой ветер, «продавленные колеи», быстрые движения рулём при объезде препятствий или слишком высокая скорость легко могут привести прицеп автопоезда к поперечной раскачке, особенно при движении на спуске.

Раскачка прицепа передаётся и буксирующему автомобилю.

В зависимости от интенсивности раскачки и массы прицепа на буксирующем автомобиле могут проявляться такое рыскание и поперечное ускорение, что это будет, в свою очередь, оказывать влияние на прицеп. Взаимное раскачивание прицепа и буксирующего автомобиля может приобрести такие размеры, что весь автопоезд полностью утратит курсовую стабильность.

Для стабилизации прицепа система ESP дополняется программным расширением, которое уменьшает опасность такой критической ситуации.

Система стабилизирует автопоезд попеременным подтормаживанием колёс автомобиля. Если этого оказывается недостаточно, то система для стабилизации ситуации начинает торможение всех колёс автомобиля, а также, через тормоз наката, и колёс прицепа (рис. 109) [8-11].

Функция стабилизации автопоезда не требует для своей реализации дополнительных датчиков и является просто программным расширением системы ESP. Она использует для своей работы только узлы и компоненты ESP.

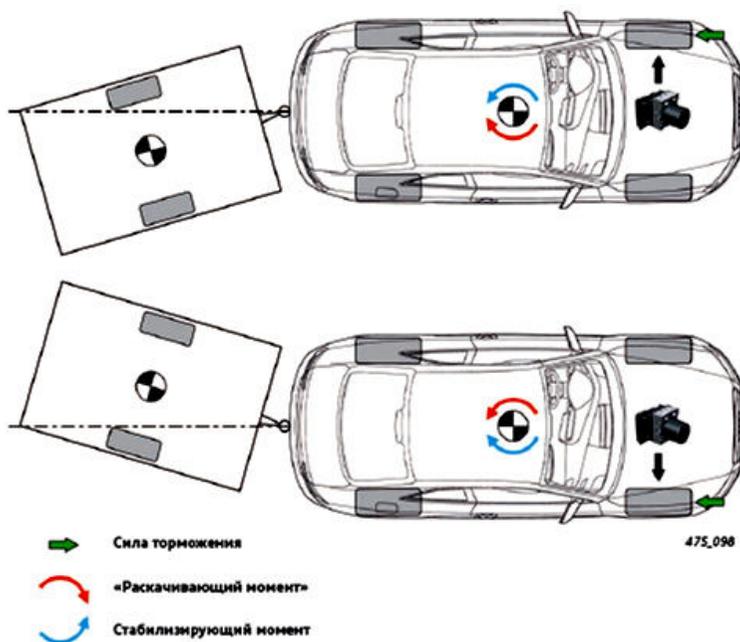


Рис. 109 - Схема стабилизации автопоезда

Функция стабилизации автопоезда срабатывает при следующих условиях:

- ESP активирована и необходимое её ПО разблокировано.
- Автопоезд должен двигаться со скоростью, превышающей определённое минимальное значение.

- На некоторых моделях автомобилей блок управления ABS/ESP распознаёт наличие буксируемого прицепа по подключённой розетке ТСУ. Информацию о наличии прицепа ESP получает по шине данных CAN от блока управления распознавания прицепа.

При выполнении этих условий в блоке управления ABS/ESP активируется соответствующая программа стабилизации автопоезда.

Раскачивание прицепа передаётся на буксирующей автомобиль и проявляется в виде поперечных ускорений и рыскания. Они улавливаются датчиками системы ESP, и информация о них передаётся в блок управления ABS/ESP.

Полученные входные значения (частота вращения колёс, рыскание, поперечное ускорение, угол поворота рулевого колеса, нажатие педали тормоза) сравниваются с сохранённой в блоке управления характеристикой.

При превышении определённых граничных значений включается функция стабилизации автопоезда.

Для лучшего гашения возникающих колебаний и компенсации рыскания передние колёса автомобиля попеременно подтормаживаются.

Таким образом, ESP препятствует возникновению резонанса и увеличению амплитуды колебаний или блокированию оси автомобиля или прицепа.

Если этого оказывается недостаточно, все четыре колеса подтормаживаются, путем создания давления в их тормозных контурах, до тех пор, пока раскачка прицепа не прекратится.

Во время выполнения коррекции с помощью тормозов загораются лампы стоп-сигналов, чтобы предупредить следующих сзади участников движения. Водителя в это время предупреждает загорающаяся контрольная лампа ESP.

## **6 УПРАВЛЕНИЕ ПОДВЕСКОЙ**

### **Амортизатор**

Автомобильные амортизаторы служат для обеспечения безопасности и комфорта движения, они должны предотвращать отрыв колес от дороги и препятствовать колебаниям кузова. Амортизаторами называют устройства, преобразующие энергию механических колебаний в тепловую. Они прикрепляются к кузову и рычагам подвески (мосту автомобиля) с помощью эластичных элементов [2, 4, 6-8, 14].

Электронно-управляемые амортизаторы – автомобильные амортизаторы с регулируемой электроникой характеристиками жесткости и высоты

В подвесках первых автомобилей применяли амортизаторы с механическим трением, которые быстро изнашивались. Из-за этого ухудшалась плавность хода автомобилей. Им на смену пришли гидравлические рычажные амортизаторы. В таких амортизаторах механическое трение было заменено на трение жидкости, проходящей через отверстия. Гидравлические рычажные амортизаторы были достаточно компактны, но работали при высоких давлениях жидкости, сильно нагревались и были недолговечны. В настоящее время в подвесках автомобилей применяются телескопические гидравлические амортизаторы.

Действие таких амортизаторов основано на использовании гидравлического сопротивления, которое возникает при перетекании жидкости из одной полости цилиндра в другую через отверстия, перекрытые клапанами, отвечающими за сжатие и отдачу (растяжение).

По конструкции большинство амортизаторов подразделяется на две группы – однотрубные и двухтрубные. Они могут быть масляными (или гидравлическими) и газомасляными (гидропневматическими). Последние называют «газовыми».

### **Различные типы управляемых амортизаторов**

Для повышения комфорта движения и безопасного управления транспортным средством применяют электронно-управляемые амортизаторы.

К электронно-управляемым амортизаторам относят такие амортизаторы, характеристики которых прямым или косвенным образом изменяются посредством сигналов от блока управления или по желанию водителя.

В зависимости от принципа изменения характеристик, электронно-управляемые амортизаторы условно можно подразделить на несколько групп (рис. 98).

Систему адаптивной подвески разные фирмы могут называть по-разному, но принцип её действия от этого не меняется:

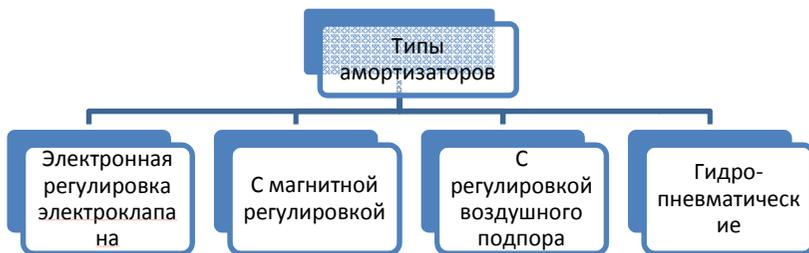
DCC (Adaptive Chassis Control), концерн Volkswagen;

ADS (Adaptive Damping System), компания Mercedes-Benz;

AVS (Adaptive Variable Suspension), производитель автомобилей Toyota;

CDS (Continuous Damping Control), фирма Opel;

EDC (Electronic Damper Control), фирма BMW;  
MagneRide (амортизаторы с магнито-реологической жидкостью), концерн GM;  
Magnetic Ride (магнито-реологическая жидкость), фирма Audi.



**Рис. 110 - Классификация амортизаторов**

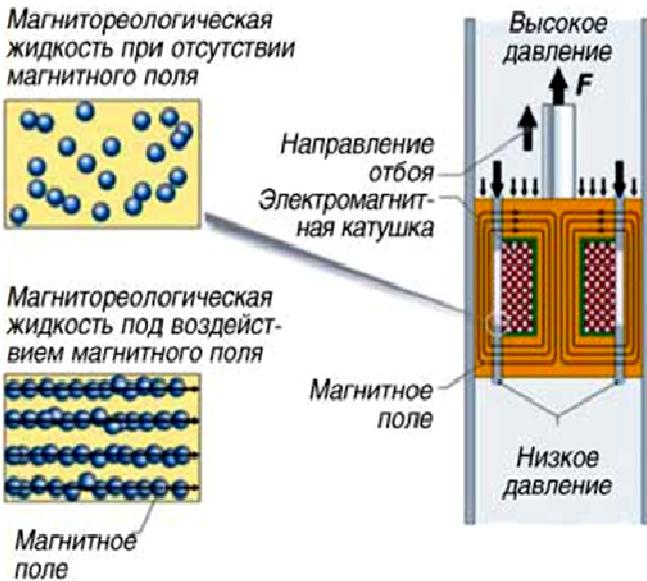
**С электронной регулировкой.** Блок управления подвеской регулирует характеристики амортизатора за счет установленных на амортизаторе электрических клапанов, обеспечивая оптимальную работу подвески, в том числе устраняют клевок передней части автомобиля при торможении и до минимума снижают влияние выбоин и неровностей дорожного покрытия.

Использование регулируемых амортизаторов позволяет не только сохранять устойчивость автомобиля - регулировка параметров амортизаторов дает возможность сохранять горизонтальное положение шасси относительно дороги и максимальную степень сцепления всех четырех колес с покрытием даже при торможении со срабатыванием ABS. Тем самым сокращается тормозной путь: этому способствует снижение склонности передней части кузова к клевку при торможении, а также улучшение сцепления шин с дорогой.



**Рис. 111 -Амортизатор с электроклапаном управления**

**С магнитной регулировкой.** Регулируемые амортизаторы данного типа заполнены рабочей жидкостью содержащей металлические частицы.



**Рис. 112 - Амортизатор с магнитореологической рабочей жидкостью**

Такое масло меняет структуру под воздействием магнитного поля, которое создается при помощи катушек, встроенных в поршень амортизатора. Благодаря магнитореологической жидкости магнитные амортизаторы изменяют характеристики жесткости за доли секунды (рис. 112).

Преимущество адаптивных амортизаторов заключается в возможности изменения характеристики подвески в соответствии с текущими условиями движения: более жесткая подвеска улучшит управляемость и устойчивость автомобиля, а более мягкая повысит комфорт передвижения. Основной недостаток адаптивного амортизатора: высокая стоимость его изготовления.

**С регулировкой воздушного подпора.** В данном случае на автомобиле устанавливается пневмосистема. Каждый амортизатор отдельно соединен пневмолинией. По команде блока управления или водителя характеристики амортизаторов меняются при подаче или сбросе давления воздуха в пневмолинии.



**Рис. 11301 - Амортизатор с регулировкой воздушного подпора**

**Гидропневматические амортизаторы.** Под этим типом подразумевается амортизатор и пневмоэлемент как одно целое.

Автоматическое управление амортизатором заключается в изменении сопротивления перетеканию жидкости в амортизаторах

путем изменения диаметров жиклеров или вязкости жидкости. Наиболее типичными функциями амортизатора являются противодействие оседанию автомобиля при резких ускорениях и переключениях передач, «нырянию» при резком торможении, крену при резких поворотах и др. Изменение размеров пропускного отверстия выполняется чаще с помощью электродвигателя или соленоида, а в некоторых случаях - электродвигателем соленоида. Обычно предусматриваются три режима регулировки сопротивления амортизатора: малое, среднее и большое. Для изменения сопротивления амортизатора при поворотах автомобиля необходимо знать положение рулевого колеса. Поэтому на валу рулевого колеса устанавливается датчик, который реагирует не только на угол поворота, но и на направление поворота.

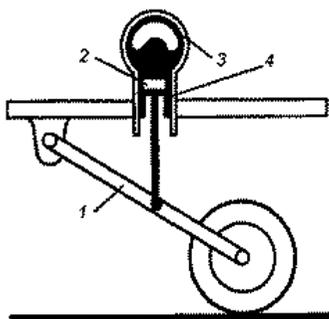
Электронный блок управления силой сопротивления амортизаторов выполняется на цифровых схемах. Все входные сигналы являются цифровыми и поступают в микроЭВМ через схемы входной обработки, формирующие сигналы. Выходные сигналы ЭБУ подаются на исполнительные механизмы управления режимами работы амортизаторов и на индикаторы, показывающие уровень силы сопротивления. Эти сигналы поступают через схемы выходной обработки от микроЭВМ. В схемах управления исполнительными механизмами предусматриваются средства обеспечения работоспособности при появлении ошибок от выбросов напряжения и защита от перегрузки по току. Источники питания преобразуют напряжение бортовой сети в напряжение 5 В, необходимое для работы интегральных схем.

Выполнение основной программы занимает  $\sim 4$  мс. За это время ЭВМ обрабатывает входные сигналы от датчиков и подает выходные сигналы на исполнительные механизмы. Чем короче время выполнения основной программы, тем выше быстродействие ЭБУ.

Такой принцип управления амортизатором используется в активной гидропневматической подвеске Hydractive, какой уже оснащен французский легковой автомобиль «Citroen-ХМ» (рис. 102). Основой подвески Hydractive является все тот же гидропневматический упругий элемент (рис. 103) на каждом колесе, апробированный на автомобилях «Citroen-ВХ» и «Citroen-СХ». Он состоит из гидропневматического баллона 5, разделенного эластичной мембраной, в верхней полусфере которого находится газообразный азот, а в ниж-

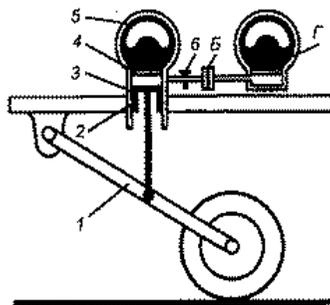
ней - жидкость (масло ЛНМ), и цилиндра 3, также заполненного жидкостью, со скользящим в нем полым поршнем 2.

Шток поршня соединен с поперечным рычагом передней подвески или продольным - задней. На ходе сжатия жидкость под воздействием поршня поступает через гидроамортизатор 4 в баллон и сжимает газ за мембраной. Сжатый газ работает как пружина. Повышенные ездовые качества автомобиля «Citroen-ХМ» связаны с работой его подвески в двух режимах - «мягком» и «жестком». «Мягкий» режим обеспечивает комфортабельность и удобство управления. При этом подвеска обладает большей гибкостью и умеренной амортизацией. «Жесткий» режим улучшает устойчивость автомобиля и безопасность. Подвеска в этом случае характеризуется меньшей гибкостью, но лучше защищает пассажиров и водителя от неблагоприятных воздействий качки, толчков и рывков на неровной дороге [4].



**Рис. 114- Принципиальная схема гидропневматического баллона активной гидропневматической подвески:**

1 - рычаг подвески; 2 - цилиндр; 3 - гидропневматический баллон; 4 - поршень

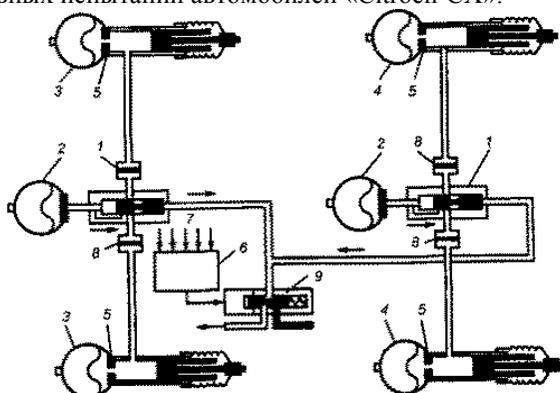


**Рис. 115- Принципиальная схема активной гидропневматической подвески («мягкий» режим):**

1 - рычаг подвески; 2 - поршень; 3 - цилиндр; 4 - гидроамортизатор; 5 - гидропневматический баллон; 6 - кран (открыт); Б и Г - соответственно дополнительные гидропневматический баллон и гидроамортизатор.

Подвеска переводится в «жесткий» режим в результате отключения гидроамортизатора краном (регулятор жесткости). При этом уменьшается ее гибкость (меньше объем газа), следовательно, увеличивается амортизация (жидкость проходит через одно отверстие).

Электронное управление регулятором жесткости осуществляет микропроцессор, который получает информацию от датчиков 7 угла поворота и угловой скорости рулевого колеса, положения педали подачи топлива, давления в тормозной системе, крена кузова, скорости автомобиля. В память микропроцессора заложен ряд предельных параметров и их сочетаний, определенных на основе продолжительных испытаний автомобилей «Citroen-CX».



**Рис. 116 - Активная гидропневматическая подвеска автомобиля «Citroen-ХМ» («жесткий» режим):**

*1 - регулятор жесткости; 2 - дополнительные гидропневматические баллоны; 3 и 4 - гидропневматические баллоны соответственно переднего и заднего мостов; 5 и 8 - соответственно основные и дополнительные гидроамортизаторы; 6 - микропроцессор; 7 - датчики; 9 - электроклапан*

Эти данные сравнивают с получаемой от датчиков информацией, и микропроцессор выбирает соответствующий режим подвески. Причем гидравлическая система включается немедленно (время срабатывания менее 0,05 с), опережая динамическую реакцию автомобиля, что особенно важно при быстрой езде по извилистой дороге. На автомобиле «Citroen-ХМ» помимо обычных двух гидропневматических баллонов и двух гидроамортизаторов каждого моста до-

полнительно устанавливаются один гидропневматический баллон и два гидроамортизатора. Дополнительный гидропневматический баллон позволяет изменить массу газа гидропневматического упругого элемента каждого колеса и, таким образом, регулировать гибкость подвески моста. Два дополнительных гидроамортизатора (баллона) 2 изменяют сечение отверстий, через которое проходит жидкость и тем самым влияют на амортизацию.

По командам микропроцессора регулятор жесткости при помощи электроклапана 9 подключает или отключает третий гидропневматический баллон и два гидроамортизатора, выбирая режим подвески: «мягкий» (три гидропневматических баллона, четыре гидроамортизатора) или «жесткий» (два гидропневматических баллона, два гидроамортизатора).

«Мягкий» режим подвески: при подключенном питании электроклапан открывает доступ к высокому давлению из главного аккумулятора в трубки питания регуляторов жесткости. При этом давление в рабочей системе равно давлению в главном аккумуляторе. Золотник регуляторов жесткости соединяет три гидропневматических баллона 3 и 5. Жидкость циркулирует от гидроцилиндров подвески к баллонам через гидроамортизаторы 2 и 4 и обратно. «Жесткий» режим подвески: при отключенном питании электроклапан 9 закрыт, трубки питания регуляторов жесткости соединены, жидкость циркулирует с возвратом в бак. При этом давление равно нулю. Золотник регуляторов жесткости находится в положении, препятствующем прохождению жидкости между двумя основными и дополнительными гидропневматическими баллонами [4].

Работа подвески зависит от получаемой от датчиков информации и переработки ее микропроцессором, который при обнаружении какого-либо отклонения (от предварительно введенных данных) подает команду на переход в «жесткий» режим. Датчик угла поворота и угловой скорости рулевого колеса информирует о достижении предельных значений этих параметров. В этот момент происходит переход в «жесткий» режим. Подвеска остается в данном режиме до тех пор, пока угол поворота рулевого колеса не будет ниже предельного значения. В результате качка уменьшается и замедляется с одной стороны благодаря переходу подвески в «жесткий» режим, с другой стороны - прекращению сообщения элементов подвески правого и левого бортов. Датчик положения педали подачи топлива регистрирует время, необходимое для прохождения 10 % полного хода педали.

Датчик давления в тормозной системе информирует о достижении эталонного его значения, когда происходит переход в «жесткий» режим. Подвеска остается в таком режиме при падении давления ниже заданного предела.

Датчик крена (колебания) кузова регистрирует поворот торсионного вала. Переход в «жесткий» режим происходит при достижении определенного уровня крена кузова.

Датчик скорости автомобиля информирует о ее значении, когда необходимо определить данные, применяемые при переходе в «жесткий» режим по сигналам других датчиков, а также для обеспечения большей чувствительности к повороту рулевого колеса на большой скорости или к крену (колебанию) кузова на малой скорости движения автомобиля.

На приборной панели расположены переключатели, с помощью которых водитель может выбрать одну из двух программ: SPORT и AUTOMATIC.

При работе по программе SPORT питание (напряжение) на электроклапане отсутствует. Подвеска работает в «жестком» режиме. Однако при разгоне для уравнивания давления в элементах подвески обоих мостов автоматически меняется режим. В режиме AUTOMATIC питание подано на электроклапан. Подвеска работает в «мягком» режиме. Но в зависимости от регистрируемой датчиками информации микропроцессор выдает или не выдает команду на переход в «жесткий» режим. В результате имеется возможность обеспечения комфорта большей части пути и временного перехода в «жесткий» режим при соответствующих условиях (резкий поворот, торможение, выбоины на дороге) для лучшего управления и безопасности.

### **Высота кузова**

Управление высотой кузова обеспечивается обычно с помощью пневматических упругих элементов, устанавливаемых на всех четырех или только двух задних колесах. Сигнал от датчика высоты поступает в ЭБУ. Если текущая высота отличается от номинальной, ЭБУ регулирует давление в упругих элементах, включая электродвигатель компрессора (для увеличения давления) или соленоид выпускного клапана (для уменьшения давления). Таким образом обеспечивается постоянная независимая от нагрузки на подвеску высота кузова. В качестве датчика высоты могут использоваться фотоэлементы, герконы и другие преобразователи неэлектрического показа-

теля (пути) в электрический. Для этих целей целесообразно использовать такие датчики, которые вырабатывали бы П-образные импульсы, а не аналоговые сигналы (например, резисторы), так как в последнем случае их все равно необходимо преобразовывать в цифровые. Если бы кузов просто опустился или поднялся, то сигнал датчика, поступивший в ЭБУ, был считан и преобразован в управляющий импульс. В работе же кузов колеблется, т.е. то опускается, то поднимается. В связи с этим сигнал датчика вводится в ЭБУ через каждые несколько миллисекунд. Электронный блок подсчитывает число тех или иных состояний высоты и по частоте состояния (их процентному соотношению) делает вывод о текущем значении высоты. В зависимости от положения дверей (закрыты или открыты) ЭБУ определяет происходит посадка или движение. При посадке высота определяется в течение короткого интервала времени (2,5 с), а при движении - за более длительное время (20 с). Например, если во время движения сигнал высоты в течение 20 с находится в области «очень высокое положение кузова» в 80% случаев и более, то приводится в действие выпускной клапан. Если же в течение 20 с сигнал высоты оказывается в области «очень низкое» или «низкое положение кузова» более чем в 10% случаев, то снижение прекращается. Подъем и опускание при посадке обеспечиваются аналогично.

В современных автомобилях используют датчики дорожного просвета. Действие датчика дорожного просвета основано на измерении угла поворота кривошипа. Перемещение кузова преобразуется во вращательное движение частей датчика с помощью рычажного механизма.

Используемые датчики угла поворота являются бесконтактными индуктивными датчиками. Характерная особенность этих датчиков дорожного просвета - формирование двух пропорциональных углу поворота выходных сигналов. Эти сигналы используются для регулирования 4-х уровней пневмоподвески и работы корректора фар. Один из выходных сигналов представляет собой пропорциональный углу поворота сигнал напряжения (для корректора фар), а другой — пропорциональный углу поворота сигнал ШИМ (для 4уровневой пневмоподвески).

Все 4 датчика дорожного просвета имеют аналогичную конструкцию и отличаются только кронштейнами крепления и рычажными механизмами привода в зависимости от того, с какой стороны и на какой оси они установлены.

Датчик дорожного просвета передней оси

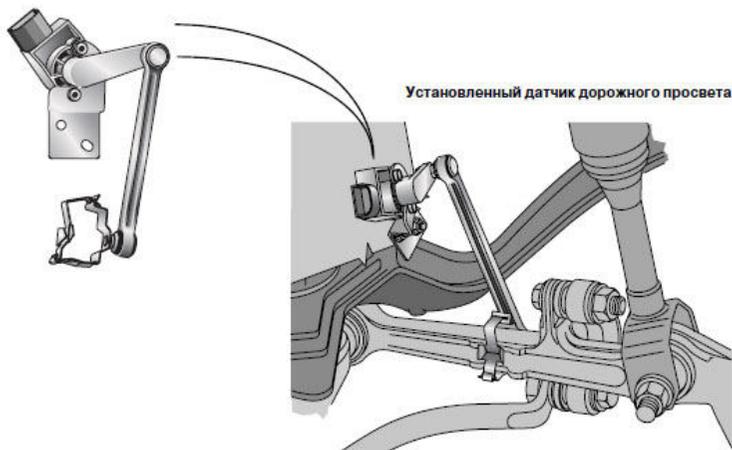


Рис. 117 - Датчик дорожного просвета

Перемещение кривошипов датчиков слева и справа происходит в противоположных направлениях. Это обуславливает соответствующее изменение выходных сигналов. Таким образом, например, при уменьшении дорожного просвета выходной сигнал датчика с одной стороны увеличивается, а с другой стороны уменьшается.

Отклонение на 35° влево

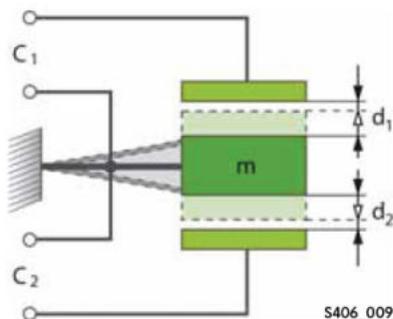
Отклонение на 35° вправо



Рис. 118 - Принцип работы датчика дорожного просвета

Датчик ускорения кузова работает по принципу ёмкостного измерения. Между пластинами конденсатора находится закрепленная с помощью эластичных элементов масса  $m$ , выполняющая функцию центрального электрода, и изменяющая ёмкость конденсаторов  $C1$  и  $C2$  в ритме собственных колебаний в обратном направлении. Расстояние между пластинами  $d1$  одного конденсатора увеличивает-

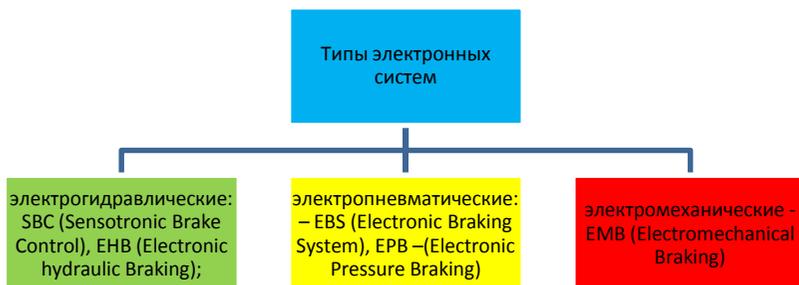
ся настолько, насколько уменьшается расстояние  $d_2$  другого конденсатора. Это приводит к изменению ёмкости отдельных конденсаторов.



**Рис. 119 - Принцип ёмкостного измерения ускорения**

## 7 ПОЛНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Все системы данного класса объединяет одно – отсутствие жесткой связи между педалью тормоза и исполнительным механизмом, так называемая электронная педаль.

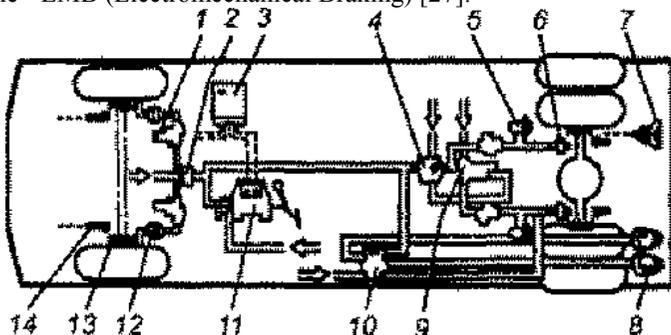


**Рис. 120 - Типы электронных тормозных систем**

Ее перемещение преобразуется в электрический сигнал и подается блоку управления. После анализа информации от различных

датчиков (нагрузка, скорость, поперечное ускорение, угол поворота рулевого колеса), электроника самостоятельно дает команду исполнительным механизмам, регулирующим давление в контурах тормозной системы. Общее обозначение таких систем – EBS – (Electronic Braking System) (Электронная система торможения), а также система Brake by wire, торможение по проводам [4, 6-11].

В зависимости от вида энергоносителя различают электрогидравлические системы: SBC (Sensotronic Brake Control), EHB (Electronic hydraulic Braking); электропневматические: – EBS (Electronic Braking System), EPB –(Electronic Pressure Braking); электромеханические - EMB (Electromechanical Braking) [27].



**Рис. 121 - Схема действия электронной системы:**

*1 - нагнетательный клапан; 2 и 4 - промежуточные клапаны; 3 - блок управления; 5 - тормозной цилиндр; 6 - датчик давления; 7 - разъем для присоединения системы ELB прицепа; 8 - соединительная головка; 9 - вентиль подъема давления; 10 - клапан управления системой прицепа; 11 - тормозной кран; 12 - тормозной цилиндр; 13 - зубчатый венец; 14 - колесный датчик*

Электронная тормозная педаль не создает давления в приводе, а лишь воздействует на датчики, которые передают сигнал электронному блоку управления. В свою очередь, ЭБУ направляет этот сигнал на колесные модуляторы. Модуляторы регулируют тормозное давление на каждом отдельном колесе, причем конструкция исполнительных механизмов аналогична тормозным устройствам антиблокировочной тормозной системы.

Необходимое рабочее давление создается гидравлическим насосом с электронным управлением через гидроаккумулятор высокого давления. В целях повышения безопасности при каких-либо непо-

ладках в системе тормозное давление может быть создано, как обычно, в тормозном контуре с главным тормозным цилиндром. В автомобиль, оснащенный таким оборудованием, могут быть встроены системы регулирования динамики автомобиля, автоматической регулировки дистанции, а также автоматической парковки. Электронная пневматическая система изображена на рис. Повышение быстродействия в системе достигается заменой пневматически управляющего сигнала на электронный.

В результате она срабатывает немедленно при нажатии на тормозную педаль, на которой установлены датчики, передающие сигналы в блок управления. После мгновенной обработки сигналов ЭВМ передает соответствующие команды электропневматическим клапанам, расположенным рядом с каждым тормозным цилиндром. Последние в этом случае срабатывают намного быстрее, чем в обычной пневмосистеме.

Когда водитель отпускает педаль, по команде ЭВМ мгновенно срабатывают колесные датчики оттормаживания, ускоряя возврат тормозных колодок в исходное положение. Это устраняет неравномерность срабатывания и угрозу заноса при торможении. О работоспособности и исправности системы водителю сообщают указатели на панели приборов. Имеется также устройство для самодиагностики

**EBD** (Electronic brake distribution) - электронный распределитель тормозного усилия выполняет функции механического регулятора давления, но работает более точно и имеет более широкий диапазон регулировки. При движении автомобиля по прямой полностью открыта подача тормозной жидкости к тормозам задних колес. Для обеспечения стабильного прохождения поворотов с торможением подача тормозной жидкости к задним тормозам ограничивается. На основании сигналов датчиков вращения колес системы ABS блок управления EBD определяет, когда автомобиль движется в повороте. При прохождении автомобилем поворотов тормозное усилие, передаваемое на задние колеса, уменьшается, в результате чего уменьшается вероятность заноса автомобиля.

### **Электронная педаль управления подачей топлива**

При электронном приводе акселератора перемещение дроссельной заслонки осуществляется при помощи электродвигателя. При этом отпадает необходимость в традиционной механической связи между педалью акселератора и дроссельной заслонкой. Это

означает, что намерение водителя с педали акселератора передается в блок управления. Затем осуществляется перемещение дроссельной заслонки. Благодаря этому блок управления может посредством перемещения дроссельной заслонкой влиять на величину крутящего момента двигателя даже в том случае, когда водитель не меняет положения педали акселератора. Это дает возможность достижения лучшей координации между системами двигателя.

***Электронно-электрическое перемещение дроссельной заслонки*** В этом случае перемещение дроссельной заслонки по всему пути происходит при электронном управлении и электрическом приводе. Водитель в соответствии с его намерениями по изменению мощности двигателя нажимает педаль акселератора. Положение педали отслеживается датчиками, и соответствующие сигналы передаются блоку управления двигателя. Далее происходит перемещение дроссельной заслонки в соответствии с намерениями водителя. Если же появляется необходимость изменения крутящего момента двигателя по причинам обеспечения безопасности движения или экономии топлива, блок управления двигателя может изменить положение дроссельной заслонки без изменения водителем положения педали акселератора. Достоинство такого регулирования состоит в том, что блок управления определяет положение дроссельной заслонки в соответствии с пожеланиями водителя, экологическими требованиями, необходимостью обеспечения безопасности движения и снижения расхода топлива.

Регулирование крутящего момента двигателя посредством электронного управления дроссельной заслонкой В этом случае возможно достижение оптимального значения крутящего момента посредством электронного регулирования работой двигателя. Как это происходит? Блок управления двигателем суммирует все внешние и внутренние требования в отношении величины крутящего момента двигателя и по ним рассчитывает необходимую величину момента. Это намного точнее и эффективнее, чем было прежде.

***Процесс регулирования.*** После оценки всех внутренних и внешних требований в отношении величины крутящего момента блок управления двигателя рассчитывает оптимальный крутящий момент двигателя. Фактический крутящий момент определяется расчетом по частоте вращения двигателя, сигналу о нагрузке двигателя и моменту зажигания. В ходе регулирования блок управления двигателя сначала сравнивает фактический крутящий момент с оптимальным моментом. Если эти величины не совпадают, блок управления

двигателя расчетом определяет направление и величину необходимого воздействия в целях достижения совпадения фактического и оптимального крутящего момента. Для этого у блока управления есть два пути.



**Рис. 122 - Пути регулирования крутящего момента двигателя**

На одном пути регулированию подлежат параметры, которые влияют на наполнение цилиндров. При этом речь идет о параметрах, изменение которых относительно долго влияет на направление изменений крутящего момента двигателя. Эти параметры: - угол открытия дроссельной заслонки и - на двигателях с турбонаддувом давление наддува.

На втором пути изменению подлежат параметры, которые относительно быстро изменяют величину крутящего момента вне зависимости от наполнения цилиндров. К этим параметрам относятся: - момент зажигания; - момент впрыска топлива; - отключение цилиндра(ов).

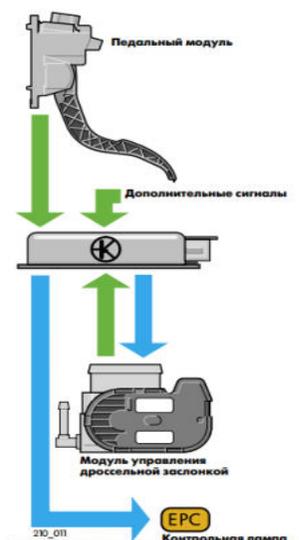
Электронный привод дроссельной заслонки состоит из:

- педального модуля с датчиками положения педали акселератора;
- блока управления двигателя;
- модуля управления дроссельной заслонки;
- контрольной лампы электронного привода дроссельной заслонки.

Педальный модуль посредством датчиков непрерывно определяет положение педали акселератора и передает соответствующий

сигнал блоку управления двигателя. Блок управления двигателя определяет по этому сигналу намерение водителя в отношении изменения мощности двигателя и отвечает на это соответствующим изменением крутящего момента двигателя.

Для этого блок управления подает управляющий сигнал приводу дроссельной заслонки для приоткрытия ее или, наоборот, некоторого закрывания. При этом принимаются во внимание другие пожелания в отношении крутящего момента двигателя, например, со стороны климатической установки.



**Рис. 123 - элементы электронной педали подачи топлива**

В этом и состоит смысл “электронного привода акселератора” (дроссельной заслонки). Модуль управления дроссельной заслонки обеспечивает требуемую массу воздуха, поступающего в цилиндры. Привод дроссельной заслонки воздействует на дроссельную заслонку в соответствии с командами блока управления двигателя. О положении дроссельной заслонки постоянно поступают сигналы от угловых датчиков положения дроссельной заслонки в блок управления двигателя. Контрольная лампа электронного привода акселератора сигнализирует водителю, что в системе электронного привода имеется неисправность.

#### **Действие электронного привода**

*На холостом ходу.* Блок управления двигателем узнает по сигналам от датчиков положения педали акселератора, что педаль не нажата. Начинается режим регулирования холостого хода. Блок управления двигателя Модуль управления дроссельной заслонкой Модуль педали акселератора Датчики положения педали акселератора Блок управления двигателем управляет приводом дроссельной заслонкой; при помощи электродвигателя дроссельная заслонка перемещается. В зависимости от того, насколько различаются фактическая и оптимальная величины частоты вращения двигателя, зависит величина изменения угла открытия дроссельной заслонки. Модуль управления дроссельной заслонкой Оба угловых датчика положения дроссельной заслонки непрерывно передают информацию блоку управления двигателя. Датчики расположены в модуле управления дроссельной заслонкой.

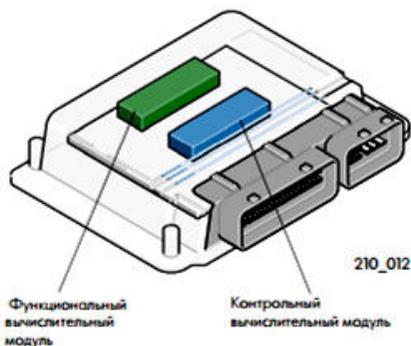
### **Перемещение педали акселератора**

Блок управления двигателем из сигналов от датчиков положения педали акселератора получает информацию о положении педали. Желаемое водителем перемещение дроссельной заслонки осуществляется по команде блока управления посредством привода дроссельной заслонки. Дополнительно поступают соответствующие команды по изменению момента зажигания, впрыска и, при необходимости, величины давления наддува. Оба угловых датчика определяют положение дроссельной заслонки и сообщают о нем блоку управления. Для расчета необходимого положения дроссельной заслонки блоком управления принимаются во внимание дополнительные требования. Например: - по ограничению частоты вращения двигателя; - со стороны круиз-контроля (GRA); - со стороны системы контроля тяги (ASR); - со стороны регулирования принудительного холостого хода (MSR). Если в конечном счете это все отражается в необходимости изменения крутящего момента, может быть изменено положение дроссельной заслонки без какого-либо воздействия водителя на педаль акселератора.

### **Блок управления двигателем**

Назначение блока управление двигателем при электронном приводе акселератора Блок управления двигателем определяет по входным сигналам от датчиков положения педали акселератора намерение водителя по изменению мощности двигателя и реализует его посредством исполнительных механизмов путем изменения крутящего момента двигателя. При этом принимаются во внимание другие параметры управления двигателем (например, ограничения час-

тоты вращения и мощности) и требования со стороны различных систем автомобиля (например, тормозной системы или автоматической коробки передач). Одновременно под контролем во избежание сбоев находится система “электронного привода акселератора”.



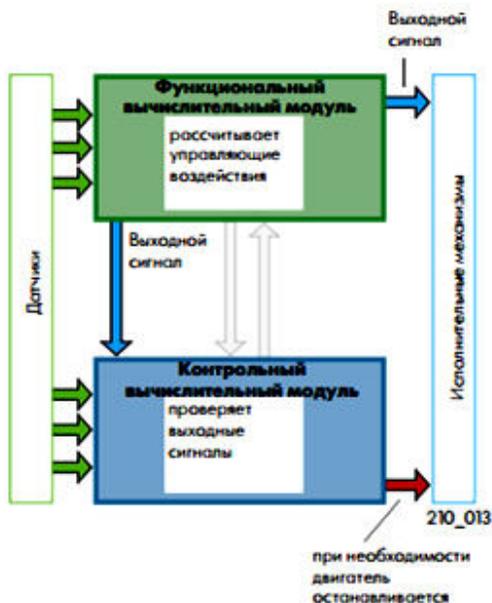
**Рис. 124 - Блок управления работой двигателя**

**Устройство.** В нескольких словах, блок управления двигателя состоит из двух вычислительных модулей, функционального и контрольного. - Функциональный модуль получает сигналы от датчиков, обрабатывает их и осуществляет управление исполнительными устройствами. Дополнительно функциональный модуль проверяет работу контрольного модуля. - Контрольный модуль осуществляет исключительно только постоянный контроль функционального модуля.

**Осуществление контроля** Контрольный модуль осуществляет непрерывный контроль функционального модуля. На основе собственных расчетов контрольный модуль проверяет выходные сигналы функционального модуля. Дополнительно осуществляется проверка обоих модулей посредством функции “вопрос-ответ”. Если опознан сбой в работе, оба вычислительных модуля могут независимо друг от друга посредством воздействия на модуль управления дроссельной заслонки, зажигания и впрыск топлива остановить двигатель.

**Проверка контрольным модулем функционального модуля посредством функции “вопрос-ответ”** Контрольный модуль направляет функциональному модулю запрос, например, о частоте вращения или о моменте зажигания. Правильность полученного ответа проверяется контрольным модулем. При неправильном ответе производится ввод ошибки в счетчик ошибок контрольного модуля. По-

сле пяти неправильных ответов двигатель останавливается. Ознание пяти неправильных ответов длится менее полсекунды.



**Рис. 125 - Режим контроля**

*Функциональный модуль проверяет контрольный модуль* Для проверки контрольного модуля функциональный модуль намеренно посылает неправильный ответ. Если контрольный модуль опознает, что ответ неправильный, это заносится в счетчик ошибок, и сообщение об этом передается функциональному модулю.

Если контрольный модуль не опознает, что ответ неправильный, это заносится в счетчик ошибок функционального модуля. При пяти неопознанных неправильных ответах двигатель останавливается.

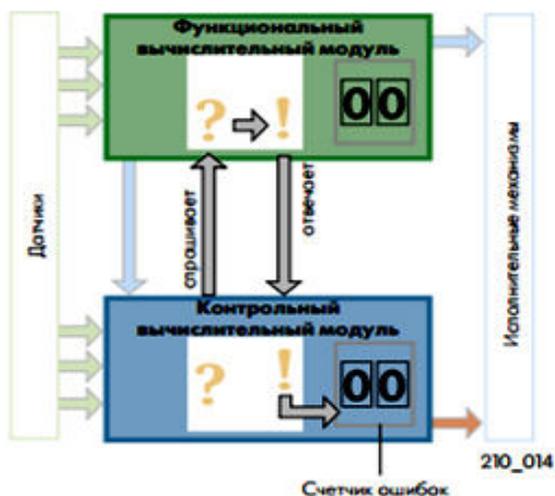


Рис. 126 - Проверка контрольным модулем функционального модуля посредством функции “вопрос-ответ”



Рис. 127 - Режим проверки контрольного модуля

Функциональный модуль не посылает никакого ответа или отвечает слишком поздно В этом случае двигатель тотчас останавливается.



**Рис. 128 - Режим выключения двигателя при отсутствии ответа**

**Модуль педали акселератора** состоит из: - педали акселератора; - датчика 1 положения педали акселератора G79 и - датчика 2 положения педали акселератора G185. Используются два одинаковых датчика для обеспечения максимально возможной надежности. Здесь речь идет о резервированной системе. Это означает, что вполне было бы достаточно информации от одного датчика.

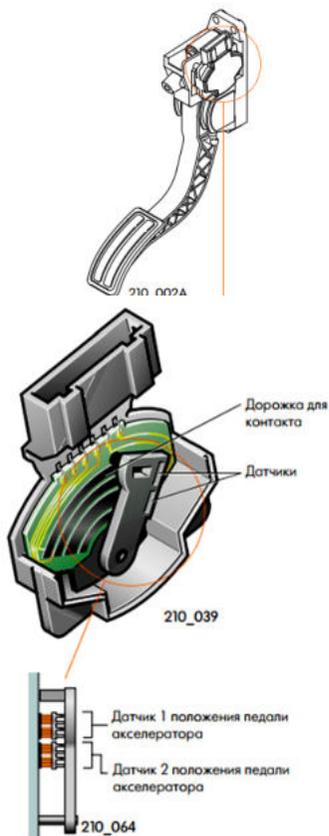
*Использование сигналов* Посредством сигналов от обоих датчиков положения педали акселератора блок управления двигателя узнает положение педали в каждый момент времени. Оба датчика представляют собой потенциометры со скользящим контактом, укрепленным на общем валу. При каждом изменении положения педали изменяется сопротивление датчиков и, соответственно, напряжение, которое передается на блок управления двигателя.

**Работа при отсутствии сигнала(ов)** При отсутствии одного сигнала

- Это вносится в регистратор неисправностей, и включается контрольная лампа электронного привода акселератора.
- Система управляется сначала на холостом ходу. Когда будет опознан второй датчик в ходе определенного контрольного срока на режиме холостого хода, опять будет возможно движение автомобиля.
- При полном нажатии на педаль частота вращения двигателя увеличивается медленно.

- Дополнительное опознавание холостого хода по положению педали осуществляется посредством выключателя сигналов торможения F или выключателя по положению тормозной педали F47.

- Комфортные функции, например, круиз- контроль или регулирование двигателем в режиме принудительного холостого хода, отключаются.



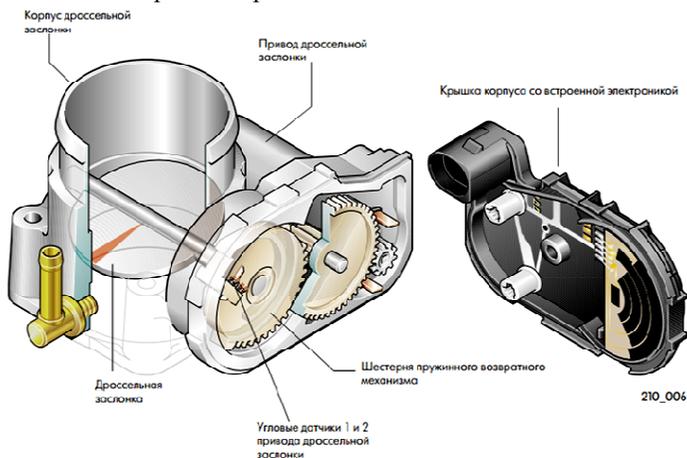
**Рис. 129 - Разрез корпуса модуля педали акселератора с датчиками G79 и G185**

При отсутствии обоих сигналов Это вносится в регистратор неисправностей, и включается контрольная лампа электронного привода акселератора. - Двигатель работает только на повышенных обо-

ротах холостого хода (максимально  $1500 \text{ мин}^{-1}$ ) и не реагирует на педаль акселератора.

**Модуль управления дроссельной заслонки J338** расположен на впускной трубе. Он служит для обеспечения подачи нужного количества воздуха в цилиндры.

**Устройство** Модуль состоит из: - корпуса дроссельной заслонки; - дроссельной заслонки; - привода дроссельной заслонки G186; - углового датчика 1 привода дроссельной заслонки G187; - углового датчика 2 привода дроссельной заслонки G188.



**Рис. 130 - Вид и устройство модуля управления дроссельной заслонки**

**Действие.** Открытие и закрытие дроссельной заслонки осуществляется электродвигателем по сигналу блока управления двигателя. Оба угловых датчика посылают сигналы блоку управления

двигателя о положении дроссельной заслонки. Два датчика установлены в целях повышения надежности системы.

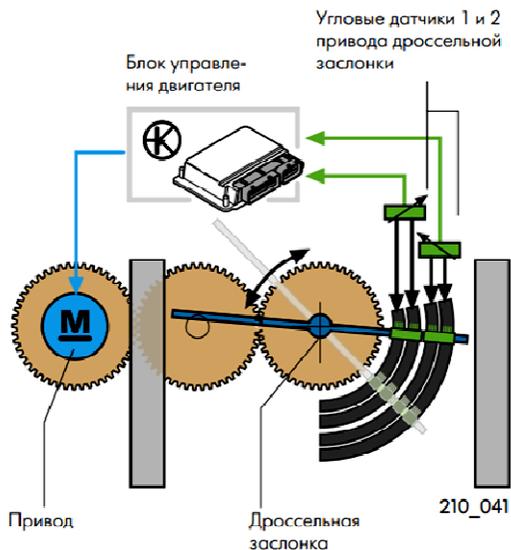


Рис. 131 - Схема работы модуля управления дроссельной заслонкой

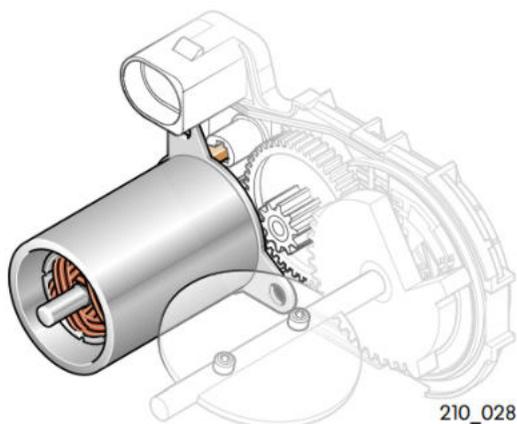


Рис. 132 - Устройство привода модуля управления дроссельной заслонкой

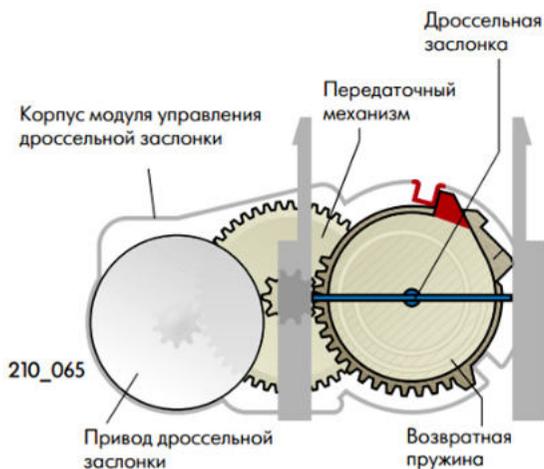
**Привод дроссельной заслонки G186** Привод дроссельной заслонки представляет собой электродвигатель, управляемый блоком управления двигателя. Привод через передаточный механизм перемещает дроссельную заслонку. Осуществляется плавное перемещение от положения холостого хода до положения полного газа.

Привод дроссельной заслонки в крышке корпуса модуля управления дроссельной заслонки

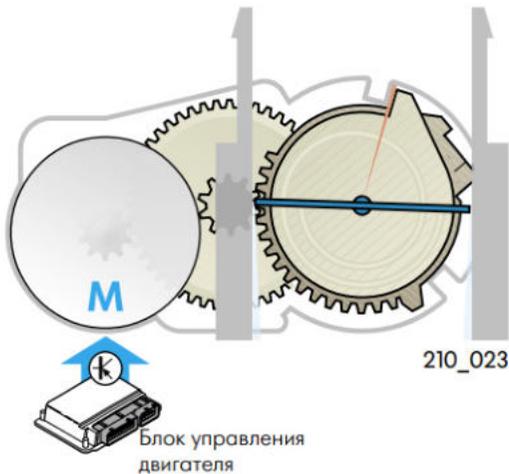
#### **Положения дроссельной заслонки.**

- Нижний механический ограничитель. В этом положение дроссельная заслонка закрыта. Этот ограничитель необходим для установки исходного положения модуля управления дроссельной заслонки (рис. 133).

- Нижний электронный ограничитель определяется блоком управления двигателя и находится несколько выше нижнего механического ограничителя. При работе двигателя дроссельная заслонка закрывается до нижнего электронного ограничителя. Этим предотвращается соприкосновение дроссельной заслонки с корпусом (рис. 120).

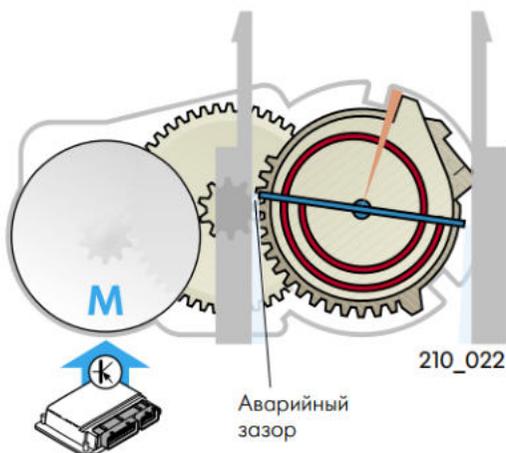


**Рис. 133 - Нижний механический ограничитель**



**Рис. 134 - Нижний электронный ограничитель**

- *Аварийное положение* При обесточенном приводе дроссельной заслонки она посредством возвратной пружины перемещается в аварийное положение (рис. 135). В этом положении допускается весьма ограниченное по возможностям движение автомобиля при повышенной частоте вращения холостого хода.



**Рис. 135 - Аварийное положение**

Верхний электронный ограничитель определяется блоком управления двигателя (рис. 136). Он не влияет на поведение двигателя, поскольку лежит в зоне “волновых колебаний” дроссельной заслонки (рис. 137). Верхний механический ограничитель расположен над верхним электронным ограничителем и не оказывает влияние на мощность движения, так как лежит в зоне „волновых колебаний“ дроссельной заслонки.

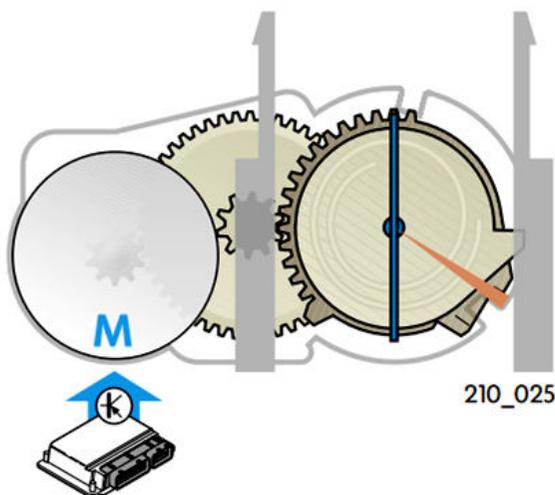


Рис. 139 - Верхний электронный ограничитель

**Волновые колебания дроссельной заслонки**

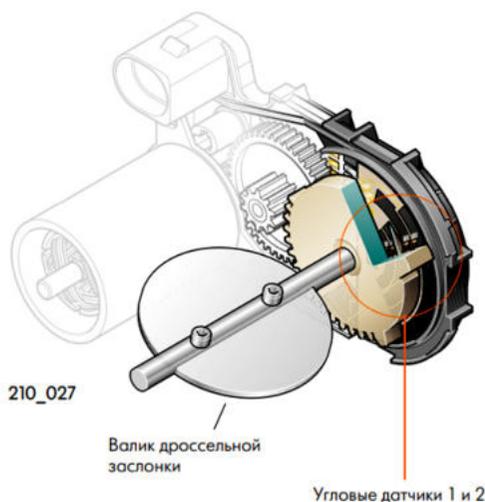


Рис. 137 - Волновые колебания дроссельной заслонки

**Работа при выходе из строя привода дроссельной заслонки.** При выходе из строя привода дроссельной заслонки она автоматически перемещается в аварийное положение. Это вносится в регистратор неисправностей, и включается контрольная лампа электрон-

ного привода акселератора. В распоряжении водителя еще остаются возможности аварийного управления.

Оба угловых датчика привода дроссельной заслонки (рис. 138) представляют собой потенциометры со скользящим контактом (рис. 139). Скользящие контакты укреплены на шестерне, которая сидит на валике дроссельной заслонки. Контакты касаются дорожек потенциометров в крышке корпуса.



**Рис. 138 - Угловой датчик 1 привода дроссельной заслонки G187 и угловой датчик 2 привода дроссельной заслонки G188**

*Действие* При изменении положения дроссельной заслонки изменяются сопротивления дорожек потенциометров и, тем самым, сигнальные напряжения, которые передаются блоку управления двигателя. Графики обоих потенциометров направлены навстречу друг другу. Благодаря этому блок управления двигателя может отличать потенциометры один от другого и осуществлять проверочные функции.

Также существуют другие системы управления дроссельной заслонкой.

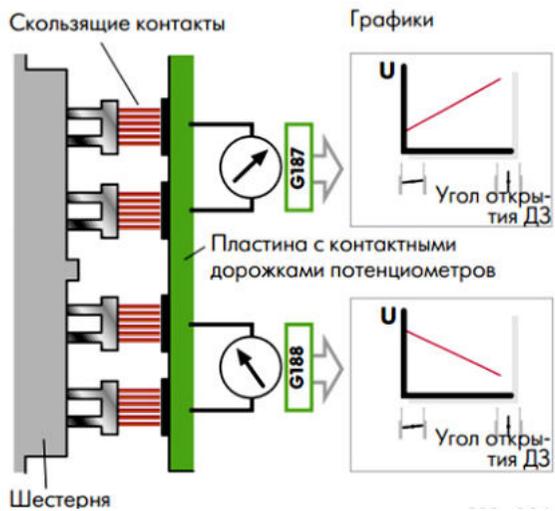


Рис. 139 - Схема потенциометров со скользящим контактом

Электромеханическая система управления

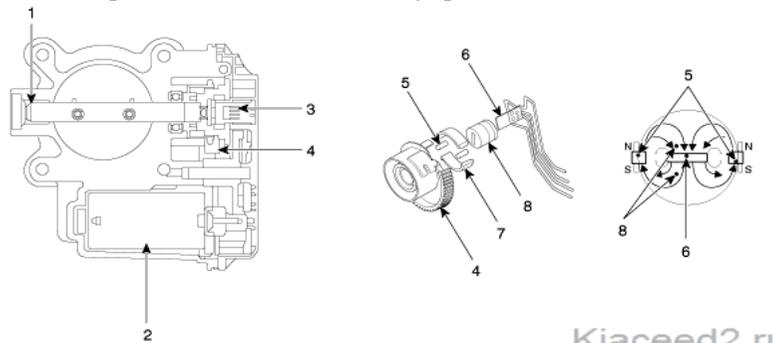
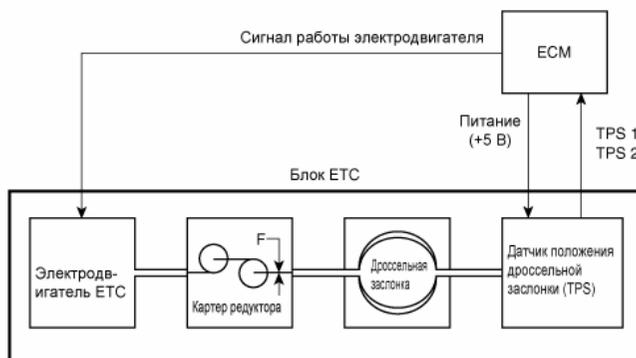


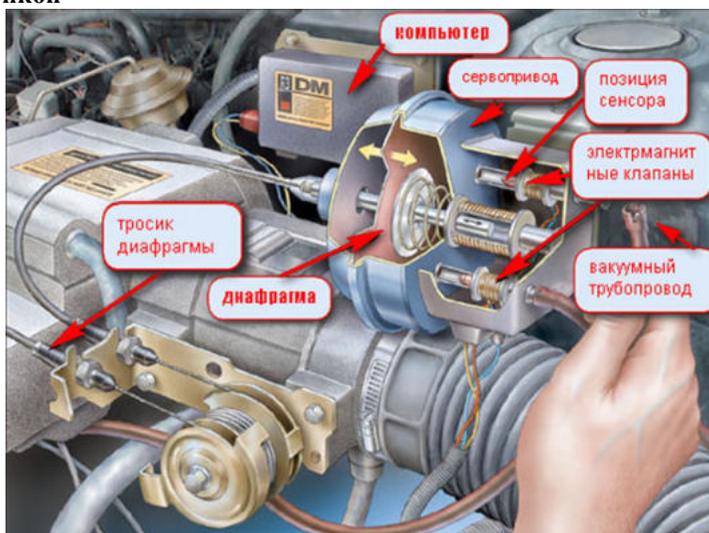
Рис. 140 -Электромеханический модуль управления дроссельной заслонки:

1 - подшипник сухого трения; 2 - электродвигатель постоянного тока; 3 -бесконтактный датчик Холла; 4 –шестерня; 5 - магнит; 6. ИС датчика Холла; 7 – вилка; 8 - статор



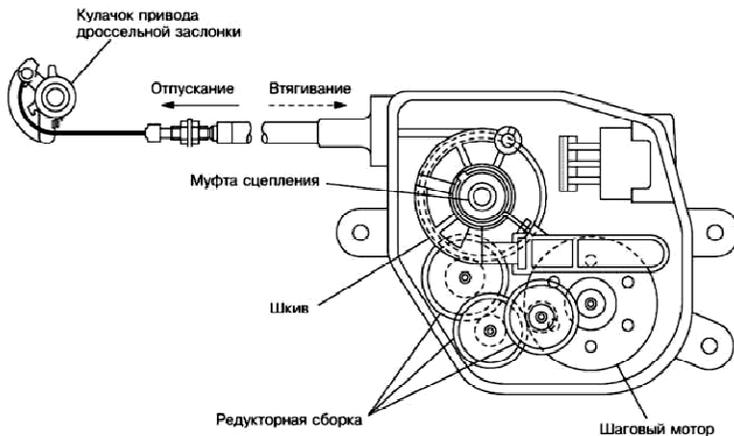
**Рис. 141 - Принципиальная схема работы электромеханической системы управления дроссельной заслонкой**

**Пневмомеханическая система управления дроссельной заслонкой**



**Рис. 142 - Пневмопривод дроссельной заслонки**

**Электрический привод дроссельной заслонки**



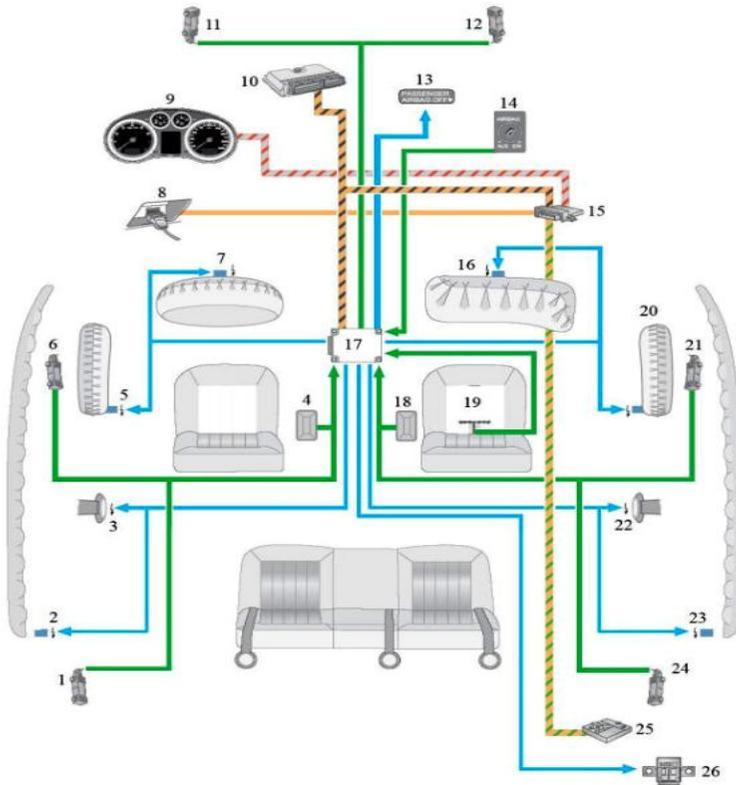
**Рис. 143 - Электрический привод дроссельной заслонки**

## **8 СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Наиболее эффективным элементом пассивной безопасности является применение систем надувных подушек безопасности (airbag). Система надувных подушек безопасности в комплексе с диагонально-поясными инерционными ремнями безопасности в случае аварии при фронтальном столкновении обеспечивает дополнительную защиту головы и грудной клетки водителя и пассажира на переднем сидении и снижает вероятность тяжелых травм и гибели людей при авариях на 40% [10].

Автомобили, оснащенные системой airbag для водителя и пассажира переднего сиденья, можно отличить по надписи на мягкой панели рулевого колеса и на правой стороне панели приборов.

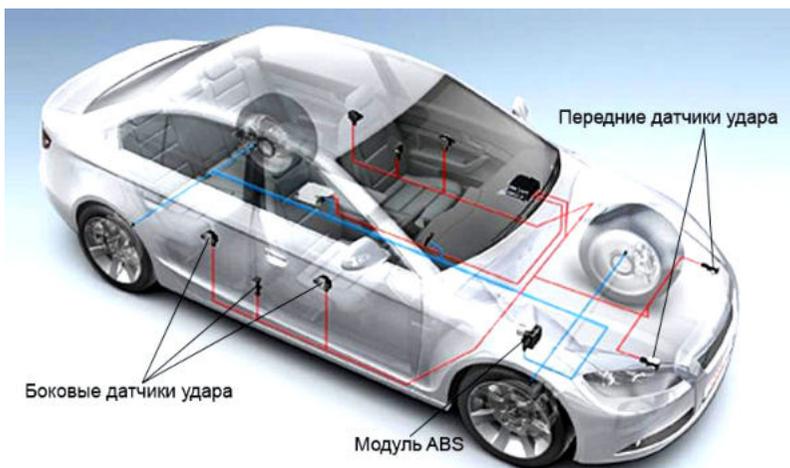
Основными элементами системы являются набор инерционных электромеханических и электронных датчиков (3 - 5, рис. 144, 145), пиропатроны газогенератора (источник энергии), подушки безопасности для водителя (в рулевом колесе) и пассажира (справа в панели приборов), устройство электронного контроля и управления, контрольную лампу на приборной панели.



**Рис. 144 - Система надувных подушек безопасности (Ауди А3):**

1 – датчик удара боковой подушки безопасности; 2 – пиропатрон верхней подушки; 3 – пиропатрон натяжителя ремня водителя; 4 – выключатель в замке ремня безопасности водителя; 5 – пиропатрон боковой подушки водителя; 6 – датчик удара боковой подушки; 7 – пиропатрон подушки водителя; 8 – диагностическая розетка; 9 – щиток приборов; 10 – ЭБУ двигателя; 11 – датчик удара фронтальной подушки водителя; 12 – датчик удара фронтальной подушки безопасности переднего пассажира; 13 – контрольная лампа отключения подушки безопасности переднего пассажира; 14 – выключатель для отключения подушки безопасности переднего пассажира, работающий от ключа; 15 – диагностический интерфейс шины данных (межсетевой интерфейс); 16 – пиропатрон

трон первого и второго зарядов газогенератора подушки безопасности переднего пассажира; 17 – блок управления подушек безопасности; 18 – выключатель в замке ремня безопасности переднего пассажира; 19 – датчик наличия пассажира на переднем сидении; 20 – пиропатрон заряда газогенератора боковой подушки безопасности переднего пассажира; 21 – датчик удара боковой подушки безопасности со стороны переднего пассажира (передняя дверь); 22 – пиропатрон заряда газогенератора натяжителя ремня безопасности переднего пассажира; 23 – пиропатрон заряда газогенератора верхней подушки безопасности переднего пассажира; 24 – датчик удара боковой подушки безопасности за передним пассажиром (задняя стойка кузова); 25 – центральный блок управления систем комфорта; 26 – пиропатрон заряда газогенератора отключения аккумуляторной батареи

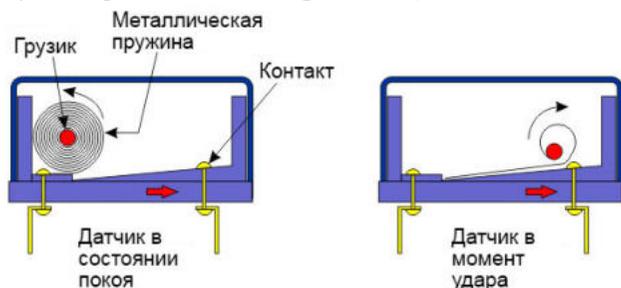


**Рис. 145 - размещение датчиков удара на автомобиле**

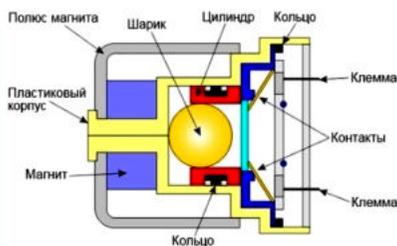
Электромеханические ударные датчики работают по принципу обычного концевого выключателя. Основными элементами такого датчика являются шарик и пружина определенной жесткости.

В первом случае в корпусе расположена пружина с грузиком (рис. 146 а). При резком затормаживании автомобиля (при столкновении), под действием инерции пружина раскручивается и замыкает контакт электрической цепи. Во втором - в трубке находится металлический шарик, который при резком ударе преодолевает сопротив-

ление пружин и замыкает контакт замыкая электрическую цепь, необходимую для работы системы (рис. 146 б).



а)

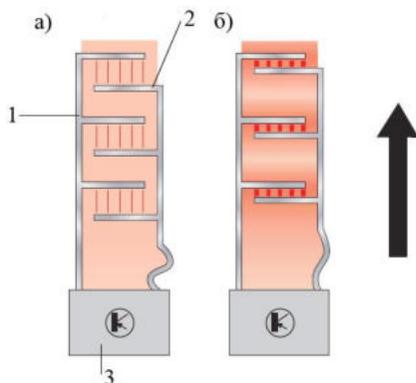


б)

**Рис. 146 - Электромеханический датчик:**

*а - с пружинным рабочим элементом; б - с шариковым рабочим элементом*

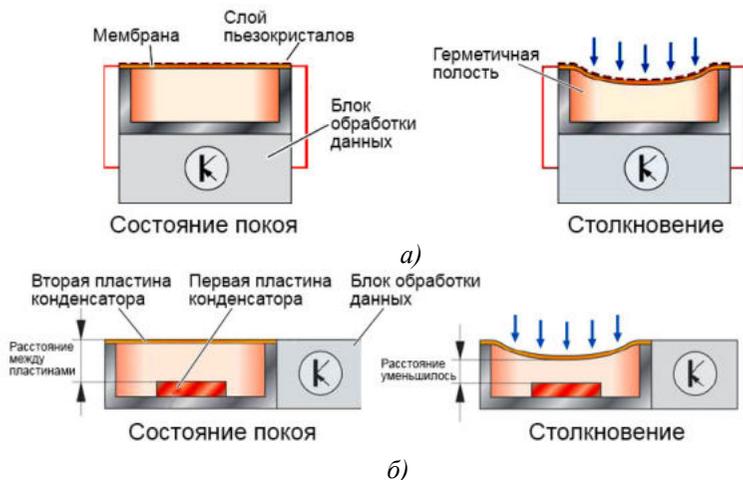
Датчик ускорения конденсаторного типа устроен, упрощенно выражаясь, как конденсатор. Отдельные пластины конденсатора закреплены неподвижно. Сопряженные с ними элементы являются подвижными и выполняют роль сейсмической массы. При столкновении сейсмическая масса, в данном случае подвижные пластины, перемещается в направлении к неподвижным пластинам и емкость такого конденсатора меняется. Блок обработки данных обрабатывает эту информацию, переводит ее в цифровой вид и передает данные в блок управления подушками безопасности.



**Рис. 147 - Схема работы датчика ускорения конденсаторного типа:**

*1* неподвижная пластина; *2* — подвижная пластина; *3* — блок обработки данных; *а* — состояние покоя; *б* — столкновение

Вместо датчиков ускорения для распознавания столкновения отдельные производители автомобилей устанавливают датчики давления.



**Рис. 148 - Датчики давления:**

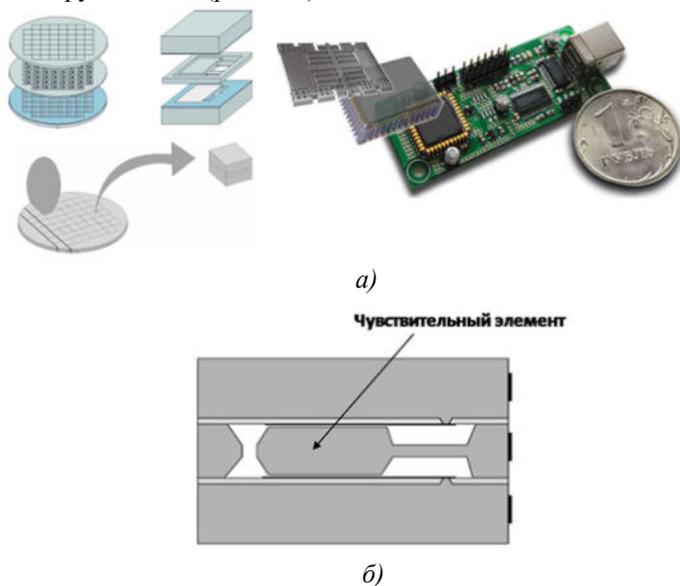
*а* — пьезоэлектрический; *б* — ёмкостный

С помощью этих датчиков достигается более быстрое обнаружение удара в область двери. Они бывают пьезоэлектрическими

или емкостными. Первый вид основан на пьезоэлектрическом эффекте, а второй на принципе конденсаторного датчика.

Инерционные датчики устанавливаются в бампере, в моторном отсеке, в стойках или в районе подлокотника. В память датчиков заложены просчитанные заранее параметры, которые для данной модели автомобиля означают превышение допустимого удара. В случае аварии датчики посылают сигнал на электронный блок управления. В большинстве современных систем фронтальные датчики рассчитаны на силу удара при скорости от 25...50 км/ч, боковые могут срабатывать при более слабых ударах. От электронного блока управления сигнал поступает на основной модуль, который состоит из компактно уложенной подушки, соединенной с газогенератором.

В настоящее время вместо механических применяются электронные датчики. Такой датчик состоит из корпуса, блока обработки данных и микроэлектромеханического датчика ускорения (акселерометра), который может быть пьезоэлектрическим, конденсаторным или другого типа (рис. 149).



**Рис. 149 - Микроэлектромеханический датчик удара конденсаторного типа:**

*а - устройство и общий вид; б - рабочий элемент датчика*

Работа акселерометров различается в зависимости от того, по какому принципу определяется движение между телом и инерционной массой. В емкостном теле и инерционная масса изолированы друг от друга и их емкость или емкостной заряд измеряются. Когда дистанция между ними уменьшается, емкость увеличивается и электрический ток идет по направлению к чувствительному элементу. В случае, когда расстояние увеличивается, наблюдается обратная ситуация: чувствительный элемент преобразует ускорение тела в электрический ток, заряд или напряжение.

Устанавливаются датчики в салоне, в передней части автомобиля, или в дверях, при этом их количество может колебаться от трех до десяти. На срабатывание датчиков влияет не только скорость автомобиля, но и характер столкновения (под каким углом, с каким препятствием). В то же время экстренное торможение с любой скоростью не может заставить сработать датчик удара. На случай выхода из строя аккумулятора некоторые системы снабжены специальным конденсатором, который отдает накопленную энергию для открытия подушек безопасности.

Сигнал, вырабатываемый датчиком удара поступает в электронный блок управления, а оттуда на газогенератор подушки безопасности.

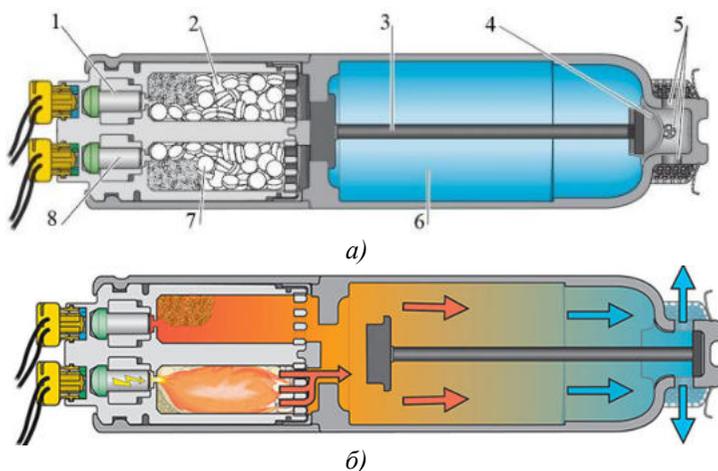
В газогенераторе, называемом часто пиропатроном (таблеткой) диаметром 10 см и толщиной 1 см, используются кристаллы твердого топлива, при сгорании которого выделяется газ, заполняющий, а точнее, надувающий подушку. Топливом обычно выступает ядовитый азид натрия ( $\text{NaN}_3$ ), 45 % массы которого при сгорании превращается в чистый азот, а остальное – в углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), окись углерода ( $\text{CO}$ ), воду ( $\text{H}_2\text{O}$ ) и твердые частицы.

Электрический импульс поджигает пиропатрон или плавит проволоку и кристаллы превращаются в газ. Сигналом для срабатывания пиропатрона служит электрический импульс от датчиков удара (ускорения или давления), поступающих напрямую или через электронный блок. В современных конструкциях срабатывание капсулы для зажигания газогенератора происходит от переменного тока с целью предупреждения возникновения короткого замыкания в электрической системе питания постоянного тока автомобиля (неисправности в электропроводке). Для создания переменного тока применяется конденсатор, включенный в конструкцию зарядного капсулы и подсоединенный последовательно в цепь возбуждения, кото-

рый заряжается, разряжается или перезаряжается приблизительно с частотой 100 кГц.

Процесс сгорания происходит быстро, но не носит взрывного характера. Сгорание происходит в 3 этапа: поджигание, возгорание для запала и горение рабочего заряда. В очень короткое время система развивает мощность до 60 кВт, но взрыва не происходит. Сгорание топлива и наполнение подушки объемом приблизительно 50...60 л для водителя длится 30...35 мс, подушка безопасности для пассажира объемом приблизительно 100...140 л устанавливается в зоне перчаточного отсека и наполняется приблизительно за 50 мс. Это время меньше времени моргания глаза, которое составляет 100 миллисекунд.

Для предотвращения травм от надувания подушки движущей со скоростью 200...300 км/ч навстречу грудной клетке, современные подушки надуваются в два этапа: сначала примерно на 70 %, а при соприкосновении с телом полностью, для этого применяются двухступенчатые газогенераторы.



**Рис. 150 - Пиропатроны с газовым баллоном:**

*а - устройство газогенератора: 1 – первый запал; 2 – первый заряд; 3 – шток с поршнем; 4 – защитная пленка; 5 – каналы подачи газа в подушку безопасности; 6 – газовый баллон; 7 – второй заряд; 8 – второй запал; б - схема срабатывания газогенератора*

Благодаря радиальному распрямлению воздушного мешка и последовательному воспламенению зарядов в таких газогенераторах существенно снижается нагрузка, которая действует на водителя при аварии. В зависимости от тяжести и вида аварии промежутки между срабатываниями обоих пиропатронов может составлять примерно от 5 мс. до 50 мс. Срабатывают всегда оба заряда, для исключения случаев, когда после раскрытия подушки безопасности остается еще один не сработавший пиропатрон.

При аварии блок управления подушками безопасности дает команду на воспламенение первого заряда. Образующееся давление ускоряет поршень, который открывает газовый баллон. Выделяющийся газ наполняет и раскрывает подушку безопасности. В результате сгорания второго заряда в воздушный мешок поступает дополнительное количество газа.

Скорость наполнения подушки выбрана в соответствии с временем перемещения водителя (пассажира) при столкновении с подушкой. Сразу же после наполнения, но медленнее, за 200 миллисекунд подушка сдувается.

Оптимальное для обеспечения время наполнения подушки – 30...55 миллисекунд. Газ (азот или другой безопасный для человека) в подушку поступает через специальный фильтр. В развернутом состоянии подушка находится очень короткое время (до 1 с), так как газ через специальные отверстия быстро выходит в салон, чтобы подушка не задушила защищаемого пассажира.

Другой разновидностью является гибридный газогенератор основным веществом в котором выступает газ под давлением (аргон - 98 %, гелий - 2 %). В нем также есть пиропатрон и небольшое количество выталкивающего заряда. При его срабатывании происходит открытие канала подачи газа в подушку. Гибридные газогенераторы отличаются по конструкции открытия канала, за счет сдвигаемого зарядом поршня в момент срабатывания или разрушения шайбы (мембраны). Бывают и другие более редкие конструкции.



**Рис. 151 - Гибридный газогенератор с газом под давлением**

Подушку изготавливают из нейлона толщиной 0,45 мм. Для герметичности внутреннюю сторону покрывают очень тонким слоем синтетической резины – неопреном или специальной силиконовой резиной. Для легкости разворачивания при накачивании, поверхность ткани покрывается тальком или крахмалом. Современные подушки подразделяются на три типа: фронтальные, боковые и потолочные.

Наполнение подушек в салоне – а их обычно от 2 до 6 – сопровождается повышенным шумом, уровень которого иногда достигает 140 дБ, что опасно для барабанных перепонок. Для уменьшения шума срабатывают только нужные подушки, и то в разное время: например, через 20 миллисекунд после столкновения – водительская, еще через 17 миллисекунд – пассажирские. Причем если в салоне нет пассажиров, подушки безопасности не срабатывают, так как в сиденья устанавливаются специальные датчики, фиксирующие наличие пассажиров (рис. 152).



**Рис. 152 - Установка датчика занятости места**

Механизм аварийного опускания стекол предназначен для устранения пневмоудара. При закрытых окнах разворачивание подушек приводит к стремительному уменьшению объема салона (его заполняют мешки). В результате давление воздуха в салоне резко возрастает и образуется пневмоудар, мощность которого приводит к повреждению ушных перепонок водителя и пассажиров.

В большинстве существующих в настоящее время конструкций используется электронный блок, который устанавливается в пассажирском салоне для координированного срабатывания систем защиты. Вычисления замедлений электронного блока срабатывания

основаны на данных датчиков ускорения, используемых для контроля сил замедления, которые сопровождают столкновение автомобиля. Центральный электронный блок возбуждения должен отвечать требованиям:

- идентификации ДТП или столкновения, основанной на данных, получаемых от электронного датчика ускорения и механического «детектора безопасности» или от двух электронных датчиков ускорения (контроль с «полностью электронным распознаванием» со схемой резервирования)

- быстрого реагирования управляющих цепей, надувных подушек безопасности и натяжных устройств ремней безопасности, основанного на алгоритмах цифрового запуска специального назначения, в ответ на различные виды ДТП (лобовое столкновение, лобовое со смещением, столкновение или наезд под некоторым углом, наезд на опору и т. п.)

- стабильного напряжения и резервирования питания

- избирательного срабатывания натяжного устройства ремня безопасности в соответствии с управляемым состоянием узла лент ремня — пряжка

- определения двух порогов срабатывания в зависимости от того, действительно ли пользователь автомобиля использует ремень безопасности (высокий или низкий порог срабатывания интерфейса последовательной диагностики)

Для контроля исправности системы надувных подушек может применяться система контроля. При включении зажигания около 10 сек горит контрольная лампочка, которая должна затем погаснуть. Если лампочка не горит не гаснет или загорается во время движения это свидетельствует о неисправности системы.

Исследования специалистов свидетельствуют о том, что риск гибели пешехода при ударе о капот автомобиля, движущегося со скоростью всего 40 км/ч, достигает 100 %. Для решения этой проблемы компании активно работают над созданием подушек безопасности для пешеходов. Эта система защиты включает две подушки – большую, охватывающую переднюю часть автомобиля (бампер, радиаторную решетку, фары и кромку капота) и маленькую, которая размещается у лобового стекла, защищая голову пешехода. Опасное приближение к пешеходам и животным распознаются специальными датчиками. Открываться эти подушки будут непосредственно перед столкновением.

### **Активные подголовники**

Человеческий организм является достаточно прочной конструкцией. Существует множество подтверждений этого, когда в самых страшных авариях и катастрофах люди выживали, и у них не было каких-либо существенных повреждений. Но есть и огромное количество свидетельств легкой уязвимости человеческого тела при самых незначительных происшествиях. В этом плане как вероятную неприятность, сопровождающую езду на автомобиле, стоит отметить возможность перелома шеи, происходящего при резком ударе, торможении или ускорении авто. Избежать такой травмы помогают активные подголовники, появляющиеся на многих автомобилях.



**Рис. 153 - Активные подголовники передних сидений**

Хотя подобные изделия относятся к пассивной безопасности, от этого их роль и значение в системе защиты водителя и пассажиров авто меньше не становится. Их назначение – исключение недопустимых нагрузок на позвоночник, его шейный отдел. Чаще всего подголовники, особенно передних сидений, выполняются как элемент конструкции, например, просто как их удлиненная спинка, которая ограничивает перемещение головы пассажира или водителя, тем самым предохраняя ее от повреждения.

В других случаях для этого используются небольшие подушечки, крепящиеся к торцам спинок сидений, которые можно перемещать вверх-вниз, подбирая наиболее удобное для конкретного человека положение. Даже в таком, несколько упрощенном виде, подголовники существенно улучшили защиту пассажиров как задних, так и передних сидений.

Впервые подобные элементы пассивной защиты как часть стандартной комплектации стал использовать Мерседес. Однако раз-

вите авто, повышение его динамических характеристик, возрастание общих требований по безопасности привело к тому, что появились активные подголовники.

*Активные передние подголовники – принцип действия*

Активные подголовники предназначены для повышения эффективности работы подобных устройств.



**Рис. 154 – Срабатывание активных подголовников с механически приводом**

С этой целью, чаще всего для передних сидений, устанавливаются активные подголовники. Их задача – как можно быстрее предоставить опору для головы, тем самым исключив ее неконтролируемое перемещение. Для этого такие устройства оснащаются приводами:

- механическим;
- электрическим.

При использовании механического привода в спинку сидений встраивается специальное устройство, воспринимающее перемещение спины человека, что вызывает движение защитной опоры по направлению к голове. Как только нагрузка на спинку снижается, она возвращается в первоначальное положение.

В тех случаях, когда используются электрические активные подголовники, требуется электронная система управления. В ее состав входит датчик удара, блок управления и сам привод. Датчик удара устанавливается сзади автомобиля, так как именно удар сзади наиболее часто приводит к повреждению позвоночника (его шейного отдела).

При срабатывании датчика в блок управления поступает сигнал, и тот подрывает пиропатрон, приводящий в действие механизм

привода передних подголовников, именно там обычно и располагается подобная система защиты.

Активные подголовники, установка которых возможна как на задних, так и передних местах, повышает безопасность водителя и пассажиров машины при различных ситуациях, и предоставляет дополнительную возможность избежать повреждений позвоночника.

### **Система ремней безопасности с натяжителями**

При скорости, например, 56 км/ч с момента столкновения с неподвижным препятствием до полной остановки автомобиля проходит около 150 миллисекунд. Водитель и пассажир автомобиля не успевают принять какие-либо меры за такой короткий промежуток времени. Они являются пассивным участником аварийной ситуации. За это мгновение должны активироваться:

- натяжители ремней безопасности
- подушки безопасности
- аварийный выключатель АКБ

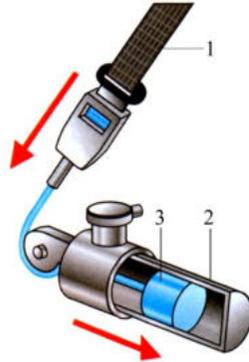
В условиях столкновения ремни безопасности должны демпфировать уровень энергии, который приблизительно равен кинетической энергии человека, падающего с высоты четвертого этажа многоэтажного здания.

Ввиду возможного ослабления ремня безопасности применяется натяжное устройство (натяжитель), которое компенсирует это ослабление.

Натяжитель ремня безопасности сматывает ремень безопасности при столкновении в обратном направлении. Это помогает уменьшить свободу прилегания ремня безопасности (зазор между ремнем безопасности и телом).

Таким образом, с помощью ремня безопасности заранее предотвращается перемещение пассажира вперёд (относительно движения автомобиля).

На автомобилях применяются, как натяжители диагональной ветви ремня безопасности, так и натяжители пряжечного типа. Применение обоих типов позволяет оптимально зафиксировать пассажира, так как в этом случае система оттягивает назад пряжку, таким образом, одновременно натягивая диагональную и поясную ветви ремня безопасности. На практике в основном устанавливаются натяжители первого типа.



**Рис. 155 -Пиротехнический натяжитель:**

*1 – ремень безопасности; 2 – пиротехнический патрон; 3 – поршень*

Натяжное устройство ремня безопасности улучшает степень натяжения и повышает защиту против выскальзывания из-под ремня. Это достигается за счет немедленного срабатывания натяжного устройства ремня безопасности во время первоначального удара. Максимальное перемещение водителя или пассажира в переднем направлении должно равняться приблизительно 1 см, а продолжительность процесса механического натяжения должно составлять 5 мс (максимальное значение – 12 мс). Кроме механических натяжных устройств в настоящее время многие производители оборудуют автомобили пиротехническими натяжителями.

Они срабатывают, когда встроенный в систему датчик, регистрирует превышение ранее заданного порога замедления, свидетельствующего о начале столкновения.

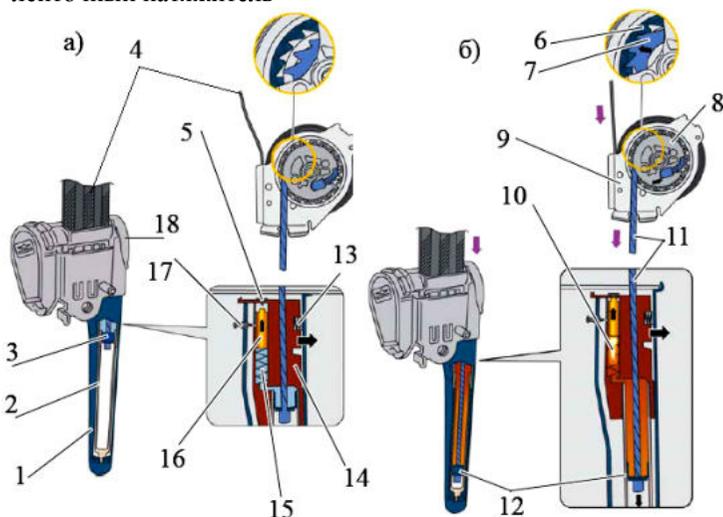
При этом включается детонатор пиротехнического патрона. При взрыве патрона выделяется газ, давление которого действует на поршень, соединенный с ремнем безопасности. Поршень быстро перемещается и натягивает ремень. Обычно время срабатывания устройства составляет не более 25 мс после начала удара.

Чтобы избежать превышения нагрузки на грудь, такие ремни имеют ограничители усилия натяжения. Ограничители работают следующим образом: вначале достигается максимум разрешенной нагрузки, после чего механическое устройство позволяет пассажиру продвинуться вперед на некоторое расстояние при поддержании нагрузки на постоянном уровне.

В зависимости от конструкции и принципа действия различают следующие типы натяжителей ремней безопасности:

- тросовый натяжитель ремня безопасности с механическим приводом

- шариковый натяжитель
- роторный натяжитель
- реечный натяжитель
- ленточный натяжитель



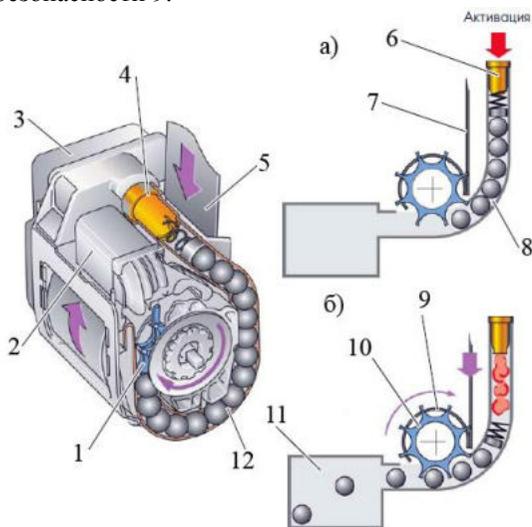
**Рис. 156 - Тросовый натяжитель:**

1 – защитная трубка; 2 – трубка; 3, 12 – поршень; 4 – ремень безопасности; 5 – отбойная пластина с ударным штифтом; 6 – зубчатое кольцо вала; 7 – зубчатый сегмент; 8 – барабан; 9, 18 – механизм смотки ремня безопасности; 10, 15 – ударная пружина; 11 – стальной трос; 13 – пружина датчика; 14 – кронштейн датчика; 16 – газогенератор; 17 – болт датчика; а – воспламенение; б – натяжение

Если замедление автомобиля при столкновении превышает определённое значение, то пружина датчика 13 начинает сжиматься под действием массы датчика. Масса датчика состоит из кронштейна датчика 14, газогенератора 16 с пиротехническим выталкивающим зарядом, ударной пружины 15, поршня 3 и трубки 2. Если кронштейн 14 переместился на расстояние, превышающее норму, газогене-

нератор 16, удерживаемый в состоянии покоя с помощью болта датчика 17, высвобождается в вертикальном направлении. Натянутая ударная пружина 10 выталкивает его по направлению ударного штифта в отбойной пластине. При столкновении газогенератора с ударным штифтом происходит воспламенение выталкивающего заряда газогенератора.

В этот момент газ выталкивается в трубку 2 и перемещает поршень 3 со стальным тросом 11 вниз. При первом движении троса, намотанного на муфту, зубчатый сегмент 7 сдвигается под действием силы ускорения радиально с барабана по направлению наружу и входит в зацепление с зубчатым кольцом вала 6 механизма смотки ремня безопасности 9.



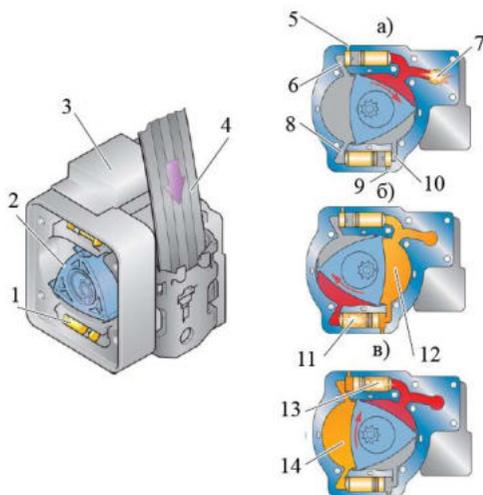
**Рис. 157 - Шариковый натяжитель ремня безопасности:**

1,10 – зубчатое колесо; 2, 11 – баллон для шариков; 3 – приводной механизм (механический или электрический); 4,6 – пиротехнический выталкивающий заряд; 5,7 – ремень безопасности; 8, 12 – трубка с шариками; 9 – механизм смотки ремня безопасности; а – воспламенение; б – натяжение

Шариковый натяжитель ремня безопасности приводится в действие шариками. Шарики помещены в трубку 8. При столкновении по сигналу блока управления подушек безопасности воспламеняется выталкивающий заряд 6. На натяжителях ремней безопасно-

сти с электроприводом активацию приводного механизма производит блок управления подушек безопасности. При воспламенении выталкивающего заряда расширяющиеся газы приводят в движение шарики и направляют их через зубчатое колесо 10 в баллон 10 для сбора шариков.

Так как катушка ремня безопасности прочно соединена с зубчатым колесом, то она вращается при помощи шариков и ремень втягивается.



**Рис. 158 - Роторный натяжитель ремня безопасности**

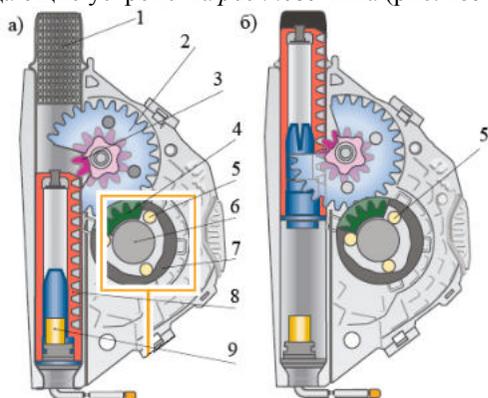
1 – пиропатрон; 2 – ротор; 3 – приводной механизм; 4 – ремень безопасности; 5,9 – выпускной канал; 6,8, 10 – перепускной клапан; 7 – срабатывание первого пиропатрона; 11 – срабатывание второго пиропатрона; 12 – камера 1; 13 – срабатывание третьего пиропатрона; 14 – камера 2

Первый пиропатрон активируется с помощью механического или электрического привода, при этом расширяющийся газ вращает ротор (рис. 158,а). Так как ротор соединён с валом ремня, то ремень безопасности начинает втягиваться.

По достижении определённого угла вращения ротор освобождает перепускной канал 10 ко второму патрону. Под действием рабочего давления в камере 1 воспламеняется второй патрон, благодаря этому ротор продолжает вращаться (рис. 158 б). Сгоревший газ из камеры 1 выходит через выпускной канал 9. При достижении второ-

го перепускного канала 8 происходит воспламенение третьего патрона под действием рабочего давления в камере 2 (рис. 158 в). Ротор продолжает вращаться и сгоревший газ из камеры 2 выходит через выпускной канал 5.

Для плавной передачи усилия на ремень применяются также различные передающие устройства *реечного* типа (рис. 159 б).



**Рис. 159 - Реечный преднатяжитель ремня безопасности:**

1 – демпфер; 2, 3, 4 – шестерни; 5 – ролик; 6 – торсионный вал; 7 – наружное кольцо обгонной муфты; 8 – поршень с зубчатой рейкой; 9 – пиропатрон; а – исходное положение; б – завершение натяжения ремня

Реечный преднатяжитель работает следующим образом. По сигналу блока управления подушками безопасности поджигается заряд пиропатрона. Под давлением образующихся при этом газов поршень с рейкой 8 перемещается вверх, вызывая вращение находящейся с ним в зацеплении шестерни 3. Вращение шестерни 3 передается на шестерни 2 и 4. Шестерня 2 жестко связана с наружным кольцом 7 обгонной муфты, передающей крутящий момент на торсионный вал 6. При повороте кольца 7 ролики 5 муфты заклиниваются между ним и торсионным валом. В результате вращения торсионного вала ремень безопасности натягивается. Натяжение ремня прекращается при достижении поршнем демпфера.

В более сложных системах пассивной безопасности кроме пиротехнический преднатяжителей ремня безопасности применяются реверсивный преднатяжитель ремня безопасности с блоком управ-

ления и адаптивный (отключаемый) ограничитель усилия натяжения ремня безопасности.

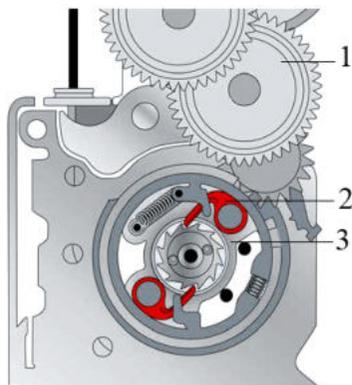
Каждый реверсивный преднатяжитель ремня безопасности контролируется отдельным блоком управления. В зависимости от команд, передаваемых по шине данных, блоки управления преднатяжителей ремней безопасности управляют подключенными исполнительными электродвигателями.

Реверсивные преднатяжители имеют три уровня усилия срабатывания:

1. малое усилие – выборка слабины ремня безопасности;
2. среднее усилие – частичное натяжение;
3. высокое усилие – полное натяжение.

Если блок управления подушек безопасности распознает легкое фронтальное столкновение, при котором срабатывания пиротехнического преднатяжителя ремня безопасности не требуется, он передает соответствующий сигнал, на блоки управления преднатяжителей ремней безопасности. Они дают команду на полное натяжение ремней безопасности исполнительными электродвигателями.

Вал электродвигателя (на рис. не показан) вращаясь, через зубчатую передачу приводит во вращение ведомый диск, который соединен с валом ремня безопасности двумя выдвижными крюками (рис. 160). Ремень безопасности наматывается на вал и натягивается.



**Рис. 160 - Ремень безопасности с реверсивным преднатяжителем:**

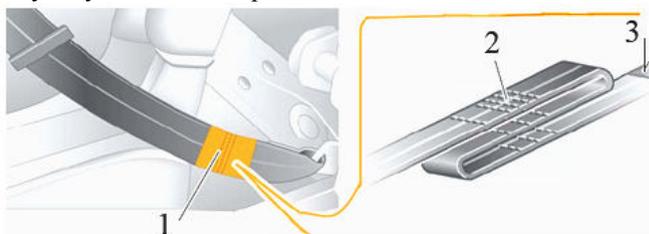
*1 – зубчатая передача; 2 – крюк; 3 – ведомый диск*

Если вал электродвигателя не вращается или слегка поворачивается в обратном направлении, крюки могут сложиться и освободить вал ремня безопасности.

Отключаемый ограничитель усилия натяжения ремня безопасности вступает в действие после срабатывания пиротехнических преднатяжителей. При этом стопорный механизм блокирует вал ремня, препятствуя сматыванию с него ремня под действием возможного воздействия инерции тел пассажиров и водителя.

**Ограничители усилия натяжения ремней безопасности.** Чтобы нагрузки, которые могут воздействовать на пассажиров при аварии, не были слишком большими, автоматические механизмы втягивания оснащены ограничителем усилия натяжения ремня безопасности. Ограничитель усилия натяжения ремня безопасности приотпускает при определённой нагрузке ремень безопасности, обеспечивая тем самым погружение пассажиров в уже раскрывшуюся подушку безопасности.

Самым простым техническим решением для ограничения усилия натяжения ремня безопасности является петлеобразно прошитый ремень безопасности (рис. 161). При слишком большом усилии натяжения ремня швы рвутся, и ремень безопасности становится длиннее. Он позволяет уменьшить усилие натяжения и снизить нагрузку, воздействующую на пассажиров.



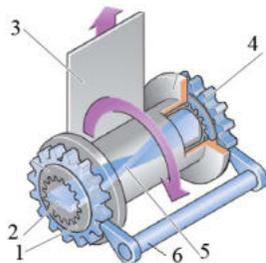
**Рис. 161 - Петлеобразный прошитый ремень безопасности:**  
*1 – прошитая зона ремня безопасности; 2 – швы; 3 – зажим ремня*

Более сложным является торсионный ограничитель усилия натяжения ремня безопасности (рис.). Таким ограничителем усилия натяжения ремня безопасности оснащаются шариковые, роторные, ленточные и реечные натяжители ремней безопасности.

С левой стороны катушка ремня безопасности 1, соединенная с торсионным валом 2, свободно вращается во внутреннем кольце

зубчатого колеса. С правой стороны зубчатое колесо 4 соединено с торсионным валом. Для фиксации ограничителя предусмотрен стопор 6.

Усилие натяжения ремня безопасности ограничивается торсионным валом в катушке ремня безопасности. В зависимости от усилия натяжения ремня безопасности торсионный вал скручивается на больший или меньший угол, уменьшая тем самым пиковые нагрузки.



**Рис. 162 - Торсионный ограничитель усилия натяжения ремня безопасности:**

*1 – катушка; 2 – торсионный вал 3 – ремень безопасности; 4 – зубчатое колесо; 5 – механизм смотки ремня; 6 – стопор*

В современных автомобилях применяется система предупреждения о необходимости пристегнуть передние ремни безопасности. После включения зажигания блок управления подушками безопасности анализирует показания датчика замка ремня безопасности водителя, а также показания датчика замка ремня безопасности переднего пассажира, совместно с показаниями датчика занятости переднего пассажирского сиденья. Занятость переднего места пассажира блок управления распознает на основании величины сопротивления датчика занятости сиденья. Если водитель или передний пассажир не пристегнули ремни безопасности, то в комбинации приборов засветится контрольная лампа, сигнализирующая о необходимости пристегнуть ремень безопасности, и одновременно раздастся акустический сигнал.

Многие производители применяют системы направленных на снижение нагрузок, действующих на пешехода при контакте с автомобилем. Последствия травм при наезде на пешеходов обеспечиваются «мягкий» бампер и «подпрыгивающий» капот (рис. 164). Такая система предусматривает датчик касания пешехода, проложенный

внутри пластикового бампера (поз.1). При наезде характер деформации датчика используется для выявления наезда на человека, чтобы избежать ложного срабатывания системы (поз. 2). Анализируя сигнал, блок управления дает команду на срабатывание двух пиропатронов, которые установлены по краям капота (поз. 3,4).

Срабатывая, пиропатроны поднимают заднюю кромку капота на 65 мм, увеличивая его прогиб и смягчая удар головы пешехода (поз. 5).



**Рис. 164 - Безопасный «подпрыгивающий» капот**

Система Pedestrian Airbag System – на сегодня самая совершенная и технически продуманная именно для тех случаев, когда столкновение с пешеходом угрожает его безопасности.

Система предназначена для случаев столкновения пешехода и автомобиля на скорости и может очень существенно снизить уровень травм человека и повреждения автомобиля.

Данная система, кроме электронных датчиков, включает защитные механизмы — подушки, надуваемые снаружи авто на уровне лобового стекла и боковых частей кузова. Электронная система обнаружения пешеходов с большим количеством датчиков и запрограммированных опций получила название Pedestrian Detection.

Система состоит из блока управления для защиты пешехода, датчиков столкновения (не менее 7 штук), установленных в бампере, подушки безопасности, механизмов освобождения шарнира на капоте.

Поступающие на датчики сигналы в постоянном режиме идут на модуль защиты, а в случае отслеживания столкновения автоматически определяется сила удара и блок управления, в соответствии с

рассчитанными данными, активизирует механизмы защиты – подушки безопасности по переднему краю автомобиля. Механизм освобождения имеет пиротехнический привод и крепится к капоту на шарнирах, таким образом, имеется возможность быстро и своевременно запустить подушки.

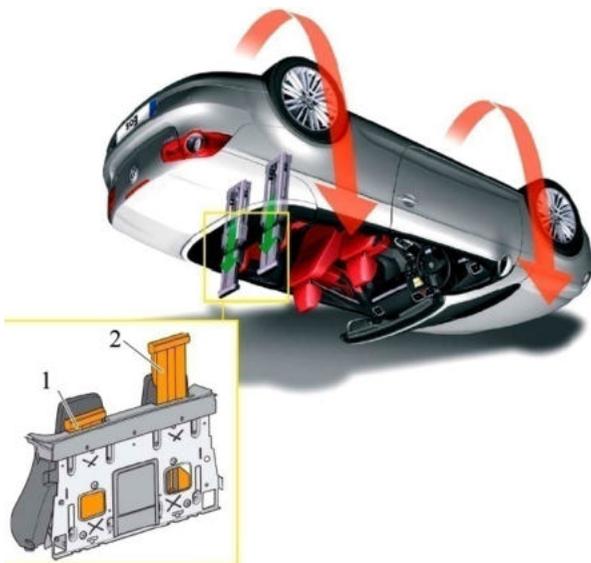


**Рис. 165 - Подушка безопасности пешехода**

Особенностями пассивной безопасности легковых автомобилей с кузовом кабриолет, у которого отсутствует крыша, является защита пассажиров при опрокидывании автомобиля. В таких автомобилях усилены стойки и двери. Кроме того за подголовниками задних сидений расположено по одному активному элементу безопасности. Вместе с усиленными стойками активные элементы обеспечивают защиту пространства для выживания при опрокидывании автомобиля (рис).

Механизм освобождения капота срабатывает от пиропатрона и подсоединяет твердотопливный газогенератор. Последний приводит в движение специальный поршень, который после срабатывания выбивает шарнир и освобождает крепление капота с боку лобового стекла.

Сама подушка вылетает из-под капота в том месте, где он переходит в лобовое стекло. Подушка состоит из традиционно используемой прочной ткани и запускающегося в нее воздуха баллонного газогенератора. Подушка при надувании приподнимает капот на 10-15 см. По результатам экспериментов при разработке системы защиты пешеходов компания Вольво выявила, что сам тот факт, что увеличивается расстояние, а значит, становятся несколько менее монолитными части авто, дает преимущество пешеходу при столкновении в устранении опасности сильного травмирования.



**Рис. 166 - Защита пассажиров при опрокидывании автомобиля на примере Volkswagen EOS:**

*1 – элемент безопасности в исходном положении; 2 – элемент безопасности после срабатывания*

В состоянии покоя электромагниты элемента безопасности обесточены и удерживают элементы с помощью фиксирующей планки во вдвинутом положении. Если блок управления подушек безопасности распознаёт столкновение или угрозу опрокидывания автомобиля, на электромагниты подаётся напряжение и они освобождают элементы безопасности. Находящиеся в сжатом состоянии пружины распрямляются и выдвигают элементы безопасности за 0,25 с.

Выдвинутые элементы безопасности можно разблокировать механически и вновь вернуть в исходное положение.

## **9 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПАРКОВКИ**

**Система автоматической парковки** (другое наименование - *интеллектуальная система помощи при парковке*, обиходное назва-

ние – *парковочный автопилот*) относится к активным парковочным системам, т.к. обеспечивает парковку автомобиля в автоматическом или автоматизированном (автоматически выполняются отдельные функции) режиме [4, 6-10].

**Эволюция парковочных систем:** от парктроники до систем автоматической парковки.

Процесс парковки и маневрирования в ограниченном пространстве сложен и для новичка, и для опытного водителя. Основная проблема паркования - невозможность с водительского места увидеть крайние точки автомобиля, и оценить, насколько далеко находятся препятствия. Наиболее остро эта проблема встала лет двадцать назад, когда машин становилось все больше, а мест для парковки - все меньше.

Первое практическое решение проблемы было представлено в 1995 году - тогда компания Mercedes-Benz представила систему под названием Parktronic. Это была система из нескольких ультразвуковых датчиков и индикатора – бипера. Работала такая система крайне просто: датчики измеряли расстояние до препятствий, а бипер изменением частоты звукового сигнала предупреждал, когда следует остановиться.

Данная система показала себя с самой лучшей стороны, хотя ей недоставало хорошей и удобной сигнализации о приближении к препятствию. Поэтому совсем скоро появились парктроники с визуальной светодиодной индикацией. Сначала эта индикация состояла из трех светодиодов, цвет которых говорил о примерном расстоянии до препятствия: зеленый - можно двигаться, желтый или оранжевый — опасность близко, красный - нужно остановиться.

Как показала практика, парктроники с ультразвуковыми датчиками и визуальной индикацией просты, удобны и надежны, поэтому и сегодня они имеют самое широкое применение. Хотя за последние годы они были усовершенствованы, стали более чувствительными и удобными. Что касается индикации, то и она стала более информативной - даже в простых парктрониках индикаторы показывают расстояние до препятствий справа и слева от автомобиля, во многих парктрониках на дисплее отображается все, что происходит по периметру автомобиля, и т.д.

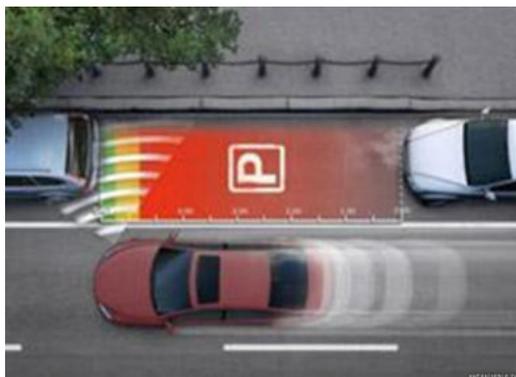
Однако парктроник даже с самой совершенной индикацией не всегда способен полностью заменить глаза водителя. Например, при парковке грузовика, автобуса или крупногабаритного автомобиля просто необходимо видеть, что происходит сзади, поэтому в таких

случаях парковка и маневрирование часто происходит с помощью ассистента.

Решение этой проблемы также было предложено в 1990-х годах, им стал парктроник с камерой заднего вида. Попытки создать подобную систему предлагались очень давно (с 1950-х годов), однако только недавно технологии позволили создать малогабаритную камеру, легкий монитор и электронику, которая без проблем поместилась бы в легковом автомобиле. Интересно, что первые парктроники с камерой заднего вида начали применяться именно на грузовиках и автобусах, и лишь с началом нового тысячелетия они плавно перекочевали на легковые автомобили.

Первые парктроники этого типа оснащались одной камерой, расположенной в задней части автомобиля - такие системы очень популярны и сейчас, так как они просты, надежны и дают достаточно информации водителю. В 2000 году появилась система с выдвинутой поворотной камерой, которая позволяла осматривать пространство вокруг автомобиля. А с 2007 года выпускаются системы кругового обзора (первая была создана компанией Nissan), в которых используется 4 широкоугольных камеры, охватывающие все пространство по периметру машины.

Но все это – пассивные системы парковки, они лишь помогают видеть и «чувствовать» пространство вокруг, но самую сложную работу - маневрирование - они оставляют водителю. Сейчас эта проблема решается системами автоматической парковки, которые всю работу - от поиска свободного пространства (рис.167), до постановки и выезда машины с парковочного места - выполняет без помощи водителя.



**Рис. 167 - Поиск места парковки**

Первые системы автоматической парковки были созданы в середине 2000-х годов сразу несколькими автомобильными компаниями, и с тех пор они стремительно развиваются, становятся все более интеллектуальными. Если первые системы могли лишь въехать в достаточно просторный карман, то сегодня они могут припарковать машину практически в любом месте, независимо от того, как стоят другие автомобили.

На сегодняшний день системы автоматической парковки еще не получили того распространения, что имеют обычные парктроники, хотя причина понятна - такого рода системы довольно дорогие, поэтому в качестве опций или штатных систем входят только в автомобили ценовой категории выше средней.

#### **Виды и способы парковки.**

Различные системы автоматической парковки помогают при выполнении параллельной парковки, перпендикулярной парковки. Больше распространены системы с параллельной парковкой. Автоматическая парковка осуществляется за счет согласованного управления углом поворота рулевого колеса и скорости движения автомобиля.

Известные виды интеллектуальных систем помощи при парковке:

**Park Assist** на автомобилях Volkswagen;

**Park Assist Vision** на автомобилях Volkswagen;

**Intelligent Parking Assist System** на автомобилях Toyota, Lexus;

**Remote Park Assist System** на автомобилях BMW;

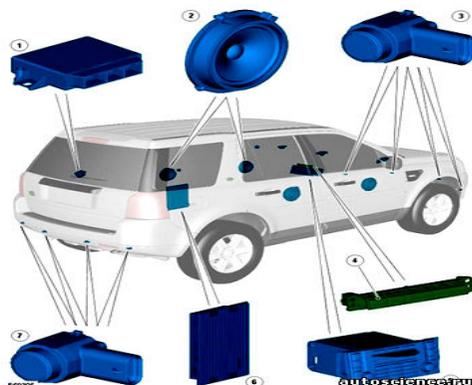
**Active Park Assist** на автомобилях Mercedes-Benz, Ford;

**Advanced Park Assist** на автомобилях Opel.

#### **Конструкция.**

Конструкция системы автоматической парковки (рис. 168) включает ультразвуковые датчики, выключатель, электронный блок управления, а также исполнительные устройства систем автомобиля.

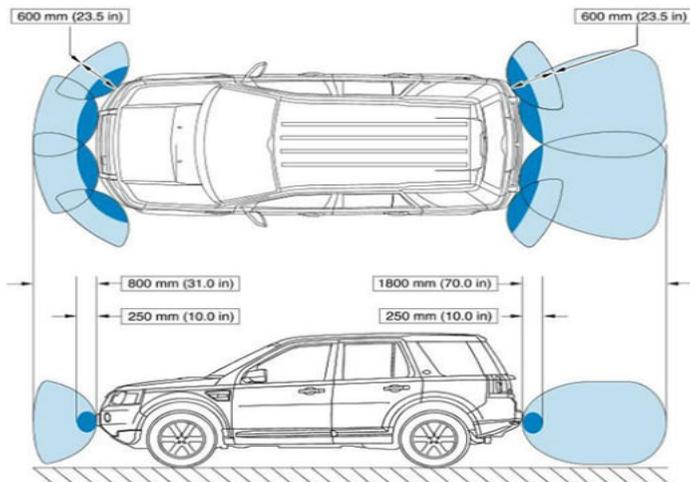
В интеллектуальной системе помощи при парковке используются ультразвуковые датчики, аналогичные пассивной парковочной системе (рис. 169), но имеющие большую дальность действия (до 4,5 м). Количество датчиков в зависимости от разновидности системы различается. Например в системе Park Assist последнего поколения устанавливается 12 ультразвуковых датчиков: 4 – впереди, 4 сзади и 4 по бокам автомобиля.



**Рис. 168 - Конструкция системы автоматической парковки:**

**ки:**

*1 – модуль системы помощи при парковке; 2 – передний и задний динамик; 3 – передний датчик системы помощи при парковке; 4 – выключатель системы помощи при парковке; 5 – интегрированный модуль управления (ICM); 6 – усилитель мощности; 7 – задний датчик системы помощи при парковке*



**Рис. 169 - Пассивная парковочная система**

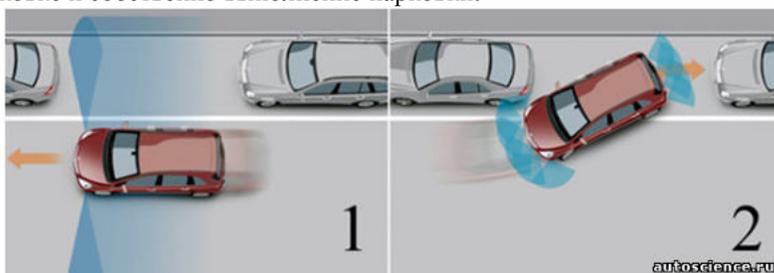
Включение системы осуществляется принудительно при необходимости осуществить парковку. Для этого на панели приборов (рулевом колесе) имеется специальный выключатель.

Электронный блок управления принимает сигналы от ультразвуковых датчиков и преобразует их в управляющие воздействия на исполнительные устройства, в качестве которых выступают другие системы автомобиля: курсовой устойчивости, управления двигателем, электроусилитель рулевого управления, автоматическая коробка передач. Взаимодействие с указанными системами осуществляется через соответствующие электронные блоки управления.

Необходимая для автоматической парковки информация выводится на информационный дисплей и используется водителем в процессе парковки.

#### **Этапы системы автоматической парковки.**

Работу системы автоматической парковки условно можно разделить на два этапа (рис. 170): поиск подходящего места на парковке и собственно выполнение парковки.



**Рис. 170 - Этапы автоматической парковки**

#### **Поиск подходящего места на парковке.**

Производится с помощью ультразвуковых датчиков (рис. 171).



**Рис. 171 - Поиск подходящего места парковки**

Например, в конструкции системы Park Assist для этой цели предусмотрено четыре боковых ультразвуковых датчика - по два с каждой стороны автомобиля. При движении автомобиля вдоль ряда припаркованных машин с определенной скоростью (до 40 км/ч при параллельной парковке и до 20 км/ч при поперечной парковке) датчики фиксируют расстояние между ними, а в системе Park Assist Vision – и их положение относительно транспортного средства (параллельно или перпендикулярно).

Сигналы датчиков обрабатываются электронным блоком управления. Если расстояние для парковки достаточное, система подает сигнал водителю - выводит на информационный дисплей автомобиля соответствующую информацию. В системе Park Assist за достаточное для парковки расстояние принимается расстояние, превышающее длину автомобиля на 0,8 м, в системе Advanced Park Assist – на 1 м.

#### **Парковка транспортного средства.**

Может осуществляться двумя способами – непосредственно водителем с помощью предлагаемых системой инструкций или автоматически без участия водителя (рис. 172).



**Рис. 172 - Парковка транспортного средства**

Визуальные и тестовые инструкции водителю выводятся на информационный дисплей. Они касаются рекомендаций по повороту рулевого колеса на определенный угол и направлению движения. Такой способ автоматизированной парковки используется в системе Advanced Park Assist.

#### **Исполнительные элементы задействованные в автоматической парковке.**

Автоматическая парковка производится путем упорядоченного воздействия на исполнительные механизмы систем автомобиля:

- электродвигатель электрического усилителя рулевого управления;
- насос обратной подачи и клапаны тормозных механизмов системы курсовой устойчивости;
- электродвигатель дроссельной заслонки системы управления двигателем;
- электромагнитные клапаны автоматической коробки передач.

С целью безопасности движения работу системы всегда можно перевести из автоматического режима в ручной режим. В последних конструкциях системы автоматическая парковка может производиться при нахождении водителя как в автомобиле, так и за его пределами – с ключа.

#### **Принцип работы, передача данных, обработка сигналов.**

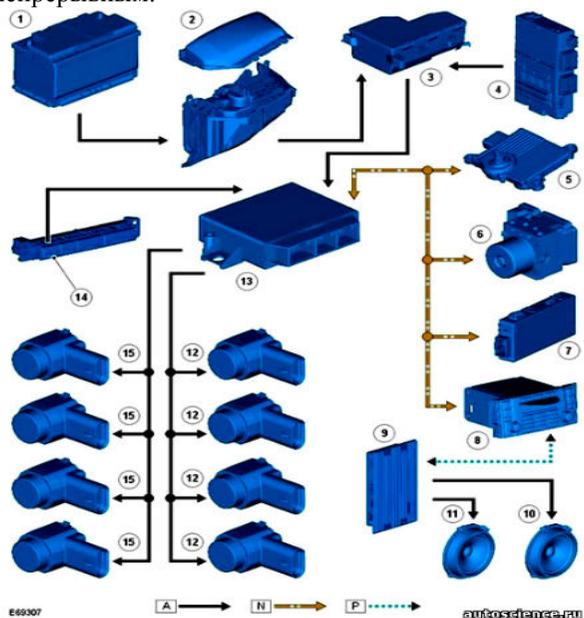
Когда модуль системы помощи при парковке активирует систему, чтобы указать, что система работает, светодиод выключателя включается и исходит одиночный звуковой сигнал от передних и задних динамиков. Модуль системы помощи при парковке обрабатывает сигналы, полученные от датчиков, чтобы определить, имеется ли какой-либо предмет в пределах радиуса действия датчиков.

В комбинированном режиме датчики выдают серию ультразвуковых импульсов и после этого переходят в режим приема отраженного от препятствия звука в пределах радиуса действия. Принятые отраженные сигналы усиливаются и в самом датчике преобразуются из аналоговой формы в цифровую. Цифровой сигнал проходит к модулю системы помощи при парковке и сравнивается с запрограммированными данными, находящимися в EEPROM модуля. Модуль управления получает эти данные от датчика по линии передачи сигнала и вычисляет расстояние до препятствия по промежутку времени между облучением препятствия и приемом отраженного сигнала. Продолжительность импульса определяется модулем, который с помощью датчика контролирует частоту выходного импульса.

В режиме приемника датчик принимает импульсы, излучаемые соседними датчиками. Модуль управления использует эту информацию для точного определения положения и расстояния до препятствия.

Если никакие препятствия не обнаружены, дополнительные сигналы предупреждения отсутствуют. Если обнаружено препятствие, из соответствующих передних или задних динамиков исходят повторные звуковые сигналы. Интервал подачи сигналов уменьша-

ется по мере уменьшения расстояния между препятствием и автомобилем. На расстоянии приблизительно 250 мм звуковой сигнал становится непрерывным.



**Рис. 173 - Блоки управления и компоненты:**

*A – постоянное проводное соединение; N – Среднескоростная шина CAN; P – Оптоволоконная шина MOST. 1 – Аккумулятор; 2 – Электрораспределительная коробка; 3 – Вспомогательная электрораспределительная коробка; 4 – Центральная электрораспределительная коробка (CJB) ; 5 – Модуль управления коробкой передач (TCM) ; 6 – Модуль антиблокировочной системы (ABS); 7 – Модуль прицепа; 8 – Интегрированный модуль управления (ICM) ; 9 – Усилитель мощности; 10 – Передние динамики аудиосистемы; 11 – Задние динамики аудиосистемы; 12 – Задний датчик системы помощи при парковке; 13 – Модуль системы помощи при парковке; 14 – Выключатель системы помощи при парковке; 15 – Передний датчик системы помощи при парковке.*

Если после первичного обнаружения препятствия расстояние между ним и автомобилем не уменьшается, характер звучания предупреждающего сигнала остается неизменным, если препятствие

обнаружено центральным датчиком, или сигнал прекращает звучание через 3 секунды, если препятствие обнаруживается угловым датчиком.

Звуковые сигналы прекращаются, если автомобиль выводится из положения передачи заднего хода. Модуль продолжает контролировать расстояние и возобновляет подачу предупреждающих сигналов, если обнаруживается уменьшение расстояния.

Работа системы отменяется, когда нажимается выключатель системы помощи при парковке нажат или выключается зажигание. Работа системы также отменяется, если автомобиль перемещается больше чем на 50 м или скорость движения автомобиля вперед превышает 30 км/ч. Система может обнаружить подсоединение прицепа к автомобилю с помощью сообщения по среднескоростной шине CAN от модуля прицепа. Когда модуль системы помощи при парковке обнаруживает подсоединение прицепа к автомобилю, задние датчики отключаются, чтобы предотвратить постоянную выдачу предупреждений вследствие близости прицепа. Модуль системы помощи при парковке также содержит программное обеспечение, которое компенсирует влияние мороза, обледенения или дождя на датчики. Компенсация обледенения происходит, если значение наружной температуры, полученное в сообщении по среднескоростной шине CAN от щитка приборов, меньше 6°C.

#### **Особенности и недостатки системы:**

- низкая скорость выполнения маневров. Система выполняет все действия и маневры медленно, на минимальной скорости, поэтому автоматическая парковка может занять больше времени, чем ручная;

- ошибки системы при определении препятствий. Довольно часто автоматика не распознает бордюры, сугробы, столбики и другие препятствия, что приводит к неприятным последствиям;

- некорректная работа системы из-за погодных условий и факторов окружающей среды. Причиной ошибок могут служить загрязненные датчики, сильный снегопад или дождь, о чем всегда нужно помнить.

## **10 СИСТЕМА УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС**

**4WS («4 WHEEL STEER»)** – 4 управляемых колеса. Специальные рулевые механизмы встроены в заднюю подвеску, с помощью которых и поворачиваются колеса. Управление осуществляется

специальным электронным блоком на основе данных о скорости, угле поворота руля и колес и т.д., полученных от датчиков автомобиля. Работа системы осуществляется в двух режимах: При малой скорости задние колеса поворачиваются в противоположном направлении от передних колес, и при выполнении маневра руль вращается на меньший угол. То есть увеличивается чувствительность рулевого управления и автомобиль становится более маневренным. При большой скорости движения при перестроении или быстром вираже задние колеса поворачиваются в ту же сторону только на небольшой угол, что и передние колеса.

Устойчивость и управляемость автомобиля при поворотах во многом зависит от направления следования задней оси по колее передней. Это необходимо для уменьшения угла поворота автомобиля и износа его шин. Применение управляемой задней оси позволяет уменьшать поперечные ускорения при повороте автомобиля, что повышает его устойчивость. Системы управления всеми четырьмя колесами значительно улучшают маневрирование автомобилем:

- Во-первых – повышается чувствительность автомобиля к повороту рулевого колеса. Ведь при тихой езде по городским улочкам лучше иметь «острое» рулевое управление, чтобы не вращать рулевое колесо на несколько оборотов при каждом маневре. На автострате же «острые» рулевое управление может вызвать проблемы – автомобиль будет слишком резко реагировать даже на небольшие подруливания.

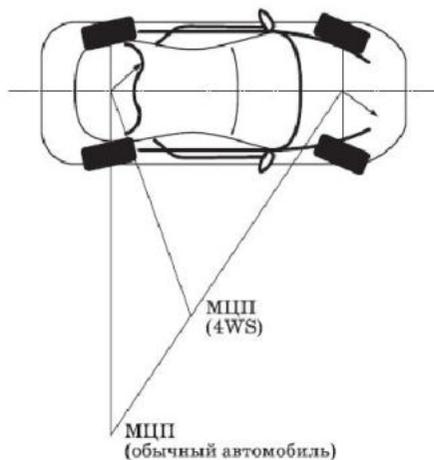
- Во вторых – улучшить маневренность автомобиля при парковке или развороте в стесненных городских условиях, то есть уменьшить радиус поворота.

- И в третьих – повысить курсовую устойчивость при резких маневрах на высокой скорости.

Поворот задних колес в ту же сторону, что и передних, позволяет сохранить направление и скорость движения центра масс автомобиля, но значительно увеличить мгновенный радиус поворота. При этом уменьшаются действующие на автомобиль боковые силы и, как следствие, повышается курсовая устойчивость.

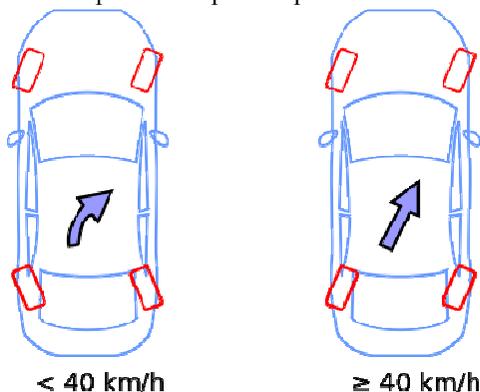
При движении на малой скорости задние колеса поворачиваются в противофазе с передними, и мгновенный радиус поворота уменьшается, а при движении на большой скорости в быстром вираже или при перестроении из ряда в ряд на автострате, задние колеса, наоборот, будут поворачиваться на небольшой угол в ту же сторону, что и передние. К примеру, автомобиль, совершая маневр на авто-

страде, будет словно не поворачивать, а переходить из ряда в ряд параллельно полосам разметки. Автомобиль при этом будет двигаться по дуге меньшей кривизны и большего радиуса.



**Рис. 174 - Радиус поворота обычного автомобиля (МЦП – мгновенный центр поворота) и автомобиля со всеми управляемыми колесами (4WS)**

Разные фирмы использовали разные схемы 4WS с различной настройкой на углы поворота и скорости срабатывания:



**Рис. 175 - Поворот колес в зависимости от скорости движения автомобиля**

Момент, поворачивающий автомобиль вокруг вертикальной оси, будет меньше – стало быть, уменьшится и риск потери курсовой устойчивости и развития заноса задней оси.

До 1992 года Honda использовала механическую систему привода 4WS. Справа: кинематическая схема согласующего механизма поворота задних колес купе Honda Prelude образца 1987 года.

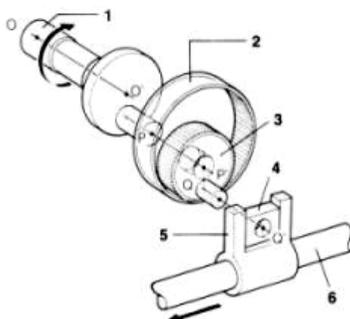
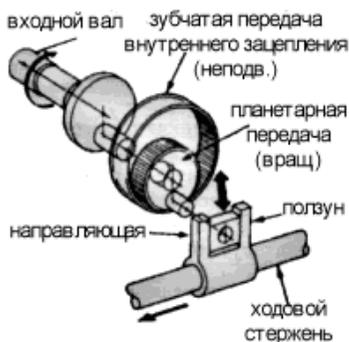
**Механизм управления поворотом передних колес**

**Рулевое колесо**

**Центральный рулевой вал**

**Механизм управления поворотом задних колес**

information-technology.ru



**Рис. 176 - Механическая система привода:**

1 - входной вал и диск с эксцентриком; 2 - планетарная передача с внутренним зацеплением; 3 - шестерня внутреннего зацепления с выходным эксцентриковым валом; 4 - скользящий вкладыш; 5 - направляющая; 6 - рулевые тяги.



**Рис. 177 - Изменение положения задних колес в зависимости от угла поворота передних колес**

При поворачивании рулевого колеса взаимодействие рейки и червяка в переднем рулевом картере приводит к перемещению рейки в требуемом направлении, а также вращает выходной червячный вал. Центральный вал проворачивается, сообщая угол поворота в задний

картер, благодаря чему перемещается ходовой стержень. Этот стержень соединен с задними соединительными тягами, которые поворачивают задние колеса.

В заднем картере входной вал вращает сателлит планетарной передачи по неподвижно установленной зубчатой передаче внутреннего зацепления. При повороте планетарного механизма его вертикальное движение "поглощается" ползуном и направляющей, и только боковое, или поперечное, движение передается ходовому стержню. Действие планетарного механизма перемещает ходовой стержень полностью в одну сторону, затем вытягивает его обратно, после чего полностью перемещает в противоположную сторону.

Приблизительно до 127 градусов поворота рулевого колеса задние колеса поворачиваются в том же направлении, что и передние, то есть, все влево или все вправо. С увеличением угла поворота рулевого колеса задние колеса возвращаются к центру, а затем поворачиваются в сторону, противоположную направлению поворота передних колес.

Таким образом, достигается повышенная маневренность как при движении с высокой скоростью (перестроении из одного ряда в другой и другие повороты на небольшой угол), так и с низкой скоростью, но большим углом поворота (например, парковка автомобиля).

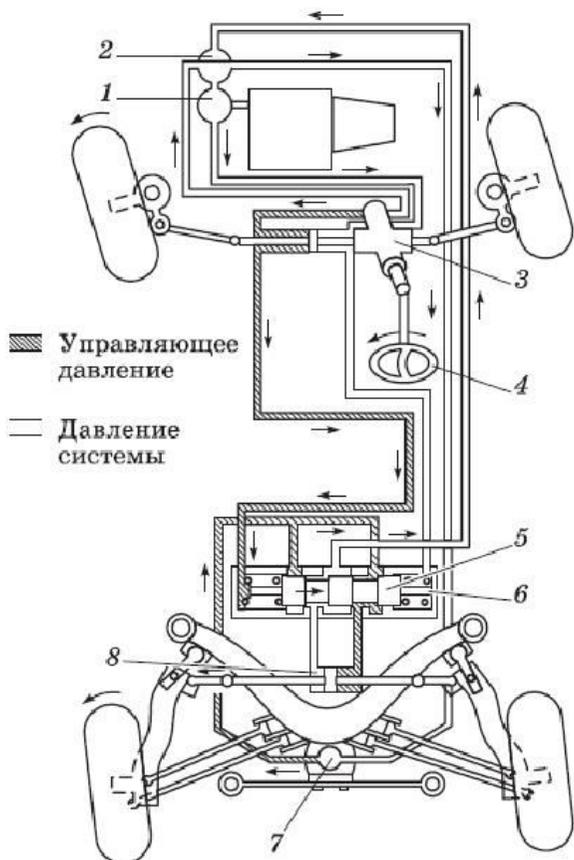
При повороте рулевого колеса задние колеса сначала поворачиваются в пределах 1,7 градуса в том же направлении, что и передние колеса. Продолжение поворота рулевого колеса полностью меняет направление поворота задних колес (см. диаграмму слева).

Система Honda была не только простой и недорогой, весила всего 15 кг, однако ее эффективность и точность в работе были далеки от идеала.

Начиная с 1992 года, Honda заменила механическую систему 4WS электрогидравлической. Задние колеса в ней поворачиваются с помощью специального рулевого механизма с электроприводом, встроенного в довольно сложную заднюю подвеску. А управляет им специальный электронный блок, который получает от нескольких датчиков информацию о скорости автомобиля, об угле поворота руля, передних и задних колес и т.д.

В связи с этим некоторые производители вносят в конструкцию автомобиля управление задней осью. Одной из первых такую конструкцию механического управления задней осью представила фирма Мицубиси (рис. 178).

В общую систему управления автомобилями входят рулевой механизм с гидроусилителем (силовым цилиндром) управления передней осью 3, масляный насос 1, масляный насос управления задней осью 7, гидрораспределитель управления задней осью с золотником 5 и редукционным клапаном 6, силового цилиндра управления задней осью 8, рулевых тяг поворота передней и задней осью.



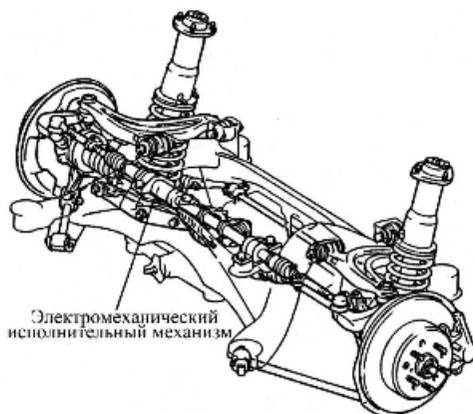
**Рис. 178 - Механическое управление задней осью:**

1 – масляный насос; 2 – ресивер; 3 – рулевой механизм с гидроусилителем; 4 – рулевое колесо; 5 – золотник; 6 – редукционный клапан; 7 – масляный насос задней оси; 8 – силовой цилиндр

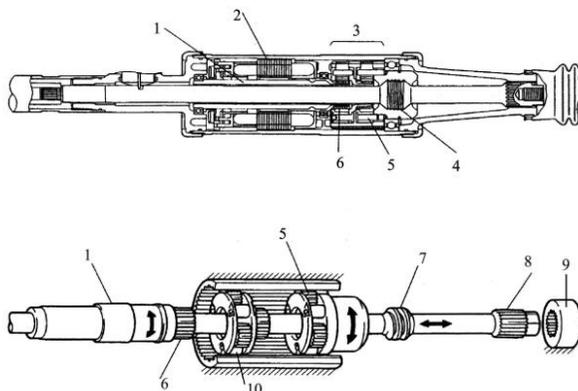
При повороте передних колес управляющее давление силового цилиндра передних колес передается в силовой цилиндр задних колес. При этом учитывается давление в системе, скорость поворота и уровень боковой нагрузки передней оси. Управляющее давление воздействует на золотник гидрораспределителя задней оси. В зависимости от воздействующего давления золотник передвигаясь открывает на определенную величину масляные каналы, по которым рабочая жидкость подается в силовой цилиндр управления задней осью. Поршень силового цилиндра, передвигаясь, воздействует на рулевые тяги задней оси, поворачивающие на необходимый угол заднюю ось.

По мере развития электронных систем управления их стали применять и в управлении задней оси (4WS). Примером может служить электронно управляемая задняя ось автомобиля Тойота Аристо, которая в 1991 году сменила механическую, общий вид которой показан на рисунке 148, а схема исполнительного механизма на рисунке 149. Подобная система применяется также и в автомобилях БМВ.

Задние колеса здесь поворачиваются с помощью специально рулевого механизма с электроприводом, встроенного в довольно сложную заднюю подвеску. А управляет им специальный электронный блок, который получает от нескольких датчиков информацию о скорости автомобиля, об угле поворота руля, передних и задних колес и т. д.



**Рис. 179 - Общий вид управляемой задней осью с электро-механическим исполнительным механизмом**



**Рис. 180 - Электромеханический исполнительный механизм поворота задней оси:**

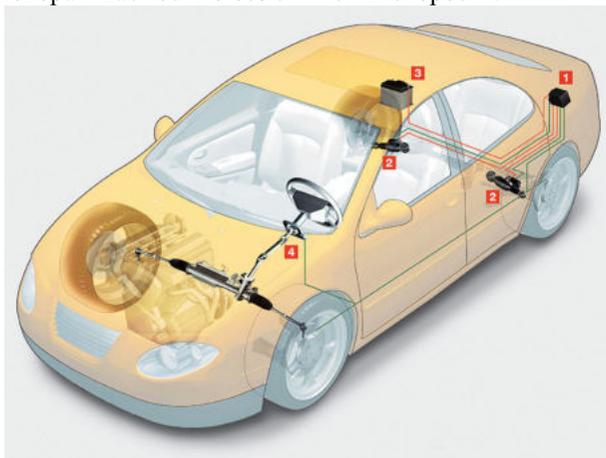
*1 – ротор (пустотелый вал); 2 – статор; 3 – планетарная коробка передач; 4 – гайка шпинделя; 5 – сателлит; 6 – солнечная шестерня; 7 – шпиндель (винт); 8 – шлицевая часть вала шпинделя; 9 – предохранитель от прокручивания шпинделя; 10 – водило планетарной передачи*

Исполнительный механизм состоит из электродвигателя (статора и ротора), планетарной передачи и вала шпинделя воздействующего на рулевые тяги задней оси. Управление электродвигателем осуществляется от электронного блока управления, воспринимающего сигналы от различных датчиков рулевого управления. В зависимости от величины и времени подачи напряжения на электродвигатель изменяется скорость и время вращения ротора электродвигателя. Для увеличения крутящего момента и толкающих сил шпинделя в исполнительном механизме применяется планетарная передача.

При подаче напряжения на электродвигатель пустотелый вал ротора 1 начинает вращаться. На валу ротора имеется солнечная шестерня 6, которая через сателлиты 5 и водило 10 планетарной передачи приводит во вращения связанную с ним гайку шпинделя 4. Вал шпинделя, установленный внутри пустотелого вала ротора через винт 7 начинает совершать возвратно-поступательные движения, воздействуя на рулевые тяги задней оси. Для исключения прокручивания вала шпинделя предусмотрен специальный предохранитель 9.

Работает система 4WS в двух режимах. На малой скорости задние колеса поворачиваются в сторону, противоположную передним, и при маневре той же кривизны рулевое колесо нужно будет вращать на меньший угол. Это повышает чувствительность рулевого управления и автомобиль становится более маневренным. К примеру, при развороте передние колеса будут вывернуты до упора влево, а задние – вправо на угол до восьми градусов. Радиус разворота при этом уменьшится на 15% по сравнению с обычным автомобилем и составит всего 4,7 метра.

Компания Delphi (США) в 2004-м году разработала систему Active Rear Steering (ARS). Суть данной системы — удерживать машину на курсе не подтормаживанием колес, как это делают нынешние системы ESP и курсовой устойчивости, а с помощью активного подруливания задних колес, управления избыточной или недостаточной поворачиваемостью без снижения скорости.



**Рис. 181 - Система управления изменением длиной рычагов подвески:**

*1 - блок управления, 2 - электрические исполнительные механизмы, 3 - аккумуляторная батарея, 4 - датчик угла поворота руля*

Работая вместе с АБС, система ARS может стабилизировать автомобиль при торможении на «миксте» — покрытии с неравномерным коэффициентом сцепления. И, естественно, задние управляемые колеса помогут повысить маневренность в городских условиях или сделать более безопасным движение с тяжелым прицепом.

Минусом системы ARS, как и у ее предшественников, является наличие отдельной рулевой рейки — т.е., по сути, второго рулевого механизма.

Концерн Continental (Германия) в рамках проекта Global Chassis Control (GCC) для управления задними колесами предлагает варьировать длиной рычагов подвески с помощью компактных исполнительных механизмов с электро- или гидроприводами (рис. 150). В первом случае электропривод регулирует длину тяг, а во втором - встроенный в шарнир гидроцилиндр изменяет положение рычага относительно кузова. Таким образом, для каждой конкретной ситуации подбираются оптимальные углы установки колес, причем правое и левое колеса управляются независимо друг от друга.

В начале 21 века технология 4WS на моделях компании была сменена технологией ATTS.

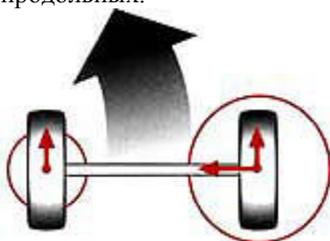
В настоящее время перспективные разработки в направлении 4WS сосредоточены на повышении не маневренности автомобиля, а его устойчивости.

Система ATTS (Active Torque Transfer System — система активного распределения крутящего момента), которую хондовцы тоже применяют для улучшения управляемости, работает по совершенно другому принципу. Сначала фирма использовала этот механизм в межосевых дифференциалах своих полноприводных автомобилей для распределения крутящего момента между ведущими мостами. А теперь приспособила его для легкового автомобиля с приводом на одну ось. Зачем? Для этого сначала объясним принцип ее действия.

Представим себе переднеприводный автомобиль, который проходит под тягой крутой поворот. Что происходит с передними колесами в пятне контакта с дорогой? Главными здесь являются две силы - "тяговая", которая ускоряет машину, и боковая, которая заставляет машину поворачивать. Обе они "опираются" на силу трения, возникающую в пятне контакта. А та, в свою очередь, ограничена лимитированными сцепными свойствами шины и покрытия.

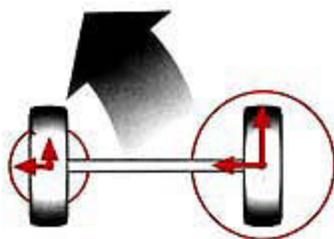
Теперь присмотримся к внутреннему по отношению к центру поворота колесу. Из-за действия центробежной силы оно оказывается разгруженным, то есть в худших условиях по сцеплению с дорогой. Соответственно, уменьшится и та суммарная сила, сложенная из тяговой и боковой, которую может воспринять колесо, и поэтому оно в меньшей степени будет способно ускорять и поворачивать автомобиль. Вот если бы часть тяги перебросить на наружное по от-

ношению к центру поворота колесо... Ведь именно оно при маневре оказывается более нагруженным и поэтому может воспринять больше сил — и боковых, и продольных.



*Передняя ось обычного автомобиля: при ускорении в повороте разгруженное колесо (слева) с меньшими возможностями по восприятию сил в пятне контакта (кружок меньшего диаметра) не реализует боковую составляющую*

*а*



*б*

*С системой ATTS: тяговая сила на разгруженном колесе стала меньше, и за счет этого появилась возможность реализовать поперечную силу. А увеличившаяся тяга на нагруженном колесе дополнительно "тащит" автомобиль в поворот*

**Рис. 182 - распределение тяговой силы ATTS по колесам типового автомобиля (а) и автомобиля с системой ATTS (б)**

Именно это и делает система ATTS. Она перераспределяет крутящий момент между ведущими колесами, убирая излишек тяговой силы с внутреннего колеса и перебрасывая его на более нагруженное внешнее. В результате у малонагруженной внутренней шины, освобожденной от излишка тяги, появляется больше возможностей для реализации боковой силы, так необходимой в повороте. Появляется дополнительный момент, который стремится переместить автомобиль в сторону поворота.

Задачу перераспределения крутящего момента выполняет сложный механизм с планетарными передачами и двумя многодисковыми пакетами фрикционов мокрого типа, как в гидромеханических коробках передач. Смонтирован исполнительный механизм системы ATTS после дифференциала коробки передач и размещен в цилиндрическом корпусе между полуосями передних колес.

Когда автомобиль едет прямо, фрикционы разомкнуты и планетарные шестерни системы вращаются вхолостую - поровну распределяя идущий от двигателя крутящий момент между ведущими колесами.

При повороте руля и по команде от блока управления один из фрикционов с помощью гидравлического исполнительного устройства частично или полностью блокируется. При этом на одно из колес перебрасывается до 80 % крутящего момента с противоположно-го колеса.

Работой системы управляет электронный блок, анализирующий сигналы от нескольких датчиков. Его процессор всегда знает, с какой скоростью движется автомобиль, какова тяговая сила двигателя (то есть его обороты и степень открытия дроссельной заслонки), на какой угол повернуто рулевое колесо. А чтобы учесть действующие на автомобиль боковые силы, электроника системы ATTS использует информацию еще от двух датчиков. Один оценивает поперечное ускорение, а второй отслеживает угловую скорость вращения автомобиля вокруг вертикальной оси.

В результате система ATTS должна помочь автомобилю лучше держать дорогу и уменьшить свойственную переднеприводным автомобилям недостаточную поворачиваемость, когда машина стремится уйти наружу поворота, заставляя водителя компенсировать это доворотом руля. Автомобиль с системой ATTS обеспечивает на 10...30 % меньшего угла поворота руля, чем обычно.

### **SH-AWD (Super Handling-All Wheel Drive).**

SH-AWD - это система постоянного полного привода, которую компания Honda описывает как "систему привода, обеспечивающую тягу в поворотах, отличную устойчивость и точную реакцию на действия водителя".

Система SH-AWD была создана в 2004 году под руководством Ясуuji Шибаката, который ранее разработал полный привод на Nissan Skyline GT-R, работая тогда на Nissan, а еще раньше - систему ATTS, которая устанавливалась на спортивное переднеприводное

купе Honda Prelude. SH-AWD можно считать эволюционным развитием ATTS.

Изначально, Honda представила систему ATTS (Active Torque Transfer System, активная система передачи крутящего момента) в 1997 году в модели Honda Prelude Type SH, но эта система была полноприводной. Затем, к концу 2000 года была разработана система VTM-4 (Variable Torque Management 4WD, полноприводная система управления тягой), которая была установлена на Acura MDX 2001 модельного года, а затем на Honda Pilot SUV 2002 года.

Отличие системы VTM-4 от остальных систем полного привода - она разработана с учетом совершенно другой концепции. Пробуксовка одного из колес считается не возможным, а вероятным явлением и система пытается всеми силами предотвратить потерю управления и курсовую устойчивость, управляя крутящим моментом, а не просто обеспечивая статичную тягу без учета текущей ситуации.

VTM-4 состоит из компьютерного модуля, работающего с "мокрым" сцеплением на задней оси, которые работают в паре с передним приводом и перераспределяет крутящий момент с передней на заднюю ось с учетом дорожных условий.

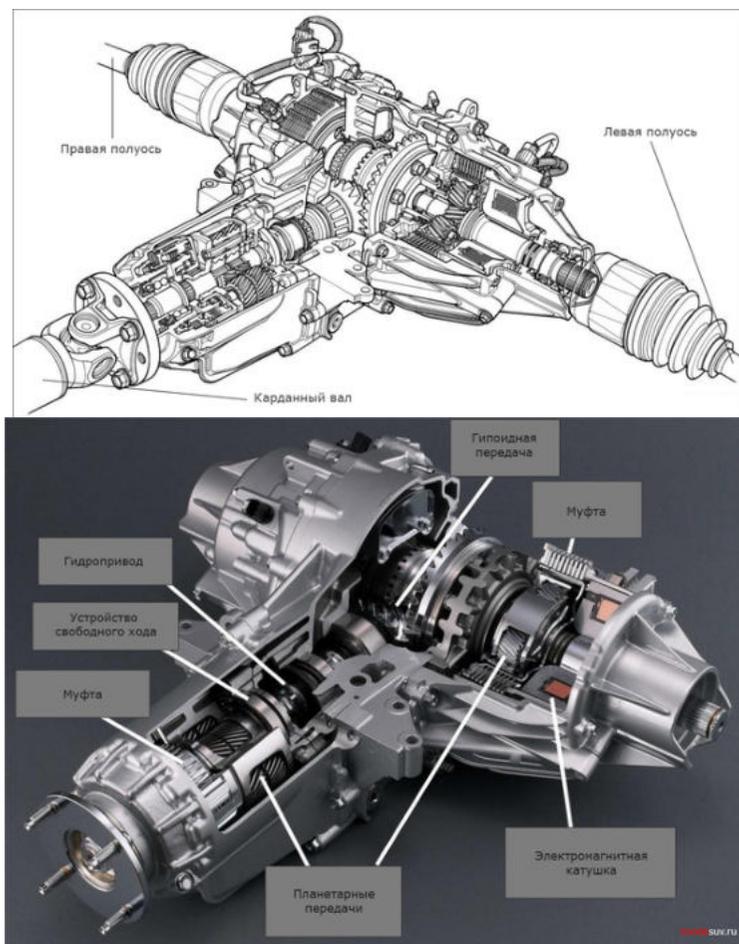
В условиях сухого покрытия, машина ведет себя как переднеприводная. На влажном, снежном покрытии или в грязи, система старается минимизировать пробуксовки и подключает заднюю ось, если передняя начинает проскальзывать, распределяя момент пропорционально пробуксовке. При этом, у системы есть специальный режим принудительной блокировки, который позволяет выехать глубокой грязи или снега. Этот режим автоматически включается на низких скоростях и работает вплоть до 30 км\ч (18 миль\ч), когда тяга с задней оси полностью снимается.

ATTS, в свою очередь, распределяет крутящий момент между колесами на одной оси, повышая управляемость и минимизируя пробуксовки. Система SH-AWD же является комбинацией двух этих технологий - распределения момента между осями и на внутри одной оси.

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО

Крутящий момент передается от переднего моста через карданный вал, выполненный из легких и высокопрочных материалов, который в свою очередь соединен с ускорительным устройством заднего дифференциала, которое позволяет задним колесам вращать со скоростью до 5,7 % превышающей скорость вращения передних

колес. Ранее это было особенностью привода, устанавливаемого на Asura RL, но с 2010 года этой возможностью обладают все версии. Затем через планетарные передачи момент передается на гипоидную передачу, вращающую выходной вал под углом 90° для привода соответствующих полуосей (левая и правая).



**Рис. 183 - Устройство системы VTM-4**

На каждой полуоси располагаются электромагнитные муфты, которые и передают момент на задние колеса. С помощью этих муфт

момент распределяется между осями в диапазоне от 30 % до 70 %, в зависимости от ситуации. Кроме этого, электромагнитные муфты позволяют распределять момент не только между осями, но между каждым из задних колес. Таким образом, при входе в поворот при увеличении подачи топлива, внешнее заднее колесо получит до 100 % крутящего момента от общего, подаваемого на заднюю ось. Это позволит избавиться от недостаточной поворачиваемости. Муфты приводятся в действие электромагнитной катушкой, посредством подачи на последнюю электрического тока. Причем, чем ток больше, тем сильнее давление на муфту и тем меньше скорость вращения солнечной шестерни в планетарной передаче, которая и осуществляет подачу момента на соответствующее заднее колесо.

Электронный блок управления (ECU) SH-AWD объединен с ECU Двигателя и ECU системы стабилизации VSA. Блок управления двигателем сообщает следующие данные - величину оборотов двигателя, давление во впускном коллекторе и передаточное отношение в трансмиссии, а ECU VSA – данные, полученные датчиком скорости вращения колеса, угла поворота руля, а также величину ускорения и отклонения от курса. Тем самым, взаимодействуя между собой, полученные данные позволяют системе SH-AWD регулировать момент на каждой из муфт, т.е. распределять момент на каждое колесо, так как требует этого ситуация.

#### РЕЖИМЫ РАБОТЫ

В зависимости от модели автомобиля, система имеет разные настройки. Для Асуга RL они следующие:

- во время движения в половину газа по прямой и в пологих поворотах до 70 % крутящего момента двигателя поступает на передние колеса;

- в режиме полной подачи топлива при движении по прямой, до 40 % мощности передается на заднюю ось;

- в крутых поворотах в режиме разгона до 70 % крутящего момента подаются на задние колеса для улучшения баланса шасси. При этом до 100 % этого момента может подаваться к внешнему заднему колесу, причем ускорительное устройство может увеличить скорость вращения еще до 5,7 процентов, т.е. если система SH-AWD поймет, что возникает недостаточная поворачиваемость и автомобиль стремится “наружу” поворота, то с помощью 2 планетарных передач она еще сильнее раскрутит заднее внешнее колесо, тем самым восстановив нейтральный баланс шасси на выходе. Таким образом, отключив систему курсовой стабилизации VSA сильно закла-

дывая в поворот под полным газом можно получить даже избыточную поворачиваемость, как бы имитируя повадки заднеприводного автомобиля;

Схема расположения ЭБУ и датчиков в автомобиле с SH-AWD

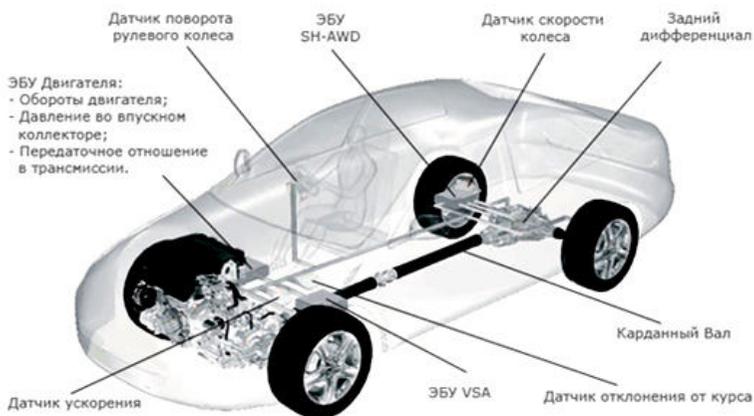


Рис. 184 - Компоновка электронной системы автомобиля с системой SH-AWD

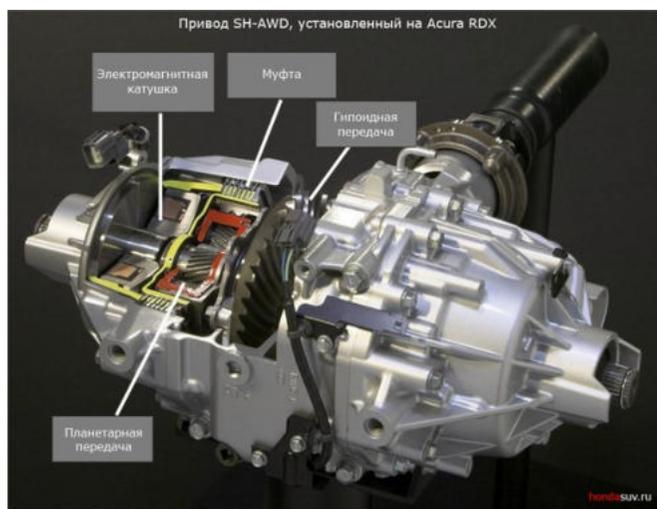


Рис. 185 - Схема привода SH-AWD

- на скользком покрытии каждое колесо получает равное значение крутящего момента, т.е на каждое колесо приходится по 25 %;
- SH-AWD функционирует на всех передачах, включая заднюю.

В разное время система комбинировалась с пятикоростной автоматической коробкой передач, а с 2010 - с шестиступенчатой автоматической. В 2011 году, на Tokyo Motor Show, Honda объявила о новой версии SH-AWD в рамках концепции "Earth Dreams Technology".

## 11 КРУИЗ-КОНТРОЛЬ

Круиз-контроль представляет собой электронную систему, которая автоматически регулирует скорость автомобиля без участия водителя. То есть система круиз-контроля позволяет водителю убрать ногу с педали газа. Это самое простое объяснение, которое в принципе подходит к описанию классической системы круиз-контроля. Но в наши дни многие автопроизводители с каждым годом добавляют в автомобили все более продвинутые системы круиз-контроля, которые делают процесс управления автомобилем проще и безопаснее.

Также многие современные системы круиз-контроля в настоящий момент превратились в промежуточный этап перехода автопромышленности к полностью автономным автомобилям, который в будущем будут способны полностью обходиться без водителя.

Когда круиз-контроль был прерогативой только автомобилей высокого класса. Так что еще 20 лет назад узнать, что же такое круиз-контроль мог только владелец дорогостоящего роскошного автомобиля. Сегодня же когда себестоимость этой технологии существенно подешевела, автопроизводители начали оснащать круиз-контролем даже автомобили эконом-класса.

Сегодня мы можем получить круиз-контроль даже в самых дешевых малолитражных микроавтомобилях. Еще 10 лет назад это казалось фантастикой.

Главным отличием классического круиз-контроля от современных систем автоматического поддержания заданной скорости движения машины, является электронная система АСС, которая означает адаптивный круиз-контроль. Эти системы позволяют автомобилю самостоятельно без участия водителя поддерживать на только определенную скорость движения машины, но и поддерживать ее в

соответствии с дорожным движением, автоматически снижая скорость в случае опасности столкновения с другими транспортными средствами на дороге.

Также в некоторых дорогих автомобилях технологии адаптивного круиз-контроля продвинулись еще дальше. Например, некоторые автопроизводители оснащают свою продукцию полуавтоматическим автопилотом, который включается при активировании опции адаптивного круиз-контроля. В итоге автомобиля не только автоматически поддерживает скорость движения и следит за дистанцией между другими транспортными средствами на дороге, но автономно по сути управляет автомобилем (например, плавно поворачивает или поддерживает курс автомобиля в полосе).

### **История круиз-контроля**

История круиз-контроля уходит далеко в 17 и 18 век, когда инженеры изобрели систему контроля скорости для паровых машин. Эти механические системы в последующем были адаптированы в некоторые первые модели автомобилей в начале 20-го века. Но в реальности обычный для нашего понимания круиз-контроль появился только после 1940-х годов.

Первым автомобилем оснащенным круиз-контролем был Imperial 1958 года выпуска, который выпускало люксовое подразделение компании Крайслер. Система называлась "Автопилот" и представляла собой механическое решение. Выглядело это так: приборная панель была оснащена механическим диском, на котором была нанесена шкала скорости. Водитель, который хотел включить механические круиз-контроль должен был выбрать на круглом циферблате желаемую скорость движения, повернув диск, который был соединен с карданным валом. Также с поворотом диска выбора скорости включался электрический мотор, который автоматически регулировал положение дроссельной заслонки, благодаря чему и поддерживалась необходимая скорость движения автомобиля.

Американская компания American Motors в 1965 году выпустила бюджетную версию системы круиз-контроля для своих автомобилей. Но затем во время нефтяного кризиса в 1973 году интерес к системе круиз-контроля пропал. Но затем начиная с конца 80-х годов популярность круиз-контроля начала расти. В итоге сегодня большинство современных автомобилей могут быть оснащены круиз-контролем.

Изначально популярность круиз-контроля наблюдалась в США. Это было связано с тем, что традиционно в Америки больше

всего любят автомобили с автоматической коробкой передач, любят длинные путешествия по стране, а также в связи с огромной сетью скоростных шоссе.

Например, популярность круиз-контроля в Европе пришла намного позже по сравнению с США.

Но тем не менее что в Европе, что и в США сначала круиз-контроль появился на люкс автомобилях, но затем система круиз-контроля начала свой путь к обычным автомобилям.

Первый же адаптивный круиз-контроль (ACC) появился в начале 1990-х годов в Японии. Хотя первое поколение адаптивных систем круиз-контроля только предупреждала водителей об опасности и советовала водителю снизить скорость, нажав педаль тормоза, при включенном круиз-контроле.

Только спустя несколько лет в автопромышленности начали появляться адаптивные системы круиз-контроля, которые регулировали в автономном режиме не только дроссельную заслонку, но и тормоза автомобиля.

Первый же полноценный круиз-контроль появился на Mercedes S-класса в 1999 году, которая называлась "Дистроник". Эта система не только контролировала дроссель, но и была способна контролировать тормоза, поддерживая заданную дистанцию до впереди идущего автомобиля.

С тех пор автопроизводители начали массово использовать адаптивный круиз-контроль (ACC). В итоге систему ACC сегодня можно встретить на всех без исключения автомобилях, начиная от мини автомобилей и хэтчбеков и заканчивая кроссоверами и спортивными автомобилями.

Стоит отметить, что в связи с ростом автомобильного трафика на дорогах всего мира, делает адаптивный круиз-контроль более полезной функцией, по сравнению со стандартным круизом, так как адаптивная опция позволяет автомобилю не только поддерживать заданную водителем скорость движения, но автоматически поддерживать безопасную дистанцию до впереди идущих транспортных средств.

Современные системы круиз-контроля интегрированы в электронику автомобиля и часто устанавливаются на транспортные средства в сочетании с дополнительными технологиями. Например, с системой предупреждения проезда перекрестков и переулков, системой контроля слепых зон или системой экстренного аварийного торможения в случае опасности на дороге.

Со стандартной системой круиз-контроля водителю для поддержания скорости необходимо с помощью переключателя установить нужную скорость движения и затем нажать кнопку либо на рулевом колесе, либо рычаг на рулевой колонке. В итоге электроника машины запомнит установленную скорость и будет автоматически с помощью контроля дроссельной заслонки поддерживать заданную скорость движения автомобиля.

На некоторых автомобилях можно регулировать скорость с помощью кнопки и тогда машина будет автоматически изменять свою скорость.

На автомобиле оборудованным адаптивным круиз-контролем (ACC), вы можете увеличивать или уменьшать заданную скорость прямо во время движения и автомобиль будет разгоняться или замедляться до установленной скорости.

Также система адаптивного круиз-контроля использует радиолокационные или лазерные датчики для поддержания заданного расстояния до автомобилей, идущих впереди. Также с помощью этих же сенсоров адаптивная система может как увеличивать так уменьшать расстояние до впереди идущих автомобиле по мере необходимости.

Для отключения круиз-контроля нужно просто нажать кнопку, и вы восстановите ваш контроль над дроссельной заслонкой с помощью педали газа. Стоит отметить главную особенность всех видов круиз-контроля что при нажатии педали тормоза водителем система поддержания скорости движения автоматически выключается. Это сделано для безопасности.

На автомобилях с механической коробкой передач при нажатии педали сцепления также круиз-контроль в целях безопасности деактивируется. Правда подобным образом не все машины ведут себя так. Все зависит от марки и модели.

Большинство автомобилей оснащенные системами круиз-контроля имеют функцию памяти. Это означает, что, выставив определенную скорость поддержания движения, в последующем эта настройка остается в памяти системы и вам не придется устанавливать скорость заново. Это касается и в том случае если круиз-контроль отключился в связи с нажатием педали газа или сцепления.

На более ранних системах круиз-контроля система включается только при скорости не ниже 30-50 км/ч. Стоит отметить, что некоторые производители автомобилей до сих пор поддерживают подобное ограничение.

В большинстве современных автомобилей круиз-контроль можно включить даже при движении на минимальной скорости. Это сделано для того чтобы современный адаптивный круиз-контроль мог работать вместе с системой старт/стоп, которая отключает автоматически двигатель при остановках машины.

### **Типы систем круиз-контроля**

Существует четыре типа круиз-контроля, начиная от самой простой системы, которая может поддерживать только установленную скорость движения и заканчивая более сложной системой, умеющая автоматически менять полосу движения машины.

#### **Ограничитель скорости**

Эта система в машине выполняет роль обычного ограничителя максимальной скорости. Например, в некоторых странах на многих коммерческих автомобилях установлено ограничение скорости в 110 км/ч. Машина при достижении ограниченной максимальной скорости просто перестает разгоняться. Как правило система не предупреждает водителя о достижении ограниченной скорости.

**Преимущества:** Помогает придерживаться ограничения скорости, позволяет экономить топливо и не нарушать ПДД.

**Недостатки:** Водитель должен продолжать использовать дроссель для поддержания скорости.

#### **Круиз-контроль**

Стандартный круиз-контроль позволяет фиксировать выбранную скорость и поддерживать ее без участия водителя. Не может поддерживать безопасную дистанцию до других автомобилей, поэтому водитель должен самостоятельно нажимать педаль тормоза, чтобы избежать столкновения.

**Преимущества:** Помогает снять напряжение и усталость водителя при длительных поездках. Экономия топлива.

**Недостатки:** Водитель должен контролировать дистанцию на дороге и в случае необходимости снизить скорость машины. Также обычный круиз-контроль в основном можно использовать только на скоростных шоссе с плотным потоком машин.

#### **Адаптивный круиз-контроль**

Эта система с помощью радаров или лазера может не только поддерживать заданную водителем скорость движения, но и автоматически контролирует дистанцию до впереди идущих автомашин, при необходимости снижая скорость, чтобы избежать сближения с транспортными средствами.

Водитель при включенном адаптивном круиз-контроле может в любой момент самостоятельно использовать педаль тормоза.

**Преимущества:** Система регулирует скорость в зависимости от трафика на дороге, и самостоятельно принимает решение о безопасной дистанции, автоматически притормаживая автомобиль в случае сокращения выбранной дистанции, что способствует существенной экономии топлива.

**Недостатки:** К сожалению датчики адаптивного круиз-контроля не совершенны и могут не видеть препятствия на дороге в плохую погоду. Также электроника может срабатывать не эффективно. Например, автомобиль может с запозданием реагировать на внезапное замедление движения. Поэтому при включенном адаптивном круиз-контроле дистанция до впереди идущего автомобиля должна быть достаточно большая, а скорость соответствовать потоку машин.

### **Полуавтономный круиз-контроль**

Это второй уровень развития адаптивного круиз-контроля, в результате которого некоторые автомобили получают по сути полуавтоматический автопилот.

В отличие от первого поколения адаптивного круиз-контроля второе поколение системы способно контролировать не только заданную скорость движения и обеспечивать в автоматическом режиме определенную дистанцию до других транспортных средств, но и может самостоятельно вмешиваться в рулевое управление автомобиля. Тем не менее говорить о том, что в современных автомобилях появился настоящий автопилот нельзя. Поэтому система и называется полуавтоматический автопилот.

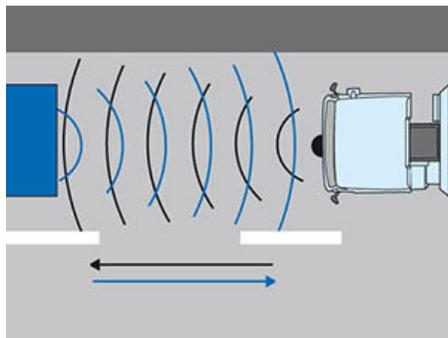
Дело в том, что несмотря на возможность управлять автомобилем без участия водителя большинство систем не видит все автомобили вокруг себя, а также не полностью контролирует местность по которой движется машина. Так что, если машина оснащена полуавтоматическим автопилотом все равно водителю необходимо постоянно контролировать ситуацию на дороге и в случае опасности вмешиваться в рулевое управление. Полуавтоматические системы автономного вождения, встречаемые в некоторых современных автомобилях, могут различаться по сложности и по алгоритму своей работы. Например, полуавтопилот может помогать водителю менять полосы движения, контролировать движение в заданной полосе, регулировать скорость машина в соответствии с данными GPS/Глонасс и даже распознавать дорожные знаки.

**Преимущества:** Может облегчить водителю управление автомобилем и реально помогает отдохнуть за рулем. Особенно во время долгого движения в пробке. Также существенно снижает расход топлива автомобиля.

**Недостатки:** Датчики должны быть всегда очищены от снега, грязи, пыли и песка, что в обычных дорожных условиях не всегда возможно. Так что для эффективной работы полуавтоматических систем адаптивного круиз-контроля водитель должен постоянно очищать все сенсоры и датчики. Также подобные системы снижают концентрацию водителя за рулем, что не способствует увеличению безопасности на дороге. Ведь все-таки это не полный автопилот и водитель должен быстро суметь в случае опасности или экстренной ситуации на дороге принять управление на себя.

Круиз-контроль может устанавливаться на автомобилях с любым типом коробки передач: и на автоматы, и на механику.

Как и в парковочном радаре, работа системы круиз-контроля базируется на информации, получаемой от ультразвукового датчика радара, который, как правило, устанавливается в переднем бампере или за радиаторной решеткой автомобиля. Отраженный от идущего впереди транспортного средства ультразвуковой сигнал воспринимается датчиком и интерпретируется блоком управления как препятствие.



**Рис. 186 - Принцип работы круиз-контроля**

Радиус действия радарного датчика составляет несколько сотен метров, а угол охвата у большинства моделей темпомата ограничен несколькими градусами. Прибор определяет дистанцию и скорость автомобилей, движущихся впереди по той же полосе.

Стратегия сближения вырабатывается блоком управления темпомата на основе показаний датчика с учетом собственной траектории движения машины, скорости и действий водителя и в соответствии с ней устройство регулирует крутящий момент двигателя и систему управления торможением (постоянный и рабочий тормоз). Активно регулируя скорость, ускорение и торможение автомобиля, система тем самым контролирует расстояние до движущегося впереди автомобиля.

В некоторых типах устройства, например, в круиз-контроле для VM W3 производства Bosch, информация с радара о транспортных средствах, находящихся в зоне 200 метров вокруг машины передается в блок управления системой. АСС вычисляет скорость и определяет расстояние до каждого из них. Причем такой темпомат, взаимодействуя с системой стабилизации движения ESP, способен выделять важные для наблюдения объекты. Устройство может обрабатывать информацию о нескольких транспортных средствах одновременно.

В общих чертах оборудование работает так: постоянно сканируя пространство до нескольких сот метров перед автомобилем при помощи радара, блок управления получает информацию о препятствиях впереди - расстоянии и скоростном режиме их движения. На этой основе и с учетом собственной скорости движения система выбирает стратегию сближения, посылая соответствующие команды двигателю, обуславливая изменение крутящего момента, и системе управления торможением. Таким образом, регулируя скорость, ускорение и торможение автомобиля, устройство контролирует скорость движения вашей машины и дистанцию с впереди идущим транспортным средством. В случае слишком быстрого сближения система предупредит Вас звуковым и световым сигналами для принятия Вами экстренных мер.

#### **Ограничения системы адаптивного круиз-контроля**

Система адаптивного круиз-контроля предназначена только для усиленного контроля скорости в определенных ограниченных условиях. На следующей иллюстрации показаны ситуации, в которых система адаптивного круиз-контроля может тормозить с запозданием или неожиданно. В этих ситуациях требуется вмешательство водителя.

На подъезде к изгибу дороги или на съезде с него преследуемый автомобиль может быть потерян, а также может быть захвачена новая цель при изменении углового расположения впереди идущего транспорта относительно блока управления адаптивным круиз-

контролем. Если на прямом участке дороги автомобиль, движущийся в режиме поддержания дистанции, теряет цель, то система разгоняет автомобиль до ранее заданной скорости. Это ускорение нежелательно на повороте и на въезде в поворот, когда впереди идущий автомобиль внезапно исчезает из поля зрения; в этой ситуации система запрещает возвращение к заданной скорости



**Рис. 187 - Схема работы полуавтоматического круиз-контроля**

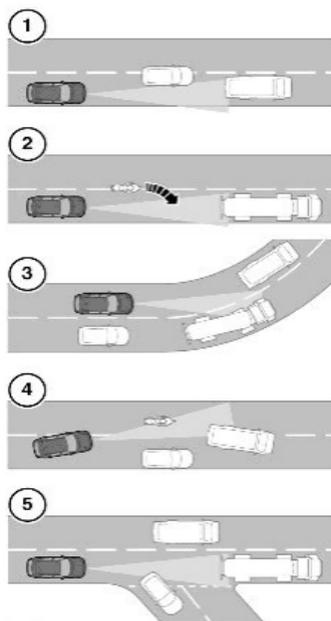
### **Режим поддержания дистанции**

Заданная скорость выбирается и поддерживается до тех пор, пока впереди на дороге не окажется автомобиль, скорость которого ниже. Когда впереди идущий автомобиль попадает в диапазон действия радиолокатора ASCM, система распознает его как цель следования. Чтобы указать на то, что система работает в режиме поддержания дистанции, на щитке приборов (IC) загорается сигнализатор режима поддержания дистанции, а на информационной панели отображается текущий временной интервал. Когда расстояние между двумя автомобилями сокращается до величины, соответствующей заданному временному интервалу, система адаптивного круиз-контроля снижает частоту вращения двигателя и, если необходимо, включает тормоза для поддержания этого интервала.

### **Сигнализатор режима соблюдения дистанции**

Давление автоматического торможения ограничено примерно 30 % от полного давления (замедление 0,3 g) и предназначено для мягкого, постепенного замедления в режиме поддержания дистан-

ции. Режим соблюдения дистанции поддержания дистанции является по сути замкнутой системой.



**Рис. 188 - Ситуации, когда водитель должен вмешиваться в работу системы адаптивного круиз- контроля**

*1 - при движении по полосе, отличной от полосы движения впереди идущего автомобиля; 2 - автомобили, перестраивающиеся на эту же полосу, определяются только после того, как полностью окажутся на этой полосе; 3 - на поворотах могут возникать проблемы с обнаружением автомобилей впереди при входе в поворот и выходе из него; 4 - объезд неподвижного автомобиля может вызвать неопределенность в отношении того, за каким автомобилем необходимо следовать; 5 - автомобиль впереди, съезжающий с вашей полосы движения, может вызвать неопределенность в отношении того, за каким автомобилем необходимо следовать*

Если впереди движется несколько автомобилей, в качестве цели следования выбирается ближайший из них. Если преследуемый автомобиль выходит из диапазона действия радиолокатора ASCM или если какой-либо автомобиль меняет полосу движения, система

выходит из режима поддержания дистанции и гасит сигнализатор режима соблюдения дистанции. Затем система адаптивного круиз-контроля увеличивает скорость автомобиля до первоначально установленной скорости.

### **Функция Queue Assist**

При включенном адаптивном круиз-контроле, если преследуемый автомобиль останавливается, блок ASCM снижает частоту оборотов двигателя, включает тормоза для остановки автомобиля и приостанавливает работу круиз-контроля. Блок ASCM также применяет электрический стояночный тормоз (EPB) в следующих случаях:

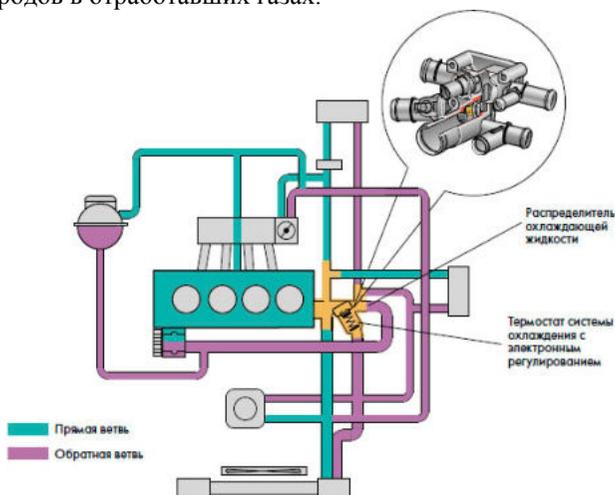
- адаптивный круиз-контроль выключен с помощью переключателя CAN;
- автомобиль находится без движения более 2 минут;
- обнаружено, что водитель покинул автомобиль;
- обнаружена неисправность в системе.

Когда преследуемый автомобиль отъезжает, нажатие педали акселератора в течение минимум 0,5 секунды возобновляет работу круиз-контроля. В этом случае автомобиль с радиолокатором следует за преследуемым автомобилем в режиме поддержания дистанции, пока он снова не остановится, или, если он больше не может обнаружить цель следования, вновь ускоряется до установленной скорости. Предупреждение о препятствиях впереди Если впереди на небольшом расстоянии обнаруживается объект, со щитка приборов (IC) раздается предупреждающий звуковой сигнал, и на информационной панели появляется сообщение. Тормозная система не включается. Система предупреждения о препятствии впереди действует, когда на IC горит сигнализатор. Предупреждение о препятствии впереди не инициирует никаких действий, при появлении на информационной панели сообщения водитель должен самостоятельно принять необходимые меры. Система контролирует действия водителя и может не включить предупреждающее сообщение, если соответствующее действие (например, торможение, поворот руля или включение индикаторов) было выполнено заблаговременно. Чувствительность предупреждений можно изменять переключателями увеличения и уменьшения дистанции, когда адаптивная система круиз-контроля выключена. Подтверждение изменения дистанции отображается на информационной панели.

## 12 СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ С ЭЛЕКТРОННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ

Благодаря обеспечению оптимальной температуры охлаждающей жидкости в зависимости от постоянно меняющейся нагрузки двигателя новая система имеет следующие преимущества:

- уменьшение расхода топлива при частичной нагрузке двигателя;
- уменьшение содержания окиси углерода и несгоревших углеводородов в отработавших газах.



**Рис. 189 - Устройство системы охлаждения с электронным регулированием**

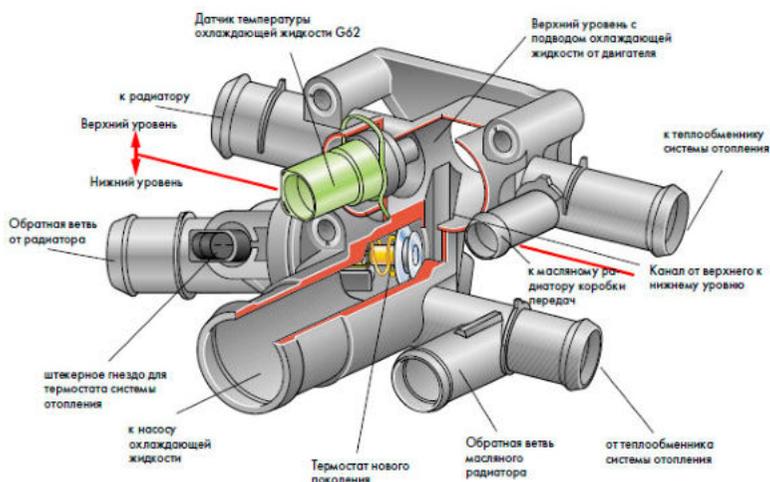
Создание системы охлаждения двигателя с электронным регулированием имело целью оптимизировать температуру охлаждающей жидкости в соответствии с нагрузкой двигателя. В соответствии с программой оптимизации, заложенной в память блока управления двигателем, посредством действия термостата и вентиляторов достигается требуемая рабочая температура двигателя. Таким образом, температура охлаждающей жидкости приведена в соответствие с нагрузкой двигателя.

Необходимые конструктивные изменения современных систем охлаждения:

- размеры изменений минимальны;
- распределитель и термостат представляют собой единый конструктивный узел;
- отпадает необходимость нахождения термостата в блоке цилиндров;
- в блок управления двигателем дополнительно закладывается программа оптимизации температуры охлаждающей жидкости.

Основным элементом системы охлаждения с электронным регулированием является распределитель охлаждающей жидкости (рис. 190).

Распределитель размещен вместо подсоединительных штуцеров у головки блока цилиндров. В нем существует два уровня. Через верхний уровень охлаждающая жидкость поступает в отдельные устройства системы охлаждения. Исключение составляет подвод жидкости к насосу системы охлаждения. На нижнем уровне происходит поступление



**Рис. 190 - Распределитель охлаждающей жидкости**

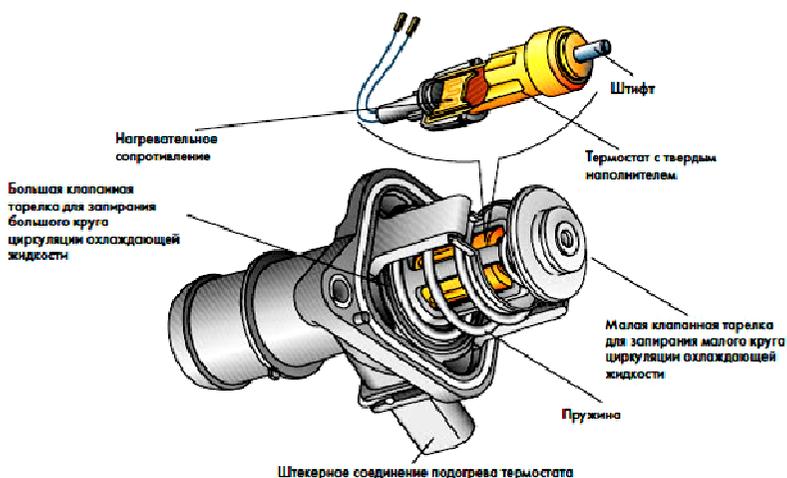
Вертикальный канал связывает нижний и верхний уровни. Термостат посредством малой клапанной тарелки открывает и закрывает вертикальный канал. Таким образом, распределитель

тель представляет собой устройство для направления потока охлаждающей жидкости в малый или большой круг.

Регуляторный модуль (термостат нового поколения).

Основные конструктивные элементы:

- термостат с твердым наполнителем (рис. 19160);
- нагревательное сопротивление в твердом наполнителе;
- пружина для механического запирания каналов охлаждающей жидкости;
- одна большая и одна малая клапанные тарелки.



**Рис. 191 - Регуляторный модуль (термостат нового поколения)**

Охлаждающая жидкость постоянно обтекает термостат с твердым наполнителем в распределителе. В не нагретом состоянии наполнитель ведет себя, как обычно, однако он настроен на другую температуру.

Посредством охлаждающей жидкости наполнитель разжижается и расширяется, что ведет к подъему штифта. Когда к нагревательному сопротивлению не поступает ток, термостат действует обычным способом, однако температура его срабатывания в соответствии с новой системой регулирования составляет 110 °С (температура охлаждающей жидкости на выходе из двигателя). В наполнителе встроено нагревательное сопротивление. Когда на него подается ток, оно нагревает наполнитель, и штифт теперь перемещается не

только под действием нагретой охлаждающей жидкости, но и под действием нагревания сопротивления, а степень его нагревания определяет блок управления двигателем в соответствии с заложенной в него программой оптимизации температуры охлаждающей жидкости.

### 13 КЛИМАТ-КОНТРОЛЬ

Принципиально устройство климатической установки во всех автомобилях практически одинаково. Отличие состоит в основном только в их конструктивном исполнении.

При определенных значения температуры и влажности окружающего воздуха человек чувствует себя комфортно. Самочувствие водителя является важным фактором, определяющим его готовность к управлению автомобилем, что в конечном счете влияет на безопасность движения. “Климат в автомобиле” напрямую влияет на самочувствие водителя, на безопасное вождение отдельного автомобиля, на безопасность движения в целом на дороге.

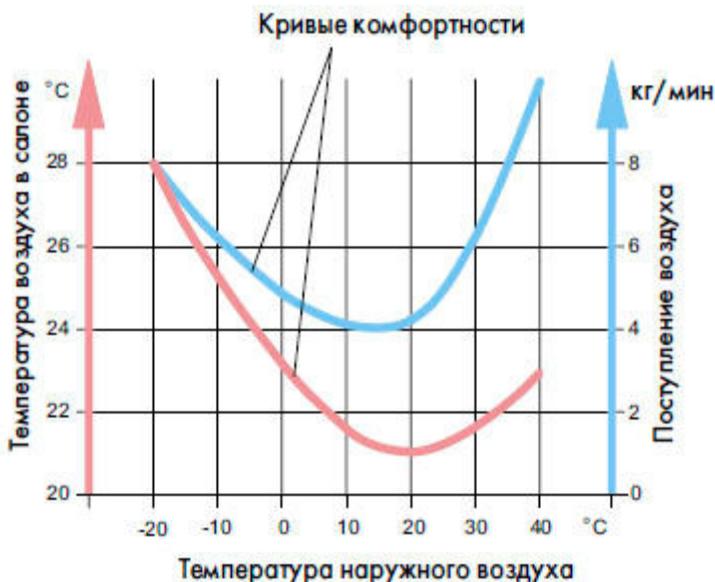


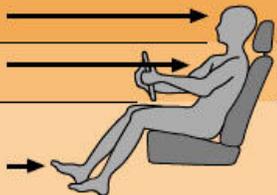
Рис. 192 - График зависимости комфортности от температуры в салоне автомобиля и поступающего заборного воздуха

Комфортная температура воздуха в салоне автомобиля определяется температурой наружного воздуха и величиной воздухообмена в салоне:

- при низких температурах наружного воздуха, например,  $-20^{\circ}\text{C}$   
 $\text{C}$  высокая температура в салоне  $28^{\circ}\text{C}$  большой воздухообмен  $8 \text{ кг/мин}$

- при высоких температурах наружного воздуха, например,  $40^{\circ}\text{C}$   
 $\text{C}$  умеренная температура в салоне  $23^{\circ}\text{C}$  большой воздухообмен  $10 \text{ кг/мин}$

- при умеренных температурах наружного воздуха, например,  $10^{\circ}\text{C}$   
 $\text{C}$  умеренная температура в салоне  $21,5^{\circ}\text{C}$  малый воздухообмен  $4 \text{ кг/мин}$ .

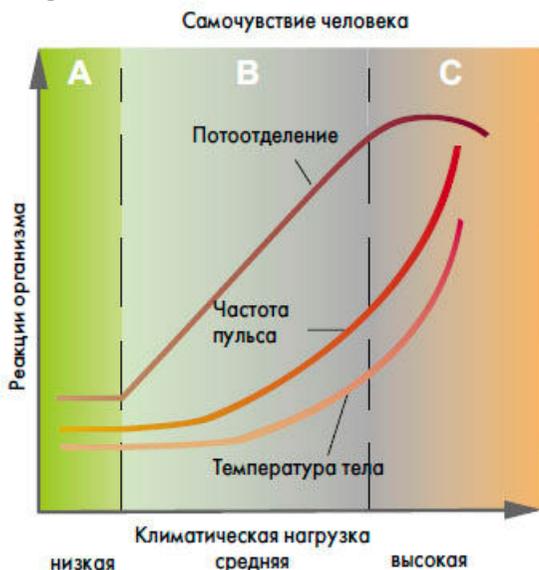
| Величины температуры в салоне легкового автомобиля среднего класса при:<br>длительности поездки 1 ч;<br>наружной температуре $30^{\circ}\text{C}$ ;<br>солнечном излучении. |   | Автомобиль с<br>климатической<br>установкой | Автомобиль без<br>климатической<br>установки |
|---|---|---|--|
| Область тела  |   |   |  |
| Голова  |  | $23^{\circ}\text{C}$                        | $42^{\circ}\text{C}$                         |
| Грудь   |   | $24^{\circ}\text{C}$                        | $40^{\circ}\text{C}$                         |
| Ноги  |   | $28^{\circ}\text{C}$                        | $35^{\circ}\text{C}$                         |

**Рис. 193 - Распределение температуры в салоне автомобиля**

Научные исследования, проведенные ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения) показали, что при неблагоприятных нагрузках (повышении температуры в салоне) степень сконцентрированности и быстрота реакций человека существенно снижаются.

Наиболее благоприятная температура для водителя лежит в диапазоне от  $20$  до  $22^{\circ}\text{C}$ . Это соответствует зоне климатической нагрузки на человека А (рис. 194). Интенсивное солнечное облучение автомобиля может повысить температуру в салоне на  $15^{\circ}\text{C}$  по сравнению с температурой наружного воздуха – особенно на уровне головы. А здесь жара особенно опасна. При этом температура

тела повышается, увеличивается пульс. Растет потоотделение. Мозг получает слишком мало кислорода. Все это можно видеть в зоне В климатической нагрузки на человека. В зоне С для человека уже лежат перегрузки. Медики, работающие в области дорожной медицины, называют такое состояние “климатическим стрессом”. Как показывают исследования, повышение температуры с 25 до 35 С уменьшает способность адекватно оценивать ситуацию и принимать правильные решения на 20%. Это эквивалентно содержанию алкоголя в крови 0,5 промилле.



**Рис. 194 - Зависимость самочувствия водителя от температуры в салоне автомобиля**

Чтобы уменьшить столь значительные нагрузки или же даже совсем исключить их, посредством климатической установки создается такая система, которая создает в салоне автомобиля комфортную температуру, а также может очистить и осушить воздух.

При помощи такой системы возможно, вопреки высокой температуре наружного воздуха, получить в салоне воздух значительно более низкой температуры. И это возможно как в неподвижном, так и в движущемся автомобиле.

При этом достигается дополнительный эффект, почти такой же важный как снижение температуры. Это уменьшение влажности воздуха и повышение его чистоты. Дополнительная очистка воздуха достигается применением микрофильтра и фильтра с активированным углем. Очистка воздуха позволяет избавить водителя и пассажиров от аллергических реакций на различные примеси в воздухе.

Современные установки климат-контроля состоят из следующих элементов (рис. 195):

- компрессор;
- конденсатор (дефлегматор);
- ресивер;
- расширительный клапан;
- испаритель.

Принцип работы. Компрессор всасывает холодный газообразный хладагент при невысоком давлении. Хладагент сжимается в компрессоре и нагревается. Из компрессора подается по короткой ветви в конденсатор (дефлегматор). В нем сжатый горячий газ отдает тепло потоку воздуха, проходящему под воздействием естественного подпора при движении автомобиля и вентилятора.

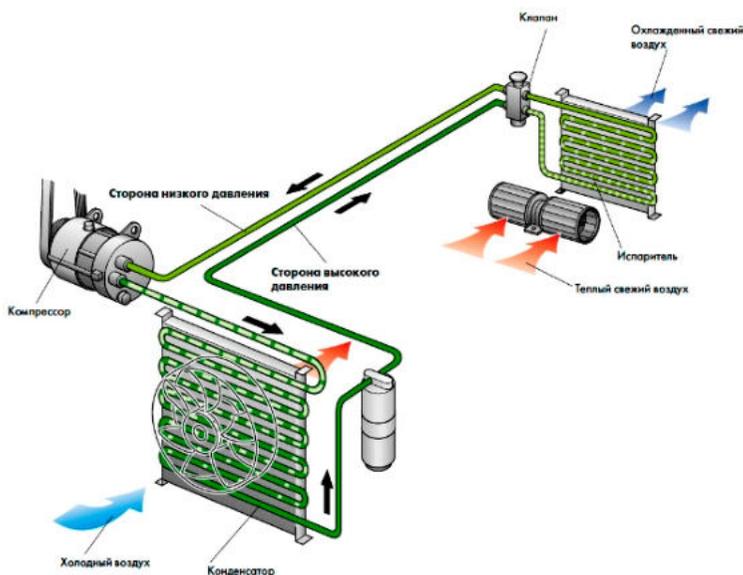
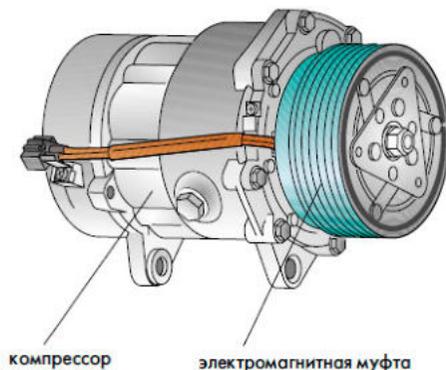


Рис. 195 - Схема установки климат-контроля

По достижению точки росы, зависящей от давления, хладагент в газообразном состоянии конденсируется и переходит в жидкое состояние. Жидкий сжатый хладагент дальше подводится в расширительный клапан. Там хладагент распыляется в испаритель, при этом происходит падение давления (сторона низкого давления). В испарителе распыленный хладагент возвращается в состояние термодинамического равновесия и испаряется. Необходимая для этого теплота испарения отводится от свежего воздуха, проходящего через ламели испарителя, а воздух при этом охлаждается. В салоне автомобиля становится прохладнее. Далее газообразный хладагент выходит из испарителя и снова засасывается компрессором для возобновления холодильного цикла.

### **Компрессор**

Компрессоры климатических установок представляют собой нагнетатели вытеснительного типа (рис. 196). Они работают только тогда, когда включена климатическая установка; включение компрессора происходит посредством электромагнитной муфты.

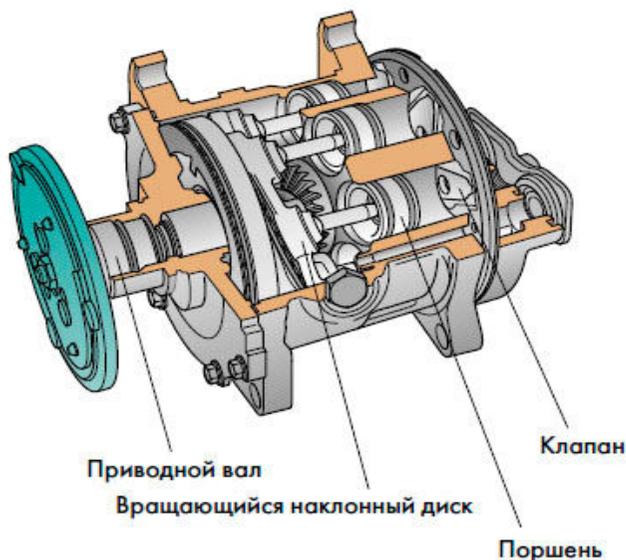


**Рис. 196 - Компрессор**

Компрессоры климатических установок бывают следующих типов:

- поршневые нагнетатели;
- спиральные нагнетатели;
- лопастные нагнетатели;
- аксиально-поршневые нагнетатели с вращающимся наклонным диском.

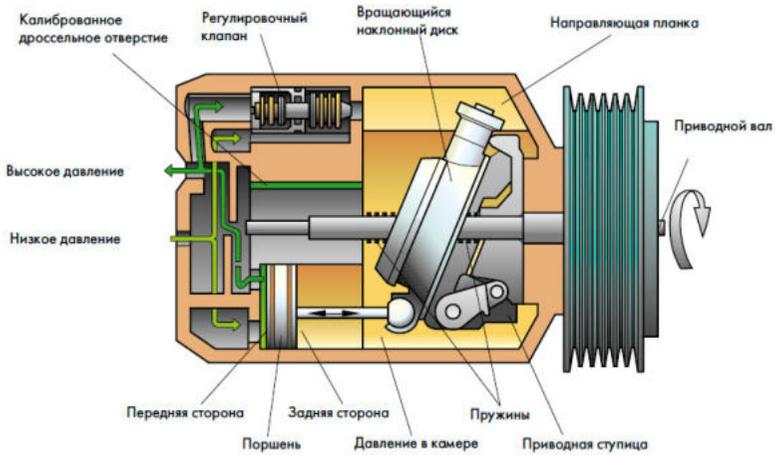
На рисунке 197 представлен наиболее широко используемый в современных системах аксиально-поршневой нагнетатель с вращающимся наклонным диском.



**Рис. 197 - Нерегулируемый аксиально - поршневой нагнетатель с вращающимся наклонным диском**

Вращение приводного вала посредством наклонного диска преобразуется в возвратно-поступательное движение поршней в цилиндрах. В зависимости от конструктивного исполнения может быть от 3 до 10 поршней, которые движутся параллельно приводному валу. Каждому поршню соответствует впускной клапан. Клапана открываются и закрываются автоматически в соответствии с тактом работы компрессора. Производительность компрессора определяется скоростью двигателя. При этом диапазон частоты вращения компрессора составляет от 0 до  $6000 \text{ мин}^{-1}$ . От частоты вращения компрессора зависит наполнение испарителя и, тем самым, хладопроизводительность климатической установки.

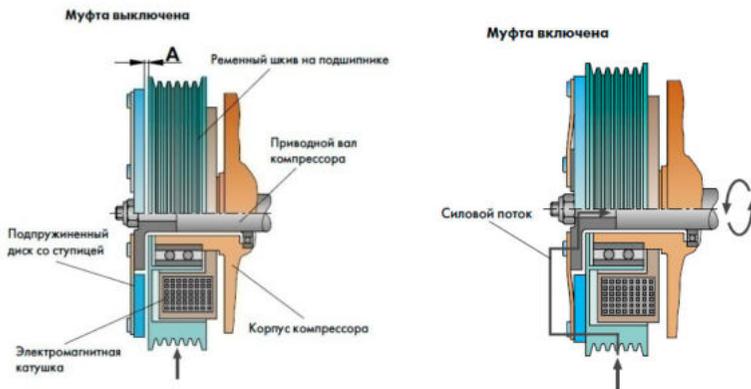
Для согласования работы компрессора со скоростью двигателя, температурой наружного воздуха и задаваемой водителем температурой воздуха в салоне применяются компрессоры регулируемой производительности и изменяющимся рабочим объемом (рис. 198).



**Рис. 198 - Регулируемый аксиально - поршневой нагнетатель с вращающимся наклонным диском**

В этих компрессорах посредством изменения угла наклона диска задаются ходы поршней и, тем самым, подача компрессора. Угол наклона обеспечивается пружинами, расположенными перед наклонным диском и за ним.

Связь между компрессором и работающим двигателем осуществляется посредством электромагнитной муфты (рис. 199).



**Рис. 199 - Электромагнитная муфта компрессора**

Когда компрессор включается, к электромагнитной катушке подводится напряжение. Возникает магнитное силовое поле. Под воздействием этого поля подпружиненный диск сдвигается к вращающемуся ременному шкиву (зазор “А” выбран) и образует силовую связь между ременным шкивом и приводным валом компрессора. Компрессор начинает вращаться. Компрессор работает до тех пор, пока не будет отключено питание электромагнитной катушки. Под действием пружин подпружиненный диск отходит от ременного шкива. Ременный шкив опять вращается свободно, без связи с приводным валом компрессора.

### Конденсатор

Конденсатор является “холодильником” климатической установки, состоит из изогнутых трубок, которые соединены перегородками. Имеет большую поверхность охлаждения, чем достигается высокая теплопередача. Конденсатор после включения климатической установки охлаждается напором воздуха при движении автомобиля и вентилятором системы охлаждения двигателя для обеспечения холодильного цикла. Обычно конденсатор установлен перед вентилятором. Тем самым повышается эффективность действия конденсатора. Вентилятор начинает работать при включении климатической установки. Исключение - при наличии датчика давления, при котором обеспечивается запаздывание включения вентилятора по достижению определенного давления.

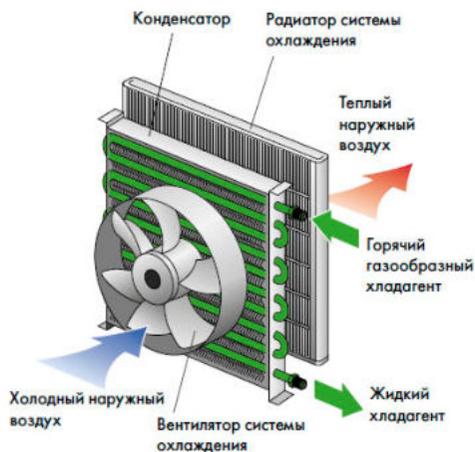


Рис. 200 - Конденсатор

### Ресивер и осушитель (рис. 201).

Ресивер служит в контуре хладагента с расширительным клапаном в качестве демпферного и буферного резервуара для сглаживания колебаний потока хладагента. Посредством осушителя влага, которая при монтаже проникла в контур хладагента, химически связывается. В зависимости от исполнения осушителя он может принять от 6 до 12 грамм воды. Количество принятой воды зависит от температуры. При понижении температуры количество принятой воды увеличивается. Также в осушителе осаждаются продукты износа частей компрессора, грязь, попавшая в контур при монтаже, и прочие инородные примеси.

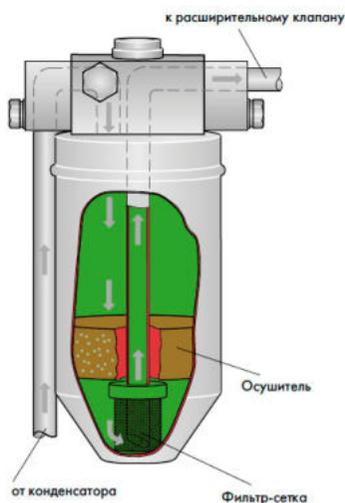
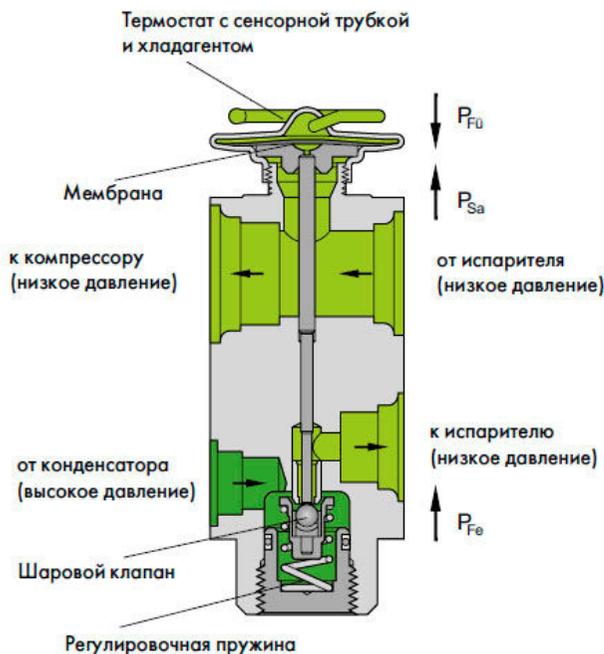


Рис. 201 - Ресивер и осушитель

### Расширительный клапан.

Расширительный клапан предназначен для регулирования потока хладагента к испарителю в зависимости от температуры паров хладагента на выходе из испарителя (рис. 202). При повышении температуры хладагента, выходящего из испарителя, поток поступающего к испарителю хладагента через шаровой клапан расширителя увеличивается. При понижении температуры хладагента, выходящего из испарителя, поток хладагента через шаровой клапан к испарителю уменьшается.



**Рис. 202 - Расширительный клапан**

### **Испаритель.**

Испаритель работает по принципу теплообменника (рис. 172). Он представляет собой составную часть климатической установки, которая встроена в корпус обогревателя. При включенной климатической установке воздух, который проходит через ламели холодного испарителя, отдает тепло. При этом воздух охлаждается, осушается и очищается.

Поступающий из расширительного клапана хладагент в испарителе расширяется и при этом сильно охлаждается. Он переходит в газообразное состояние и закипает. При кипении температура в испарителе понижается ниже точки замерзания воды. Необходимую теплоту для испарения хладагент забирает из проходящего через испаритель воздух. Этот охлажденный воздух поступает в салон автомобиля.

Влага в охлажденном воздухе осаждается на испарителе в тех местах, где температура ниже точки росы, т.е. происходит конденса-



Климатическая установка работает только тогда, когда функционируют все элементы системы. При выходе из строя какого-либо элемента может измениться рабочее давление, при этом не исключена возможность повреждения как самой климатической установки, так и двигателя автомобиля. Во избежание этого в контуре хладагента предусмотрены устройства непрерывного контроля.

Блок управления перерабатывает сигналы от этих устройств и периодически отключает и подключает компрессор, меняет скорость вращения вентилятора. Благодаря этому достигается постоянное нормальное давление в контуре хладагента. В установках с нерегулируемым компрессором сигналы от устройств контроля используются для согласования работы системы с потребностью в хладагентом изводительности. Элементы системы безопасности

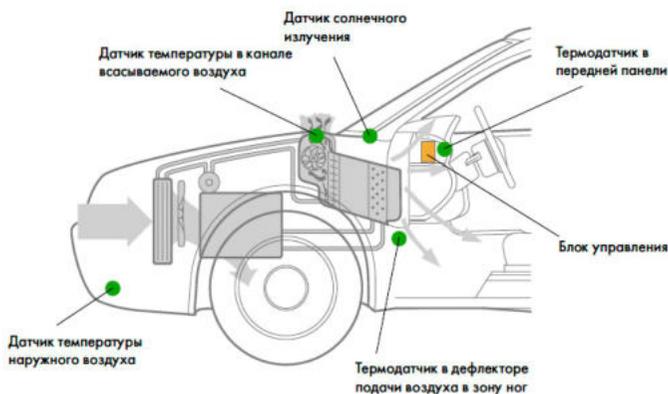
При включении климатической установки электромагнитная муфта осуществляет силовую связь с компрессором. В установках с автоматическим регулированием одновременно начинает вращаться вентилятор для охлаждающей жидкости и вентилятор подачи свежего воздуха. В установках с ручным регулированием должна быть включена 1-ая ступень работы вентилятора подачи свежего воздуха. О включении поступает сообщение в блок управления двигателя, частота вращения двигателя увеличивается (выравнивание нагрузки на двигатель в связи с включением компрессора). Дополнительно к этому выключателю может быть установлен выключатель по температуре наружного воздуха. Этот выключатель предотвращает включение климатической установки при температуре наружного воздуха менее 5 °С.

Климатические установки с автоматическим регулированием получили название климатроник.

Системы автоматического контроля имеют следующие устройства (рис. 205):

- блок управления;
- датчик температуры наружного воздуха (один или два);
- датчик температуры воздуха в салоне;
- дополнительные датчики (не в каждой системе), например, в целях корректирования воздействия солнечного излучения;
- исполнительные механизмы в системе отопления/климатической установке.

## Автоматическое регулирование



**Рис. 205 - Автоматическая климатическая установка**

Электронный блок управления проводит предварительную обработку всех входных сигналов от датчиков, обеспечивает защиту их от помех и передает сигналы встроенному микрокомпьютеру. Микрокомпьютер рассчитывает выходные сигналы в соответствии с предварительно заданными номинальными величинами. Через выходные ступени эти сигналы передаются актуаторам (исполнительным механизмам). Исполнительными механизмами являются серводвигатели отопителя климатической установки. Эти серводвигатели предназначены для перемещения соответствующих заслонок. Климатические установки нового поколения связаны с другими блоками управления автомобиля непосредственно или через шину данных CAN. Таким образом передаются данные о скорости движения автомобиля, частоте вращения двигателя и времени нахождения автомобиля на стоянке для использования их в блоке управления климатической установки.

Системы климата с электронным регулированием включают следующие элементы:

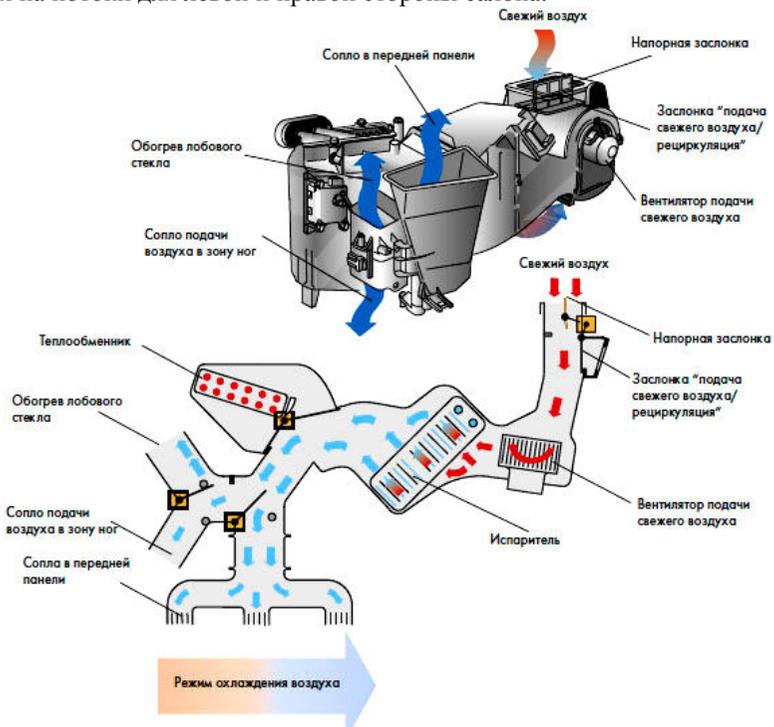
- устройство регулирования климатической установки с датчиками для регулирования системы в целом и регулирования температуры;
- фотосенсор солнечного излучения;
- термодатчик в передней панели с вентилятором;

- датчик температуры наружного воздуха;
- термодатчик в канале всасывания свежего воздуха;
- термодатчик в дефлекторе подачи воздуха в зону ног;
- манометрический выключатель климатической установки;
- контрольный выключатель по температуре охлаждающей жидкости;
- термовыключатель для вентилятора системы охлаждения.

Также дополнительные сигналы: скорости движения; частоте вращения двигателя; времени нахождения автомобиля на стоянке.

Система подачи воздуха в салон автомобиля бывает разделенной и неразделенной.

Принципиальная разница при неразделенном и разделенном потоке воздуха заключается в том, что в первом случае поток воздуха не делится по сторонам салона автомобиля, во втором - он делится на потоки для левой и правой стороны салона.



**Рис. 206 - Схема системы воздухоподачи в салон автомобиля**

Наружная температура меняется  
Температура в салоне неизменя

посредством

автоматического регулирования  
положения заслонок  
включением и выключением  
климатической установки

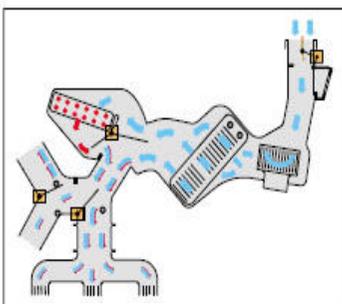
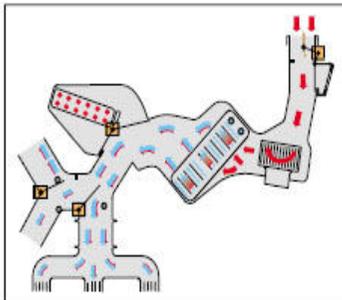
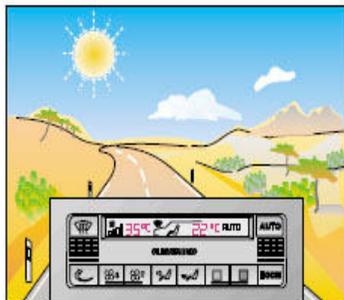
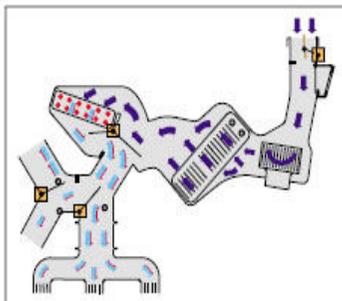


Рис. 207 - Принцип работы климат-контроля в зависимости от изменения внешней среды

## 14 САЖЕВЫЙ ФИЛЬТР

Снижение выброса сажевых частиц является сегодня одной из сложнейших задач в области очистки отработавших газов (ОГ) дизелей. Помимо мероприятий, направленных на снижение образования сажи при сгорании топлива непосредственно в двигателе, особое внимание уделяется фильтрации газов на выпуске из него. Одним из эффективных способов очистки газов от сажевых частиц является их задержание посредством специальных фильтров.

Наибольшее распространение нашли системы, состоящие из нейтрализатора окислительного типа и сажевого фильтра. Сажевый фильтр с каталитическим покрытием, который в одном корпусе объединяет фильтр с нейтрализатором. Помимо этого он позволяет практически непрерывно выжигать задержанную сажу без введения специальных добавок в топливо.

Последнее свойство достигнуто как применением особой конструкции фильтра, так и в результате его максимального приближения к двигателю.

При сгорании дизельного топлива образуются вещества различного типа и вида. Работа непрогретого двигателя обычно сопровождается выбросами белого или сизого дыма, образуемого каплями несгоревших или частично окисленных углеводородов, и выбросами альдегидов, присутствие которых в ОГ легко распознается по их характерному запаху.

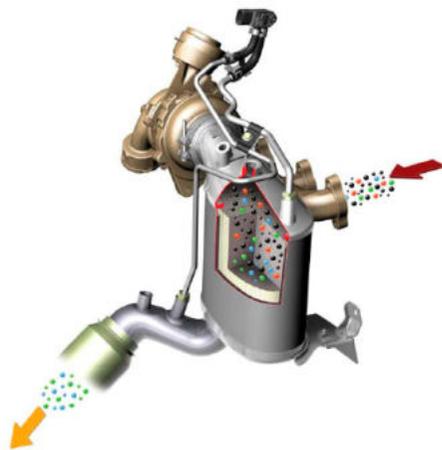


Рис. 208 - Сажевый фильтр

На выпуске дизеля присутствуют не только газообразные вещества, но и твердые образования, размеры которых соизмеримы с размерами частиц пыли. Эти образования, получившие общее название "частицы" (Partikel), считаются вредными для здоровья людей и загрязняющими среду обитания.



**Рис. 209 - Размещение сажевого фильтра**

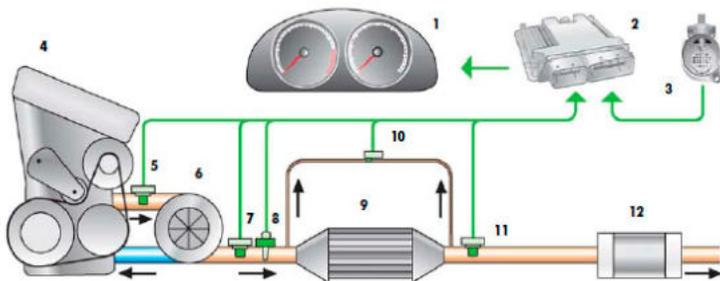
Образование сажи в дизеле зависит от ряда процессов, определяющих сгорание топлива. Это процессы подвода воздуха, впрыска топлива и распространения пламени. Качество сгорания топлива определяется в значительной степени процессом образования топливовоздушной смеси. Из-за недостатка кислорода в некоторых зонах камеры сгорания образуется слишком богатая смесь, сгорание которой не может быть полным и сопровождается образованием частиц сажи.

Число и масса частиц зависят в принципе от качества протекающих в двигателе процессов смесеобразования и сгорания. Топливная система с насос-форсунками обеспечивает впрыск топлива под очень высоким давлением и с соответствующим требованиям двигателя протеканием подачи по времени.

Благодаря этому создаются условия для повышения эффективности процесса сгорания и снижения образования частиц сажи. Однако, высокие давления впрыска и соответствующая им повышенная мелкость распыливания топлива не могут обеспечить достаточное измельчение частиц сажи. Измерения размеров этих частиц показали, что их распределение по величине практически не зависит от способа смесеобразования, т. е. оно очень близко у двигателей с вихревой камерой сгорания и у двигателей с непосредствен-

ным впрыском посредством системы Common Rail или насос-форсунок.

Матрица сажевого фильтра представляет собою ячеистую структуру из керамики на базе карбида кремния. Керамическая матрица заключена в металлический корпус.



**Рис. 210 - Компоненты системы очистки газов с сажевым фильтром:**

*1 – блок управления в комбинации приборов; 2 – блок управления двигателе; 3 – расходомер воздуха; 4 – дизель; 5 – датчик температуры перед турбокомпрессор; 6 – турбокомпрессор; 7 – датчик температуры перед сажевым фильтром; 8 – датчик кислорода; 9 – сажевый фильтр; 10– датчик 1 перепада давления на сажевом фильтре; 11– датчик температуры после сажевого фильтра; 12– глушитель*

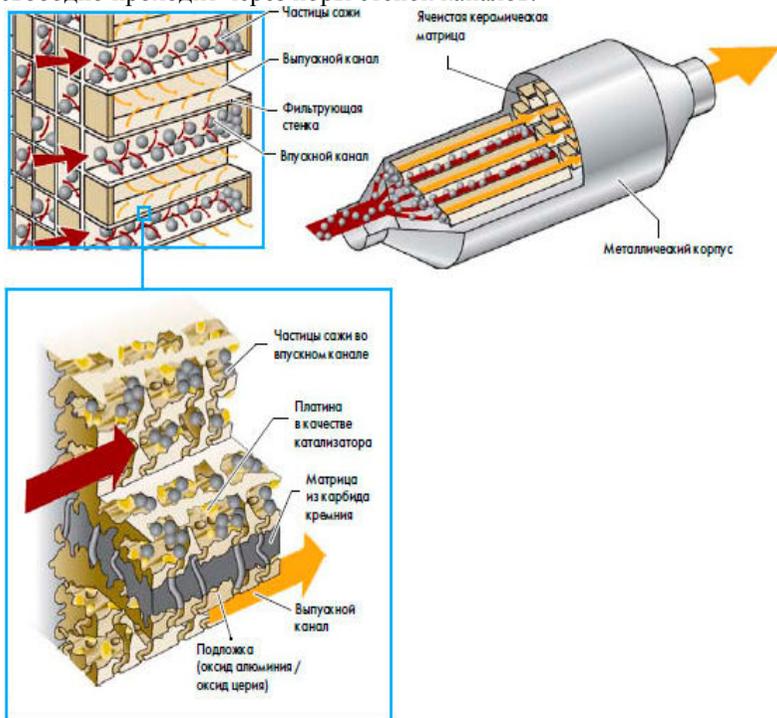
Она пронизана множеством параллельно расположенных каналов малого сечения, закрытых попеременно с одной или другой стороны. Поэтому различают впускные и выпускные каналы, разделенные между собой фильтрующими стенками.

Фильтрующие стенки состоят из пористого карбида кремния. Они покрыты смесью оксидов алюминия и церия, выполняющих функцию подложки для катализатора, в качестве которого используется благородный металл – платина.

Катализатор – это вещество, которое способствует протеканию химической реакции, но само при этом не изменяется и новых соединений не образует.

Принцип действия. Так как каналы фильтра закрыты попеременно со стороны впуска и выпуска, содержащие частицы сажи газы вынуждены проходить через пористые стенки из карбида кремния.

При этом частицы сажи задерживаются во впускных каналах, а газ свободно проходит через поры стенок каналов.



**Рис. 211 - Структура сажевого фильтра**

Зоны сажевого фильтра с каталитическим покрытием. Сажевый фильтр должен быть относительно длинным, чтобы обеспечить улавливание достаточно большого количества сажи. Помимо этого он должен содержать достаточно для обеспечения каталитического действия количество платины. Каталитическое покрытие распределено по длине фильтра не равномерно, а по зонам.

В передней зоне платины значительно больше, чем в задней зоне. Неравномерное распределение платины по зонам имеет следующие преимущества:

- при работе двигателя на обычных режимах передняя часть сажевого фильтра нагревается быстрее, чем его задняя часть. Поэтому относительно большое количество платины в этой зоне способст-

вует ускорению ее каталитического действия. При этом говорят о хороших пусковых качествах сажевого фильтра.

- в процессе регенерации выгорание сажи сопровождается сильным нагревом задней части фильтра. Но высокие температуры приводят к постепенному разрушению слоя платины. Поэтому можно сэкономить на дорогостоящей платине, снижая толщину покрытия в задней зоне фильтра.

- с другой стороны уменьшение количества платины в задней зоне обосновано процессами старения фильтра. В процессе эксплуатации автомобиля в задней части фильтра накапливается больше снижающих каталитическое действие платины отложений, чем в его передней части.

Регенерация фильтра

Чтобы предотвратить чрезмерное повышение сопротивления фильтра и снижение его работоспособности, необходимо время от времени освобождать его от сажи. В процессе регенерации накопленные в фильтре частицы сажи выжигаются (окисляются). Различают активную и пассивную регенерацию сажевого фильтра с каталитическим покрытием. Для водителя процесс регенерации протекает незаметно.

*Пассивная регенерация*

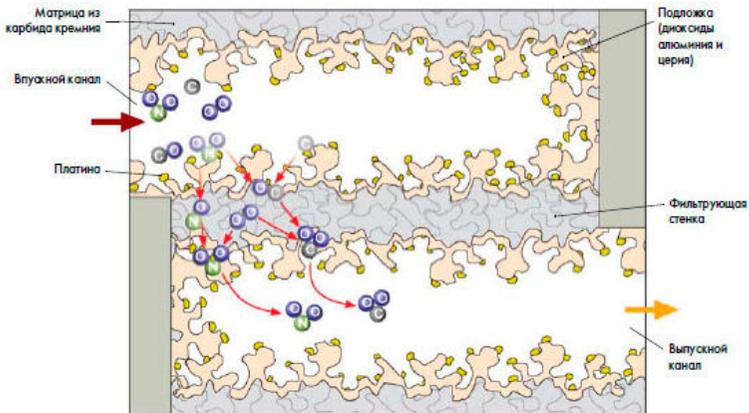
При пассивной регенерации выжигание сажи производится непрерывно и без специального вмешательства в управление двигателем. При расположении сажевого фильтра вблизи от двигателя температура поступающих в него газов может достигать, например, при движении на автомагистрали порядка 350-500 °С. При этом протекают реакции, в результате которых частицы сажи взаимодействуют с диоксидом азота и превращаются в диоксид углерода. Этот многоступенчатый процесс протекает непрерывно над слоем платины, которая выполняет роль катализатора.

Содержащиеся в ОГ оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ) реагируют в присутствии платины с кислородом, образуя диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ).

**$\text{NO}_x + \text{O}_2$  образуют  $\text{NO}_2$**

Диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ) реагирует с углеродом (С) сажевых частиц. В результате получаются окись углерода (СО) и окись азота (NO).

**$\text{NO}_2 + \text{C}$  образуют  $\text{CO} + \text{NO}$**

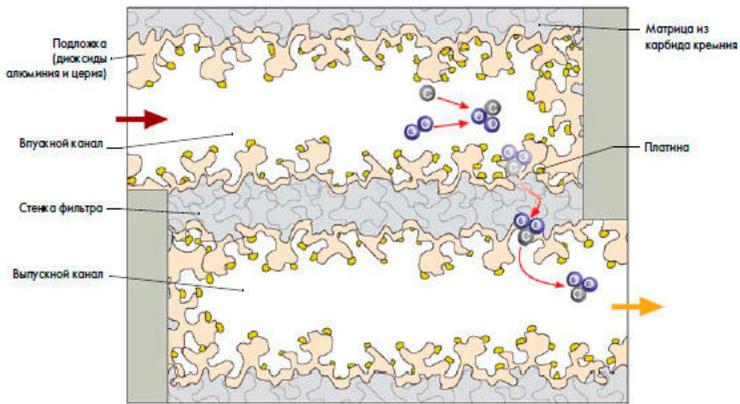


**Рис. 212 - Процесс пассивной регенерации**

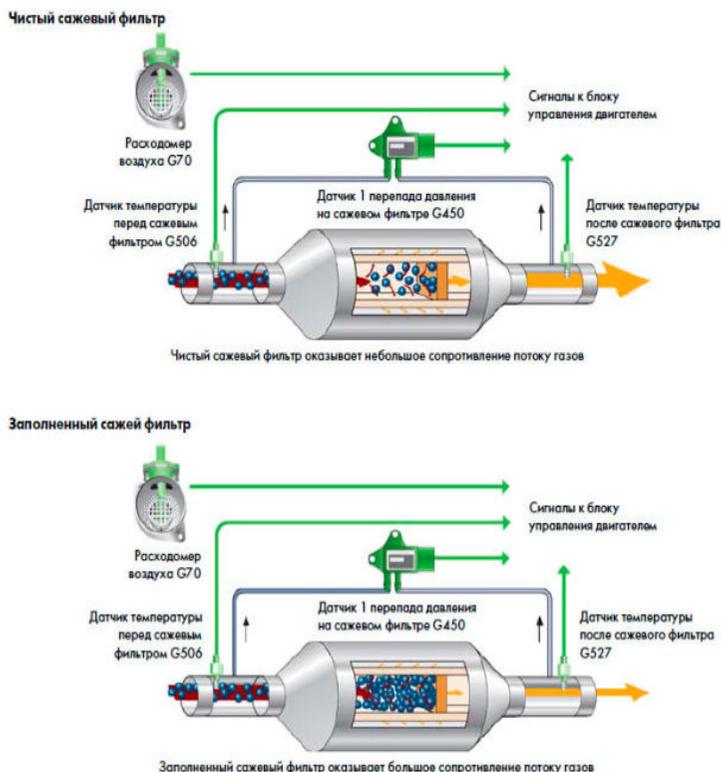
Оксись углерода (CO) и окись азота (NO) реагируют с кислородом (O<sub>2</sub>), образуя диоксид азота (NO<sub>2</sub>) и диоксид углерода (CO<sub>2</sub>).



*Активная регенерация*



**Рис. 213 - Процесс активной регенерации**



**Рис. 214 - Схема контроля состояния сажевого фильтра**

При активной регенерации частицы сажи выжигаются в условиях высоких температур, получаемых в результате направленного управления двигателем. Для эксплуатации автомобиля в городе характерны небольшие нагрузки двигателя, а соответствующие им невысокие температуры ОГ не обеспечивают пассивную регенерацию сажевого фильтра. При этом частицы сажи не удаляются из фильтра и забивают его каналы. При скоплении в фильтре определенного количества сажи запускается процесс его активной регенерации, протекающий по командам системы управления двигателем. Процесс активной регенерации длится приблизительно 10 минут. При этом температура ОГ повышается до 600-650 °С, что достаточно для окисления сажи до диоксида углерода.

При активной регенерации частички сажи сгорают благодаря высокой температуре ОГ. При этом образующийся частицы сажи углерод соединяется с кислородом, образуя диоксид углерода.  $C + O_2$  образуют  $CO_2$

При активной регенерации частицы сажи скапливаются во впускных каналах. Необходимость в проведении активной регенерации определяется блоком управления двигателем по сигналам, поступающим с расходомера воздуха, датчиков температуры ОГ перед и после сажевого фильтра, а также датчика перепада давления на нем (рис. 214).

При заполнении фильтра сажей до определенной величины система управления двигателем запускает процесс активной регенерации.

## 15 СИСТЕМА СТОП-СТАРТ

Система Стоп-старт (в другой интерпретации - система Старт-стоп) предназначена для экономии топлива, снижения вредных выбросов и шума за счет сокращения времени работы двигателя на холостом ходу. Как показывает практика эксплуатации автомобиля, режим холостого хода составляет до 30 % общего времени работы двигателя. Этому способствуют частые остановки на светофорах, нахождение в пробках, являющиеся атрибутами большого города.

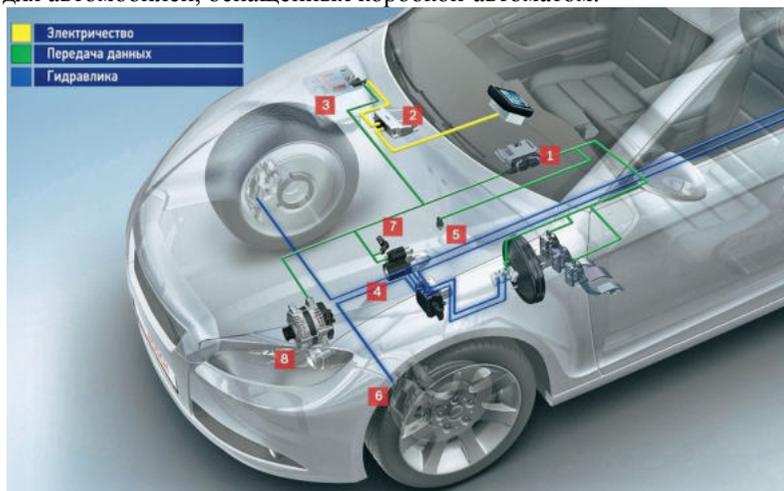
До недавнего времени система Стоп-старт применялась в основном на гибридных автомобилях. В настоящее время практически все ведущие автопроизводители имеют в своем модельном ряду автомобили, оборудованные данной системой.

Особенность системы состоит в том, что в случае длительной остановки автомобиля происходит автоматическое выключение двигателя. Примерами могут послужить нахождение машины в пробке и даже элементарное ожидание разрешающего сигнала светофора. Конечно, при столь частом отключении двигателя возникает необходимость в установке более мощных стартера и аккумулятора. Впрочем, существуют и другие системы, в которых вместо стартера используется генератор, что способствует более скорому и тихому запуску.

Система «Старт-Стоп» напрямую зависит от электронных датчиков, установленных на всех ведущих узлах машины. Также к системе подключен блок, ответственный за управление двигателем.

Когда автомобиль совершает остановку, датчик скорости направляет сигнал о необходимости заглушить его.

Дальнейшие действия зависят от уровня заряда батареи - если она заряжена, то происходит остановка двигателя. Однако его запуск в автоматическом режиме возможен только на нейтральной передаче. При этом сигналом для его запуска будет являться либо нажатие педали газа, либо отпущание тормоза. Второй вариант характерен для автомобилей, оснащенных коробкой-автоматом.



**Рис. 215 - Система Стоп-Старт:**

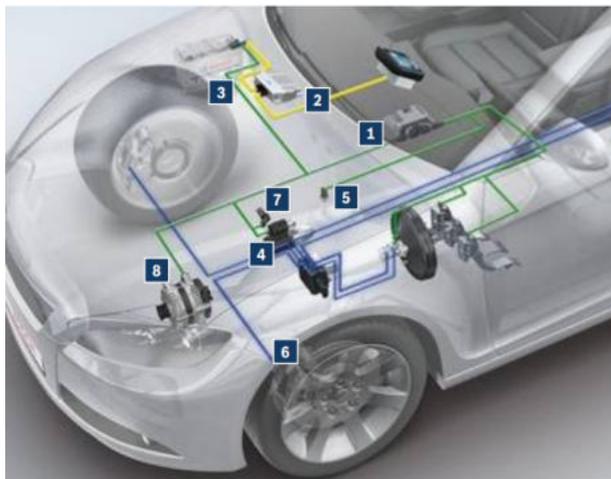
1 - ЭБУ двигателя; 2 - стабилизатор напряжения; 3 - датчик уровня зарядки аккумуляторной батареи; 4 - усиленный стартер; 5 - датчик положения рычага (селектора) коробки передач; 6 - колесные датчики скорости вращения; 7 - датчик положения коленчатого вала двигателя; 8 - генератор

В состав системы входят несколько узлов:

- Устройство для осуществления многократного запуска двигателя;
- Система управления запуском.

#### **Система от производителя «Bosch»**

Эта система заслуженно считается наиболее простым, но качественным решением, исходя из технических соображений. Ей оборудуются множество автомобилей, предоставляя возможность значительно уменьшить расход топлива.



**Рис. 216 - Система стоп-старт фирмы «Bosch»**

1 - блок управления двигателем и аккумулятором с помощью программного обеспечения старт-стоп; 2 - преобразователь; 3 - аккумулятор AGM/EFB; 4 - стартер стоп-старт; 5 - датчик нейтральной передачи; 6 - датчик скорости колес; 7 - датчик коленчатого вала; 8 - высокоэффективный генератор переменного тока

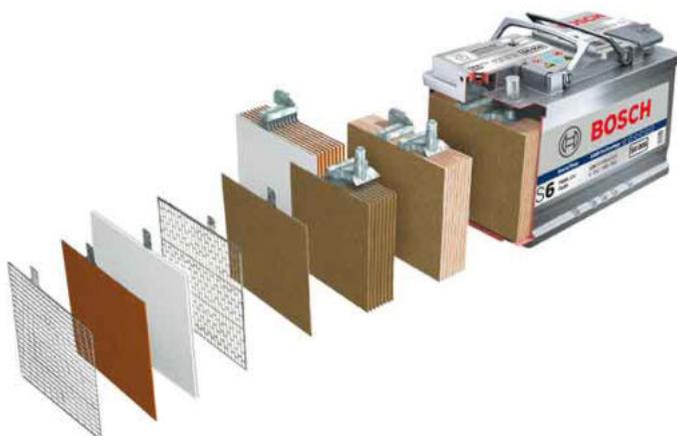


**Рис. 217 - Схема работы системы стоп-старт фирмы «Bosch»**

В основу осуществления работы системы «Старт-Стоп» заложен усовершенствованный стартер, обладающий значительно большим сроком эксплуатации, с учетом необходимости совершения множества запусков. В частности усилены подшипники, усовершенствована планетарная передача, использован усиленный механизм зацепления шестерен. У системы нет своего блока управления, поэтому она использует возможности блока управления двигателем через программное обеспечение.

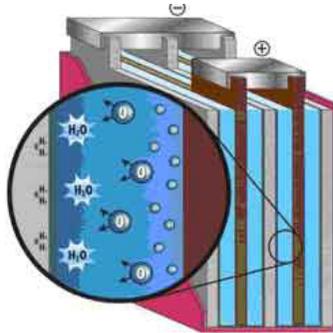
Для обеспечения работы системы стоп-старт используются аккумуляторные батареи AGM и EFB.

Технология Absorbent Glass Mat (AGM) переводе с английского -«абсорбирующее стекловолокно».



**Рис. 218 - Устройство аккумулятора AGM**

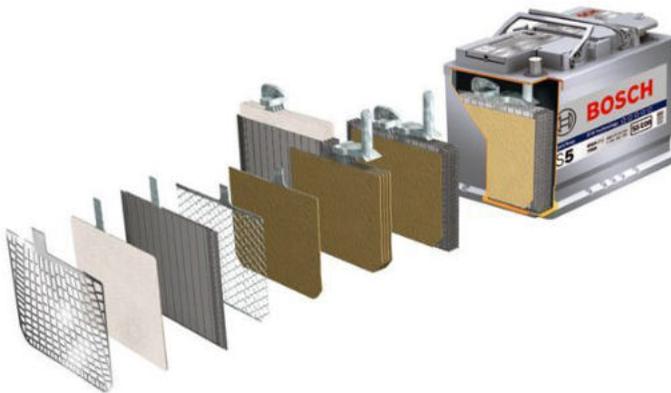
Этот материал представляет собой своеобразную губку, впитывающую электролит, и не дающую ему разливаться внутри аккумуляторной полублока активных пластин. Смесь серной кислоты и дистиллированной воды (электролит) не может вылиться, что значительно расширяет сферу применения батареи, делает ее безопасной. Устанавливать аккумуляторы AGM можно в любом положении, они не «боятся» переворачивания, что особенно актуально при комплектации мотоциклов, катеров и другой техники. Технология, имеющая еще одно название – связный электролит, поглощающего стекловолокна делался на повышение выносливости аккумуляторов, увеличение мощности тока холодной прокрутки, повышения устойчивости к критическим разрядам.



**Рис. 219 - Устройство полублока активных пластин аккумуляторов AGM**

Это было достигнуто за счет существенного снижения внутреннего сопротивления. Кроме того, аккумуляторы AGM не требуют обслуживания. Ресурс батарей типа AGM в полтора раза превышает срок службы обычных свинцово-кислотных аккумуляторов для автомобилей.

Enhanced Flooded Battery в переводе с английского означает «улучшенная жидкозаполненная батарея» (рис. 220).



**Рис. 220 - Устройство аккумулятора EFB**

Свинцовые пластины, в отличие от традиционных АКБ, в EFB почти в половину толще, подвержены серебряному легированию, что увеличивает их емкость и скорость зарядки. Каждая пластина заклю-

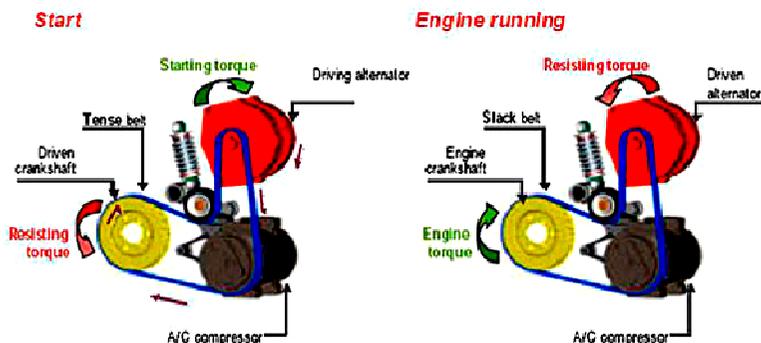
чена в отдельный конверт из специального микроволокна, заполненный жидким сернокислотным электролитом. Подобная мера помогает обеспечивать постоянный контакт электродов с электролитом, защитить поверхность пластин от сульфатации, а в случае осыпания активной массы - от короткого замыкания и преждевременного выхода из строя АКБ.

Существенным преимуществом системы фирмы «Bosch» являются компактные элементы, позволяющие установить ее почти в любой автомобиль. Впрочем, для некоторых машин требуется дополнительная доработка для функционирования в данном режиме.

К системам полного уровня относится разработка фирмы Valeo - технология **StARS (Starter Alternator Reversible System)**, главным компонентом которой является реверсивный генератор. Эта электрическая машина переменного тока в зависимости от характера выполняемой задачи может выполнять функции и генератора, и стартера. Работу реверсивного генератора обеспечивают специальный приводной ремень и обратимый натяжитель, позволяющий передавать одинаковый момент в ведущем и ведомом режимах (рис. 221).



Рис. 221 - Система привода реверсивного генератора



**Рис. 222 - Схема работы обратимого натяжителя**

В сравнении с обычным стартером реверсивный генератор работает тише, а времени на запуск требуется меньше - всего 0,4 с. Управление системой StARS производится с помощью особого электронного блока - инвертора, который для перевода генератора в режим стартера должен подать в силовую обмотку электрической машины переменный ток (рис. 223).

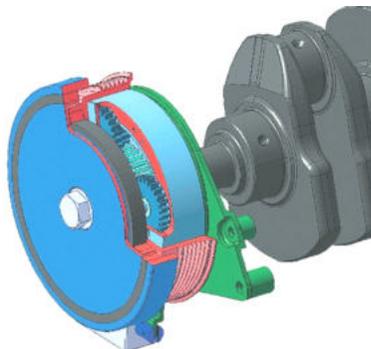


**Рис. 223 - Реверсивный генератор**

Состав входных датчиков StARS аналогичен другим системам «стоп-старт».

Среди причин, задерживающих широкое распространение пусковой системы на основе реверсивного генератора, специалисты называют невыгодное передаточное отношение шкивов (от коленчатого вала к генератору используется повышающая передача).

Один из способов усиления крутящего момента недавно предложила британская инженеринговая компания Integral Powertrain, разместившая в шкиве коленчатого вала планетарный редуктор с передаточным отношением 3,1:1. При включенном редукторе пусковой момент увеличивается более чем в 3,5 раза, а это не только упрощает старт, но и значительно снижает требования к натяжному устройству.



**Рис. 224 - Размещение планетарного редуктора на коленчатом валу двигателя**

После пуска двигателя редуктор, управляемый электромагнитной муфтой, переключается на прямую передачу, обеспечивая работу генератора в оптимальном режиме. «Изюминкой» конструкции является наличие «нейтрали», которая при остановке двигателя позволяет генератору вращаться, приводя в движение шкивы компрессора кондиционера, насосов гидроусилителя руля и охлаждающей жидкости.

Отличительной особенностью системы SISS является использование датчика углового положения коленчатого вала - его точный сигнал требуется для остановки поршней в оптимальном (с точки зрения последующего запуска) положении. При этом ответственную роль моторного тормоза выполняет генератор. Пуск тоже необычен: для облегчения работы стартера в цилиндр, находящийся в фазе расширения, впрыскивается дополнительная порция топлива и подается искра. Устройство SISS может работать как с механической, так и с автоматической КП. Улучшение топливной экономичности и снижение вредных выбросов в комбинированном цикле составляет порядка 9%.

Управление системой STARS производится с помощью отдельного электронного блока управления, который взаимодействует с блоком управления двигателем. Состав входных датчиков аналогичен другим системам Стоп-старт других производителей.

### Система «SISS» от «Mazda» на основе непосредственного впрыска топлива

Эта система была опробована компанией «Mazda» и получила название «SISS» (Smart Idle Stop System). Она стала альтернативным аналогом предыдущих систем.

Механизм работы «SISS» основан на впрыске топлива в цилиндры, с последующим воспламенением топливно-воздушной смеси. Эта система устанавливается на бензиновые автомобили с инжекторными двигателями.

Для того, чтобы быстро и легко произвести запуск двигателя, поршни должны находиться в оптимальном положении, максимально увеличивающим возможность поступления необходимого объема воздуха, что требуется для нормализации последующей работы двигателя.

Система осуществляет контроль за положением поршней во время остановки мотора. Непосредственно после отпущания тормоза происходит впрыскивание топлива и воспламенение топливно-воздушной смеси. Во время запуска двигателя к энергии сгорания топлива добавляется энергия стартера, который включается на короткий промежуток времени.

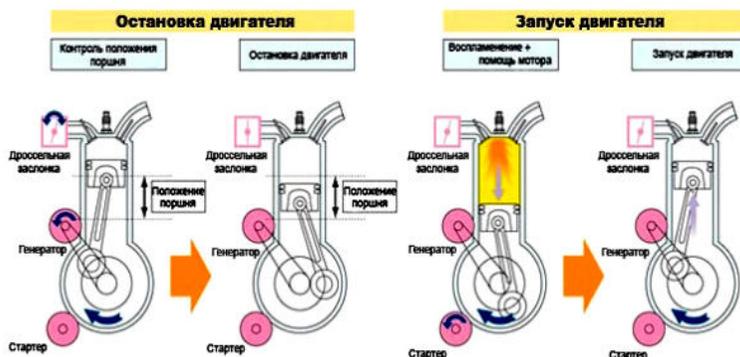
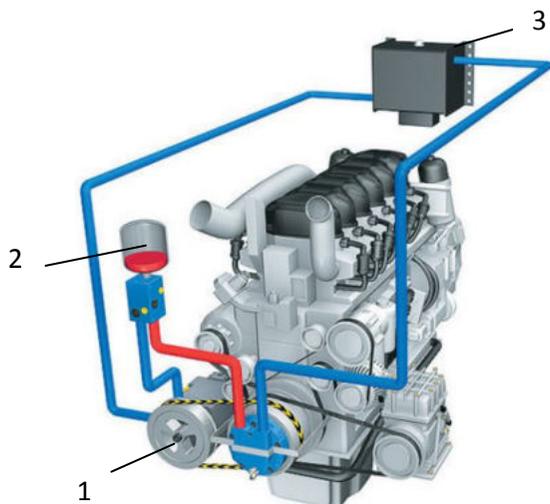


Рис. 225 - Принцип работы системы «SISS»

Система обеспечивает экономию топлива около 9 %. К существенным недостаткам системы можно отнести лишь невозможность работы с механической трансмиссией.

### **Гидравлическая система стоп-старт**

Для сегмента тяжелого коммерческого транспорта, на долю которого приходится порядка 30 % вредных выбросов, предназначена разработка компании «Poclain Hydraulics» - гидравлическая система «CleanStart». Главным компонентом «CleanStart» является лёгкий и компактный гидромотор-стартер, который можно установить непосредственно на коленчатом валу и тем самым свести к минимуму механические потери. Свойства, присущие гидростатическому приводу (обеспечивающему крутящий момент 800 Н·м), позволяют запускать тяжёлые двигатели объёмом до 16 литров практически мгновенно (время пуска составляет 0,4 секунды) без шума и вибрации. Поэтому данная разработка особенно заинтересовала производителей автобусов, силовой агрегат которых можно выключать не только в ожидании разрешающего сигнала светофора, но и во время посадки и высадки пассажиров на остановке. Здесь система старт-стоп даёт ещё больше преимуществ, чем в сегменте легкового транспорта.



**Рис. 226 - Схема системы с инвертором:**

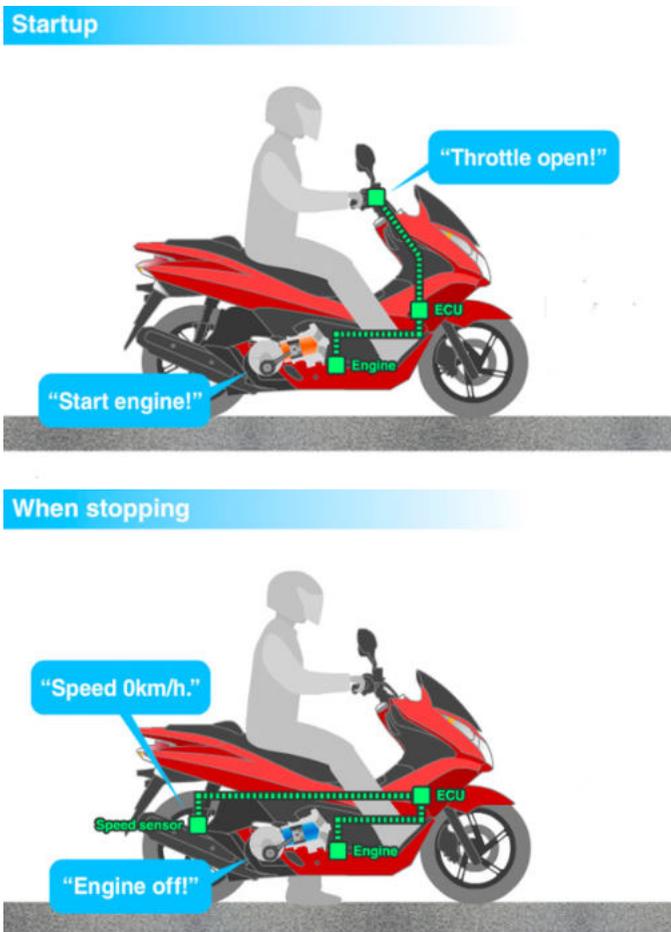
*1 - гидромотор-стартер; 2- гидравлический аккумулятор; 3 - масляный бак*

Контур системы «CleanStart» помимо гидромотора мощностью 15 кВт включает ещё несколько элементов: насос (может использоваться существующий гидронасос, питающий различные виды вспомогательного оборудования), управляющий клапан, гидравлический аккумулятор и бак. Пока работает насос, электромагнитный клапан направляет часть потока рабочей жидкости в гидроаккумулятор, где масло через разделительную мембрану сжимает газообразный азот. Запасённая таким образом энергия без потерь на различные преобразования сохраняется для последующего старта. Разрядом управляет пропорциональный клапан, причем мощности хватает не на один, а на несколько пусков, общий же ресурс системы составляет порядка 4 млн. циклов. Важно и то, что гидроаккумулятор позволяет производить быстрые циклы заряда и разряда, не требует обслуживания и по сравнению с химическими источниками энергии имеет более высокую удельную мощность. Но если говорить о системе «CleanStart» в целом, то она всё же уступает своим конкурентам по массогабаритным характеристикам - снаряжённая масса транспортного средства при оснащении гидростартером увеличивается примерно на 40 кг, однако для автобуса или грузовика это не слишком большое увеличение массы.

По данным разработчика, у автобуса, оснащённого системой «CleanStart», в условиях городского цикла (12 остановок продолжительностью 15 секунд на дистанции 7 км) расход топлива сокращается более чем на 10 %. Учитывая, что оборудование может монтироваться не только на новые, но и на находящиеся в эксплуатации транспортные средства, эту систему можно считать серьёзным резервом для улучшения экологии.

### **Система старт-стоп для мотоцикла**

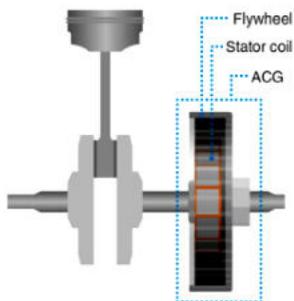
Компания «Honda» разработала систему старт-стоп для мотоциклов и скутеров, получившую название «Idling Stop System». Система работает в автоматическом режиме и обеспечивает кратковременное выключение двигателя после достижения нулевой скорости, что позволяет экономить до 7 % топлива. При повороте ручки газа она вновь включает мотор для дальнейшей поездки.



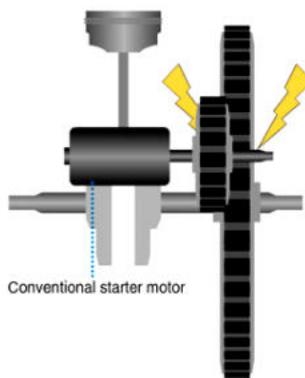
**Рис. 227 - Работа системы старт-стоп мотоцикла/скутера**

Внедрение системы «Idling Stop System» потребовало внести существенные изменения в конструкцию стартера, который был интегрирован в маховик.

■ ACG starter-type system



■ Conventional starter motor system  
(sliding-gear Conventional starter motor system)



**Рис. 228 - Изменения в конструкции генератора системы старт-стоп «Honda»**

Также мотоциклетную систему старт-стоп необходимо активировать только после посадки на сиденье водителя. Так как соответствующая информация от производителя отсутствует, то предположим, что в сиденье вмонтирован датчик веса, который отключает систему всякий раз, как водитель покидает своё место.

**Система MSS (Motor Start-Stop) фирмы Mercedes.**

Реализуется MSS благодаря электронному управлению двигателем путем программирования блока управления силовым агрегатом. Рекуперация торможения при этом отсутствует, происходит только автоматическое выключение и запуск двигателя при соблюдении определенных условий.

Главным исполнительным узлом MSS является стартер. Повышенная экономия топлива и экологичность автомобиля, которые обеспечиваются системой MSS, во многом зависят от условий эксплуатации транспортного средства, частоты использования данной системы и прочих условий. К тому же MSS требует от водителей некоторых навыков. Однако, если провести правильное обучение водителей, система может сделать эксплуатацию автомобиля действительно очень эффективной и экономичной.

### **Интеллектуальная система старт-стоп с рекуперацией**

Следующий шаг в развитии систем старт-стоп - это использование рекуперации энергии при торможении.

Конструкцию аналогичную системе «Bosch» имеет система «ISG» («Idle Stop&Go») от «Kia Motors», однако есть и важное отличие в управлении автомобильным генератором: при высокой нагрузке на двигатель для снижения потребления топлива генератор отключается, при торможении генератор включается и производится подзарядка аккумуляторной батареи - происходит рекуперация энергии. Если заряд аккумуляторной батареи опускается ниже 75 % от номинального, то система «ISG» автоматически отключается. При использовании кондиционера также происходит выключение системы. Такую систему можно назвать интеллектуальной.



**Рис. 229 - Работа системы рекуперации**

### **Особенности систем различных производителей**

#### **BMW**

BMW начала использовать систему Stop-Start в собственных моделях-сериях и в линейке автомобилей MINI в 2008 году в рамках общей кампании по повышению экономичности своих автомобилей «Efficient Dynamics». Вместо того чтобы использовать интегрированный стартер-генератор (ISG), BMW использовала усовершенст-

вованный обычный стартер, разработанный Robert Bosch GmbH, который может выдержать частые запуски двигателя. В конструкции BMW генератор не активен большую часть времени. Это означает, что электрические компоненты автомобиля, как правило, работают от аккумулятора. Когда батарея нуждается в подзарядке, или при замедлении, генератор активируется и (в сочетании с системой рекуперативного торможения) подзаряжает аккумулятор. Поскольку при таком использовании батарея испытывает очень разные нагрузки, BMW оснастила свои автомобили соответствующими аккумуляторами, выдерживающими эксплуатацию в таком режиме.

### **Citroën**

Концерн Citroën представил более изысканную систему в моделях C2 и C3 2006 в году. В реализации Citroën в систему включена роботизированная коробка передач SensoDrive и электронно управляемый интегрированный стартер-генератор (ISG). ISG сочетает в себе стартера и генератора в одном устройстве. В автомобилях Citroen применен ISG производства компаний Valeo и Denso.

### **Fiat Group**

В конце 2008 года Fiat представил систему stop-Start, разработанную компанией Robert Bosch GmbH, установленную в Fiat 500. С сентября 2009 года, Alfa Romeo также устанавливает эту систему в своей серии Alfa Romeo Mito с двигателем 1,4 л Turbo «MultiAir». Ford в конце 2010 года объявил, что система Stop-Start, использованная в гибридных автомобилях его производства будет последовательно внедрена во все модели с бензиновой силовой установкой.

### **Hyundai/Kia**

Для Kia Rio 3(а также для Hyundai Accent/Verna) с новым четырехцилиндровым двигателем 1,6 литра после рестайлинга 2012 года в списке опций есть система ISG (которую компания расширяет как «Intelligent Stop&Go»). В Россию официально не поставляется.

### **Honda**

Компания Honda была одним из пионеров использования системы Stop/Start. К примеру, на модели Insight 1999 года для внутреннего рынка Японии такая система была доступна в качестве опции.

### **ИКСО**

Компания Iran Khodro представила свою систему Stop/Start для модели Samand в 2010 году.

### **Mazda**

Особенность системы SISS (Smart Idle Stop System) от компании Mazda заключается в том, что она определяет, в каком положении находятся поршни и начинает запуск двигателя с тех двух цилиндров, в которых топливо уже сжато. Это позволяет использовать стартер по-минимуму, экономя электроэнергию. Смесь в выбранных цилиндрах воспламеняется от свечи зажигания, после чего поршни сразу же начинают движение вниз, не встречая сопротивления. Это позволяет добиться практически мгновенного запуска двигателя за 0,35 секунды. В 2011 году Mazda объявила о создании i-ELOOP, системы, которая использует генератор переменного напряжения для преобразования кинетической энергии в электрическую энергию при торможении. Энергия, запасенная в двухслойном конденсаторе, используется для подачи питания, необходимого для поддержания работы электрических систем автомобиля при неработающем двигателе. При использовании в сочетании i-Stop system, по утверждению Mazda, достигается экономия топлива до 10%.

### **Opel**

В 2011 году концерн Opel представил систему Start/Stop в моделях, выпускаемых в рамках программы EcoFLEX. Система используется с бензиновыми двигателями Family 0, Family II, MGE, а также с дизельными агрегатами MultiJet, Circle L и Family B.

### **Renault**

Renault устанавливает систему Start/Stop на все свои европейские модели с 2010 года.

### **Toyota**

Toyota ставит систему Start/Stop на ряд моделей, предназначенных для продажи вне рынка Японии начиная с 2009 модельного года.

### **Volkswagen**

Volkswagen начал использовать систему Start-Stop в моделях Polo, Golf и Passat BlueMotion. В настоящее время система входит в диапазон доступных опций для всех моделей Volkswagen с пакетом BlueMotion.

### **Volvo**

Volvo представила свою технологию в 2009 году, в автомобилях, выпущенных в рамках программы DRIVe.

### **Обязательные условия для функционирования системы.**

Не все знают, но система Старт-Стоп начинает работать только при соблюдении целого ряда условий, это:

- капот и дверь водителя закрыты;
- водитель пристегнут ремнем безопасности;
- скорость движения транспортного средства больше 4 км/час.

Если система запущена, то отключение двигателя может не происходить при следующих обстоятельствах:

- двигатель не прогрелся: как правило, такая ситуация характерна тогда, когда температура окружающей среды ниже -25 градусов;
- обороты мотора превышают обороты холостого хода;
- включен обогрев лобового стекла;
- машина остановилась после включенной задней передачи;
- не прогрет салон, то есть температура в нем значительно ниже (на 8 градусов и больше) заданной для системы;
- заряд аккумуляторной батареи недостаточен, то есть меньше заданных в системе параметров;
- имеются неполадки с генератором;
- руль повернут на значительный угол, например, по причине того, что совершался маневр на стоянке.

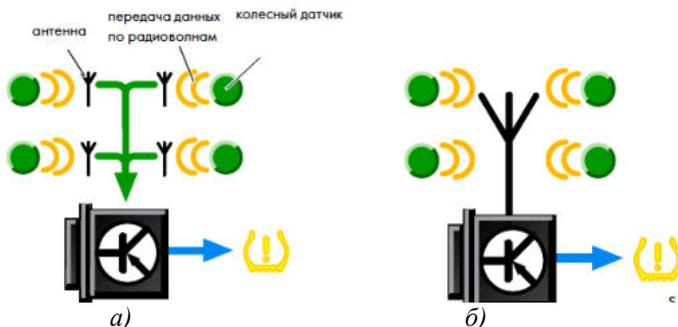
Кроме того есть случаи, когда системой Старт-Стоп двигатель, наоборот, может неожиданно запуститься без участия водителя, например, при скате транспортного средства со склона, когда автомобиль разогнался до скорости в 4 км/час и др.

## **16 СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ШИНАХ**

Системы контроля давления воздуха в шинах отвечают за контроль давления в шинах. Они могут предупредить об опасном изменении давления в шинах, указать, что давление в настоящий момент отличается от требуемого. Если автомобиль оснащен шинами с несущей боковиной, то указатель давления воздуха в шинах входит в серийную комплектацию. При использовании шин с несущей боковиной значительное снижение давления водителю практически незаметно, поэтому в этом случае необходим контроль давления воздуха.

Давление воздуха в шинах влияет на:

- безопасность движения,
- комфорт,
- срок эксплуатации шин,
- расход топлива.

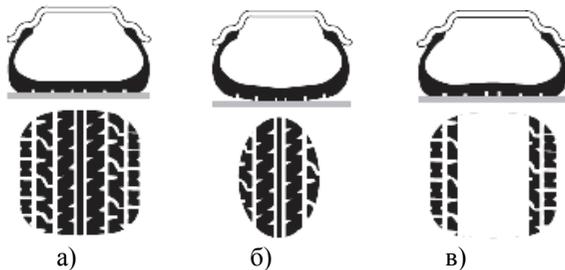


**Рис. 230 - Система контроля давления воздуха в шинах (а) с указанием неисправного колеса, (б) без указания неисправного колеса**

### **Нормальное давление воздуха**

Колесо с нормальным давлением воздуха полностью соприкасается с поверхностью дороги. Происходит равномерный износ профиля, и обеспечивается лучшее сцепление с дорогой. Это обеспечивает следующие преимущества:

- увеличение пробега шины,
- уменьшение тормозного пути,
- оптимальная стабильность при поворотах,
- комфорт движения.



**Рис. 231 - Изменение пятна контакта шины в зависимости от давления воздуха в ней:**

*а - нормальное давление; б - высокое давление; в - низкое давление*

### **Слишком высокое давление воздуха**

При слишком высоком давлении воздуха в шинах сцепление с дорогой происходит только в середине беговой дорожки. Недостатками этого являются:

- неравномерный износ профиля,
- уменьшение срока эксплуатации шины,
- снижение комфорта движения.

#### **Слишком низкое давление воздуха**

При слишком низком давлении воздуха центральная часть шины слегка вдавливается по направлению вверх, оптимальная передача усилий на дорожное полотно производится только краями шины. Это приводит к следующим недостаткам:

- сильное повышение температуры шины и, соответственно, опасность повреждения ее структуры,
- увеличение тормозного пути,
- уменьшение срока эксплуатации шины.

Общим моментом для всех систем контроля давления воздуха в шинах является следующее. Производится постоянный контроль текущего давления воздуха и сравнение полученных данных с контрольными параметрами. Все системы выдают предупреждения об изменении давления в шинах.

В автомобилях контроль давления воздуха в шинах осуществляется тремя различными способами (три системы):

- указатель давления воздуха в шинах (RKA) как решение программного обеспечения (ПО);
- система контроля давления воздуха в шинах (RDK) с указанием на неисправные колеса;
- система контроля давления воздуха в шинах (RDK) без указания на неисправные колеса.

#### *Указатель давления воздуха в шинах (RKA) как решение программного обеспечения (ПО)*

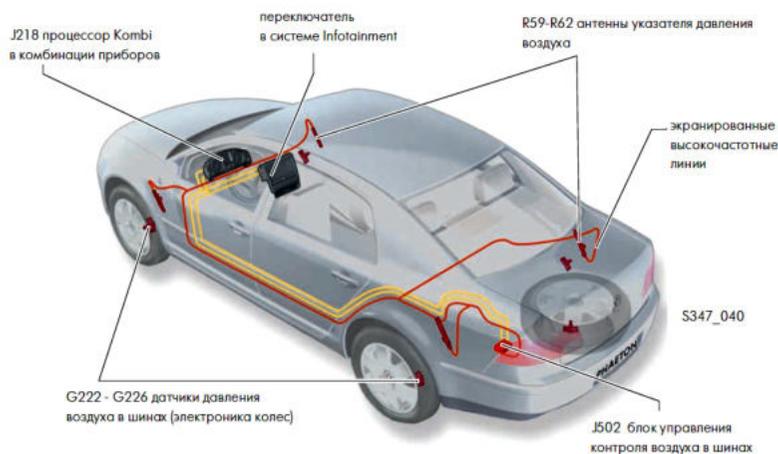
Указатель давления воздуха в шинах RKA представляет собой модуль ПО в блоке управления ABS. Он обрабатывает данные системы ABS и распознает неполадки в конкретной шине. Указатель оперирует различными данными системы ABS, чтобы определить отрезок пути, проходимый шиной за один оборот. Полученные значения сравниваются с контрольными параметрами. Как правило, датчик сравнивает угловое вращение отдельно взятых колес. По угловой скорости можно вычислить расстояния, которые колеса проходят за одно полное вращение. При разном давлении изменяется и

наружный диаметр колеса, соответственно изменяется частота вращения колеса. Данное изменение фиксируется ЭБУ ABS и выводится на информационную панель.

Водитель самостоятельно задает параметры давления воздуха, система в процессе адаптации сохраняет их после подтверждения.

*Система контроля давления воздуха в шинах с указанием неисправного колеса*

В колесах автомобилей, с системой контроля давления воздуха с указанием неисправного колеса, имеются электроника, антенны для бесконтактной передачи данных с датчиков и блок управления. Водитель самостоятельно вводит заданные параметры давления воздуха и сохраняет их в системе.



**Рис. 232 - Схема размещения на автомобиле системы контроля давления воздуха в шинах с указанием неисправного колеса**

Система контроля давления воздуха в шинах с указанием неисправного колеса выполняет следующие функции:

- индикация давления в шинах с указанием неисправного колеса (постоянно через систему Infotainment, во время стоянки через настройки Комфорт);
- распознавание диффузной потери давления - водителю информируется заранее, чтобы была возможность проверить и откорректировать давление воздуха в шинах;

- распознавание внезапной потери давления: водитель информируется сразу же во время движения;

- распознавание потери давления при стоянке автомобиля - водитель информируется сразу же после включения зажигания.

4 встроенные антенны позволяют идентифицировать неисправное колесо. Антенны принимают передаваемые сигналы и передают их для дальнейшей обработки на блок управления системы контроля давления воздуха в шинах. С блоком управления антенны соединены при помощи высокочастотных линий связи и упорядочены в соответствии с местом установки. Система распознает, в каком конкретно колесе произошло изменение давления.



**Рис. 233 - Антенна системы контроля давления воздуха в шинах**

Сообщения и предупреждения системы контроля давления воздуха в шинах с указанием неисправного колеса отображаются на центральном дисплее комбинации приборов при помощи двух символов (символ-напоминание и предупреждающий символ).

Модуль электроники колеса прикреплен к вентилю колеса и может быть повторно использован после замены колес или ободов колес.

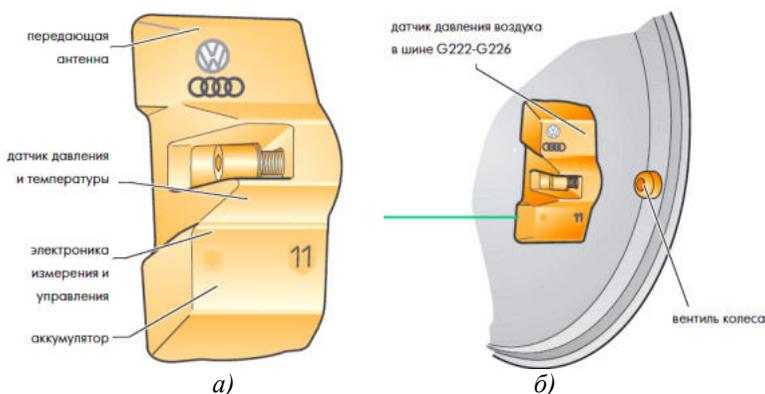
Система контроля давления воздуха во время поездки постоянно следит за давлением воздуха в шинах. Даже после остановки автомобиля контроль давления воздуха осуществляется после короткого промежутка времени.

Электроника колеса в каждой шине измеряет температуру шины и давление воздуха в ней. Полученные данные с определенной периодичностью посылаются на антенны в колесной нише. Эти антенны соединены с блоком управления системы контроля давления воздуха в шинах через экранированные высокочастотные линии, в блоке управления происходит обработка данных, и они пересылаются дальше на блок управления в комбинации приборов (в систему Infotainment) при помощи провода шины данных CAN.

Корректные параметры давления воздуха должны быть введены водителем, после подтверждения (нажатие кнопки) они будут приняты системой в качестве требуемых значений. Управление осуществляется либо через систему Infotainment, либо через настройки Комфорт в комбинации приборов. Сообщения и предупреждения отображаются при помощи индикатора в комбинации приборов и текстовых сообщений на дисплее комбинации приборов.

Электроника колеса состоит из следующих компонентов:

- антенна передачи данных,
- датчик температуры и давления,
- электроника измерения и управления,
- аккумулятор.



**Рис. 234 - Блок электроники колеса (а) и его размещение в колесе (б)**

Передача данных с электроники колеса в нормальном режиме происходит: каждые 54 секунды. Интервал передачи данных в ускоренном режиме (при потере давления  $> 0,2$ бар/мин) - каждые 850 миллисекунд.

Чтобы система контроля давления воздуха в шинах функционировала нормально, необходимо выполнение следующих условий:

1. Водитель должен самостоятельно ввести корректные параметры давления в шинах, учитывая при этом разницу в давлении при частичной и полной загрузке автомобиля.

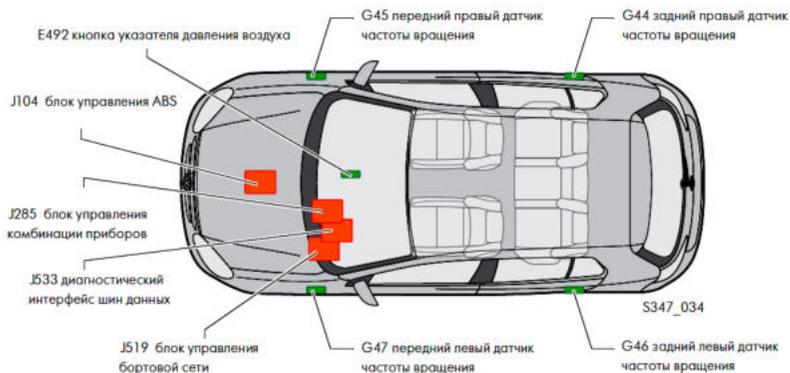
2. Радиосвязь между электроникой колеса и антеннами не должна прерываться из-за радиопомех.

3. Аккумуляторы электроники колес должны быть заряжены. Срок эксплуатации аккумулятора составляет приibl. 10 лет.

*Система контроля давления воздуха в шинах без указания неисправного колеса*

ПО системы контроля давления воздуха в шинах без указания неисправного колеса встроено в центральный блок управления систем комфорта. В качестве антенны для приема данных электроники колес используется антенна центрального замка и охранной сигнализации. В эту систему заданные параметры давления воздуха вводятся на заводе-производителе.

При использовании системы контроля давления воздуха в шинах без указания неисправного колеса модули электроники колеса установлены в каждом колесе. Они регулярно пересылают данные, которые принимаются антенной центрального замка и охранной сигнализации и передаются дальше на блок управления системы контроля давления воздуха. Этот блок управления встроен в центральный блок управления электроники систем комфорта и имеет собственный диагностический адрес.



**Рис. 235 - Схема размещения на автомобиле системы контроля давления воздуха в шинах без указания неисправного колеса**

Контрольные параметры давления воздуха задаются в блоке управления (отслеживаемое значение давления) на заводе-изготовителе. Параметры действительны для одного комплекта колес с шинами, который имеет допуск и указан на информационной табличке на горловине топливного бака. Для каждого комплекта ука-

заны параметры давления для частичной и полной загрузок автомобиля, их нельзя изменять.

При помощи кнопки на центральной консоли водитель может изменить параметры с частичной на полную нагрузку, опросить статус системы и включить/выключить систему контроля давления воздуха.

Сообщения и предупреждения отображаются при помощи индикатора в комбинации приборов и текстовых сообщений на дисплее комбинации приборов.

Модули электроники колес в RDK без указания неисправного колеса имеют несколько иную структуру по сравнению с RDK с указанием неисправного колеса.

Они состоят из следующих компонентов (рис. 236):

- датчика давления;
- датчика температуры;
- датчика ускорения;
- аккумулятора;
- электроники измерения и управления;
- передающей антенны.



а)



б)

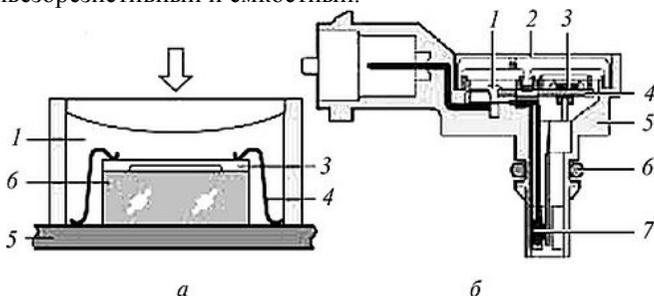
**Рис. 236 - Модуль электроники колеса в RDK без указания неисправного колеса:**

*а - внешний вид; б - устройство*

Вентиль колеса используется в качестве антенны, благодаря этому сигнал не экранируется покрытием шины. Вентиль соединен с электроникой измерения и управления модуля электроники колеса специальным проводом.

Модули электроники колес, установленные в шине, измеряют температуру шины, давление в ней и центробежное ускорение. Передача пакетов данных зависит от того, в каком состоянии находится автомобиль. В неподвижном положении или на скорости ниже 25 км/ч передача данных не происходит, кроме случаев резкого изменения давления (свыше 0,2 бар в минуту). Как только колесный датчик распознает центробежное ускорение свыше 5 g (соответствует скорости автомобиля свыше 25 км/ч), начинается передача первых 30 пакетов данных с интервалом в 15 секунд. Потом, в нормальном режиме движения, электроника колес посылает один пакет данных в минуту. При резком изменении давления (свыше 0,2 бар в минуту) электроника колес посылает пакет данных каждые 15 секунд.

В модулях электроники колеса используются два типа датчиков - пьезорезистивный и ёмкостный.

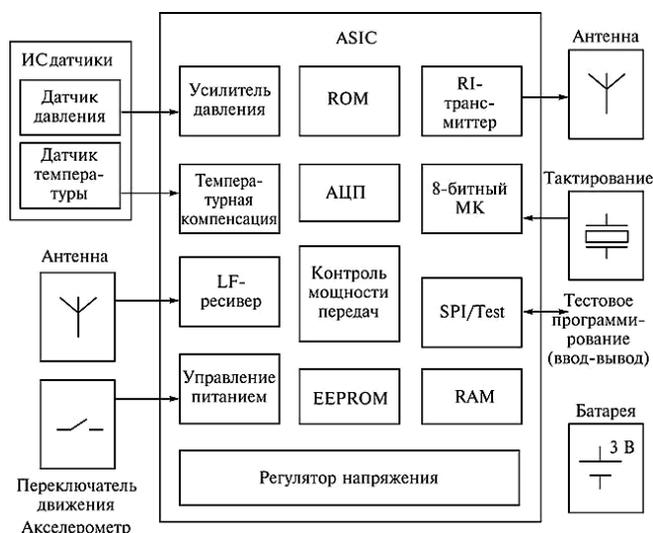


**Рис. 237 - Конструктивные схемы пьезорезистивного датчика абсолютного давления на основе микромеханической технологии (МЕМБ):**

*а: 1 - защитный гель; 2 - направление воздействия давления; 3 - сенсорный чип; 4 - выводы; 5 - керамическая подложка корпуса датчика; 6 - стеклянное основание; б: 1 - выводы; 2 - крышка; 3 - сенсорный кристалл; 4 - керамическая подложка; 5 - корпус; 6 - резиновое уплотнение места установки датчика; 7 - чувствительный элемент датчика температуры*

Датчик контроля комбинируется в ASIC-корпусе и включает (рис. 238): кремниевый микромеханический датчик давления (пьезорезистивный) или емкостный с диапазоном измерения 100...450 кПа

для легковых и 50... 1400 кПа для грузовых автомобилей; интегрированный датчик температуры с диапазоном  $-40...+125$  °С; датчик напряжения питания (1,8...3,6 В); одноосевой акселерометр (12...115g) (отсутствует для грузовых автомобилей); АЦП с запрограммированными алгоритмами и коэффициентами для вычисления величины давления; два генератора (маломощный для работы с частотами порядка 2,5 кГц и тактирования интервалов и 2-мегагерцовый тактовый генератор для измерений и передачи данных); RF-трансмисмиттер; LF-ресивер; выходную ступень для формирования цифрового SPI-интерфейса для связи с внешним микроконтроллером максимальной частотой 500 кГц; батарею питания.



**Рис. 238 - Функциональная схема интегрированного датчика контроля давления в шинах серии SMD400 Bosch**

## 17 СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ

Стабилизатор представляет собою П-образную трубу, средняя часть которой вращается в установленных на подрамнике резиновых подушках, а колена соединены через стойки с телескопическими амортизаторами (рис. а). Стабилизатор противодействует поперечным наклонам кузова, повышая устойчивость автомобиля при движении на повороте. При движении автомобиля на повороте стабили-

затор скручивается, противодействуя противоположному по отношению к кузову перемещению колес одной оси автомобиля.

У вседорожного автомобиля с высоко расположенным центром тяжести стабилизатор должен быть достаточно жестким, чтобы противостоять чрезмерным наклонам его кузова при движении с большими скоростями на поворотах. При движении вне дорог напротив, более пригодны стабилизаторы малой жесткости, допускающие большие перекосы оси автомобиля относительно кузова. Благодаря этому улучшается передача тяговых усилий колесами и повышается плавность хода автомобиля.

Системы активной стабилизации популярных в настоящее время автомобилей от различных производителей условно можно разделить на четыре группы.

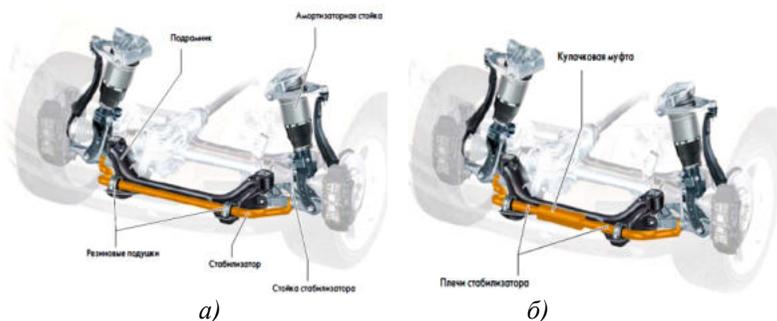
1. Стабилизаторы с активным разделением торсионного стержня на две независимые части.

2. Стабилизаторы с активным управлением упругостью (закручиванием) торсионного стержня.

3. Стабилизаторы с активной гидравлической связью.

4. Смешанные системы, в которых функции стабилизации крена частично, либо полностью обеспечиваются конструкцией упругих элементов подвески

### Стабилизаторы с активным разделением



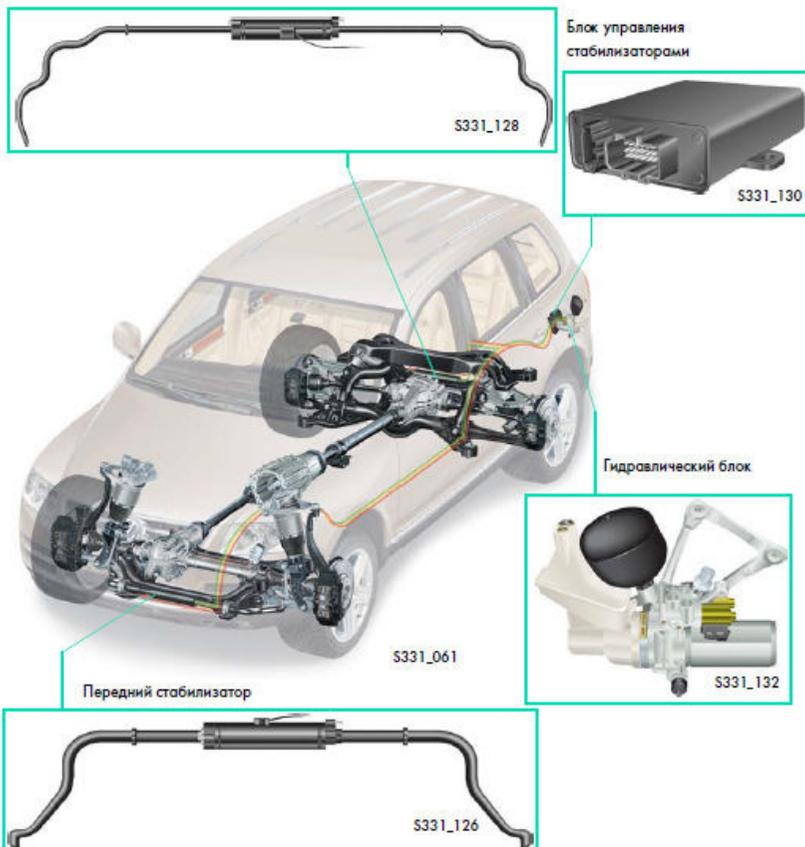
**Рис. 239 - Стабилизатор:**

*а - традиционной конструкции; б - отключаемой конструкции*

Отключаемый стабилизатор позволяет оптимизировать ходовые качества автомобиля как при движении по дорогам с твердым покрытием, так и при его эксплуатации вне дорог. Колена стабили-

затора разъединяются и соединяются посредством кулачковой муфты у систем с гидроприводом (рис. 239 б) или электрическими поворотными двигателями у электрических систем.

Задний стабилизатор



**Рис. 240 - Компоненты системы отключаемых стабилизаторов автомобиля Touareg**

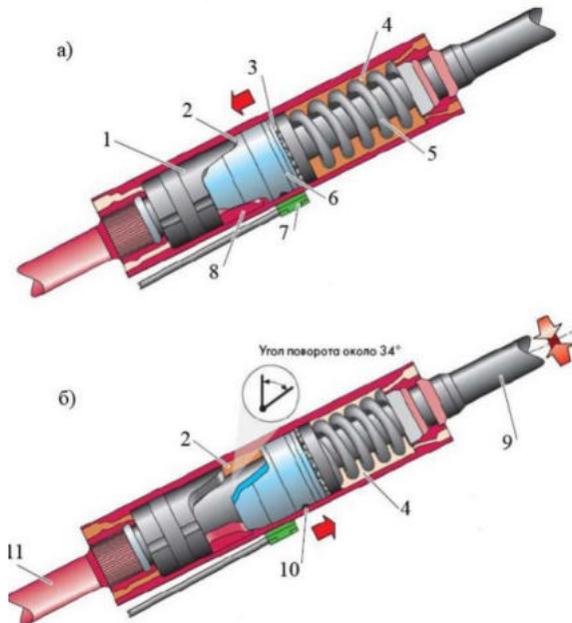
*Гидравлическая система отключения стабилизатора*

Основными компонентами системы отключаемых стабилизаторов являются:

- гидравлический блок,
- блок управления стабилизаторами;

- собственно стабилизаторы с соединительными устройствами.

Кулачковая муфта с гидроприводом содержит полумуфты 1 и 8, соединительный элемент 6, страхующую пружину 5 и расположенный на разъединителе датчик его состояния 7. Соединительный элемент свободно перемещается вдоль стабилизатора под действием давления рабочей жидкости. При этом он заходит между кулачками полумуфт, обеспечивая их геометрическое замыкание. Выступы соединительного элемента никогда не выходят полностью из проемов между кулачками полумуфт, благодаря чему подключение стабилизатора обеспечивается при любом его исходном положении.



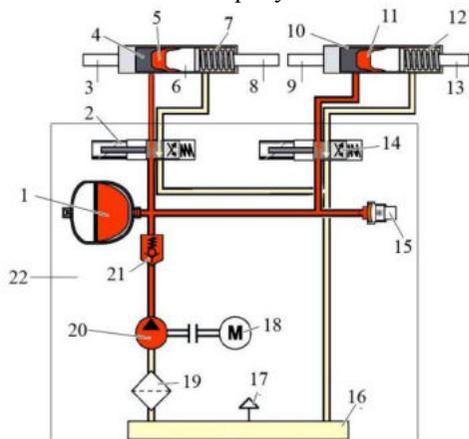
**Рис. 241 - Кулачковая муфта:**

1 – охватывающая полумуфта; 2 – рабочая полость 1; 3 – упорный игольчатый подшипник; 4 – рабочая полость 2; 5 – страхующая пружина; 6 – соединительный элемент; 7 – датчик состояния стабилизатора; 8 – охватываемая полумуфта; 9 – правое плечо стабилизатора; 10 – магнитный штифт на соединительном элементе; 11 – левое плечо стабилизатора; а – муфта замкнута; б – муфта разомкнута

Страховочная пружина винтовая пружина 5 обеспечивает подключение стабилизатора при неисправности гидравлической системы или электрических компонентов системы управления. Чтобы снизить износ в месте сопряжения пружины с соединительным элементом, между ними установлен упорный игольчатый подшипник 3.

Управление стабилизаторами осуществляется с помощью кнопки или автоматически. При нажатии кнопки вырабатываются сигналы отключения и подключения стабилизаторов, которые направляются в блок управления ими.

Общая гидравлическая схема отключаемых стабилизаторов поперечной устойчивости показана на рисунке.



**Рис. 242 - Блок-схема системы управления стабилизаторами:**

1 – гидроаккумулятор; 2 – клапан отключения переднего стабилизатора; 3 – левое плечо переднего стабилизатора; 4 – кулачковая муфта переднего стабилизатора; 5,11 – рабочая полость 1; 6 – соединительный элемент; 7,12 – рабочая полость 2; 8 – левое плечо переднего стабилизатора; 9 – левое плечо заднего стабилизатора; 10 – кулачковая муфта заднего стабилизатора; 13 – правое плечо заднего стабилизатора; 14 – клапан отключения заднего стабилизатора; 15 – датчик давления в гидравлической системе отключения стабилизаторов; 16 – компенсационный бачок; 17 – клапан вентиляции; 18 – электродвигатель; 19 – фильтр; 20 – насос системы отключения стабилизаторов; 21 – обратный клапан; 22 – гидравлический блок

В системе применяется гидроаккумулятор 1 с отделенной посредством мембраны газовой полостью, разделяющая его на две полости. В нем запасается энергия сжимаемого газа, которая используется гидравлической системе по мере необходимости. В нижнюю камеру поступает рабочая жидкость, подаваемая насосом 20 под давлением.

Рабочая жидкость поступает в гидроаккумулятор через обратный клапан 21. Давление в системе повышается по мере заполнения ею гидроаккумулятора и сжатия полости, заполненной азотом. Объем рабочей жидкости в гидроаккумуляторе увеличивается соответственно уменьшению объема газовой полости. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто давление выключения насоса. Давление в гидроаккумуляторе удерживается посредством обратного клапана 21 и направляется через канал в гидравлическом блоке в корпус кулачковой муфты.

Отключение стабилизаторов осуществляется при помощи электромагнитных клапанов 2 и 14, перемещающих золотники. При этом соединяются каналы, через которые поддерживаемое гидроаккумулятором давление передается в рабочую полость 1 того или иного стабилизатора. Включение стабилизаторов происходит при обесточивании электромагнитных клапанов.

Блок управления стабилизаторами обрабатывает сигналы, поступающие от датчика давления, датчиков состояния стабилизаторов, кнопки управления стабилизаторами, датчика скорости автомобиля, датчика поперечного ускорения, датчиков режима работы трансмиссии. По результатам обработки данных датчиков блок управления вырабатывает командные сигналы для исполнительных устройств.

При отключенном стабилизаторе разность хода колес одной оси автомобиля может быть увеличена на 60 мм как при ходе только одного колеса, так и при противоположном ходе обоих колес.

#### *Электрическая система отключения стабилизатора*

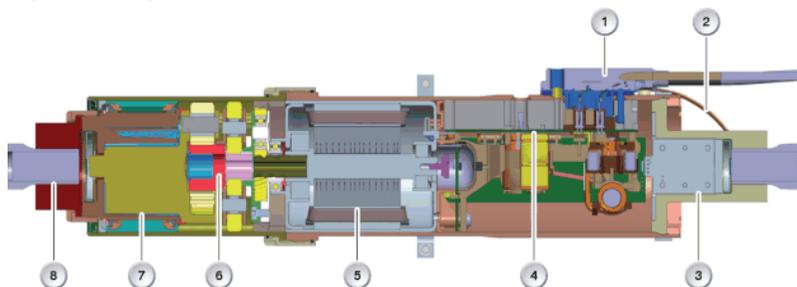
Стабилизаторы поперечной устойчивости переднего и заднего мостов разрезные. Посредине они соединены электрическими поворотными двигателями. Это позволяет за доли секунды передать определенный крутящий момент в необходимом направлении на стабилизаторы поперечной устойчивости. При движении по прямой происходит размыкание обеих половинок стабилизатора поперечной устойчивости. Это предотвращает воздействие на сами рессоры при одностороннем сжатии пружин подвески.



**Рис. 243 - Увеличение разности хода колес при отключении стабилизаторов**

Для расчета активации электрических стабилизаторов поперечной устойчивости используются, как правило, следующие величины:

- текущее поперечное и продольное ускорение;
- скорость движения;
- ускорение кузова и колес согласно 4-м датчикам вертикального ускорения;
- высота дорожного просвета согласно 4-м датчикам высоты дорожного просвета.



**Рис. 244 - Устройство стабилизатора с электрическим приводом:**

*1 - электрический разъем; 2 - провод на массу; 3 - датчик крутящего момента; 4 - ЭБУ электрического активного стабилизатора; 5 - поворотный двигатель; 6 - планетарный механизм; 7 - проставочная втулка; 8 - стабилизатор поперечной устойчивости*

При активации поворотного двигателя в зависимости от направления тока проворачиваются обе стойки штанги стабилизатора поперечной устойчивости. Направление тока определяет направление вращения.

Передаточное отношение планетарного механизма равно примерно 1: 120. Это позволяет достичь максимального крутящего момента в 750 Н·м.

Проставочная втулка обеспечивает максимальный угол поворота между планетарным механизмом и стойками штанги стабилизатора поперечной устойчивости. Это обеспечивает плавное повышение крутящего момента при регулировании.

Датчик крутящего момента передает полученный крутящий момент обратно на ЭБУ для подтверждения правильности.

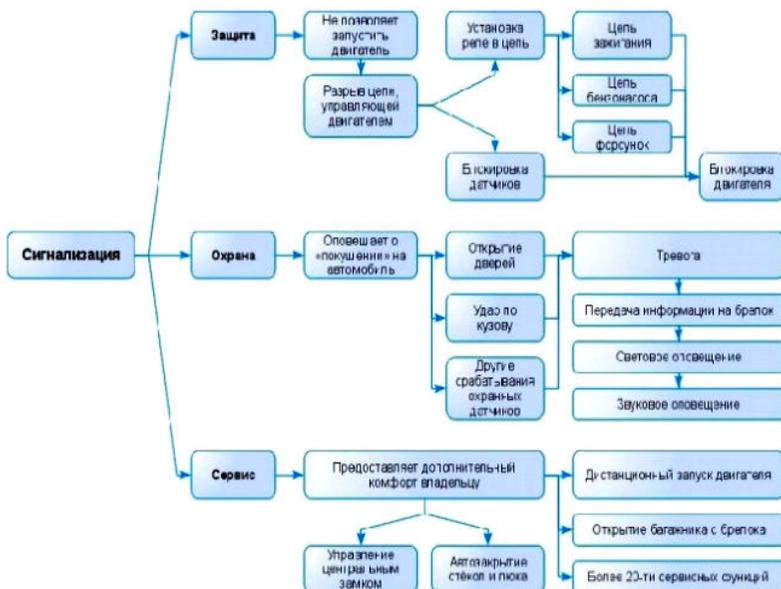
## **18 ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОТИВОУГОННЫЕ СИСТЕМЫ**

Электронные системы защиты от угона предназначены для предотвращения незаконного доступа в автомобиль путем блокировки электрических цепей и оповещения владельца о такой попытке. К ним относятся автомобильные сигнализации, иммобилайзеры и системы GPS слежения.

### **Автомобильные сигнализации**

Автосигнализации - наиболее распространенные электронные противоугонные системы и иногда входят в стандартное оснащение автомобиля. Их основное предназначение – не предотвратить угон, а оповестить владельца и окружающих о такой попытке. При срабатывании датчиков блок управления сигнализации посылает сигнал на пейджер владельца, а также включает сирену и световые сигналы. На базе сигнализаций могут создаваться противоугонные комплексы, которые при наступлении тревожного события не только подают сигнал тревоги, но еще и разрывают одну или несколько цепей автомобиля, выполняя функции иммобилайзера.

Сигнализацию также наделяют множеством дополнительных сервисных возможностей: управление центральным замком, поднятие стеклоподъемников и закрытие люка при постановке на охрану, запираение дверей при запуске двигателя или начале движения, режим «свободные руки», дистанционный запуск двигателя, поиск автомобиля на стоянке, гаражный режим и многое другое.



**Рис. 245 - Функции автомобильной сигнализации**

### **Односторонние сигнализации**

Это самые недорогие и простые модели, набор функций у них минимальный, позволяют управлять центральным замком при помощи брелка, есть функция блокировки двигателя, датчик удара, существует дополнительный канал, который позволяет подключить открытие багажника с брелка. Небольшая дальность действия брелка.

### **Двусторонние сигнализации**

Недорогие модели сигнализаций, с оптимальным набором функций и двусторонней связью. В зоне действия брелка владелец осуществляет полный контроль над автомобилем, зона действия составляет примерно 300 метров. Позволяет получать информацию о том, что происходит в автомобиле. Если срабатывает сигнализация, владелец получает информацию в виде вибровызова или мелодии. На экране брелка отображается вся информация о происходящем с автомобилем, если модель дешевая то, сигнал осуществляется в виде светодиодных ламп.

### **Сигнализации с автозапуском**

Эти сигнализации обладают обратной связью и функцией дистанционного запуска двигателя. Ставятся на любой автомобиль, с бензиновым и дизельным двигателем, с механической или автоматической коробкой передач. Позволяют устанавливать автозапуск по напряжению, таймеру, по времени или нажав на кнопку брелка. Если в автомобиле есть иммобилайзер, то потребуется еще один ключ от зажигания.

#### **Сигнализации с диалоговым кодом**

Такие сигнализации оснащены диалоговым кодом с индивидуальными ключами шифрования. Код работает по принципу «чужой-свой», что полностью исключает взлом сигнализации любыми код-грабберами. При получении сигнала, система сканирует его, чтобы убедиться в том, что сигнал отправлен со «своего» брелка, это действие осуществляется неоднократно, путем диалога. После первого сигнала система шлет на брелок случайное число, которое отправляется обратно брелком, пройдя предварительную обработку по специальному алгоритму. Система обрабатывает ответ также по определенному алгоритму, сравнивает ответ со своими данными. Если все данные совпадают, то команда брелка выполняется.

#### **Состав сигнализации и назначение основных элементов**

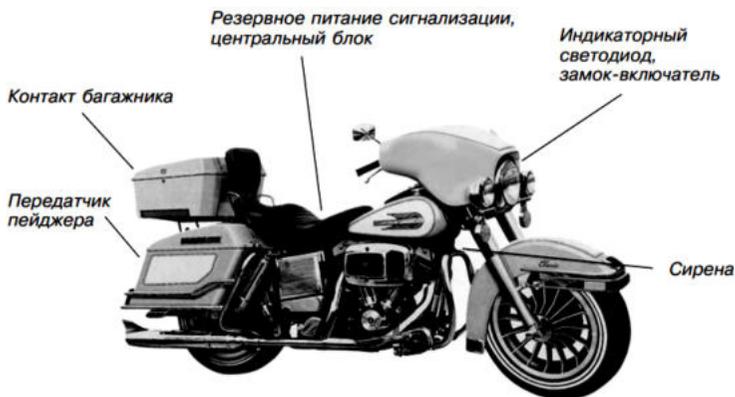
Сигнализации отличаются друг от друга главным образом набором датчиков и способом соединения устройств, входящих в состав сигнализации, с блоком управления. В зависимости от комплектации, количества доступных функций и режимов сигнализации можно условно разделить на системы начального, среднего и высшего уровня.

Полноценная сигнализация включает в себя:

- набор сенсоров, в который входят выключатели, датчики давления и детекторы движения;
- сирену;
- радиоресивер, позволяющий осуществлять контроль и управление с ключа или брелока;
- дополнительную батарею для подачи сигнала тревоги в случае отсоединения или вывода из строя штатного аккумулятора;
- блок управления, принимающий сигналы от датчиков и включающий исполнительные устройства.



**Рис. 246 - Размещение элементов сигнализации в автомобиле**



**Рис. 247 - Размещение элементов сигнализации на мотоцикле**

## Основные датчики, применяемые в автомобильных сигнализациях

*Датчик открытия двери, капота, багажника* – самый простой датчик, представляющий собой обычный выключатель (концевой выключатель).



**Рис. 248 - Концевой выключатель**

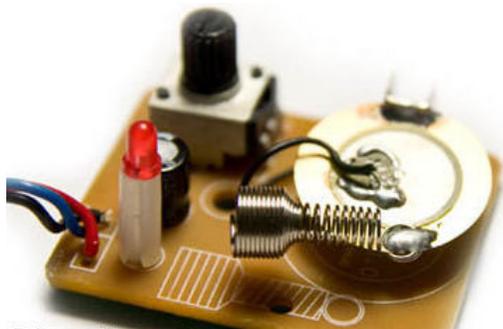
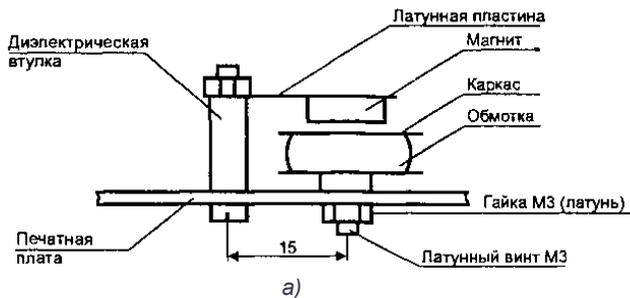
*Датчик падения напряжения* реагирует на изменения напряжения в электрической цепи автомобиля, которое возникает, например, при включении лампы освещения салона, багажника, отключении проводов под капотом и т.п. Датчики такого типа, обычно, встраиваются в центральный блок и входят в базовые комплекты многих сигнализаций.

*Датчик удара* реагирует на механические воздействия на автомобиль. Для предупреждения ложных срабатываний (например, от сильного порыва ветра) предусмотрена регулировка чувствительности. Некоторые датчики способны различать силу удара (их называют двухуровневыми). В зависимости от сигнала, поступившего с такого датчика, блок управления либо дает только предупреждающий сигнал, либо включает сигнализацию на полную мощность.

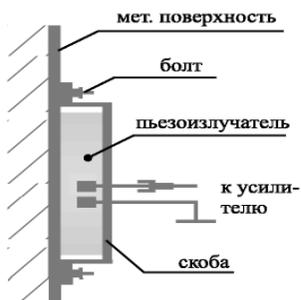
Датчик удара, или шок-сенсор (hit sensor), является по сути акселерометром, то есть чувствительный элемент, закрепленный на упругом подвесе. По типу чувствительного элемента датчики удара разделяются на:

- электромагнитные. Контролирующий элемент – магнит, при его колебаниях возникает возбуждение в обмотке и подается электрический сигнал (рис. 249);
- пьезокерамические. Роль чувствительного элемента играет пьезопластина с грузом. Такие датчики устойчивы к электромагнитным помехам, но отличаются крупными размерами (рис. 250);
- микрофонные. Основной элемент – чувствительный к колебаниям воздуха микрофон, закрытый упругим резиновым колпачком

с латунным грузилом. При спровоцированной ударом деформации колпачка меняется давление воздуха на микрофон.



**Рис. 249 - Электромагнитный датчик удара:**  
а - схема датчика; б - общий вид



**Рис. 250 - Устройство пьезокерамического датчика удара**

Для оптимальной эксплуатации на различных автомобилях, используемых в различной окружающей обстановке, датчик удара имеет возможность настройки своей чувствительности. Уменьшение количества ложных срабатываний позволяет не потерять бдительность автовладельцу и у него не возникает желания купить автосигнализацию от другого производителя.

*Датчик разбития стекла.* По принципу действия датчики повреждения стекла классифицируются:

- электроконтактные датчики - оповещают о нарушении целостности стекольного полотна посредством механического воздействия, например, удара;

- пьезоэлектрические, реагирующие на механические колебания, возникающие при силовой ударной нагрузке на стекло;

- акустические датчики, реагирующие на характерные звуковые колебания, издаваемые при разрушении стеклянного изделия.

Чаще всего в автомобильных системах устанавливаются акустические датчики. Он представляет собой обычный микрофон. Звук разбиваемого стекла имеет определенную частоту. Поэтому микрофон дополняют специальным фильтром, который пропускает сигнал только этой частоты. Таким образом, блок управления не реагирует на другие посторонние звуки. Двухуровневый датчик подает предупредительный сигнал при ударе по стеклу, а при разбитии – включает сигнализацию на полную мощность.

*Датчик давления (объема)* предназначен для фиксации изменения давления воздуха в салоне автомобиля. Это происходит при разбитии стекла или при открывании двери. Принцип работы датчика давления аналогичен принципу работы динамиков, только здесь все происходит наоборот - движение воздуха вызывает колебания диафрагмы, что приводит к появлению тока в электрической цепи. Некоторые автосигнализации используют в качестве датчиков давления динамики штатной аудиосистемы, в других же применяются специальные детекторы.

В последние годы более широко используют датчики объема работающие на трех следующих принципах:

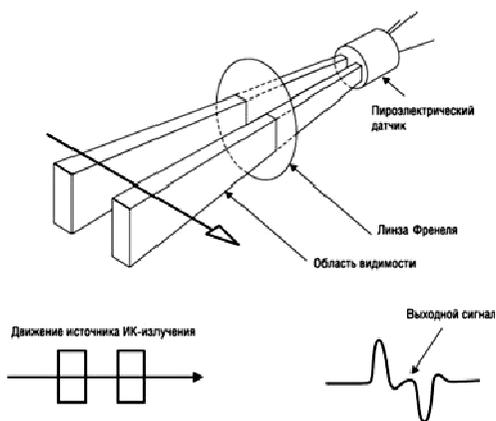
1. Емкостный. В этом случае пространство играет роль диэлектрика между обкладками своеобразного конденсатора, включенного в колебательный контур. Появление постороннего движущегося предмета меняет емкость этого конденсатора, что приводит к изменению частоты в колебательном контуре. Эта схема требует цифро-

вой фильтрации, чтобы исключить ложные срабатки, например, от грозовых разрядов.

2. Активный радарного типа. Сенсор посылает короткий пакет высокочастотных колебаний и «прослушивает» пространство, принимая отраженный сигнал, как это делает радиолокатор. Схема позволяет реализовать двухзонный уровень защиты - внутри салона и в непосредственной близости от машины. Однако распространение высокочастотных излучений зависит от «прозрачности» окружающих материалов. К примеру, загрязненные или залитые дождем стекла могут привести к ложному срабатыванию сигнализации.

3. Пассивный детектор. Этот тип отличается тем, что не генерирует локаторных сигналов, а детектирует инфракрасное (тепловое) излучение движущихся объектов.

*Датчик движения* реагирует на движение в салоне автомобиля и перемещение окружающих предметов вблизи него. Он работает по принципу радара и состоит из передатчика и приемника. Существует два типа таких датчиков: ультразвуковой и микроволновой. Первый фиксирует движение только в салоне, второй – как в салоне, так и в непосредственной близости от автомобиля (поэтому его называют двухзонным).



**Рис. 251 - Принцип действия инфракрасного датчика**

Также используются инфракрасные датчики. Принцип их действия основан на восприятии изменения теплового фона, в контролируемом помещении, пирозлектрическими сенсорами. Существуют

пассивные ИК детекторы, фиксирующие движение при помощи оптической системы, именуемой линза Френеля. При движении теплового объекта линза фокусирует ИК излучение на разных участках пироэлектрического сенсора.

Активные ИК датчики действуют по иному принципу. Они состоят из двух приборов, которые имеют как принимающие, так и генерирующие ИК лучи приспособления. Объект находящийся между ними изменяет температуру входящего луча, что и вызывает срабатывание сигнала тревоги.

*Датчик наклона (перемещения)* реагирует на изменение положения автомобиля. Основой его конструкции является акселерометр. Попытка поднять автомобиль для того, чтобы снять колеса или загрузить его на эвакуатор, приводит к срабатыванию сигнализации.

*Топливные электроклапаны.* Дополнительный топливный электроклапан (рис. 252), управляемый сигнализацией, иммобилайзером или потайным переключателем, может серьезно помешать угону, так как находится обычно в труднодоступном месте и скрыт от угонщика.



**Рис. 252 - Топливный электроклапан**

### **Устройства контроля и управления сигнализацией**

Пульт управления сигнализацией (брелок) предназначен для постановки и снятия сигнализации с охраны и контроля состояния автомобиля. В штатных сигнализациях он может быть совмещен с ключом зажигания. Кроме того, с пульта осуществляется управление сервисными функциями. Передатчик пульта работает в диапазоне дециметровых волн. Иногда встречаются устройства, работающие в ИК диапазоне. Перехват сигнала от таких брелоков затруднен ввиду их малого радиуса действия и узкой направленности.

Первые сигнализации злоумышленники легко научились отключать с помощью сканера. Сканер - это простое электронное устройство, которое с большой скоростью перебирает коды на частоте

взламываемой сигнализации, пока не подберет нужный. Для борьбы с ними сигнализации стали оснащать антисканером – прибором, который на некоторое время отключает приемник, когда замечает в эфире признаки работы сканера.

Кроме того, для защиты от перехвата канала связи между пультом и сигнализацией применяется динамическое кодирование, при котором алгоритм кодирования постоянно меняется. Поэтому рассчитать следующую кодовую комбинацию для отключения сигнализации очень сложно и для этого потребуется немало времени. Но хотя это сделать и трудно, но возможно при помощи алгоритмического кодграббера – прибора, который перехватывает сигнал и расшифровывает алгоритм.

Поэтому изготовители сигнализаций стали применять более сложный вариант динамического кодирования - диалоговое кодирование. В диалоговой сигнализации (или сигнализации с двухсторонней связью) приемо-передатчик расположен и в брелоке, и в блоке управления. Блок управления, приняв закодированный сигнал от брелока, посылает ответный код – случайное число. Затем и брелок, и блок управления перекодируют это число по уникальному алгоритму и сравнивают полученный ответ.

Некоторые сигнализации, кроме брелока, оснащаются еще и пейджером. В этом случае в состав сигнализации дополнительно входит передатчик, который при наступлении тревожного события посылает сообщение на пейджер. Радиус действия пейджера достигает 1 км.<sup>52</sup>

Более расширенными функциями обладает сигнализация с подключенным GSM-модулем. В него вставляется SIM-карта мобильного оператора, и устройство «общается» с владельцем посредством голосового меню или СМС на мобильный телефон, либо через интернет по GPRS каналу с помощью специального приложения, установленного на компьютере или на мобильном устройстве. Радиус действия такой сигнализации практически не ограничен. Кроме того, владелец не только получает сообщения, но и сам может управлять функциями и состоянием сигнализации путем отсылки СМС или через интернет.

### **Сирена**

Сирена, казалось бы, самый простой элемент автомобильной сигнализации, не требующий отдельного описания. Однако фантазия производителей кажется порой безграничной. Хотя, в основном она

распространяется на количество и качество звуков и мелодий, которые может воспроизвести сирена. А вот с точки зрения безопасности все сирены можно разделить на две большие группы: автономные и не автономные. Первые имеют собственный встроенный аккумулятор и «спрятаны» в прочном жаростойком корпусе. Такую сирену невозможно отключить перерезанием проводов или залив какой-либо жидкостью.



**Рис. 253 - Сирена с автономным питанием**

### **Имобилайзер**

Имобилайзер – противоугонная система, которая позволяет запустить двигатель только после идентификации владельца через пароль. Если идентификация не пройдена, мотор завести не удастся. Все иммобилайзеры делятся на штатные, входящие в стандартное оборудование автомобиля, и дополнительные, которые владелец устанавливает по своему желанию. Между ними есть принципиальная разница.

Штатные иммобилайзеры блокируют работу контроллера двигателя программно. Они не имеют устройств, разрывающих электрические цепи физически (реле, электромагнитные клапана). Именно поэтому угонщикам сложно его нейтрализовать. Дополнительный иммобилайзер не вмешивается в работу блока управления двигателя. Для пресечения постороннего доступа он физически размыкает цепи электрооборудования – систему зажигания, питание топливного насоса и, в зависимости от конструкции, прерывает работу других, не электрических систем автомобиля.

### **Штатные иммобилайзеры**

Наиболее распространенная конструкция штатного иммобилайзера включает чип (микросхему), размещенный в головке ключа зажигания, антенну и блок управления. Гораздо реже встречаются

иммобилайзеры, в которых вместо чипа для идентификации используется кодовый набор на кнопках руля или распознавание владельца по отпечатку пальца (как в смартфонах). Иммобилайзер может иметь либо отдельный блок управления, либо его цепи встраиваются в другие блоки управления автомобиля.

Системы с чип-ключами работают по транспондерной технологии.



**Рис. 254 - Чип-ключ**

Чип – это метка радиочастотной идентификации (RFID), в которую заложено уникальное число (идентификационный пароль). Метка не требует отдельного источника питания, так как питается получаемым радиосигналом. Установленный в автомобиле передатчик посылает кодированные сигналы. Когда ключ вставляется в замок зажигания, чип улавливает сигнал, преобразует его и посылает обратно. Сигнал от чипа принимается расположенной вокруг личинки замка антенной и передается в блок управления иммобилайзера. При совпадении полученного пароля с заложенным в блок управления дается разрешение на запуск двигателя. Сигналы, которыми обмениваются блок управления и чип, невозможно перехватить, т.к. радиус их действия не превышает 10-20 см.

В более совершенных системах используется переменный пароль. После того, как пройдет идентификация по вышеописанному алгоритму, блок управления генерирует новый пароль, который закладывается в метку. Следующий запуск двигателя будет происходить уже с новым паролем. Самые современные иммобилайзеры используют шифрование паролей. В метку закладывается функция шифрования, и она называется криптотранспондер. Вся система получила название иммобилайзер с плавающим кодом.



**Рис. 255 - Принцип работы системы с чип-ключами по транспондерной технологии**

Транспондерная технология позволяет управлять иммобилайзером дистанционно в так называемых системах бесключевого доступа. При приближении владельца двери автоматически отпираются, а мотор запускается нажатием на кнопку. Владельцу достаточно носить с собой метку. Так как радиус действия системы сравнительно велик, метка должна иметь собственный источник питания, а в автомобиле устанавливается не одна, а несколько антенн.

#### **Дополнительный иммобилайзер**

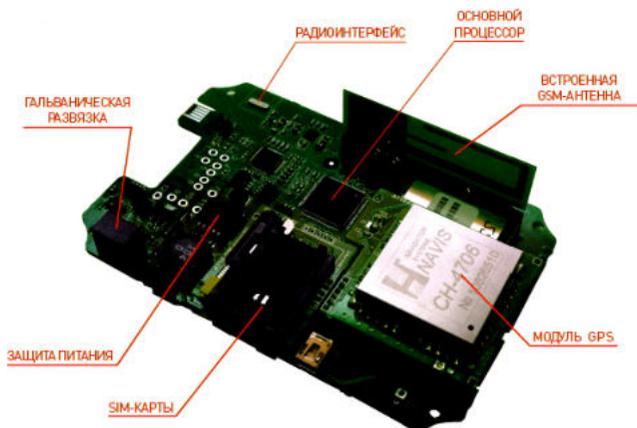
В него входят блок управления, метка, одна или несколько антенн и исполнительные элементы (аналоговые или цифровые реле, электромагнитные клапана и т.п.). Несмотря на общее название, принцип работы дополнительного иммобилайзера отличается от штатного иммобилайзера. Дополнительный иммобилайзер не вмешивается в систему управления двигателем, а прерывает несколько электрических цепей электрооборудования автомобиля. Обязательно блокируется низковольтная цепь системы зажигания и цепь питания топливного насоса. Другие блокировки используются в зависимости от модели иммобилайзера.

Непосредственное блокирование электрических цепей осуществляет аналоговое или цифровое реле. Цифровое реле является предпочтительным, т.к. обеспечивает лучшую защиту от взлома (за счет динамического сигнала). Остальные элементы (блок управления, транспондер), а также алгоритмы управления аналогичны штатному иммобилайзеру. Транспондер (метка) дополнительного иммобилайзера выполняется, как правило, отдельно от физического ключа зажигания.

Разновидностью дополнительного иммобилайзера является система Алколок (Alcolock), которая блокирует запуск двигателя при алкогольном опьянении водителя.

## GPS трекер

Автомобильный GPS-трекер - это устройство, предназначенное для контроля за местоположением транспортного средства в режиме реального времени.



**Рис. 256 - Конструктивная схема GPS-маячка**

GPS-трекер имеет четыре варианта передачи информации: О

- от спутника к GPS-трекеру (через GPS-сигналы);
- от GPS-трекера к сотовому телефону (через GSM-сигнал);
- от GPS-трекера на сервер (используя систему GPRS);
- от сервера на компьютер пользователя (через сеть Интернет).

В его состав входят GPS-приемник и GSM-модуль. Приемник, улавливая сигналы с навигационных спутников, определяет координаты автомобиля, а GSM-модуль, в котором установлена SIM-карта, передает эти данные по GPRS или 3G каналу на серверы. Узнать координаты автомобиля владелец может путем отправки SMS на телефон, однако это сравнительно дорого. Поэтому обычно пользуются интернетом. Маршрут движения можно отследить на электронных картах на веб-сайте поставщика услуги, либо с помощью специального приложения, установленного на мобильном устройстве или стационарном компьютере. GPS-трекер оснащается встроенной памятью для хранения данных на тот случай, когда автомобиль находится вне зоны GSM-покрытия.

GPS трекеры могут иметь дополнительные функции:

- тревожная кнопка для отправки экстренного сообщения на заданный номер;
- возможность задавать границы географической зоны. Если автомобиль покидает ее, либо, наоборот, въезжает туда, на телефон владельца поступит SMS с уведомлением;
- микрофон, позволяющий прослушать, что происходит в салоне автомобиля. Для этого нужно позвонить на номер SIM-карты, установленной в трекаре;
- возможность задавать 2-3 телефонных номера, на которые можно позвонить с помощью трекара;
- встроенный датчик вибрации. При попытке проникновения посторонних в автомобиль владельцу будет отправлено SMS;
- запись и передача данных о состоянии отдельных систем автомобиля;
- отправка управляющих SMS на трекаре для отключения двигателя, бензонасоса и т.п.

## **19 БЕСПИЛОТНЫЕ СИСТЕМЫ**

Общие принципы работы у всех беспилотных автомобилей примерно одинаковы.

Позже разработчики приходят к идее использовать совместно с указанным оборудованием высокоточные карты. Автономное передвижение только лишь с помощью датчиков требует постоянного сканирование окрестности и, как результат, огромных вычислительных мощностей (рис. 257). Высокоточные карты позволяют автомобилю передвигаться даже по дорогам, не имеющим специальной разметки, а датчики предполагается использовать только для своевременной реакции автомобиля на изменения ситуаций на дорогах (переход дороги пешеходами, обгоны и др.).

Технологии беспилотного автомобиля относятся к классу решений искусственного интеллекта.

В мире идет активная разработка ITS нового поколения с большим спектром возможностей, их стандартизацией занимаются такие организации, как ETSI, IEEE, 3GPP и другие. Современные системы ITS решают такие задачи, как контроль допуска, управление и оплата парковками, предоставление информации о движении и оплата парковки, управление грузоперевозками, контроль трафика и т.д.

## Автономное вождение

Чтобы передвигаться без человеческой помощи, Toyota Prius в версии Google использует данные десятка разных сенсоров. Помимо нижеперечисленных, есть еще GPS-навигатор и датчик инерции.

### ЛИДАР

Вращающийся радар на крыше сканирует окружающую среду на 100 метров вокруг. Это позволяет создавать 3D-карту местности.

### ДАТЧИК ПОЛОЖЕНИЯ

Вмонтированный в левое заднее колесо, он чувствует его малейшее движение и определяет положение авто на карте.

### ВИДЕОКАМЕРА

Камера фиксирует свет от фар других автомобилей и помогает радарам определять препятствия вроде пешеходов и велосипедистов.



### РАДАР

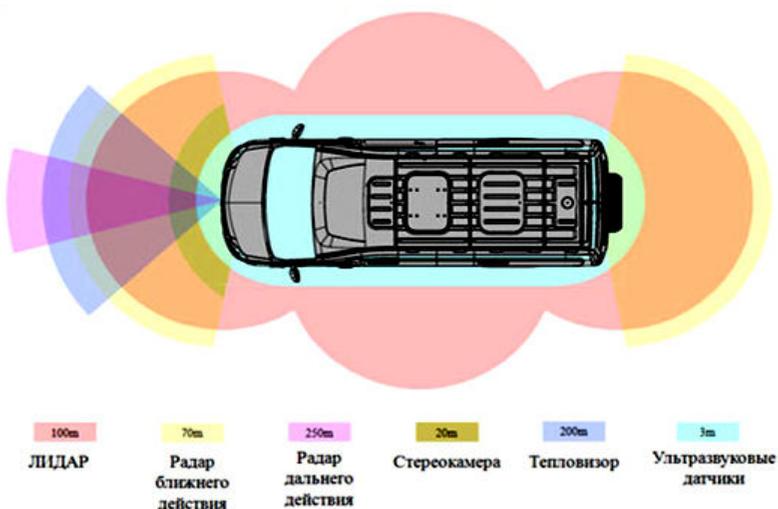
Датчики парковки (3 в переднем бампере и 1 в заднем), определяют расстояние до объектов

**Рисунок 257 - Общее оснащение беспилотного автомобиля**

Одним из основных применений ITS является помощь водителю транспортного средства. За счет кооперативной осведомленности транспортное средство может получить оповещение об опасности, индикатор медленно идущих машин, предупреждение о столкновении на перекрестке, индикатор о приближении мотоцикла и т.д.

Водителю будут доступны оповещения о таких ситуациях, как поломка электрического освещения, неверная дорога, стационарная машина (авария или поломка транспортного средства), проведение дорожных работ, риск столкновения, оповещение о состоянии дорожного движения и оповещение о смене сигнала. Децентрализованные базы данных будут предоставлять информацию об опасных зонах, осадках, сцеплениях на дорогах, видимости, ветре и др.

Следующим шагом станет использование ITS в беспилотных автомобилях. Базовым компонентом беспилотников будут внешние камеры и радарное оборудование, отмечается в отчете НИИР.



**Дальность и диапазон действия оборудования**

**Рис. 258 - Зоны контроля беспилотного автомобиля**

Но именно обмен информацией между автомобилями по средствам V2V-систем вместе с получением транспортными средствами через V2I-системы информации о ситуации на дорогах и актуальных цифровых карт дорог позволит обеспечить безопасное и эффективное дорожное движение беспилотников.

### Типы ИТС: V2V и V2I

Первый тип систем - «транспортное средство - транспортное средство» (vehicle-to-vehicle, V2V) - обеспечивают безопасное вождение за счет связи между автомобилями на перекрестках с плохой видимостью. V2V-система может предупреждать водителей об опасности лобового столкновения, бокового столкновения, заднего столкновения, уведомлять о неисправности транспортного средства, предоставлять дорожную и нормативную информацию. Система V2V состоит из GPS-приемника и беспроводного модуля передачи данных по высокоскоростной сети WLAN (аналог известного пользователям компьютеров протокола Wi-Fi). Таким образом, обеспечивается стабильная связь между автомобилями на расстоянии примерно до 400 м.

Например, две машины, невидимые друг другу на перекрестке или на повороте, через V2V-систему могут обмениваться друг с другом координатами и значениями скоростей для избежания столкновения. Аналогичным образом автомобиль, приближающийся к концу пробки, получит информацию с координатами и скоростями ближайших транспортных средств.

Сервисы безопасности V2V (автомобиль — автомобиль):

- избежание столкновения с впереди следующим автомобилем;
- электронные стоп-сигналы. Резко тормозящий автомобиль сигнализирует о применении экстренного торможения, у всех приближающихся сзади включается сигнал или даже перехват управления автоматикой. Сейчас есть аналогичные системы с использованием мерцающих стоп-сигналов и оптического сенсора;
- предупреждение об автомобиле в слепой зоне. Сейчас есть аналоги на базе радара;
- помощь при смене полосы. Аналогично слепой зоне, но с большим количеством параметров. Индикатор показывает, что перестроение безопасно;
- предупреждение об опасности обгона (рис. 259);



**Рис. 259 - Грузовик предупреждает собирающуюся идти на обгон легковушку об опасности подобного маневра**

- предупреждение о возможных столкновениях на перекрестках (на стендах демонстрируют сценарий выезда на главную дорогу в условиях ограниченного обзора);
- предупреждение о движении по встречной полосе;
- кооперативный адаптивный круиз-контроль.

Второй тип систем безопасного движения - «придорожная инфраструктура - транспортное средство» (vehicle-to-infrastructure, V2I) - обеспечивают передачу информации (сигнал и нормативная информация и т.д.) от придорожного оборудования к автомобилю через средства радиосвязи. Например, придорожные сенсоры на перекрестке обнаружат машины, которые собираются пересечь пере-

кресток или повернуть, и передадут информацию другим приближающимся машинам по средствам V2I-систем.

### **Технология V2X: использование Wi-Fi и сотовых сетей.**

В автомобиле встроено множество сенсоров, таких как камеры и радары. Телематические решения для транспорта предусматривают использование Wi-Fi и технологии сотовой связи в качестве еще одного сенсора. V2X - это использование радиотехнологий в автомобилях для обеспечения активной безопасности. Машина сможет взаимодействовать со всем, что находится вокруг нее.

В автомобиле, как и в мобильных телефонах, проникают технологии Wi-Fi и сотовой связи. Обычно они используются для подключения мультимедийных систем, но на 2018 год всё чаще с помощью Wi-Fi и мобильной связи создаются точки доступа, чтобы пассажиры могли легко использовать мобильный интернет в пути.

Но еще один случай использования Wi-Fi и мобильной связи заключается в предотвращении аварийных ситуаций.

К недостаткам камер и радаров можно отнести то, что они могут отслеживать ситуацию только в непосредственной близости от машины. Если автомобиль через 100 метров окажется на оживленном перекрестке, то камеры и радарные сенсоры должны видеть других участников дорожного движения прежде, чем устройства предсказать возможность аварии. Подключенные к Wi-Fi или сотовой связи автомобили, выезжающие, например, из-за угла, могут получить достаточный объем информации о местоположении друг друга и заранее изменить маршрут, чтобы избежать столкновения.

Благодаря технологии V2X, подключенные автомобили в скором времени смогут сообщить водителю, что расположено впереди вне его поля зрения. На 2017 год технология самоуправляемых автомобилей развивается настолько быстро, что трудно предсказать технические характеристики машин, которые будут сходиться с конвейера к концу следующего десятилетия.

Еще одним преимуществом V2X перед другими сенсорами является ее диапазон. Сотовые и Wi-Fi-передатчики имеют гораздо больший диапазон, что позволяет им отправлять и получать данные намного раньше времени. Диапазон других датчиков примерно составляет от 15 метров (~50 футов) до 75 метров (~250 футов).

Ожидается, что беспроводная связь станет играть гораздо более важную роль, чем в 2017 году. В первую очередь, пассажиры в салоне получают новые сервисы, базирующиеся на доступе в Интернет и определении местоположения, независимо от типа автомобиля:

традиционного или которые перемещаются самостоятельно. Однако последний тип машин будет гораздо лучше осведомлен об окружающей обстановке, чем самые высокотехнологичные Tesla или элитные Mercedes Benz, что представлены на рынке сейчас.

Многие автомобили используют радар для предупреждения столкновений, а самоуправляемые автомобили для осуществления навигации по заданным маршрутам полагаются на камеры, радары и лидары (высокоточные датчики на основе отражения света от различных поверхностей).

## РАДАРЫ

### Классификация радиолокационных устройств

В зависимости от выполняемой функции радиолокационные устройства (РЛУ) классифицируются следующим образом (рис. 260).

Можно выделить сразу две большие группы РЛУ, отличающиеся типом (видом) используемого устройства отображения конечной информации. Это РЛУ с формированием изображения и РЛУ без формирования изображения. РЛУ с построением изображения формирует картину наблюдаемого объекта или области. Они обычно применяются для построения карты земной поверхности, других планет, астероидов, других небесных тел и для распределения по категориям целей для военных систем.

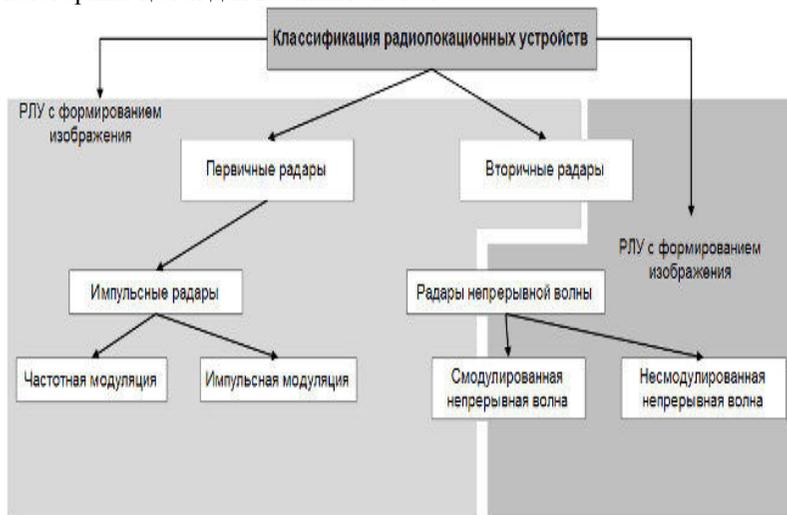


Рис. 260 - Функциональная классификация РЛУ

Радары без построения изображения производят измерения обычно только в линейном одномерном представлении изображения. Типичными представителями системы радара без построения изображения являются измерители скорости и радарные измерители высоты. Они также называются измерителями на отражении, так как они измеряют свойства отражения объекта или области, которые наблюдаются. Примеры вторичных радаров без построения изображения – противоугонные системы в автомобилях, системы защиты помещений и др.

Все разновидности РЛУ в зарубежной литературе разделяются на две большие группы «Primary Radars» (первичные радары) и «Secondary Radars» (вторичные радары). Рассмотрим их отличия, особенности организации и применения, используя ниже терминологию основного используемого источника.

### **Первичные радары (Primary Radars)**

Первичный радар сам формирует и передает высокочастотные сигналы, которые отражаются от целей. Возникшие эхо-сигналы принимаются и оцениваются. В отличие от вторичного радара, первичный радар излучает и принимает свой собственный излученный сигнал снова в виде эха. Иногда первичный радар бывает оснащен дополнительным устройством запроса, которым снабжены вторичные радары, для комбинации преимуществ обеих систем. В свою очередь, Primary Radars разделены на две большие группы – импульсные (Pulses Radars) и волновые (Continuous Wave). Импульсный радар формирует и передает высокочастотный импульсный сигнал высокой мощности. После этого импульсного сигнала следует более длинный временной перерыв, при котором может быть принят эхо сигнал, перед тем как отправляется следующий сигнал. В результате обработки можно определить направление, расстояние и иногда, при необходимости, высоту или высоту над уровнем моря цели исходя из зафиксированного положения антенны и времени распространения импульсного сигнала. Эти классические радары передают очень короткие импульсы (для получения хорошего разрешения по расстоянию) с предельно высокой мощностью импульса (для получения максимального расстояния распознавания цели). В свою очередь все импульсные радары можно разбить также на две большие группы. Первую из них составляют импульсные радары с использованием метода сжатия импульсов. Эти радары передают относительно слабый по мощности импульс с большой длительностью. Отмодулирует передающийся сигнал для получения разреше-

ния по расстоянию также в пределах передающегося импульса с помощью методики сжатия импульса. Далее различают моностатические и бистатические радары, представляющие вторую группу. Первые разворачиваются на одном месте, передатчик и приемник располагаются совместно и радар в основном использует одну и ту же антенну для приема и передачи.

Бистатические радары состоят из разделенных мест расположения приемника и передатчика (на значительном расстоянии).

### **Вторичные радары (Secondary Radars)**

Так называемый вторичный радар отличается тем, что использующий его объект, например автомобиль, должен иметь собственный ретранслятор (передающий ретранслятор) на борту и этот ретранслятор отзывается на запрос путем передачи кодированного сигнала отзыва. Этот отклик может содержать значительно больше информации, чем может получить первичный радар (например, скорость, код идентификации или также любые технические проблемы на борту, такие как потери радиосвязи).

Наличие ретранслятора необходимо для обеспечения значительного снижения мощности передатчика в случае достижения того же максимального расстояния обнаружения. Приемник вторичного радара может быть менее чувствительный, так как мощность активного ответа всегда выше, чем мощность пассивных эхосигналов. Это обстоятельство имеет негативное влияние в виде помех вторичного отражения. Это должно компенсироваться разработчиком путем использования соответствующих мер подавления помех. Так как частоты передачи и приема различны, здесь не возникает мешающих отражений. Поэтому нет необходимости в системе для компенсации паразитных отражений. С другой стороны, изменение частоты с помощью преднамеренной помехи невозможно. Возникающие внутренние помехи в оборудовании вторичного радара исключаются использованием дополнительных мер при монтаже радиоэлектронных компонентов радара.

### **Радар непрерывной волны (Continuous Wave Radar)**

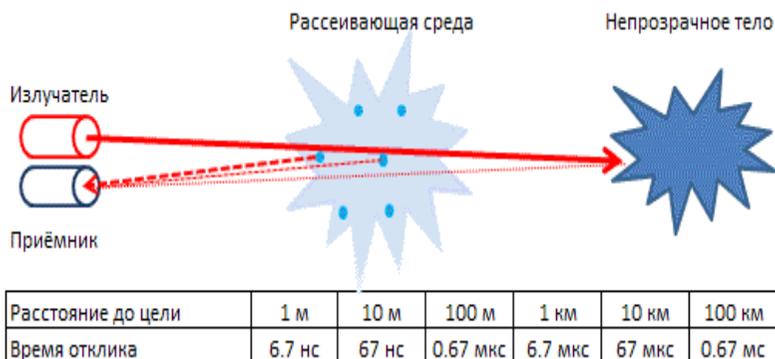
Радары непрерывной волны (CW-радары) передают непрерывно высокочастотный сигнал. Эхо-сигнал также принимается и обрабатывается непрерывно. Передаваемый сигнал этого радара постоянен по амплитуде и частоте. Этот вид радаров обычно специализируется на измерении скорости движения различных объектов. Например, это оборудование используется для измерителей скорости. CW-радар, передающий немодулированную мощность, может изме-

рять скорость с использованием доплеровского эффекта, при этом он не может измерять расстояние до объекта.

## ЛИДАРЫ

В самоуправляемых автомобилях лидаром обычно называют само устройство, которое моделирует карту окружения и определяет расстояние до каждого объекта. Это такой же компонент беспилотного транспортного средства, как например, камеры и радар.

Лидар представляет из себя набор вращающихся зеркал, которые направляют лазерные лучи. Устройство обычно располагается на крыше автомобиля - таким образом, угол его обзора составляет 360 градусов. Лучшие лидары могут определять объекты размером в несколько сантиметров на расстоянии ста метров.



**Рис. 261 - Принцип работы лидара**

Преимущество лидара перед другими датчиками состоит в том, что устройство определяет расстояние с точностью до двух сантиметров. Для сравнения, погрешность GPS - два метра. Более того, некоторые материалы не отражают радиоволны (например, резина), поэтому радар, в отличие от лидара, не определит шину, лежащую на дороге. Также работа устройства, в отличие от камер и радара, не ухудшается в условиях низкой освещенности и яркого света. Он всегда видит окрестности одинаково хорошо.

Принцип действия лидара не имеет больших отличий от радара: направленный луч источника излучения отражается от целей, возвращается к источнику и улавливается высокочувствительным приёмником (в случае лидара - светочувствительным полупроводниковым прибором); время отклика прямо пропорционально расстоя-

нию до цели. Кроме импульсного метода измерения дистанции применяется фазовый, основанный на определении разности фаз посылаемых и принимаемых модулированных сигналов.

В отличие от радиоволн, эффективно отражающихся только от достаточно крупных металлических целей, световые волны подвержены рассеянию в любых средах, в том числе в воздухе, поэтому возможно не только определять расстояние до непрозрачных (отражающих свет) дискретных целей, но и фиксировать интенсивность рассеивания света в прозрачных средах. Возвращающийся отражённый сигнал проходит через ту же рассеивающую среду, что и луч от источника, подвергается вторичному рассеиванию, поэтому восстановление действительных параметров распределённой оптической среды - достаточно сложная задача, решаемая как аналитическими, так и эвристическими методами.

## ЛАЗЕРЫ

В абсолютном большинстве конструкций излучателем служит лазер, формирующий короткие импульсы света высокой мгновенной мощности. Периодичность следования импульсов или модулирующая частота выбираются так, чтобы пауза между двумя последовательными импульсами была не меньше, чем время отклика от обнаруживаемых целей (которые могут физически находиться дальше, чем расчётный радиус действия прибора). Выбор длины волны зависит от функции лазера и требований к безопасности и скрытности прибора; наиболее часто применяются Nd:YAG-лазеры и длины волн (в нанометрах):

1550 нм - инфракрасное излучение, невидимое ни глазу человека, ни типичным приборам ночного видения. Глаз не способен сфокусировать эти волны на поверхности сетчатки, поэтому травматический порог для волны 1550 существенно выше, чем для более коротких волн. Однако риск повреждения глаз на деле выше, чем у излучателей видимого света - так как глаз не реагирует на ИК излучение, то не срабатывает и естественный защитный рефлекс человека

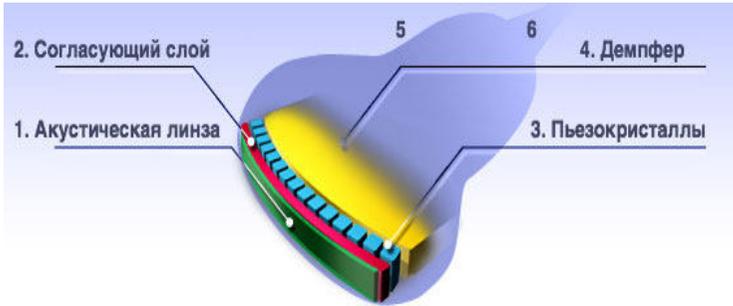
1064 нм - ближнее инфракрасное излучение неодимовых и иттербиевых лазеров, невидимое глазу, но обнаружимое приборами ночного видения

532 нм - зелёное излучение неодимового лазера, эффективно «пробивающее» массы воды

355 нм - ближнее ультрафиолетовое излучение

## УЛЬТРАЗВУК

Сенсорное устройство, преобразующее электрическую энергию в ультразвуковые волны (механические вибрации с частотой свыше 20 кГц), называется ультразвуковым датчиком. Принцип работы ультразвукового датчика похож на радар и оценивает наличие цели на основе интерпретации отраженного от нее сигнала. Принимая скорость звука за постоянную величину, с помощью ультразвукового датчика определяется и расстояние до объекта, которое соответствует интервалу времени между отправкой сигнала и возвращением его эха.



**Рис. 262 - Устройство ультразвукового датчика**

Сканирующая головка состоит из:

1 - акустической линзы, предназначенной для формирования геометрии акустического пучка. Линза изготавливается из специального пластика, непосредственно контактирует с гелем и телом пациента, может быть различных цветов (часто это серый, синий или красный).

2 - согласующих слоев, предназначенных для эффективного проникновения акустических волн. Они представляют собой комбинацию различных полимерных материалов.

3 - матрицы пьезокристаллов, предназначенной для излучения ультразвуковых волн. Это представляется возможным благодаря пьезоэлектрическому эффекту.

Природа кристаллов пьезоэлектрических элементов позволяет генерировать звук высокой частоты под воздействием электрического напряжения. Оказавшись в поле высокочастотных звуковых колебаний, пьезокристалл, напротив, генерирует электрическую энергию. Включив такие кристаллы в электрическую цепь, и определенным

образом обрабатывая, получаемые с них сигналы, мы можем получать изображение на экране УЗИ-аппарата.

4 - демпфера из твердого материала, предназначенного для устранения чрезмерных вибраций с целью укорочения длины импульса и увеличения разрешающей способности.

5 - пластикового корпуса с гибким окончанием

6 - муфты - резиновой накладкой для предотвращения перегибания и повреждения кабеля в месте выхода из корпуса датчика.

Ультразвуковой датчик имеет ряд особенностей, определяющих область применения данного устройства. Среди них выраженная направленность сигналов, небольшая дальность действия, невысокая скорость распространения волн. Основное преимущество ультразвуковых датчиков – сравнительно низкая цена. В автомобилях ультразвуковые датчики используются в различных парковочных системах: парктронике, системе автоматической парковки. Ультразвуковые датчики с увеличенной дальностью действия применяются в ряде конструкций системы помощи при перестроении для контроля за «слепыми» зонами. Ультразвуковые датчики находят применение в разрабатываемых системах автоматического управления автомобилем.

Основу ультразвукового датчика составляет **преобразователь**, объединяющий активный элемент и диафрагму. Преобразователь работает как передатчик и как приемник. **Активный элемент** генерирует короткий импульс и принимает его эхо от препятствия. Он изготавливается из пьезоэлектрического материала. **Алюминиевая диафрагма** является контактной поверхностью датчика и определяет его акустические характеристики. Преобразователь имеет упругое основание, поглощающее вибрации. Все элементы ультразвукового датчика помещены в пластмассовый корпус с разъемом для подключения.

При получении внешнего сигнала активный элемент заставляет вибрировать диафрагму, которая посылает ультразвуковые импульсы в пространство. При встрече с препятствием импульсы отражаются, возвращаются к преобразователю и создают вибрации активного элемента, с которого снимается электрический сигнал.

Основными техническими характеристиками ультразвукового датчика являются дальность обнаружения препятствия, частота сигнала, быстродействие (скорость определения препятствия). Современные парковочные датчики имеют дальность обнаружения до 2,5 м, частоту сигнала 40 кГц и быстродействие порядка 0,1 с. Ультра-

звуковые датчики в системе автоматической парковки, системе помощи при перестроении имеют дальность действия до 4,5 м.

Технология позволит водителям и самоуправляемым автомобилям не только избежать столкновений, но также отправлять и получать все типы данных, чтобы помочь уравновесить городской трафик и сэкономить топливо. Беспроводная «автомобиль-подключенный-ко-всему» технология, также известная по сокращению V2X, получит наибольшее распространение.

### **Степени автономности автомобилей**

По классификации SAE International систем помощи водителю или ADAS (Advanced Driver Assistance System) существует шесть классов автономности от уровня 0 - полностью ручное управление с возможностью предупреждения об опасных ситуациях на дороге, до 5 - полностью беспилотный автомобиль. Уровень ADAS 1 предусматривает работу более продвинутой системы предупреждения об опасности столкновения с автомобилями, пешеходами, а также о пересечении линии разметки, идентификацию дорожных знаков и т. п., а также вмешательство в систему управления. Второй уровень - это более активная помощь водителю (руление, торможение, удержание в полосе и т. д.). Третий уровень - автономное движение на заданных участках дороги, которое требует от водителя лишь частичного надзорного контроля. Четвертый уровень ADAS - это автономное движение автомобиля в определенных режимах, при котором человек уже не может повлиять на управление даже в критических ситуациях. Пятый уровень - полная автономность транспортного средства, когда водитель лишь задает конечный пункт маршрута, а весь процесс передвижения полностью ложится на искусственный интеллект автопилота.

Преимущества и недостатки

#### **Преимущества**

- перевозка грузов в опасных зонах, во время природных и техногенных катастроф или военных действий.
- снижение стоимости транспортировки грузов и людей за счёт экономии на заработной плате водителей.
- более экономичное потребление топлива и использование дорог за счёт централизованного управления транспортным потоком.
- экономия времени, ныне затрачиваемого на управление ТС, позволяет заняться более важными делами или отдохнуть.
- у людей с ослабленным зрением появляется возможность самостоятельно перемещаться на автомобиле.

- минимизация ДТП, человеческих жертв.
- повышение пропускной способности дорог за счёт сужения ширины дорожных полос.

#### **Недостатки**

- ответственность за нанесение ущерба;
- утрата возможности самостоятельного вождения автомобиля;
- отсутствие опыта вождения у водителей в критической ситуации;
  - потеря рабочих мест людьми, чья работа связана с вождением транспортных средств;
  - потеря приватности;
  - минирование беспилотных автомобилей;
  - этический вопрос о наиболее приемлемом числе жертв, аналогичный проблеме вагонетки, стоящий перед компьютером автомобиля при неизбежном столкновении.

Некоторые системы полагаются на инфраструктурные системы (например, встроенные в дорогу или около неё), но более продвинутые технологии позволяют симулировать присутствие человека на уровне принятия решений о рулении и скорости, благодаря набору камер, сенсоров, радаров и систем спутниковой навигации.

На пути к беспилотным автомобилям еще предстоит решить много технологических и юридических задач. Разработчики сходятся во мнении, что одна из ключевых – обеспечить автомобили возможностями высокоскоростного сетевого подключения. Сети пятого поколения рассматриваются как драйвер технологий автономного вождения: они позволят автомобилю максимально оперативно получать информацию и взаимодействовать с другими автомобилями и окружающей его инфраструктурой.

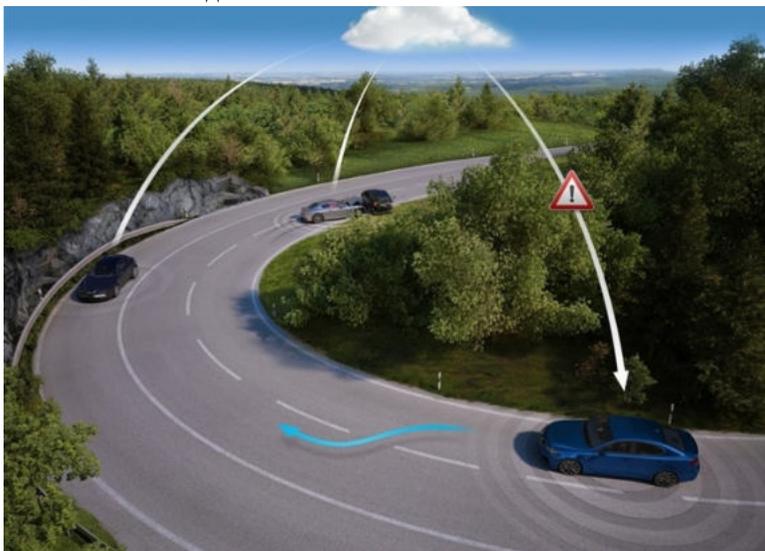
Минимальные задержки передачи информации, которые ожидаются в 5G, являются критическими для беспилотных автомобилей при их массовом использовании. Высокоскоростная связь позволит мгновенно принимать и передавать данные от одного автомобиля к другому. Информация об изменениях в движении одного автомобиля, например, о торможении, позволит сразу же корректировать действия окружающих его машин.

По состоянию на начало 2018 года стандарта связи 5G еще не существует. В его разработке задействованы регуляторы, мировые телеком-компании и производители оборудования. 3GPP (3rd Generation Partnership Project) - организация, утверждающая между-

народные стандарты сотовой связи – планирует полностью завершить работу по тестированию и стандартизации технологий беспроводной связи пятого поколения в 2020 году.

В феврале 2017 года Международный союз электросвязи опубликовал первую версию рабочего черновика спецификации, описывающей сеть 5G. Проект документа устанавливает планку ожидаемой производительности нового стандарта IMT-2020: предполагается, что средняя скорость скачивания в 5G-сетях для пользователей составит 100 мегабит в секунду, а загрузки — 50 Мбит/с. При этом время ожидания не превысит 4 мс (для 4G LTE этот значение составляет около 20 мс).

Сети 5G должны ускорить массовое внедрение технологий беспилотного вождения.



**Рис. 263-** Схема передачи информации между автомобилями

Для коммуникации с окружающими объектами также разрабатываются специальные системы, позволяющие автомобилю обмениваться данными с другими объектами. Технология vehicle-to-everything (V2X) по беспроводной связи позволяет автомобилю получать предупреждения о дорожных условиях и приближающихся автомобилях задолго до того, как они появятся в его поле зрения.

Для этого и окружающая инфраструктура должна быть «умной». Например, светофоры, дорожная разметка, дорожные знаки.

Разработку интерфейса для систем V2X, которые смогут работать с сетями нового поколения, ведет, например, Qualcomm.

Автономный автомобиль должен знать с точностью до сантиметров, где именно он находится и что находится далее на дороге вне зоны текущей физической видимости. В картографической компании HERE (ранее принадлежала Nokia) отмечают, что карты высокой точности – фундаментальный элемент в дополнение к сенсорам и камерам для того, чтобы беспилотный автомобиль мог ориентироваться в окружающей его обстановке.

Карты должны отражать и местоположение автомобиля, и позволять ему знать, что находится дальше, за поворотом, чего не могут обеспечить камеры и сенсоры. Тогда автомобиль сможет выстраивать не реактивную, а проактивную стратегию вождения.

Для тестирования своих беспилотных автомобилей Google, например, предварительно сам строит детальные 3D-карты на пилотных маршрутах, учитывающие даже небольшие особенности дорог. Для сбора данных, на основе которых будет строиться карта, сотрудники компании предварительно специально ездят по дорогам. В случае с тестовыми маршрутами это посильная задача, однако, когда требуется создать карты для дорог протяженностью в миллионы километров, она выглядит сложно реализуемой. Особенно с учетом того, что однажды созданные карты необходимо поддерживать и обновлять – картина на дорогах может меняться очень часто.

Автономный автомобиль должен знать, что происходит не только в зоне видимости, но и за поворотом

Упростить создание точных карт для автомобилей может сотрудничество с автопроизводителями: их машины, оснащенные сенсорами и радаром, могут «делиться» получаемой с дорог информацией с разработчиками картографических сервисов. За счет этого карты могли бы обновляться буквально в режиме реального времени.

В феврале 2017 года производитель решений для беспилотных автомобилей Mobileye и BMW объявили о подобном сотрудничестве. Его целью является сбор картографических данных для самоуправляемых машин. Автомобили BMW 2018 модельного года будут оснащаться камерами и софтом Mobileye для сбора информации, необходимой для обновления цифровых карт высокого разрешения.

Распознавание дорожных знаков и разметки

Как удалось обнаружить в начале августа 2017 г. исследователям из университета Вашингтона, системы машинного зрения, применяемые в машинах с автопилотом для распознавания дорожных знаков, легко сбить с толку: для этого достаточно определенным образом разместить на знаках небольшие наклейки.

В ходе эксперимента исследователи наклеили на одном из знаков Stop несколько черных и белых стикеров, на другом разместили дополнительные надписи сверху и снизу от надписи Stop, а третий знак сделали более блеклым (рис. 264). При этом подчеркивается, что во всех случаях дорожные знаки оставались вполне узнаваемыми и читались хорошо.



**Рис. 264 - Измененные дорожные знаки**

Тем не менее, система автопилотирования в подавляющем большинстве попыток дала сбой: вышеописанные манипуляции со знаками Stop приводили к тому, что вместо них автопилот «видел» знак ограничения скорости.

Результаты эксперимента навели исследователей на мысль о том, что злоумышленники могут самостоятельно делать подобные наклейки, чтобы заставить компьютерную систему автомобиля неверно распознать знак дорожного движения.

В качестве способа борьбы с обнаруженной уязвимостью исследователи предлагают реализовать в системе автопилота алгоритмы, дополнительно анализирующие контекст, в котором встретился знак. В частности, алгоритмы помогут системе определить, что знак расположен в ненадлежащем месте (например, Stop - на скоростном

шоссе или ограничение скорости в 100 км/ч - на городской улице), что поможет избежать аварийной ситуации.

#### Безопасность

В октябре 2017 года, выступая на Всемирном форуме знаний в Сеуле, Южная Корея, главный исполнительный директор Mobileye и старший вице-президент Intel, профессор Амнон Шашуа (Amnon Shashua) предложил автомобильной отрасли способ, позволяющий подтвердить безопасность беспилотных автомобилей. Его решение, опубликованное в научной статье и представленное в кратком изложении этой работы для обывателей, предлагает математическую формулу, используя которую можно подтвердить, что тот или иной беспилотный автомобиль работает с соблюдением норм ответственности и не может послужить причиной аварии, вину за которые можно бы было возложить на этот автомобиль.

Представленная учеными модель Responsibility Sensitive Safety предусматривает конкретные, поддающиеся измерению параметры, характеризующие человеческие представления об ответственности и осторожности, и определяет так называемое «безопасное состояние» (Safe State), поддерживая которое беспилотный автомобиль не может послужить причиной аварии, вне зависимости от того, какие маневры или действия совершают другие транспортные средства.

Киберугрозы – один из вызовов для любых подключенных устройств, включая автомобили.

В случае с автомобилями это особая причина для беспокойства, так как в результате действий злоумышленников могут пострадать люди. Теоретически, хакер может взломать сеть, остановить передачу данных, выключить тормоза или просто остановить машину.

В середине 2015 года, например, специалисты по компьютерной безопасности Центра передовых технологий Uber обнаружили уязвимость в программном обеспечении автомобиля Jeep, благодаря которой смогли осуществить удаленный доступ к некоторым системам автомобиля: кондиционеру, стеклоочистителям, аудиосистеме и тормозам.

В компании Argus, специализирующейся на средствах киберзащиты для автомобилей, считают, какой-то единый продукт не может подойти для этих целей: различные решения, предназначенные для разных частей подключенного автомобиля, должны интегрироваться между собой, чтобы была обеспечена полная защита.

Автопроизводители и производители решений для автомобилей инвестируют в развитие этого направления кибербезопасности. Ряд автопроизводителей, включая Tesla, Fiat Chrysler и General Motors, создали специальные программы поощрения лиц, которые сообщают о брешах в безопасности систем своих машин.

Отвечая на запросы рынка, появляется все больше компаний, разрабатывающих специализированные решения для автомобилей. Такое направление появилось, например, и у «Лаборатории Касперского». В 2016 году компания сообщала, что ведет разработку защищенной безопасной операционной системы, которая, в частности, может быть использована для автомобилей.

Чья жизнь важнее: водителя или пешехода?

Помимо технологических вызовов для перехода к массовому использованию беспилотников предстоит решить и «моральные» вопросы, связанные с принятием решений автопилотом. Например, должна ли она быть спроектирована таким образом, чтобы защищать жизнь водителя любой ценой, даже если в экстренной ситуации для этого необходимо протаранить толпу пешеходов?

### **Правила для беспилотных автомобилей в Германии**

Федеральное министерство транспорта и цифровой инфраструктуры Германии объявило о намерении ввести в действие дорожные правила для беспилотных автомобилей, их производителей и владельцев. Документ обяжет разработчиков беспилотных автомобилей программировать их автопилот таким образом, чтобы в любой неожиданной ситуации на дороге он ставил человеческую жизнь выше жизни животных или сохранности частной или государственной собственности.

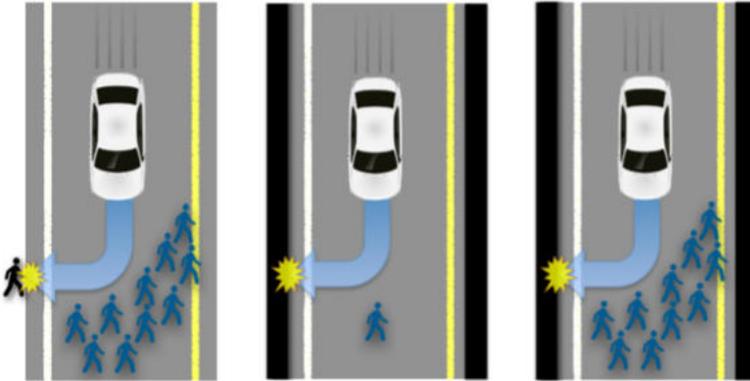
В настоящее время ни в одной стране мира нет единых правил дорожного движения, которые бы регулировали технические требования к беспилотным автомобилям и регламентировали их движение по дорогам общего пользования. Некоторые страны допускают перемещение беспилотных автомобилей по общим дорогам, но в этом случае требуется получение специального разрешения. При этом за рулем беспилотного автомобиля всегда должен находиться водитель, готовый перехватить у автопилота управление в случае какой-либо нештатной ситуации.

В случае двойственной аварийной ситуации, автопилот не должен делать выбор, чью жизнь следует сохранить - водителя или пешехода, пожилого человека или ребенка.

### Моральная дилемма

Психолог Школы экономики в Тулузе Жан-Франсуа Бонефон (Jean-Francois Bonnefon) и его коллеги говорят, люди в целом поддерживают идею, что в критической ситуации автомобиль должен врезаться в стену или еще каким-то образом пожертвовать водителем, чтобы спасти большее число пешеходов. При этом те же самые люди хотят ездить в автомобилях, которые защищают водителя любой ценой, даже если это повлечет смерть пешеходов.

Такой конфликт ставит в сложное положение производителей компьютеризированных автомобилей. Между автомобилем, который запрограммирован на благо для большинства и который запрограммирован для самозащиты пассажира, покупатели в подавляющем большинстве выберут второе.



**Рис. 265 - Аварийная ситуация на дороге с беспилотным автомобилем**

Существует много сценариев экстренных ситуаций, когда автомобилю придется сделать выбор, кем пожертвовать

Автономным автомобилям придется в экстренных ситуациях принимать решения, последствия которых заранее нельзя предсказать. Допустимо ли, например, запрограммировать машину на то, чтобы она избежала столкновения с мотоциклистом, врезавшись в стену? Ведь у пассажира автомобиля в этом случае больше шансов выжить, чем у мотоциклиста, который столкнется с автомобилем.

Мораль искусственного интеллекта - один из самых обсуждаемых вопросов, связанных с наступлением эры роботов.

## **Законодательство**

Помимо технологических вызовов, для перехода к массовому использованию автономных автомобилей предстоит решить множество вопросов на уровне законодательного регулирования. Необходимы нормативные документы, определяющие основные технологические и юридические понятия в данной сфере, регулирование возможностей использования таких технологий в целом, ответственности в случае инцидентов с беспилотными автомобилями и др.

В том или ином виде нормативные документы в этой области уже представлены или разрабатываются в некоторых странах.

## **20 СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

### *ЭРА- ГЛОНАСС*

Первая (и пока что единственная в мире) бесплатная система экстренного вызова, обязательная к установке на все автомобили, появилась в России недавно: официально она была введена в эксплуатацию с 1.01.15, поэтому все еще встречаются машины, не подключенные к системе. Согласно плану правительства, постепенно их будет становиться все меньше.

В соответствии с Решением Комиссии Таможенного союза №877, с 1.01.17 все новые автомобили должны быть оборудованы системой экстренного реагирования. В 2019 году истечет срок ОТТС (одобрения типа транспортного средства), полученного на машины, проходившие проверку в 2016 году. Это означает, что после 2019 года невозможно будет даже случайно купить автомобиль, не подключенный к общей системе экстренного вызова.

Самый близкий действующий аналог ЭРА ГЛОНАСС – это eCall, система безопасности, единая для всех стран Евросоюза. Она настолько популярна, что используется и в некоторых других европейских странах, но пока что не является обязательной, хотя уже с 2018 года машины без eCall в Европе продаваться не будут. Обе эти системы предназначены для уменьшения смертности водителей и пассажиров (в результате ДТП), и отлично справляются со своей задачей. ЭРА ГЛОНАСС совместима с системами eCall: водитель, находясь в странах Европы, может вызвать помощь точно так же, как и в России, без прохождения дополнительной регистрации или предварительной перенастройки оборудования.

Система существенно повышает шансы водителя выжить в ДТП, поскольку большинство смертей от автомобильных происшествий происходит из-за замедленного реагирования и недостаточной скорости прибытия врачей на место автокатастрофы. Используя сигнальную кнопку, водитель может послать автоматический вызов непосредственно в момент аварии или сразу после нее, многократно увеличивая вероятность благоприятного исхода.



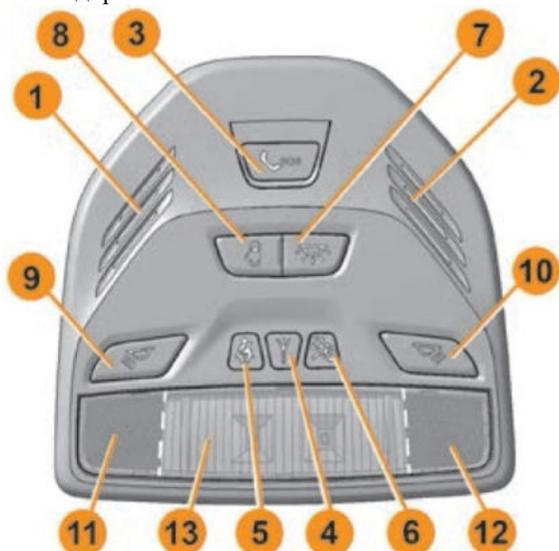
**Рис. 266 - Оборудование системы ЭРА ГЛОНАСС на автомобиле**

Система ЭРА ГЛОНАСС проста и эффективна, благодаря чему не подвержена внезапным поломкам и продолжает функционировать даже в самых неблагоприятных условиях. Модуль, встраиваемый в автомобиль, представляет собой надежный мобильный телефон, дополненный датчиками и сигнальной кнопкой SOS.

Следующие части системы обеспечивают ее успешную работу:

- Сим-карта, обслуживаемая бесплатно при звонках на номера спасения.

▪ Антенна для приема сигнала. Используется усиленная антенна, чтобы обеспечить наилучшее качество связи даже на «проблемных» участках дороги.



**Рис. 267 - Интерфейсный модуль системы ЭРА-ГЛОНАСС в автомобилях LADA совмещенный с блоком освещения салона:**

1 – зона расположения микрофона системы вызова экстренных оперативных служб; 2 – зона расположения громкоговорителя системы вызова экстренных оперативных служб; 3 – клавиша экстренного вызова системы вызова экстренных оперативных служб; 4 – индикатор состояния системы вызова экстренных оперативных служб (красного цвета). Загорается на 5 секунд при каждом включении зажигания, а затем гаснет. Также индикатор загорается в случае наличия неисправности в системе СВЭОС; 5 – индикатор непристегнутого ремня безопасности переднего пассажира (красный цвет); 6 – индикатор отключенной подушки безопасности переднего пассажира (желтый цвет); 7 – клавиша включения секции общего освещения салона в режим «включено»; 8 – клавиша включения секции общего освещения салона в режим «включено при открытой двери»; 9 – клавиша включения индивидуального освещения места водителя; 10 – клавиша включения индивидуального освещения места переднего пассажира; 11 – секция индивидуального освеще-

*щения места водителя; 12 – секция индивидуального освещения места переднего пассажира; 13 – секция общего освещения.*

▪ 3G модем для передачи дополнительных данных спасателям.

▪ Микрофон и динамик для связи с диспетчером (если водитель и пассажиры способны говорить).

▪ Навигационный модуль, отслеживающий положение автомобиля. Сигнал с GPS передается оперативным спасательным службам в качестве указателя на местоположение разбившейся машины.

Система ЭРА ГЛОНАСС не требует техобслуживания, все компоненты рассчитаны на длительную работу. Предполагается, что в скором будущем исправность функций системы станет стандартным компонентом проверки на любом техосмотре.

#### **Автоматический экстренный вызов**

Если в момент ДТП сработали подушки безопасности, система формирует минимальный набор данных (координаты, параметры движения автомобиля, время, VIN-код автомобиля и другую информацию), который необходим для экстренного реагирования, и передает его оператору системы «ЭРА ГЛОНАСС».

После передачи данных производится дозвон оператору для осуществления голосовой связи (звук магнитолы приглушается автоматически).

- Во время дозвона подсветка клавиши «SOS» мигает красным цветом.
- При передаче минимального набора данных и во время голосовой связи с оператором, подсветка клавиши «SOS» непрерывно горит красным цветом.

Дозвон осуществляется только при включенном зажигании.

#### **Ручной экстренный вызов (клавиша «SOS»)**

В отличие от автоматического режима, ручной режим доступен не только при включенном зажигании, но и в течении 72 часов после выключения зажигания. Чтобы осуществить экстренный вызов вручную, следует нажать клавишу «SOS» на блоке освещения салона и удерживать ее в нажатом состоянии не менее 2 секунд.

Алгоритм работы системы при ручном экстренном вызове аналогичен (см. автоматический режим). Чтобы отменить дозвон нужно во время вызова (пока подсветка клавиши «SOS» мигает

красным цветом) повторно нажать кнопку «SOS» и удерживать не менее 2 секунд (подсветка кнопки «SOS» выключится).

### Принцип работы ЭРА ГЛОНАСС

Система разработана таким образом, чтобы случайный вызов можно было легко отменить, но в то же время при отсутствии у водителя возможности дотянуться до сигнальной кнопки информация о ДТП все равно передавалась. Вот как это действует на практике:

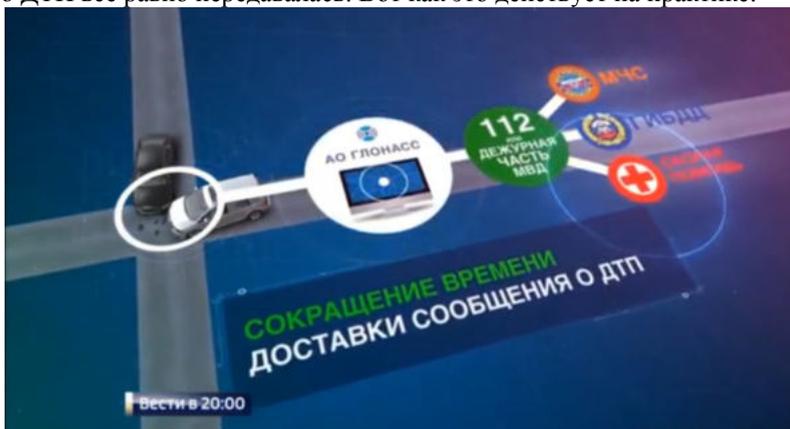


Рис. 268 - Принцип работы системы ЭРА ГЛОНАСС

1. Система запускается либо от нажатия на кнопку тревоги, либо в качестве ответа на сильное сотрясение автомобиля (датчики улавливают как удар, так и переворот).

2. Терминал использует навигационный модуль для определения местоположения автомобиля.

3. Сигнал о бедствии с данными о местоположении передается через сотовую сеть непосредственно в центр экстренной системы.

4. Диспетчер пытается связаться с водителем посредством звонка на устройство, встроенное в автомобиль. Устройство автоматически принимает вызов.

5. Если ответа не последовало, или водитель смог подтвердить, что попал в ДТП, то диспетчер передает сигнал со сведениями о происшествии скорой помощи.

После того, как сигнал будет передан спасательной команде, специалисты немедленно выдвигаются на место происшествия. По действующему регламенту, срок прибытия должен занимать не бо-

лее 20 минут. Это оптимальный временной промежуток для того, чтобы успеть оказать медицинскую помощь пострадавшим с опасными для жизни травмами. Но по факту, скорая помощь часто приезжает быстрее, особенно если сигнал поступает из города.

Какие сведения захватывает система ЭРА ГЛОНАСС

Некоторые автомобилисты подозрительно относятся к экстренной системе из-за опасений, что она отслеживает их перемещения. Но это не более, чем миф: модуль ЭРА ГЛОНАСС устроен предельно примитивно, и функция трекинга в нем не предусмотрена. Он всего лишь передает разовые сигналы в случае бедствия, и входит в них исключительно необходимая информация.

Оперативная служба получит следующие сведения от системы в случае катастрофы:

- Точные координаты ДТП.
- Количество пассажиров в салоне (считается по количеству застегнутых ремней безопасности).
- Техническая информация о катастрофе: последние данные по скорости, параметры перегрузок.
- Базовая информация об автомобиле: модель, номер, цвет и вид топлива.

Все эти данные помогут спасательной команде быстрее добраться до пострадавших и опознать их, а также примерно подготовиться к тому, с чем предстоит столкнуться.

#### **Зарубежные аналоги и взаимодействие с ними.**

ЭРА-ГЛОНАСС работает только на территории России. Ее аналог под названием ЭВАК в Казахстане и такая же система под названием ЭРА РБ в Белоруссии пока не готовы. Таких систем нет и в других странах Таможенного союза — Армении и Киргизии.

В США еще с 2011 года был запущен проект E911, который передает данные на службу 911 о месте расположения телефона, с которого поступали звонки о помощи. С 2010 года начала работать система, благодаря которой пострадавший мог связаться со службой спасения через датчики, которые автоматически срабатывают при авариях.

В Японии еще с 1980-х годов начала работать специальная транспортная система, задачей которой было автоматическое управление движением на дорогах. На автомобили были установлены специальные навигационные и коммуникативные аппараты для контроля местоположения транспортного средства. В случае аварии на ме-

сто происшествия немедленно отправлялась помощь по уже известным координатам.

С 2015 года все транспортные средства, которые продаются в странах Евросоюза, оснащены навигационно-коммуникационными средствами, которые при аварии передают сигнал службам спасения, по каналу GSM о месте происшествия. Евросоюз так же помогает внедрению, системы экстренного оповещения ЭРА ГЛОНАС в России. Для этого Европейская комиссия в 2004 создала специальный координационный совет European eCall Implementation Platform, который поддерживает взаимодействие с ЭРА ГЛОНАС.

### ***TELEMATIK***

Для обеспечения своевременной реакции на постоянно изменяющуюся дорожную ситуацию необходимо быстро и полно информировать водителя о помехах движению. При этом понятия **Telekommunikation** (телекоммуникации) и **Infomatik** (информационные технологии) объединяются в термине **Telematik**, который станет ключевым понятием автомобильного (и не только автомобильного) будущего.

Система *telematik*, разработанная фирмой Audi предлагает пользователям существенные преимущества в мобильности, безопасности и сервисе.

Пакет услуг, предлагаемый службой *Telematik*, включает в себя следующее:

- сообщение в службу технической помощи;
- информация о текущей дорожной обстановке;
- сообщение о чрезвычайной ситуации.

Кроме этого, система *telematik* по запросам водителя указывает ему на такие неблагоприятные обстоятельства, как гололед и туман, а также на потенциально опасных участников дорожного движения.

Система в своей работе использует GPS навигационную систему, систему информации с инфракрасных датчиков установленных вдоль дорог, мобильную связь, координирующее действие осуществляет центральный диспетчерский пункт службы *Telematik*.

При заключении договора на центральный диспетчерский пункт службы *Telematik* сообщаются следующие данные: модель, год выпуска, номерной знак, цвет кузова и номер шасси автомобиля. Эти данные при первом включении системы передаются из центрального диспетчерского пункта в блок управления системы

Telematik и хранятся в нем для использования в случае чрезвычайной ситуации.

Во время поездки водитель вводит пункт назначения в навигационную систему. Навигационная система рассчитывает маршрут и через блок управления Telematik запрашивает информацию о дорожной ситуации на данном отрезке пути в центральном диспетчерском пункте службы Telematik. Обмен данными между блоками управления системы Telematik и навигационной системы осуществляется по шине CAN.

Центральный диспетчерский пункт службы Telematik посылает информацию о дорожной ситуации на блок управления Telematik, который затем отправляет эту информацию на блок управления навигационной системы. Существующие помехи движению будут отбражаться на дисплее навигационной системы, а при необходимости рассчитывается альтернативный маршрут поездки.

При возникновении поломки водитель сообщает диспетчеру системы, сотрудники центра технической поддержки связываются с водителем и при необходимости оперативно информируют ближайшее дилерское предприятие, которое направляет в требуемое место автомобиль техпомощи.

При возникновении чрезвычайной ситуации сообщение о ней может быть отправлено двумя способами:

- вручную с помощью кнопки, расположенной в плафоне внутреннего освещения;
- автоматически при аварии, когда раскрылась подушка безопасности.

Центральный диспетчерский пункт самостоятельно информирует полицию и службу спасения только в том случае, когда сообщение о чрезвычайной ситуации поступает в автоматическом режиме при раскрытии подушки безопасности, а с водителем не удается связаться по телефону.

## IV ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ ПРОГРАММА КУРСА

1. Назначение и принцип работы электронной системы управления впрыском топлива дизеля.
2. Требования к системе впрыска.
3. Требования, предъявляемые к блоку управления.
4. Устройство блока управления.
5. Что такое микроконтроллер.
6. Виды входных сигналов, поступающих в блок управления.
7. Виды памяти для программ и данных.
8. Модуль контроля. Назначение и принцип работы.
9. Виды выходных сигналов, поступающих в блок управления.
10. Датчики температуры охлаждающей жидкости. Устройство и принцип работы.
11. Датчик температуры. Назначение и принцип работы.
12. Датчики температуры воздуха. Устройство и принцип работы.
13. Датчики температуры моторного масла. Устройство и принцип работы.
14. Датчики температуры топлива. Устройство и принцип работы.
15. Датчик температуры ОГ. Устройство и принцип работы.
16. Микромеханические датчики давления. Устройство и принцип работы.
17. Индуктивный датчик вращения коленчатого вала. Устройство и принцип работы.
18. Датчик частоты вращения/угла поворота. Устройство и принцип работы.
19. Фазовые датчики Холла. Устройство и принцип работы.
20. Датчики положения педали газа. Устройство и принцип работы.
21. Как осуществляется регулировка холостого хода.
22. Потенциометрический датчик педали газа. Устройство и принцип работы.
23. Термопленочный датчик массового расхода воздуха. Устройство и принцип работы.
24. Пленарный широкополосный лямбда-зонд. Устройство и принцип работы.

25. Как осуществляется управление и регулирование в электронных системах.
26. Как осуществляется обработка данных в электронных системах.
27. Как осуществляется обмен данными с другими системами.
28. Как осуществляется регулирования процесса впрыскивания.
29. Как работает регулятор скорости движения(в круиз контролях).
30. Как осуществляется управление системами впрыска с электромагнитными клапанами.
31. Система CommonRail. Устройство и принцип работы и назначение.
32. Как осуществляется регулирования давления в аккумуляторе системы CommonRail.
33. Последовательная передача данных с использованием шины CAN. Назначение и применение. (Перечислить 4 протокола)
34. Шина CAN. Назначение и применение.
35. Классификация электронных систем.
36. Электронные системы управления началом движения.
37. Электронные системы управления движением.
38. Электронные системы управления торможением.
39. Классификация ЭБУ по функциональному назначению и их характеристика.
40. Типы систем управления.
41. Структура контроллера.
42. Микропроцессорные системы управления бензиновым двигателем.
43. Типы расходомеров.
44. Типы датчиков положения дроссельной заслонки и их устройство.
45. Назначение, устройство и принцип работы датчика кислорода.
46. Виды датчиков кислорода.
47. Типы и устройство датчиков частоты вращения коленчатого вала.
48. Устройство и принцип работы датчика детонации.
49. Индивидуальные системы насоса и форсунки.
50. Системы управления фазами газораспределения ДВС.
51. Классификация систем регулировки фаз.

52. Типы антиблокировочных тормозных систем и их характеристика.
53. Циклы работы ABS.
54. Основные элементы ABS.
55. Типы, устройство и принцип работы колесных датчиков.
56. Типы систем курсовой устойчивости.
57. Датчики, используемые в оценке действия водителя.
58. Датчики системы ESP, используемые в оценке параметров движения.
59. Типы, устройство и принцип работы датчиков угла поворота рулевого колеса.
60. Типы, устройство и принцип работы датчиков бокового ускорения.
61. Типы, устройство и принцип работы датчиков рыскания.
62. Типы, устройство и принцип работы датчиков продольного ускорения.
63. Типы, устройство и принцип работы датчиков тормозной системы.
64. Устройство и принцип работы блока управления ABS.
65. Системы блокировки дифференциала.
66. Система подсушивания тормозов.
67. Система активного рулевого управления.
68. Система стабилизации автопоезда.
69. Типы электронных тормозных систем.
70. Типы усилителей рулевого управления.
71. Электронные системы управления гидравлическим усилителем рулевого управления servoTronic.
72. Усилитель рулевого управления с электронным регулированием.
73. Классификация типов рулевого управления с электронным регулированием.
74. Система активного рулевого управления.
75. Система автоматической парковки.
76. Принцип работы, передача данных системы автопарковки.
77. Принцип работы беспилотного автомобиля.
78. Типы систем беспилотного вождения.
79. Классификация радиолокационных автомобильных устройств.
80. Лидары и радары.
81. Устройство и принцип работы круиз контроля.

82. Типы систем круиз контроля.
83. Ограничение систем адаптивного круиз контроля.
84. Назначение и устройство сажевого фильтра.
85. Активная регенерация сажевого фильтра.
86. Система охлаждения двигателя с электронным регулированием.
87. Автомобильные климатические установки.
88. Способы регулирования процесса охлаждения в климатических установках.
89. Типы компрессоров климатических установок.
90. Полностью электронные системы.

## У ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматическая трансмиссия М 78.- Москва: Ssangyong Motor Comhany, 2012, 72 с.
2. Адаптивные подвески [Электронный ресурс] URL: <http://awtoel.narod.ru/Dru/Podweska.html> (Дата обращения 12.12.2016).
3. Аккумуляторная топливная система Common Rail. - Мюнхен: CR-Dosh, 2015 - 34 с.
4. Акселерометры [Электронный ресурс] URL: [http://www.3dnews.ru/\\_imgdata/img/2010/10/13/600098/mems-accelerometer-3.jpg](http://www.3dnews.ru/_imgdata/img/2010/10/13/600098/mems-accelerometer-3.jpg) (Дата обращения 12.12.2017).
5. Борщенко, Я.А., Васильев В.И. Электронные и микропроцессорные системы автомобилей /Я.А. Борщенко, В.И. Васильев – Курган: Курганский ГУ, 2007.– 207 с.
6. Глущенко, А.А. Управление автомобилем и трактором/А.А. Глущенко, И.Р. Салахутдинов - Ульяновск: УГСХА, 2017. - 344 с.
7. Датчики ускорения [Электронный ресурс] URL: [http://metrologu.ru/info/images/articles/vibro4\\_1.gif](http://metrologu.ru/info/images/articles/vibro4_1.gif) (Дата обращения 12.12.2017).
8. Коваленко, О.Л. Электронные системы автомобилей / О.Л. Коваленко - Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. - 80 с.:
9. Круиз-контроль. [Электронный ресурс] [@lgai.ru](http://www.lgai.ru/publ/517990-kruiz-kontrol-i-adaptivnyy-kruiz-kontrol-polnoe-rukovodstvo.html) (Дата обращения 15.12.2017).
10. Петров, В.М. Электрооборудование, электронные системы и бортовая диагностика автомобиля. /В.М. Петров, И.Ф. Дьяков/ - Ульяновск: УлГТУ, 2005. - 120 с.
11. Системы TSC автомобилей Audi. / Программа самообучения. [Электронный ресурс] URL: <http://vwts.ru> <http://volkswagen.msk.ru> <http://vwts.info> (Дата обращения 05.01.2017).
12. Программа самообучения 210. Электронный привод акселератора. Устройство и принцип действия. - VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg., 2017. - 36 с. [Электронный ресурс] URL: <http://www.boschdiagnost.ru/>, <http://boschdiagnost.ru/index.php/sazhevyj-filtr> (Дата обращения 14.12.2017).
13. Программа самообучения 259. Электрогидравлический усилитель руля. Устройство и принцип действия. - Москва: АО "ФОЛЬКСВАГЕН", 2016. - 27 с.

14. Противоблокировочное устройство тормозной системы ("Teves") с электронной блокировкой дифференциала (EDS). / Серия пособий для самообучения.// Выпуск 117.- Москва: АО "ФОЛЬКС-ВАГЕН", 2014. - 20 с.
15. Сервис Ленд Ровер. Диагностика, ремонт и обслуживание. - М.: LR-WEST. 2017. - 8 с.
16. Системы безопасности. / Руководстве для самостоятельно-го обучения Octavia. - Москва: АО "Шкода", 2012. - 46 с.
17. Системы контроля сцепления с дорогой и поддержки водителя. - Берлин: Volkswagen AG Service Training , 2002. - 88 с.
18. Системы подачи топлива с насос-форсунками и индивидуальными ТНВД. - Герлинген: Robert Bosch GmbH, 2010, - 62 с.
19. Система управляемых колес. [Электронный ресурс] URL: <http://avtomotospec.ru/raznoe/sovremennye-elektronnye-sistemy-avtomobilya.html#tops> (Дата обращения 09.11.2017).
20. Соснин, Д. Клапаны с электромагнитным приводом для газораспределительного механизма поршневого двигателя. [Электронный ресурс] URL: [http://altay-krylov.ru/ch\\_klapan\\_elmagn\\_privod.html](http://altay-krylov.ru/ch_klapan_elmagn_privod.html) (Дата обращения 09.11.2016).
21. Электронная система управления уровнем пола (ECAS) для автобусов с пневматической подвеской. - Нью-Йорк: Vehicle Control Systems An American Standard Company. 2002. - 56 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

|     |   |     |
|-----|---|-----|
|     | ВВЕДЕНИЕ.....   | 3   |
| I   | ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ....                          | 4   |
| II  | ГЛОССАРИЙ.....  | 5   |
| III | ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС.....  | 9   |
| 1   | СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ.....                            | 9   |
| 1.1 | Контроллер системы управления двигателем.....                   | 14  |
| 1.2 | Электронные блоки управления.....                               | 19  |
| 1.3 | Электронный блок управления трансмиссией.....                   | 23  |
| 1.4 | Электронный блок управления тормозной системы....               | 44  |
| 1.5 | Система CAN.....  | 45  |
| 2   | СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ.....                              | 63  |
| 2.1 | Основные принципы управления двигателем.....                    | 63  |
| 2.2 | Системы управления бензиновым двигателем.....                   | 66  |
| 2.3 | Системы управления дизельным двигателем.....                    | 108 |
| 2.4 | Система управления двухрядными V-образными двигателями.....     | 119 |
| 2.5 | Системы управления фазами газораспределения ДВС.                | 121 |
| 3   | РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ.....   | 136 |
| 3.1 | Гидроусилитель рулевого управления.....                         | 139 |
| 3.2 | Усилитель рулевого управления с электронным регулированием..... | 142 |
| 3.3 | Система активного рулевого управления.....                      | 150 |
| 4   | СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЁС С ДОРОГОЙ.....                 | 154 |
| 4.1 | Антиблокировочная система.....                                  | 155 |
| 4.2 | Электронный регулятор распределения тормозных сил (EBV).....    | 171 |
| 4.3 | Система стабилизации торможения при повороте (CBC).....         | 173 |
| 4.4 | Система блокировки дифференциалов EDL (EDS).....                | 174 |
| 4.5 | Расширенная антиблокировочная система ABSplus....               | 176 |
| 4.6 | Система подсушивания тормозов BSW.....                          | 197 |
| 5   | СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ АВТОПОЕЗДА.....                            | 199 |
| 6   | УПРАВЛЕНИЕ ПОДВЕСКОЙ.....                                       | 201 |
| 7   | ПОЛНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.....                   | 213 |
| 8   | СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....                             | 233 |
| 9   | СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПАРКОВКИ.....                            | 257 |

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 10 | СИСТЕМА УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС.....                                    | 266 |
| 11 | КРУИЗ-КОНТРОЛЬ.....   | 283 |
| 12 | СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ С<br>ЭЛЕКТРОННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ..... | 294 |
| 13 | КЛИМАТ-КОНТРОЛЬ.....  | 297 |
| 14 | САЖЕВЫЙ ФИЛЬТР.....   | 312 |
| 15 | СИСТЕМА СТОП-СТАРТ.....   | 319 |
| 16 | СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В<br>ШИНАХ                      | 335 |
| 17 | СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ.....                                | 344 |
| 18 | ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОТИВОУГОННЫЕ СИСТЕМЫ..                              | 351 |
| 19 | БЕСПИЛОТНЫЕ СИСТЕМЫ.....  | 365 |
| 20 | СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ О ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ<br>СИТУАЦИЯХ.....               | 385 |
| IV | ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ ПРОГРАММА КУРСА.....                              | 393 |
| V  | ЛИТЕРАТУРА.....   | 397 |

**Глущенко Андрей Анатольевич**

**ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ И  
ТРАКТОРОВ**

Учебное пособие для студентов инженерного факультета.-  
Ульяновск: УлГУ, 2019.- 401 с.

Подписано в печать \_\_\_\_\_  
Формат 60x90/16 Бумага офсетная №1  
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 25,0  
Тираж 150           Заказ \_\_\_\_\_

---

Адрес издателя: 432017, г. Ульяновск,