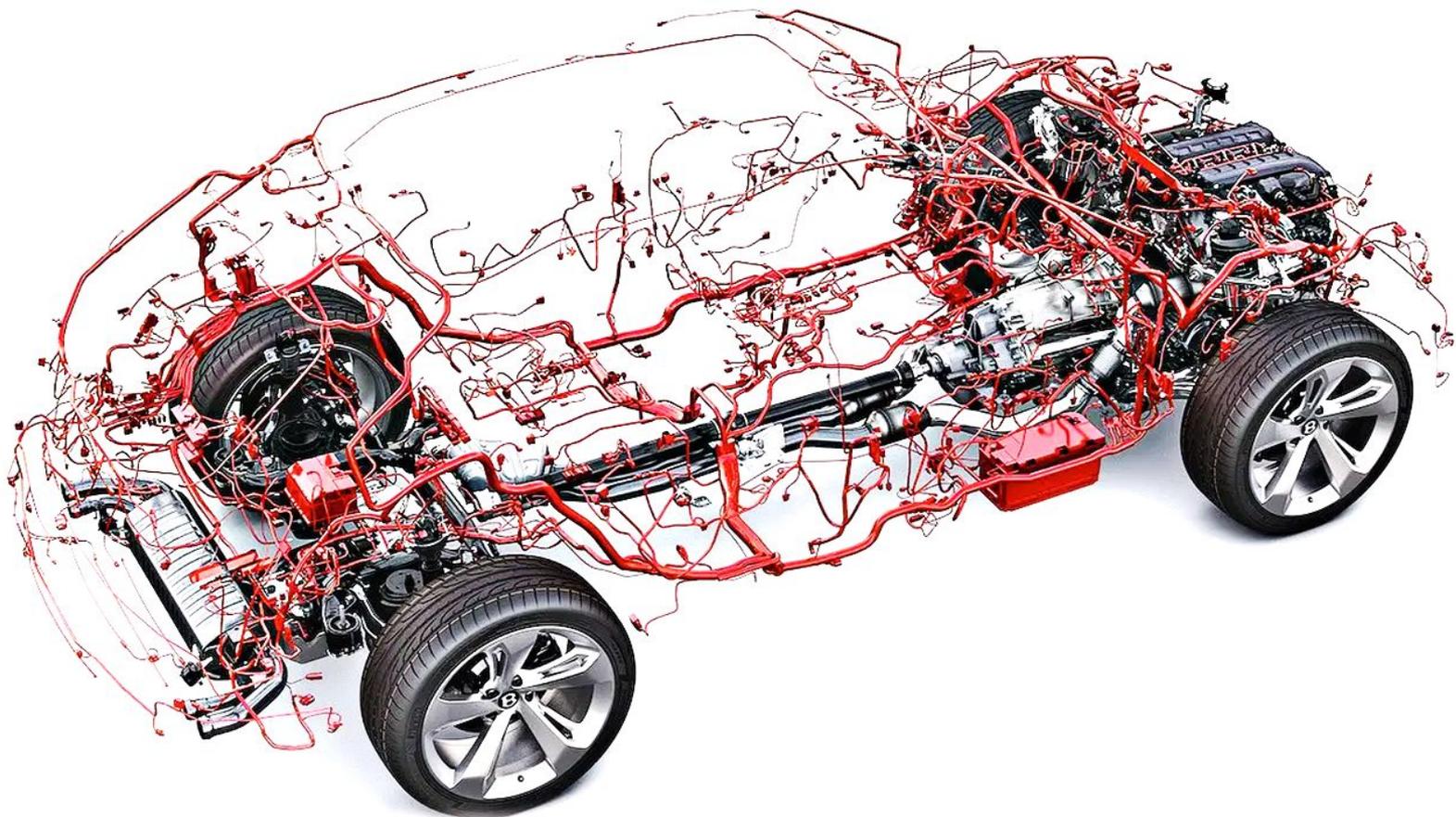


Электрические и электронные системы автомобиля



Электронные системы управления двигателем

- 1. Системы зажигания**
- 2. Системы управления впрыском бензиновых двигателей**
- 3. Системы управления впрыском дизельных двигателей**
- 4. Комплексные системы управления двигателем**
- 5. Системы изменения фаз газораспределения**
- 6. Системы изменения геометрии впускного тракта**
- 7. Системы рециркуляции отработавших газов**

Системы зажигания

Система зажигания предназначена для воспламенения рабочей смеси в цилиндрах бензиновых двигателей. Основными требованиями к системе зажигания являются:

- 1) обеспечение искры в нужном цилиндре (находящемся в такте сжатия) в соответствии с порядком работы цилиндров;
- 2) своевременность момента зажигания. Искра должна происходить в определенный момент (момент зажигания) в соответствии с оптимальным при текущих условиях работы двигателя углом опережения зажигания, который зависит, прежде всего, от оборотов двигателя и нагрузки на двигатель.
- 3) достаточная энергия искры. Количество энергии, необходимой для надежного воспламенения рабочей смеси, зависит от состава, плотности и температуры рабочей смеси.

Общим требованием для системы зажигания является ее надежность (обеспечение непрерывности искрообразования).

Системы зажигания

Неисправность системы зажигания вызывает неполадки как при запуске, так и при работе двигателя:

- 1) трудность или невозможность запуска двигателя;
неравномерность работы двигателя – “троение” или прекращение работы двигателя при пропусках искрообразования в одном или нескольких цилиндрах;
- 2) детонация, связанная с неверным моментом зажигания и вызывающая быстрый износ двигателя;
- 3) нарушение работы других электронных систем за счет высокого уровня электромагнитных помех и пр.

Системы зажигания

Существует множество типов систем зажигания, отличающихся и устройством и принципами действия. В основном системы зажигания различаются по:

- а) системе определения момента зажигания.
- б) системе распределения высоковольтной энергии по цилиндрам.

Параметры искрообразования

Угол замкнутого состояния контактов (УЗСК, Dwell angle) – угол, на который успевает повернуться коленчатый вал от момента начала накопления энергии (конкретно в контактной системе – момента замыкания контактов прерывателя; в других системах – момента срабатывания силового транзисторного ключа) до момента возникновения искры (конкретно в контактной системе – момента размыкания контактов прерывателя).

Параметры искрообразования

Угол опережения зажигания (УОЗ, Advance angle) – угол, на который успевает повернуться коленчатый вал от момента возникновения искры до момента достижения соответствующим цилиндром верхней мертвой точки (ВМТ). Одна из основных задач системы зажигания любого типа – обеспечение оптимального угла опережения зажигания (фактически – оптимального момента зажигания). Оптимально поджигать смесь до подхода поршня к верхней мертвой точке в такте сжатия – чтобы после достижения поршнем ВМТ газы успели набрать максимальное давление и совершить максимальную полезную работу на такте рабочего хода.

Параметры искрообразования

На одной и той же частоте вращения коленчатого вала двигателя, положение дроссельной заслонки может быть различным. Это означает, что в цилиндрах будет образовываться смесь различного состава. А скорость сгорания рабочей смеси как раз и зависит от ее состава. При полностью открытой дроссельной заслонке смесь сгорает быстрее и поджигать ее нужно позже – соответственно при увеличении нагрузки на двигатель, УОЗ надо уменьшать. И наоборот, когда дроссельная заслонка прикрыта, скорость сгорания рабочей смеси падает, поэтому угол опережения зажигания должен быть увеличен.

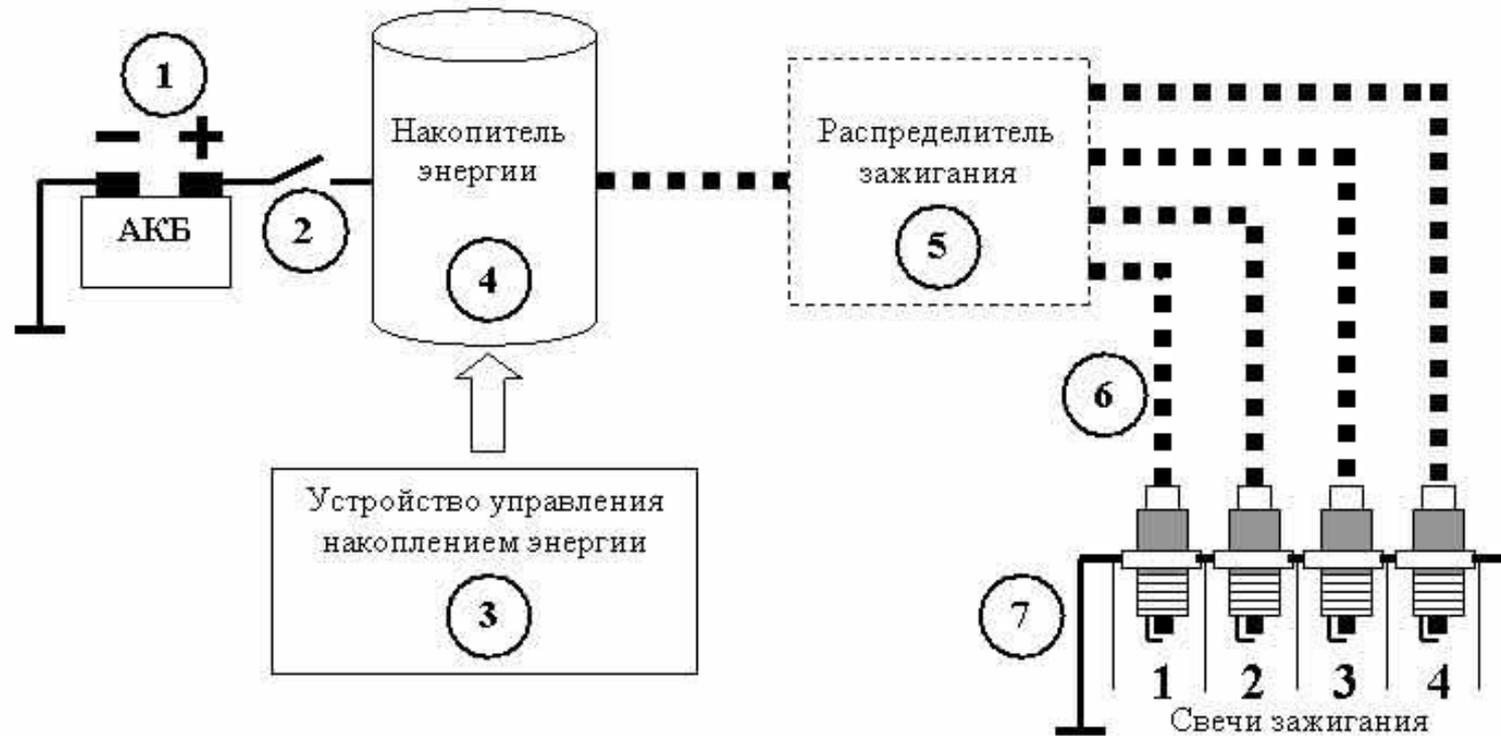
Параметры искрообразования

Напряжение пробоя – напряжение во вторичной цепи в момент образования искры – фактически – максимальное напряжение во вторичной цепи.

Напряжение горения – условно-установившееся напряжение во вторичной цепи в течение периода горения искры.

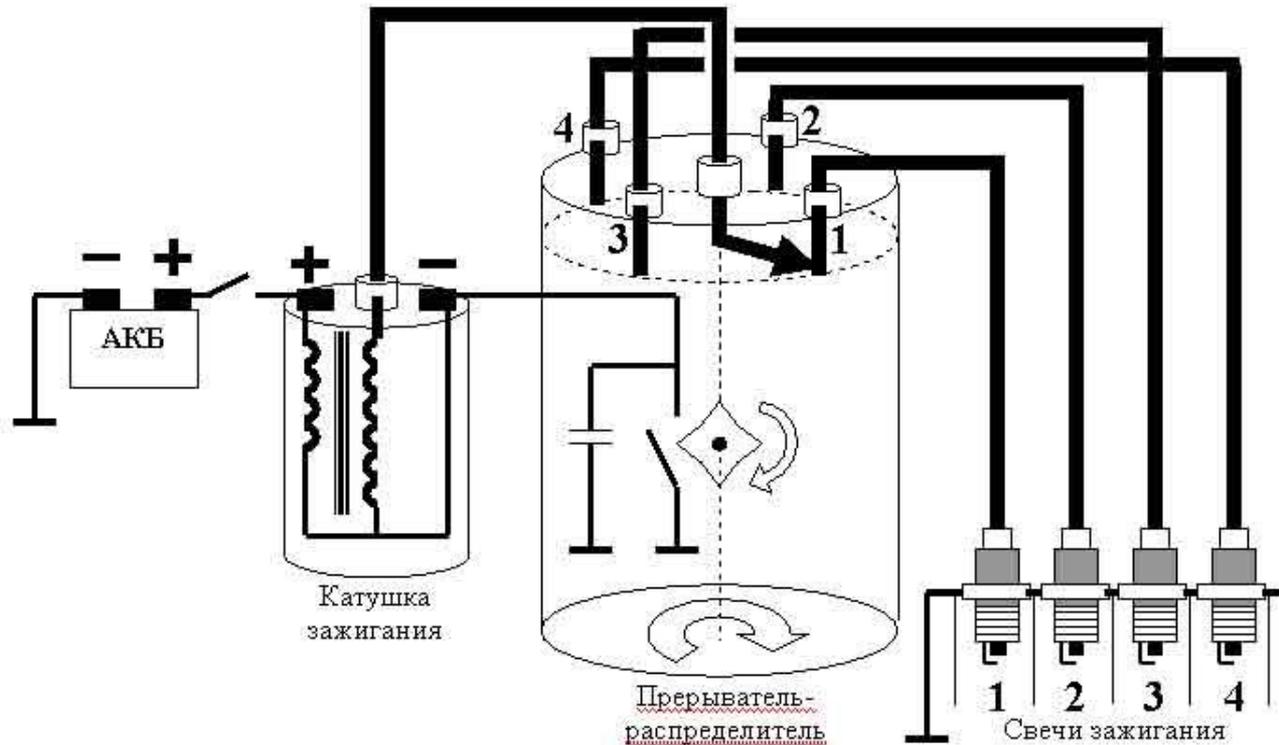
Время горения – длительность периода горения искры.

Устройство системы зажигания автомобиля



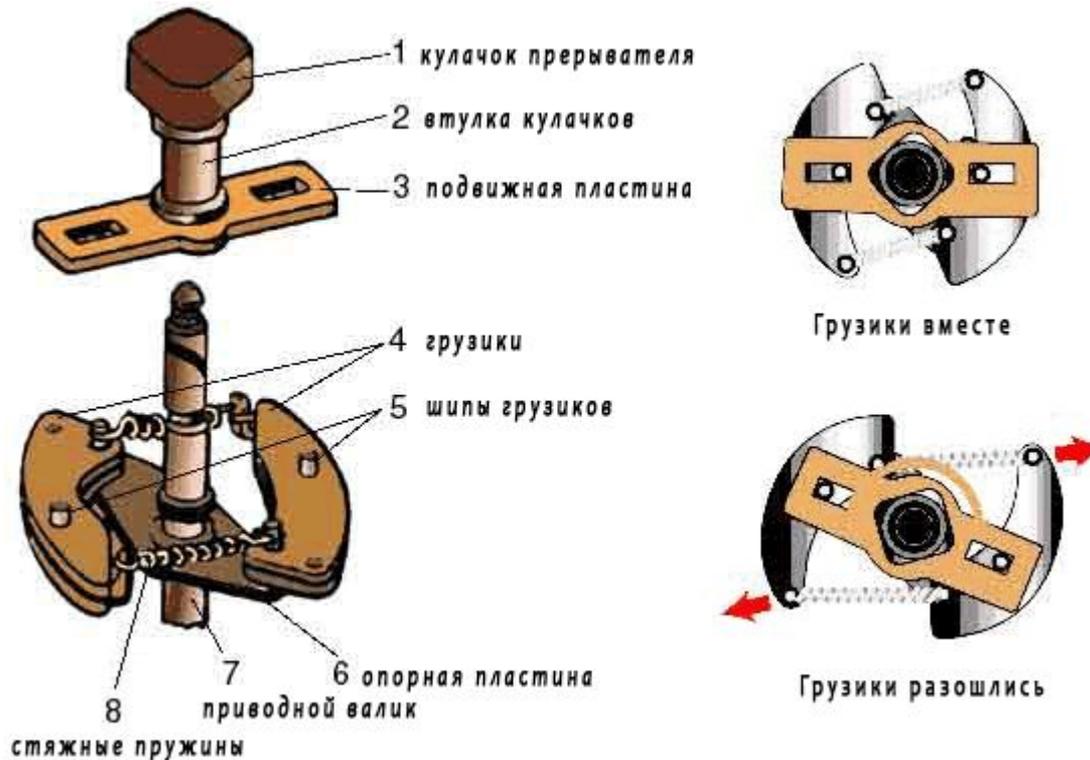
- 1. Источник питания для системы зажигания** – бортовая сеть автомобиля и ее источники питания – аккумуляторная батарея (АКБ) и генератор.
- 2. Выключатель зажигания.**
- 3. Устройство управления накоплением энергии** – определяет момент начала накопления энергии и момент “сброса” энергии на свечу (момент зажигания).

Устройство контактной системы зажигания автомобиля



- 1. Источник питания для системы зажигания** – бортовая сеть автомобиля и ее источники питания – аккумуляторная батарея (АКБ) и генератор.
- 2. Выключатель зажигания.**
- 3. Устройство управления накоплением энергии** – определяет момент начала накопления энергии и момент “сброса” энергии на свечу (момент зажигания).

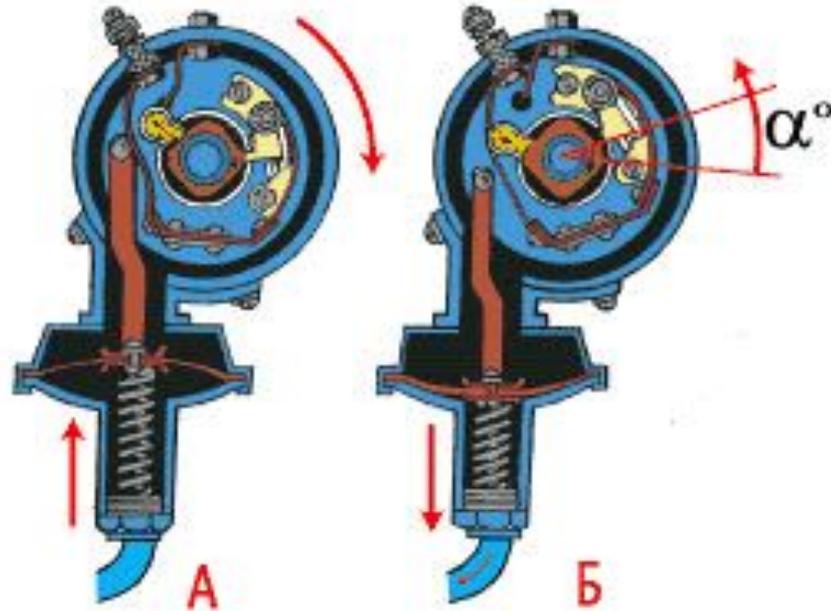
Устройство контактной системы зажигания автомобиля



Также в этой системе присутствуют механизмы корректировки опережения зажигания – центробежный и вакуумный регуляторы.

Центробежный регулятор опережения зажигания предназначен для изменения момента возникновения искры между электродами свечей зажигания, в зависимости от скорости вращения коленчатого вала двигателя.

Устройство контактной системы зажигания автомобиля

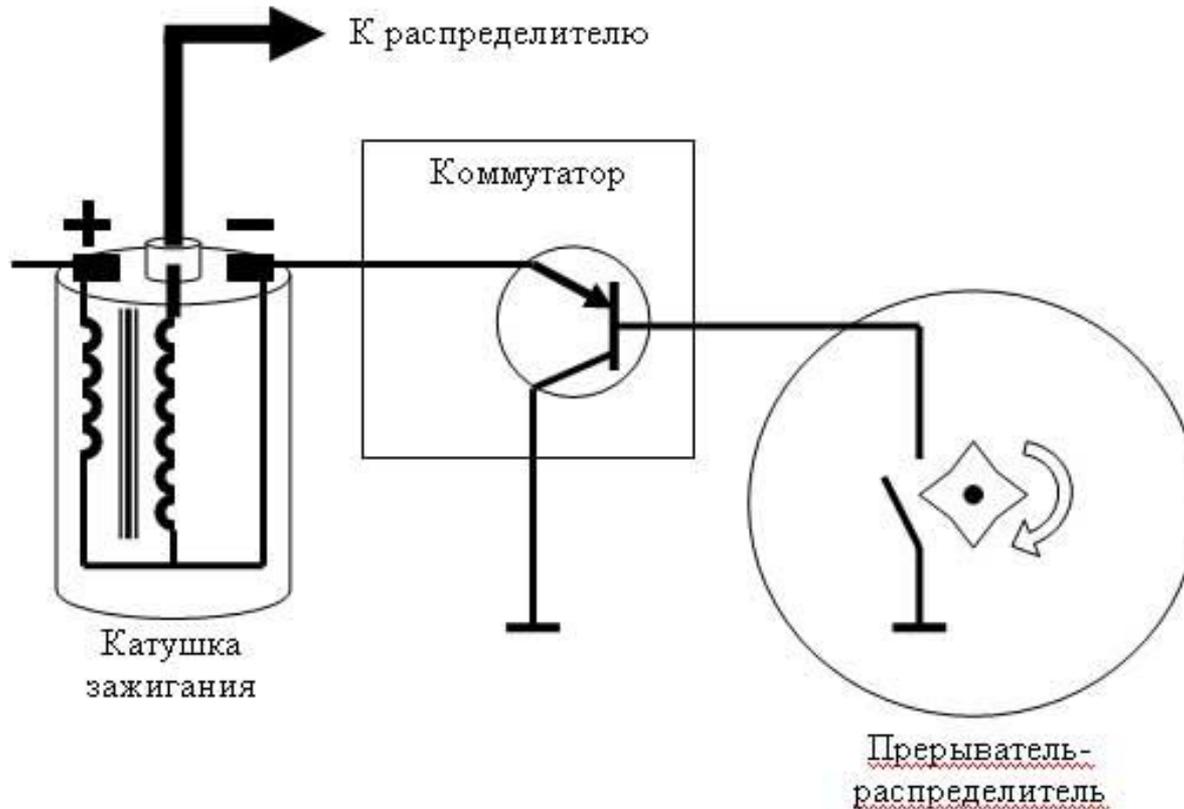


УГОЛ ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ

А - уменьшен
Б - увеличен

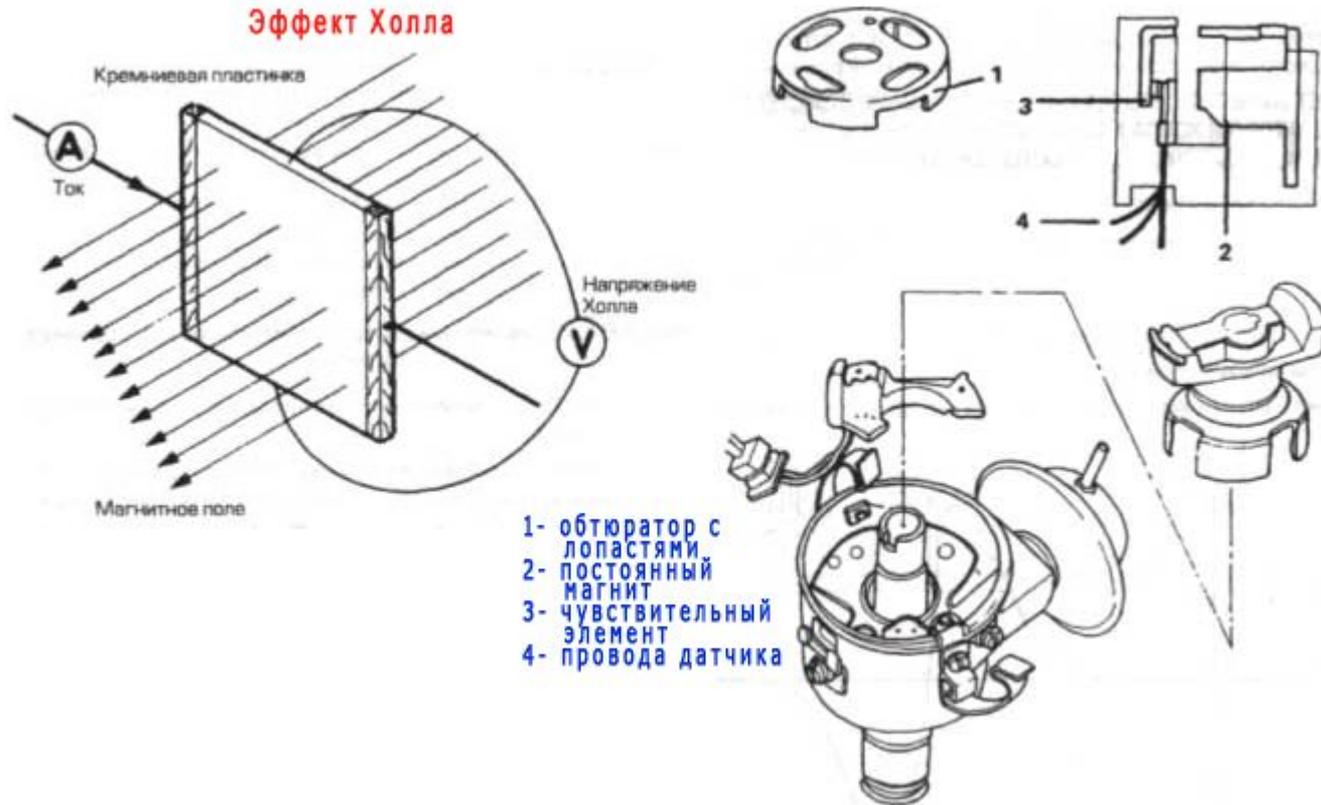
Вакуумный регулятор опережения зажигания предназначен для изменения момента возникновения искры между электродами свечей зажигания, в зависимости от нагрузки на двигатель.

Система зажигания с механическим прерывателем и транзисторным коммутатором



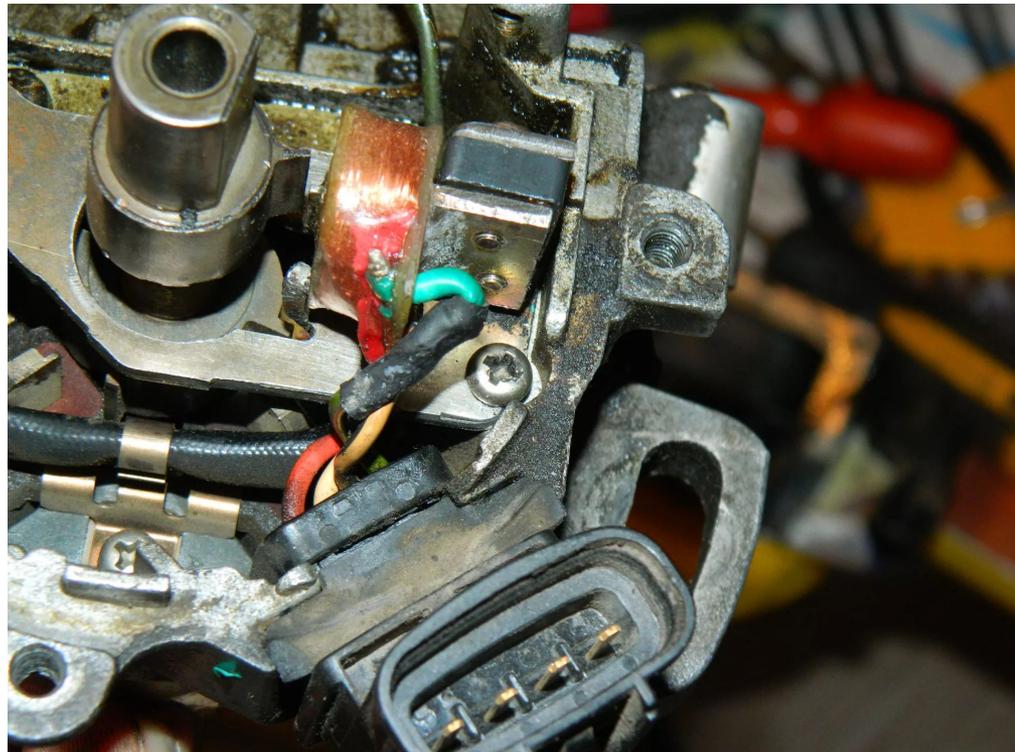
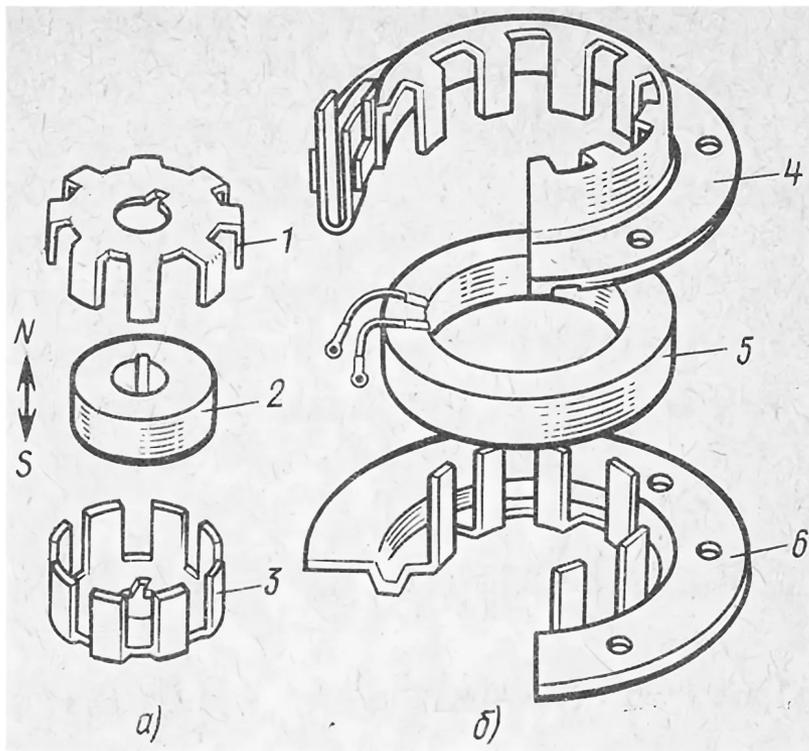
В этом случае механический прерыватель управляет только транзисторным коммутатором, который, в свою очередь, управляет накопителем энергии. Такая конструкция имеет существенное преимущество в том, что здесь контактный прерыватель обладает большей надежностью за счет того, что в этой системе через него протекает существенно меньший ток

Система зажигания с механическим прерывателем и транзисторным коммутатором



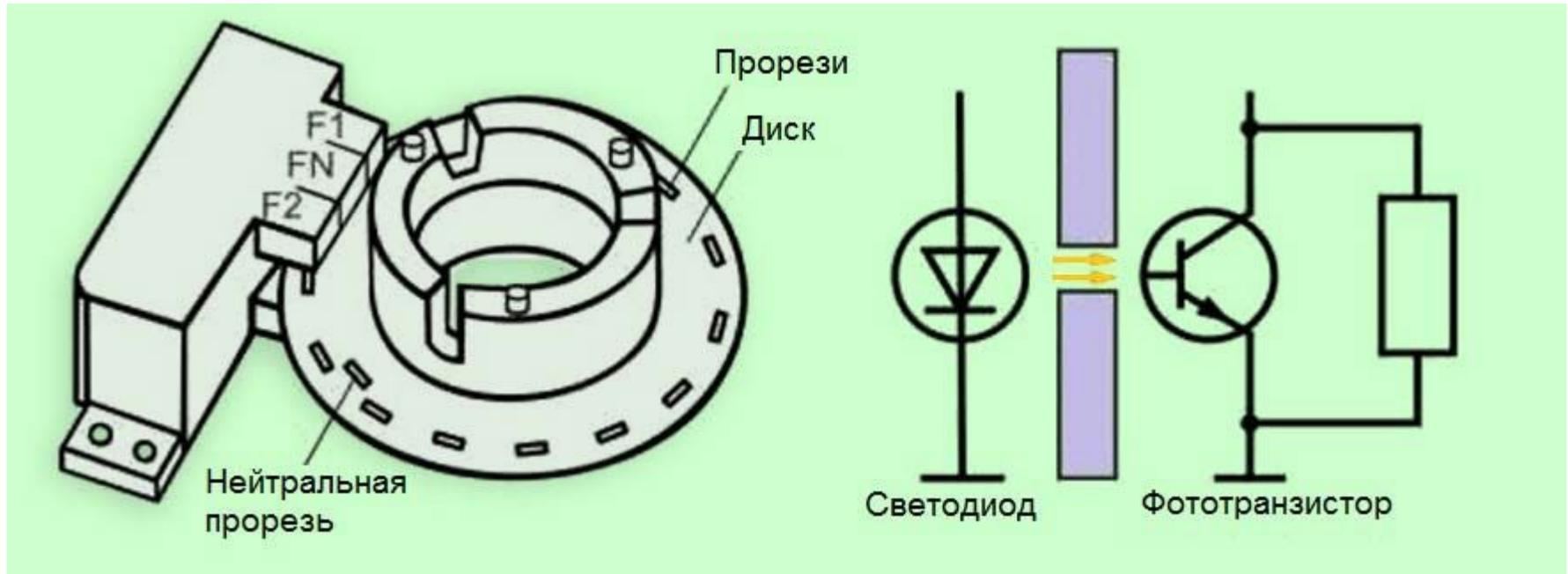
В системах зажигания с транзисторным коммутатором используются датчики трех типов. **Датчик Холла** (такая модификация системы называется TI-h) содержит пластинку кремния, к двум боковым граням которой приложено небольшое напряжение. Если пластинку поместить в магнитное поле, то на двух других гранях пластинки также появится напряжение В этом состоит эффект Холла.

Система зажигания с механическим прерывателем и транзисторным коммутатором



Индуктивный датчик (такая модификация системы называется TI-i) – включает в себя постоянный электромагнит с обмоткой и зубчатый диск.

Система зажигания с механическим прерывателем и транзисторным коммутатором



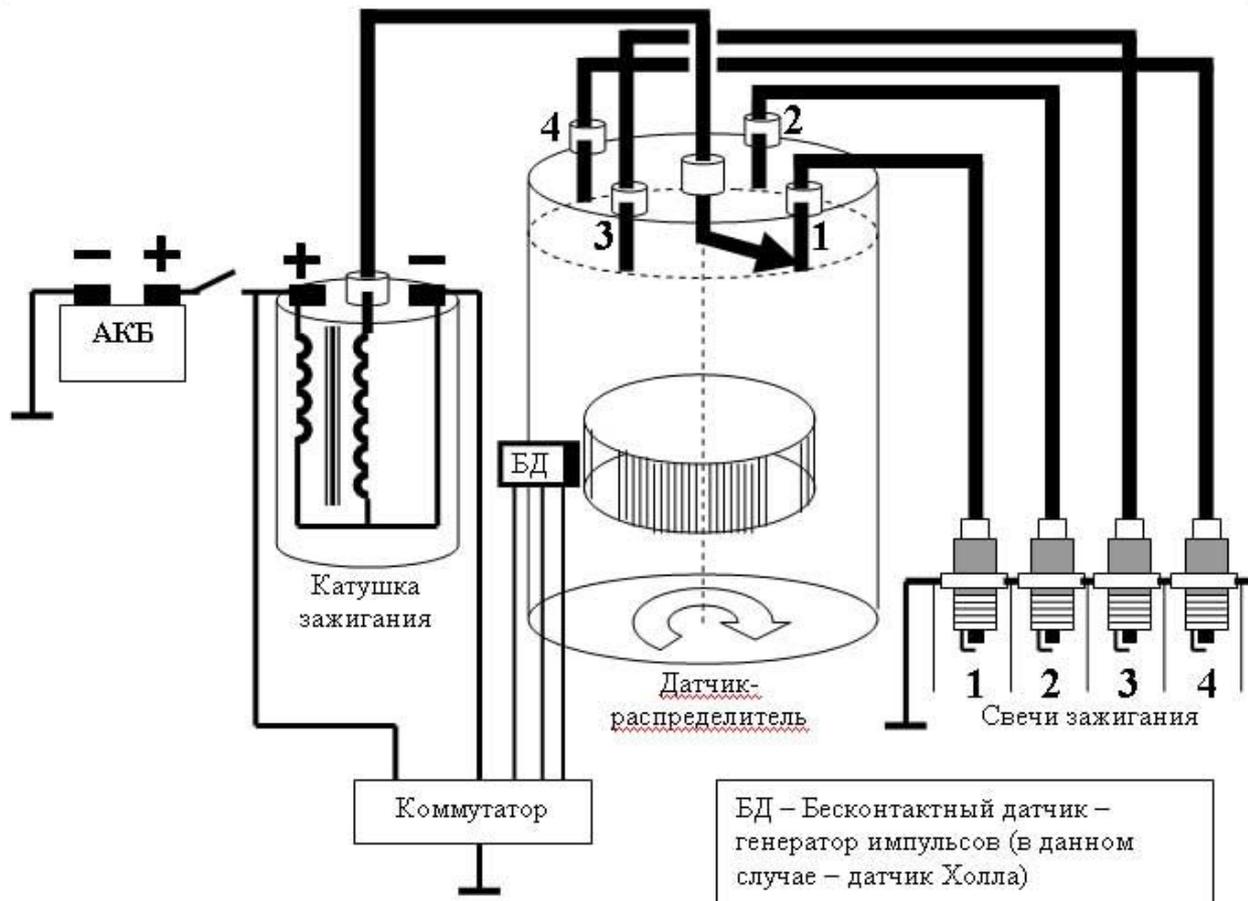
Оптический датчик (такая модификация системы называется TI-0) – представляет из себя сегментированный диск, закрепленный на валу распределителя, который перекрывает инфракрасный луч, направленный на фототранзистор.

Система зажигания с механическим прерывателем и транзисторным коммутатором



Оптический датчик (такая модификация системы называется TI-o) – представляет из себя сегментированный диск, закрепленный на валу распределителя, который перекрывает инфракрасный луч, направленный на фототранзистор.

Бесконтактная система зажигания



Одна из модификаций этой системы с механическим распределителем и катушкой зажигания, отдельно стоящей от распределителя и коммутатора получила устоявшееся название “бесконтактная система зажигания (БСЗ)”.

Микропроцессорная система зажигания



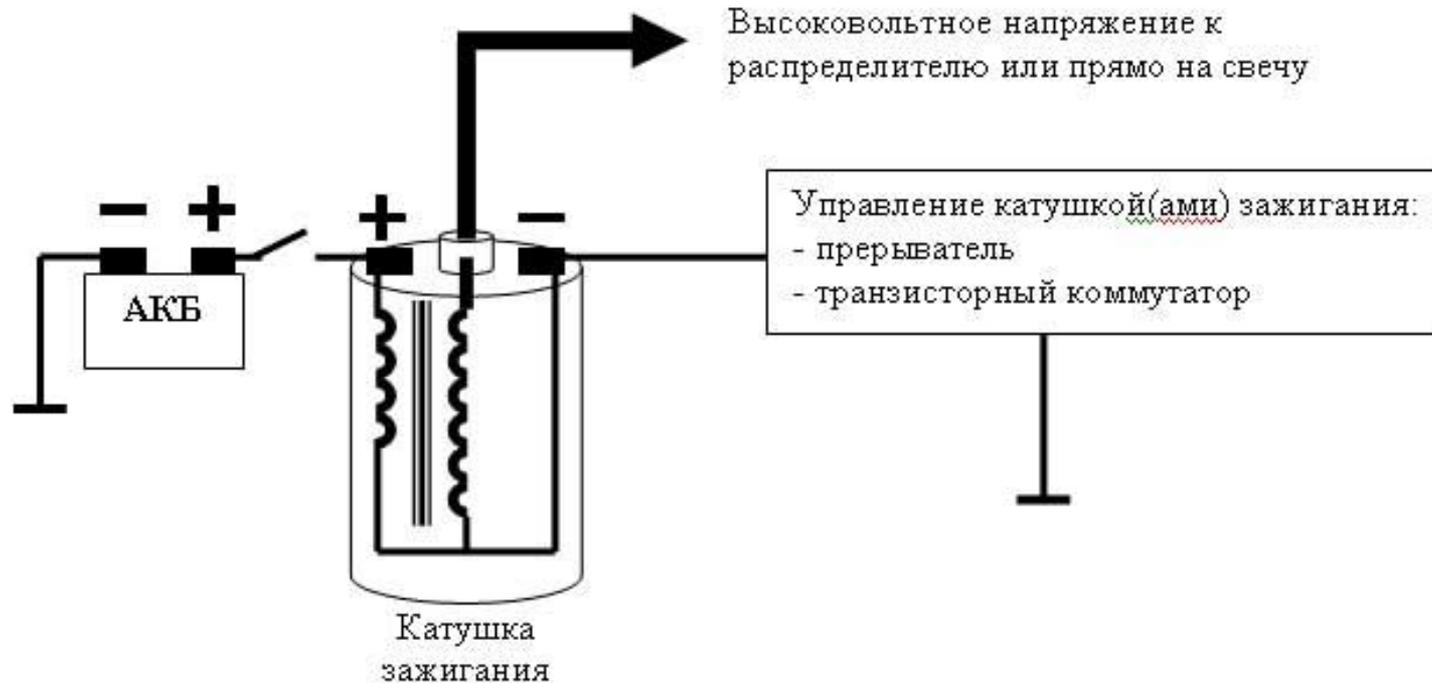
Одна из модификаций этой системы с механическим распределителем и катушкой зажигания, отдельно стоящей от распределителя и коммутатора получила устоявшееся название "бесконтактная система зажигания (БСЗ)".

Микропроцессорная система зажигания



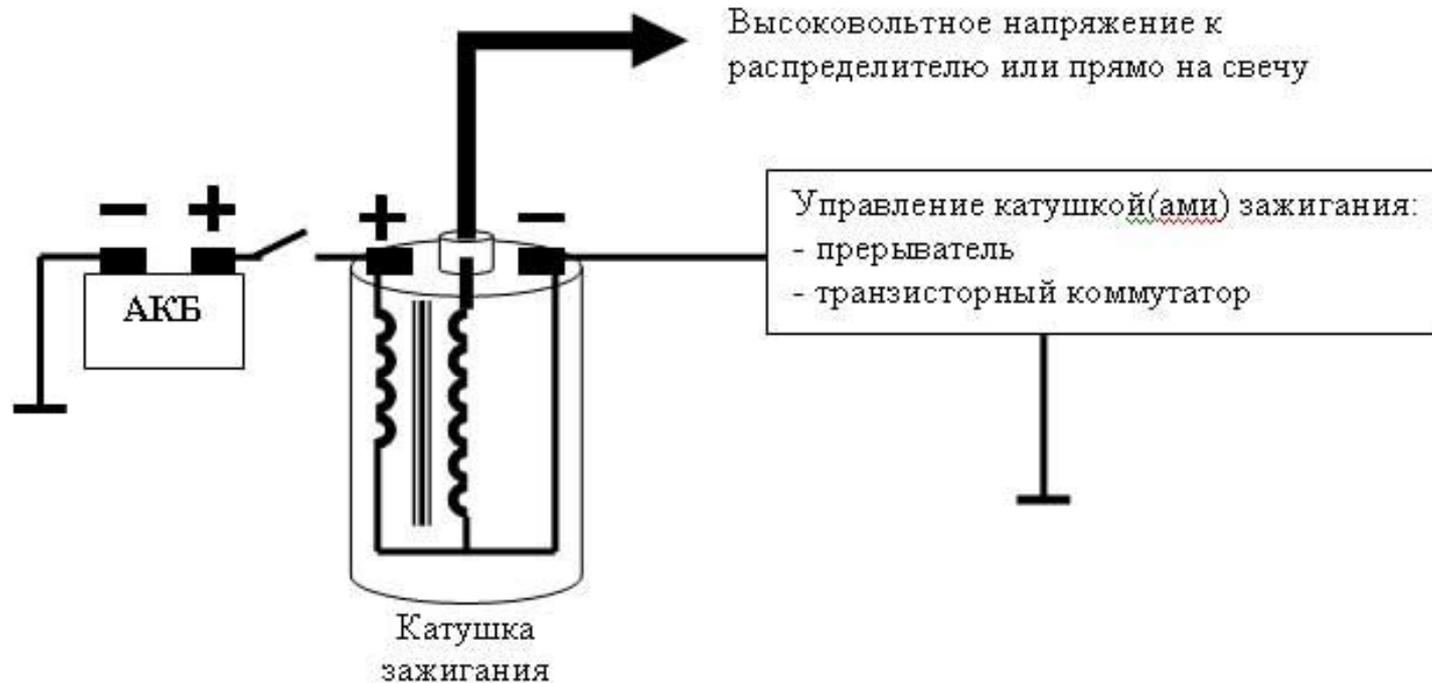
Одна из модификаций этой системы с механическим распределителем и катушкой зажигания, отдельно стоящей от распределителя и коммутатора получила устоявшееся название «бесконтактная система зажигания (БСЗ)».

Накопитель энергии



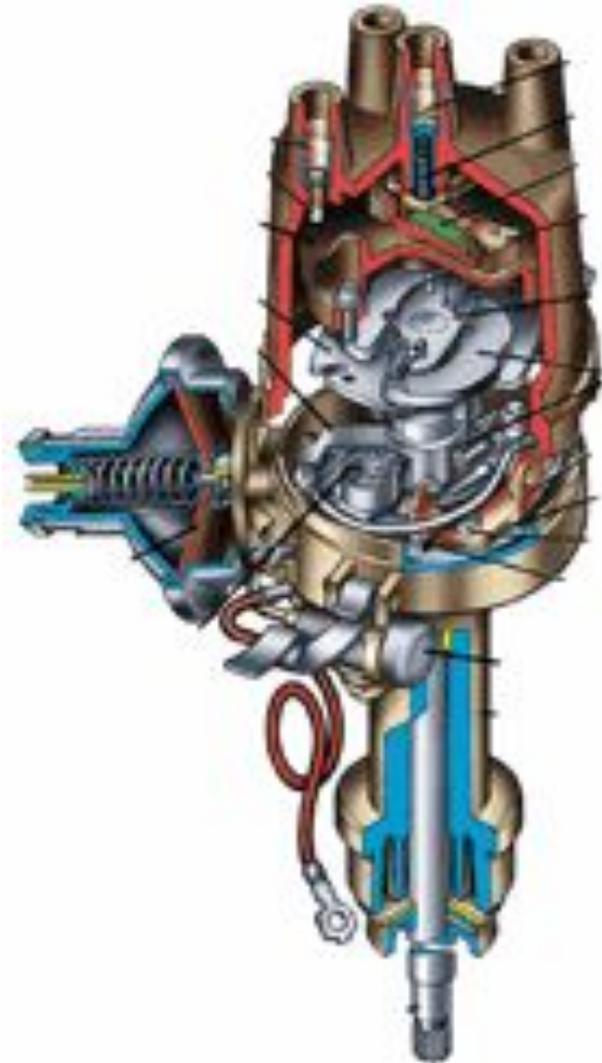
Накопители энергии, используемые в системах зажигания делятся на две группы: С накоплением энергии в индуктивности – катушка или катушки зажигания (разг. бобина, англ. ignition coil, inductor). В этом случае энергия накапливается в первичной обмотке катушки зажигания и при размыкании первичной цепи во вторичной цепи индуцируется высокое напряжение, подаваемое на свечи. Это наиболее распространенная система.

Накопитель энергии



В одном из популярных, особенно на японских и американских автомобилях, типе системы зажигания катушка зажигания объединяется в одном корпусе с распределителем зажигания (иногда также и с коммутатором и датчиками положения коленчатого и распределительного вала). Системы зажигания такого типа получили названия “катушка в распределителе” (CID – Coil In Distributor), “катушка в крышке распределителя” (CIC – Coil in Cap) и “система зажигания высокой энергии” (HEI – High Energy Ignition).

Система распределения зажигания

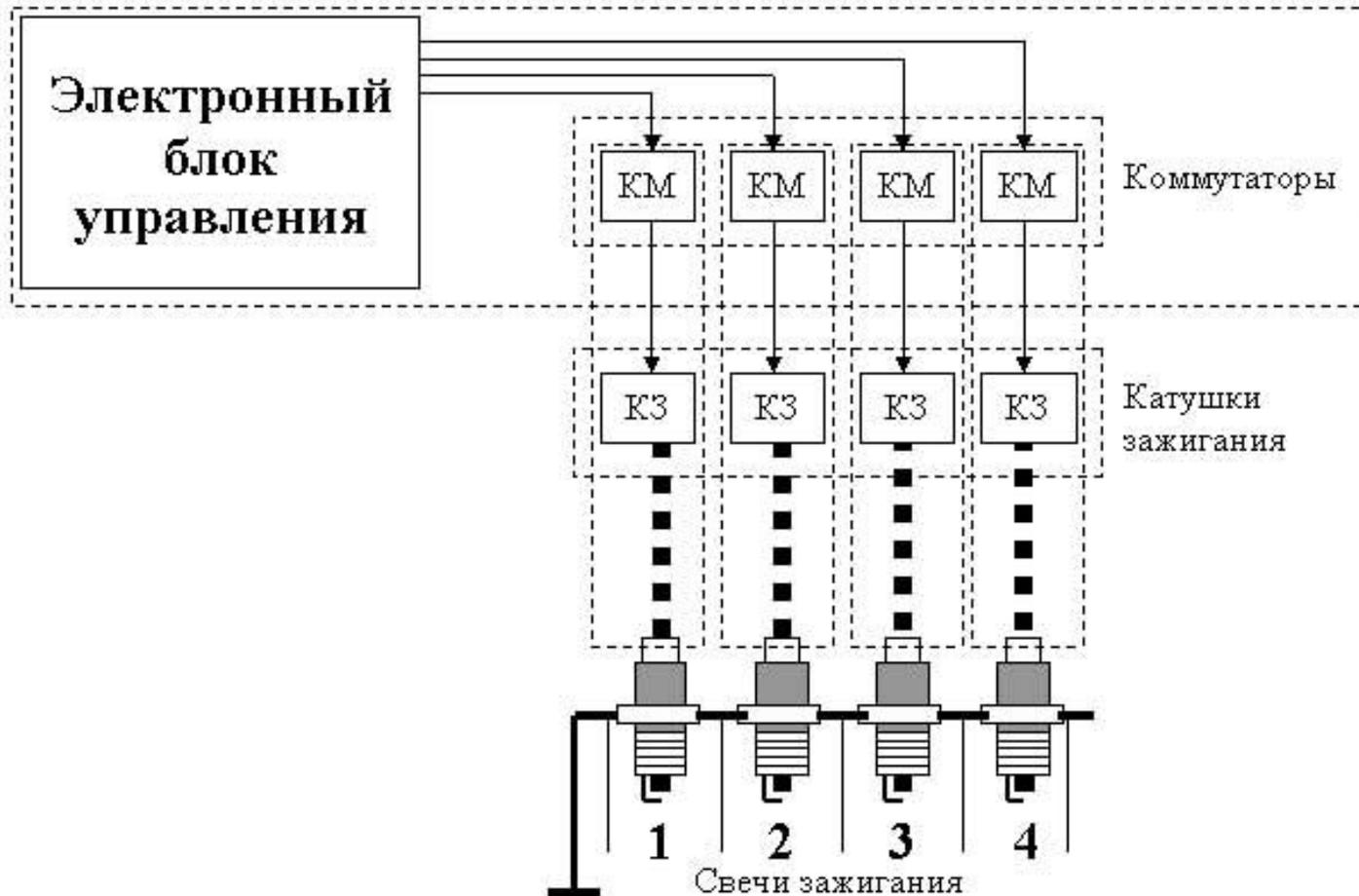


На автомобилях применяются два типа систем распределения – системы с механическим распределителем и системы статического распределения. Системы с механическим распределителем энергии. Распределитель зажигания, трамблер (англ. distributor, нем. ROV – Rotierende hochspannungsVerteilung) – распределяет высокое напряжение по свечам цилиндров двигателя. На контактных системах зажигания, как правило, объединен с прерывателем, на бесконтактных – с датчиком импульсов, на более современных либо отсутствует, либо объединен с катушкой зажигания, коммутатором и датчиками (системы HEI, CID, CIC).

Система распределения зажигания

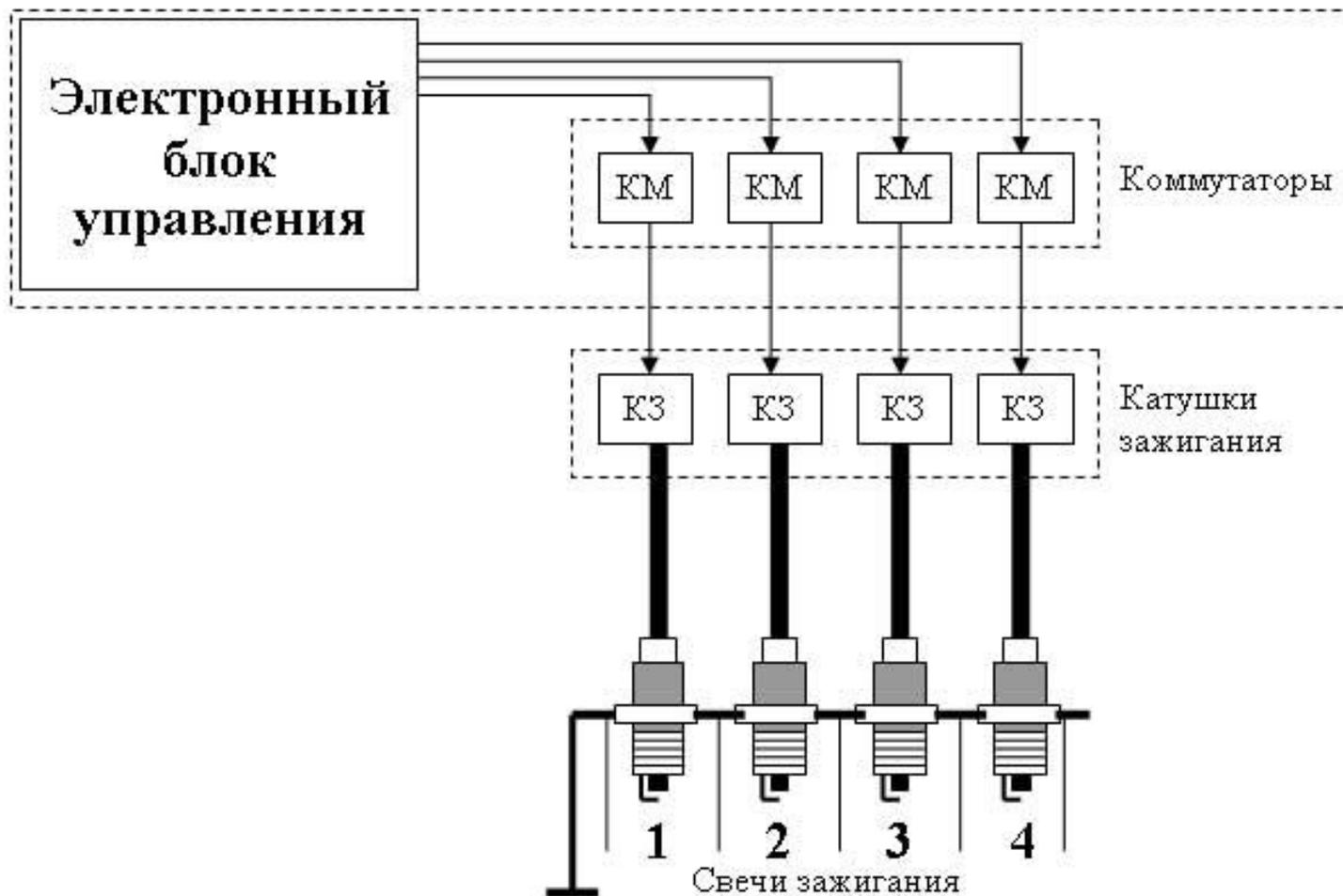
Системы со статическим распределением энергии. В процессе разработки новых систем зажигания одной из главных задач было отказаться от всех наиболее ненадежных компонентов системы – не только от контактного прерывателя, но и от механического распределителя зажигания. Так как распределитель в этих системах отсутствует, эти системы также имеют общее обозначение DLI (DistributorLess Ignition), DIS (DistributorLess Ignition System) (“система без распределителя”), DI (Direct Ignition), DIS (“система прямого зажигания”, непосредственное зажигание”). Все системы зажигания без распределителя делятся на два блока – системы независимого зажигания с индивидуальными катушками зажигания на каждый цилиндр двигателя (EFS и COP системы) и системы синхронного зажигания, где одна катушка обслуживает, как правило, два цилиндра (DFS-системы). Систему EFS (нем. Einzel Funken Spule) называют системой независимого зажигания, так как в ней (в отличие от систем синхронного зажигания) каждая катушка и управляется независимо и дает искру только для одного цилиндра. В этой системе каждая свеча имеет свою индивидуальную катушку зажигания.

Система распределения зажигания



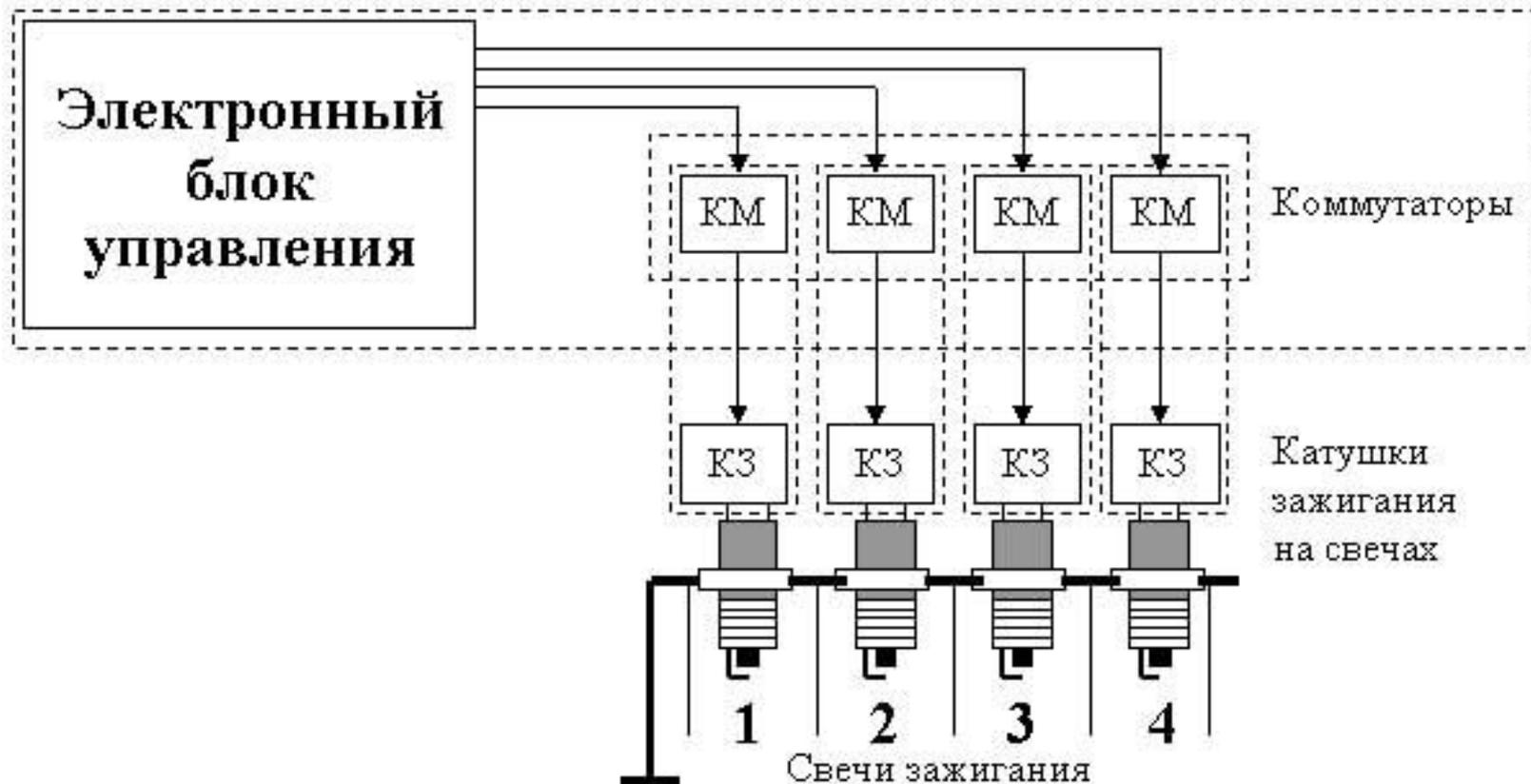
Общая схема системы независимого зажигания

Система распределения зажигания



Общая схема системы EFS с высоковольтными проводами

Система распределения зажигания

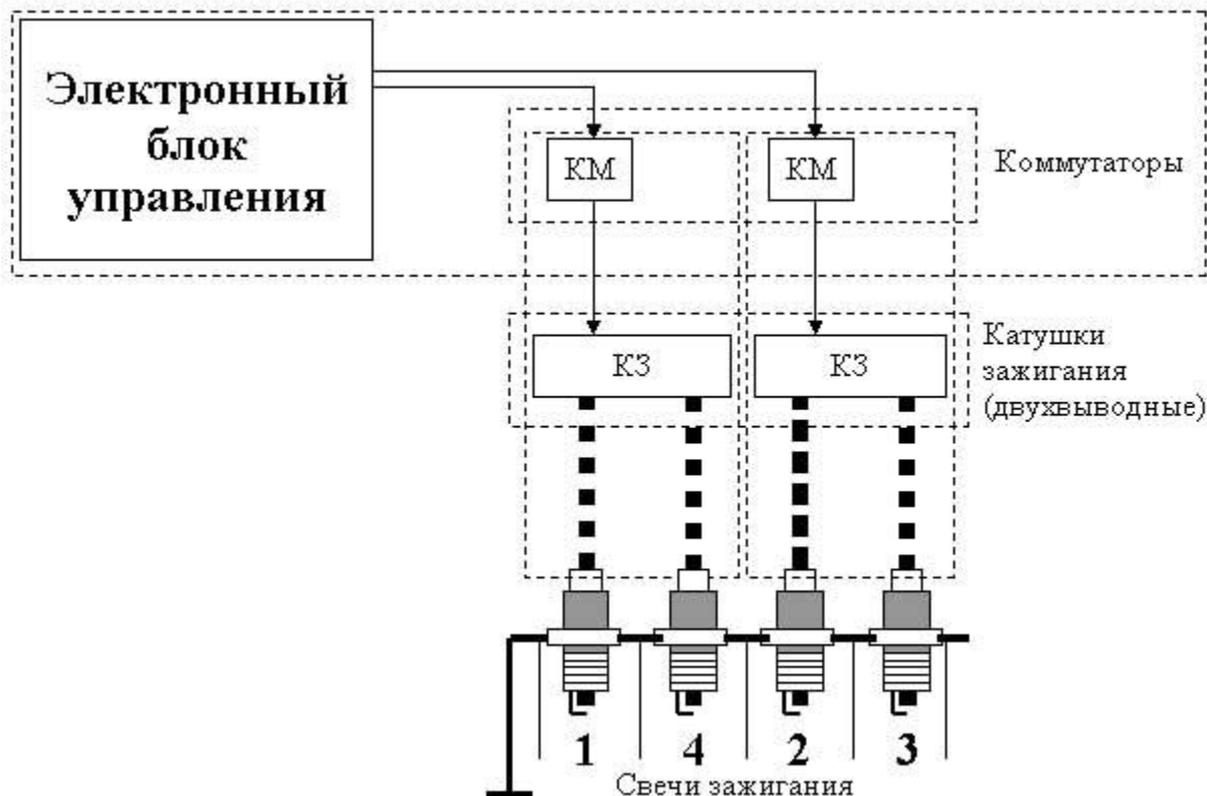


Общая схема системы с катушками на свечах

Индивидуальная катушка зажигания

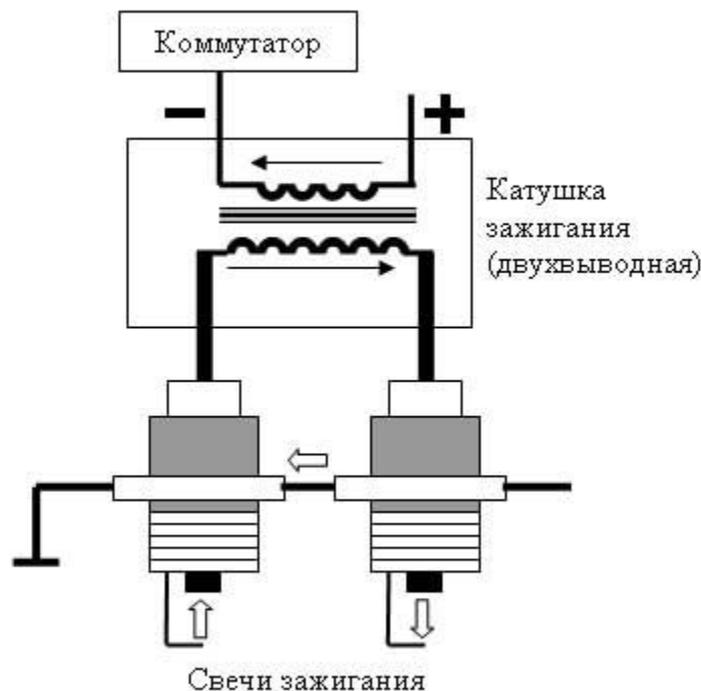


Общая схема системы DFS (DIS)



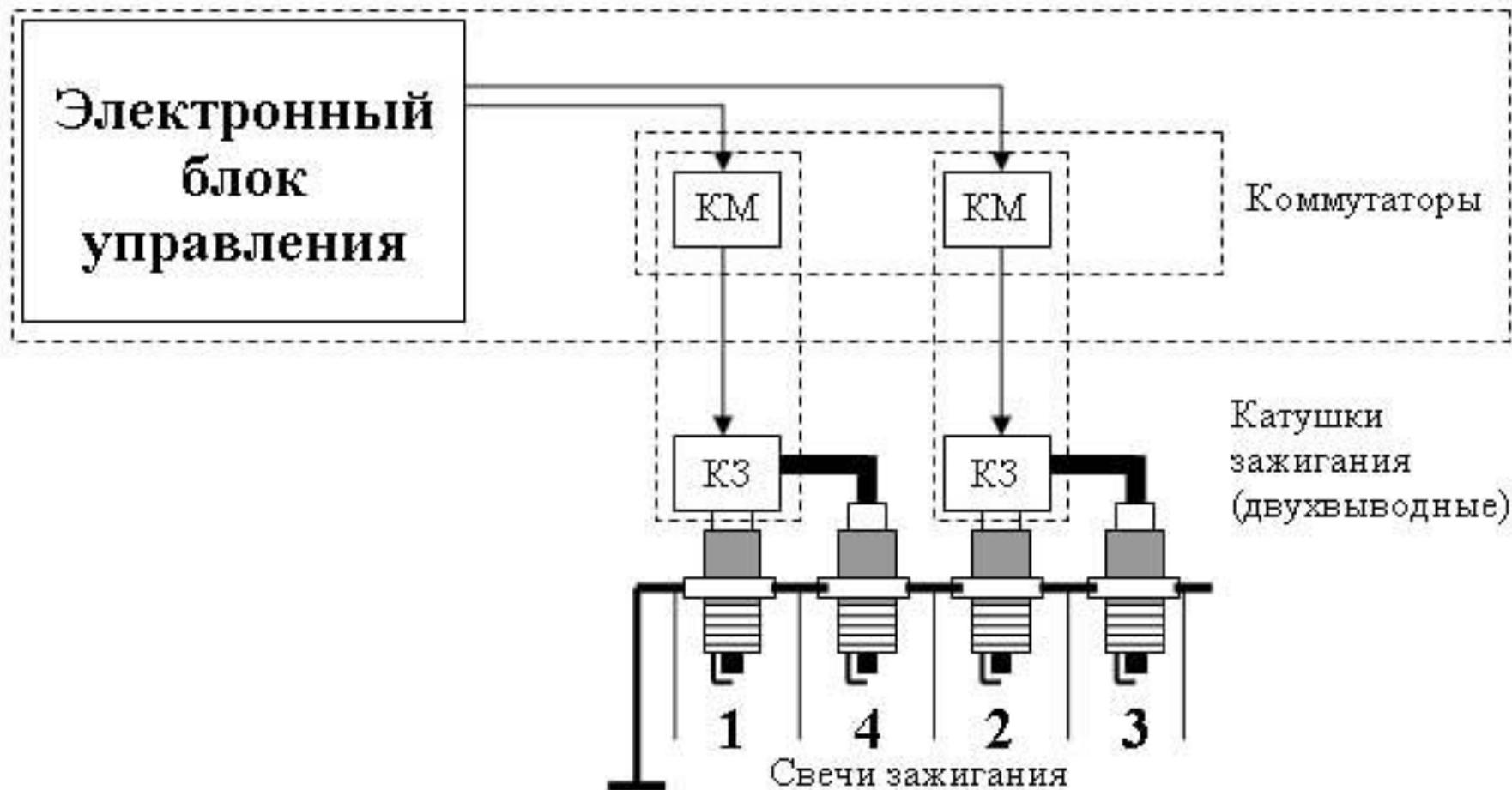
Система статического синхронного зажигания с двухвыводными катушками зажигания (одна катушка на две свечи) – DFS (нем. Doppel Funken Spule) система. Кроме систем, с индивидуальными катушками, используются и системы, где одна катушка обеспечивает высоковольтный разряд на двух свечах одновременно.

Соединение со свечами в системе DFS (DIS)



Высокое напряжение, вырабатываемое во вторичной обмотке, подается напрямую на каждую свечу зажигания. В одной из свечей зажигания искра проходит от центрального электрода к боковому электроду, а в другой свече искра проходит от бокового к центральному электроду.

Соединение со свечами в системе DFS (DIS)



Парное соединение катушек зажигания

Свечи зажигания

Требования, предъявляемые к свечам зажигания

К свечам зажигания, используемых на автомобильных двигателях, предъявляются следующие требования, обусловленные спецификой их работы в условиях высоких температур, давления и агрессивной среде:

1. образование мощной искры достаточной длины при минимально возможном импульсе напряжения на электродах;
2. надежная работа при высоких напряжениях на электродах; стойкие изоляционные свойства при высоких рабочих температурах;
3. сопротивляемость коррозийным процессам в камере сгорания, подгоранию электродов и агрессивным отложениям на них;
4. надежная работа при высоких давлениях в камере сгорания; хорошая теплопроводность изолятора и электродов свечи.

Кроме специфических требований, к свечам зажигания предъявляются общие требования, как и к другим устройствам, применяемым в машинах и механизмах:

1. минимальная масса и габариты;
2. простота и технологичность конструкции;
3. сохранение работоспособности при длительном хранении и эксплуатации;
4. удобство технического обслуживания и замены.

Свечи зажигания

Классификация свечей зажигания

По принципу работы искровые свечи зажигания подразделяют на следующие типы:

1. свечи с воздушным искровым промежутком;
2. свечи со скользящей искрой;
3. полупроводниковые свечи;
4. эрозийные свечи;
5. многоискровые (конденсаторные) свечи; комбинированные свечи.

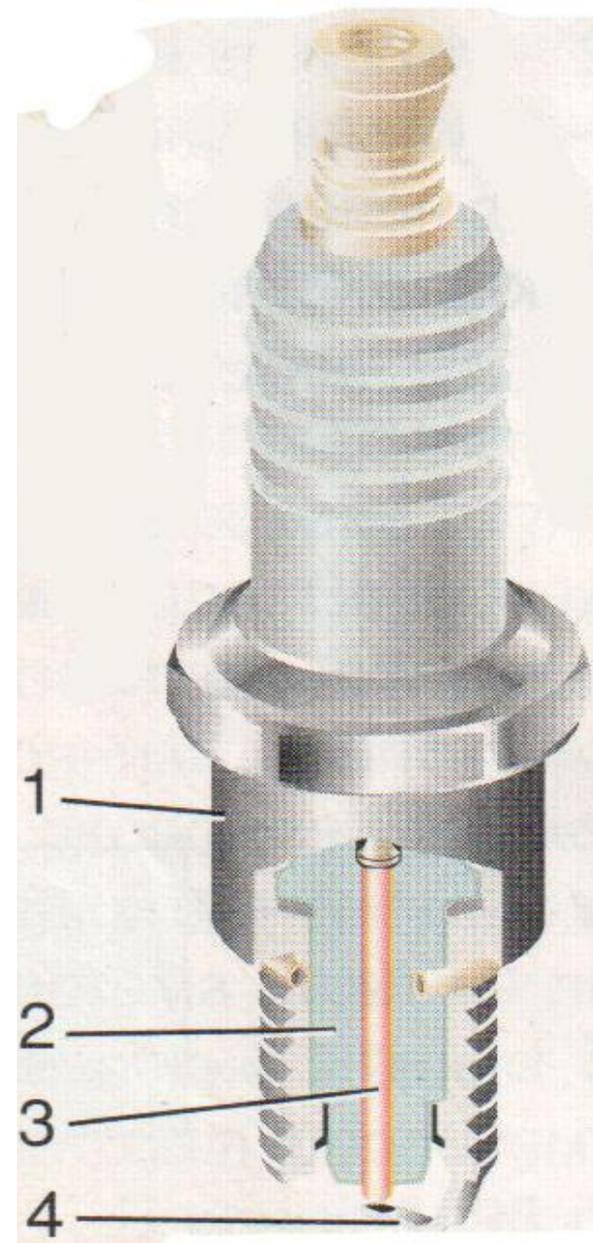
Наиболее широко на автомобильных двигателях применяются свечи зажигания с искровым промежутком. Это объясняется их простотой и технологичностью, а также вполне удовлетворительной работой на большинстве современных двигателей. В последние годы для специальных двигателей (например, роторно-поршневых и газотурбинных) применяются комбинированные свечи зажигания, в которых искровой разряд распространяется частично через воздушный зазор между электродами, а частично – по поверхности изолятора.

По исполнению свечи зажигания бывают:

1. экранированными;
2. неэкранированными (открытого исполнения).

Свечи зажигания

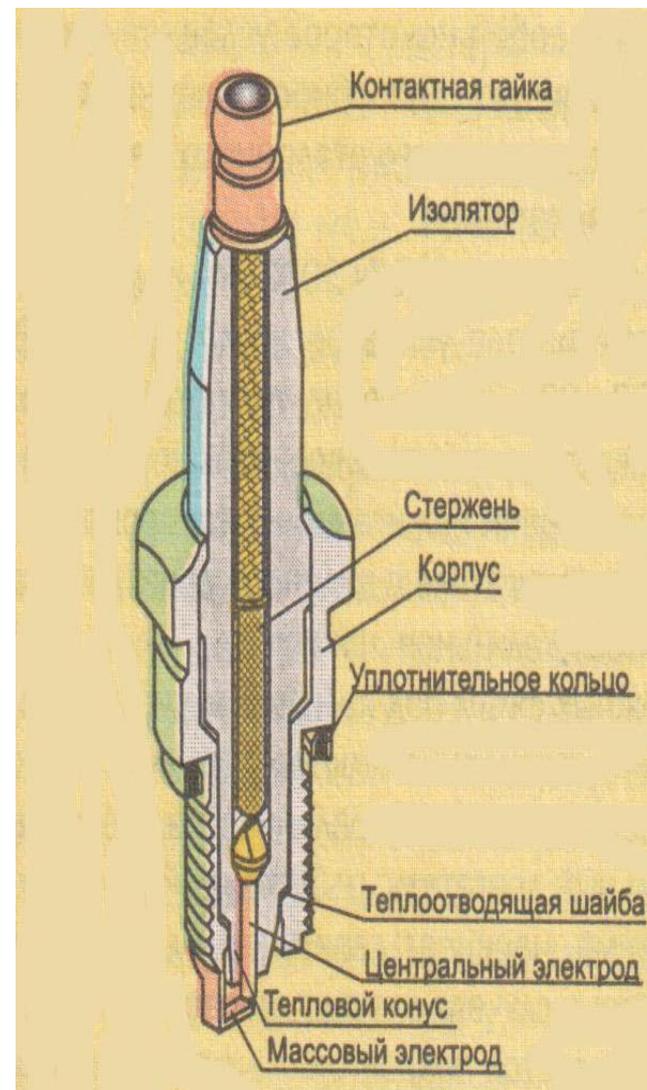
Основными частями свечи зажигания являются: стальной корпус 1, внутри которого установлен керамический изолятор 2, в который встроен центральный электрод 3 из специального термостойкого сплава. Боковой электрод 4 приварен к торцу корпуса. Корпус снаружи имеет грани для ключа и на нижней части резьбу. Изоляторы изготавливают из специальной керамической пластмассы, обладающей высоким сопротивлением, механической прочностью и стойкостью против высокой температуры. В изоляторе при помощи термостойкого цемента заделан металлический стержень из углеродистой стали с центральным электродом 3. Электроды изготавливают из никелемарганцевых или хромистых сплавов.



Свечи зажигания

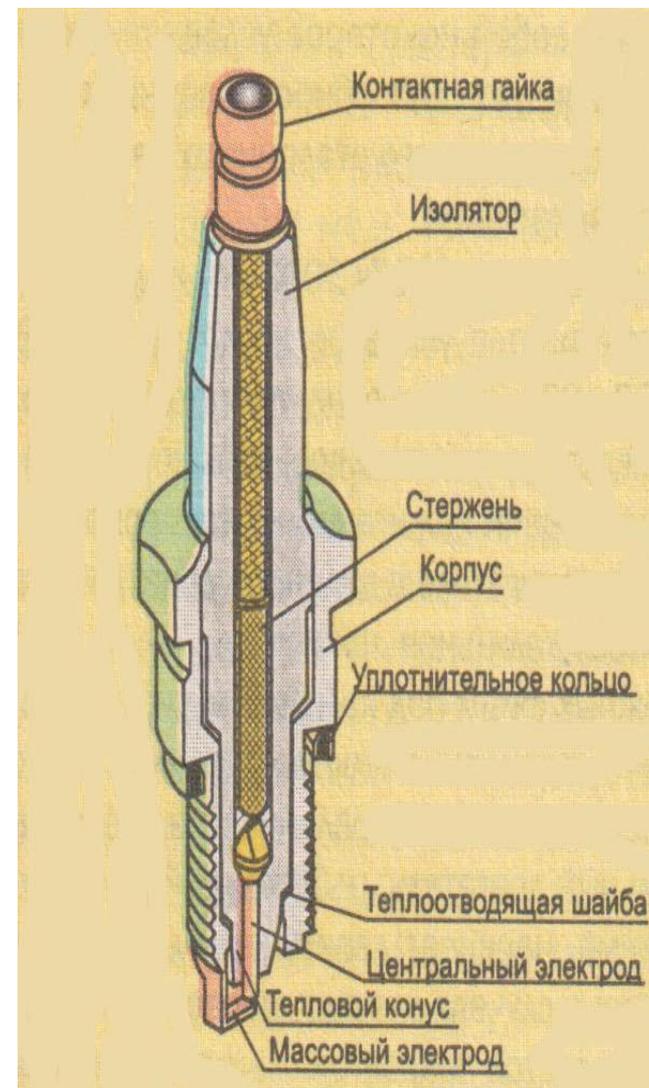
Свеча зажигания работает в крайне тяжелых условиях, детали свечи зажигания подвергаются химическим воздействиям со стороны топливовоздушной смеси, а также со стороны продуктов сгорания топлива и моторного масла.

Во время работы двигателя в тепловом отношении свеча подвергается воздействию колебаний температуры от 60 до 3000°C. В результате тепловой конус изолятора и электроды нагреваются до некоторой средней температуры. При неполном сгорании топливовоздушной смеси, а также из-за попадания моторного масла в камеру сгорания на поверхности теплового конуса изолятора образуется токопроводящий нагар, шунтирующий искровой промежуток свечи.



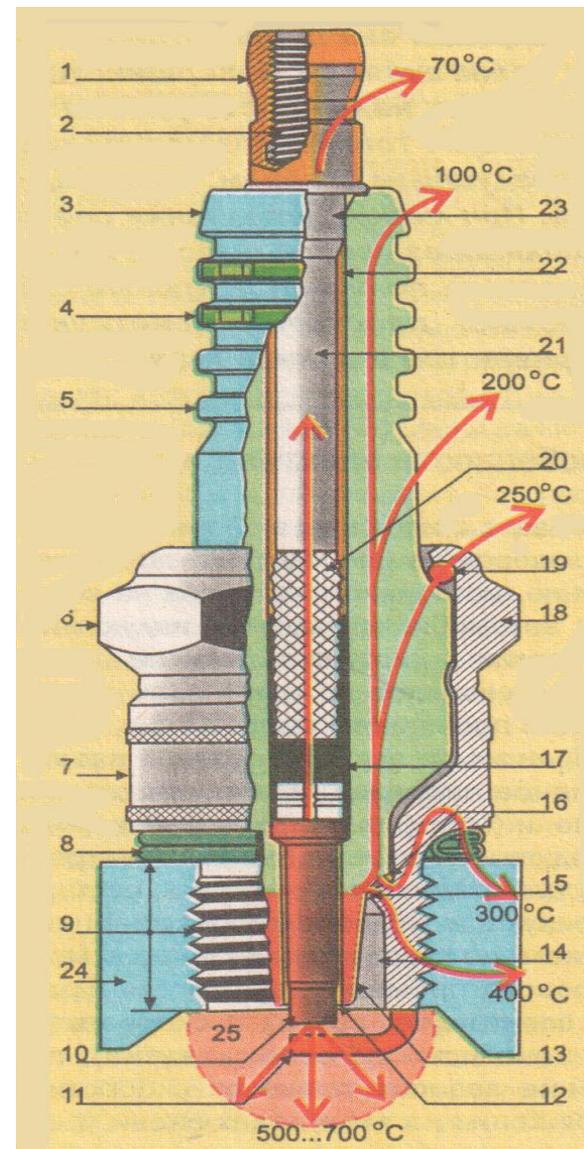
Свечи зажигания

Изолятор свечи установлен в выточке корпуса на теплоотводящей латунной шайбе и наглухо закреплен завальцовкой верхнего бурта корпуса на слое тальковой герметизирующей массы. Шайба способствует отводу тепла от изолятора на корпус свечи и далее на массу головки блока, устраняя перегрев свечи при работе. На верхнем конце стержня центрального электрода закреплена контактная гайка для присоединения наконечника провода от распределителя тока высокого напряжения.



Свечи зажигания

Опорная поверхность корпуса может быть плоской или конусной. В первом случае между головкой блока цилиндров и свечой устанавливается уплотнительное кольцо 8, которое может быть как съемным, так и несъемным. Использование свечей зажигания с конусной опорной поверхностью дает возможность получить надежную герметизацию при меньшем усилии затяжки свечи и позволяет отказаться от уплотнительного кольца. Внутри корпуса изолятор 3. В настоящее время изоляторы искровых свечей изготавливаются в основном из корундовой керамики с содержанием около 95% оксида алюминия Al_2O_3 .

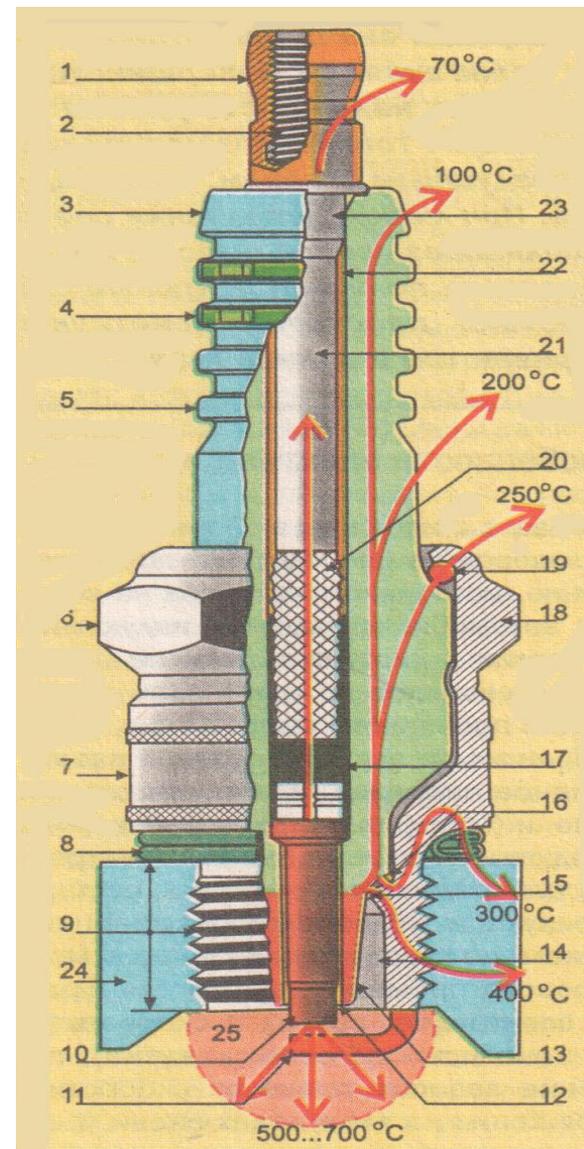


Свечи зажигания

В состав керамики также входят минеральные добавки, которые улучшают основные характеристики изолятора. Герметичность между изолятором и корпусом свечи осуществляется кольце-выми уплотнителями 15, 16, 19.

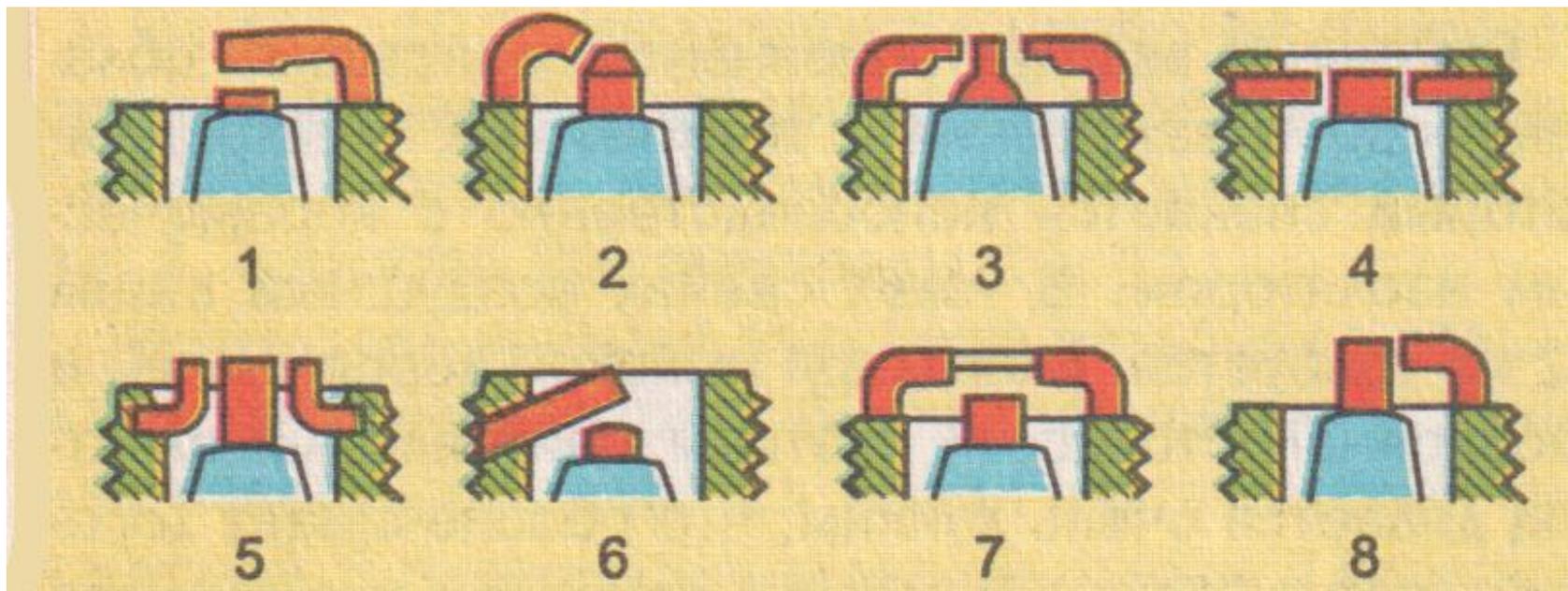
Уплотнительные кольца 15 и 16 улучшают отвод тепла от изолятора через корпус к головке блока цилиндров.

Нижняя часть изолятора 3 является тепловым конусом 13 (юбка). В некоторых типах свечей тепловой конус изолятора выступает за торец корпуса, что обеспечивает хороший доступ топливовоздушной смеси в искровой промежуток между электродами 10,11 и лучшее охлаждение нижней части изолятора во время всасывания холодной смеси.



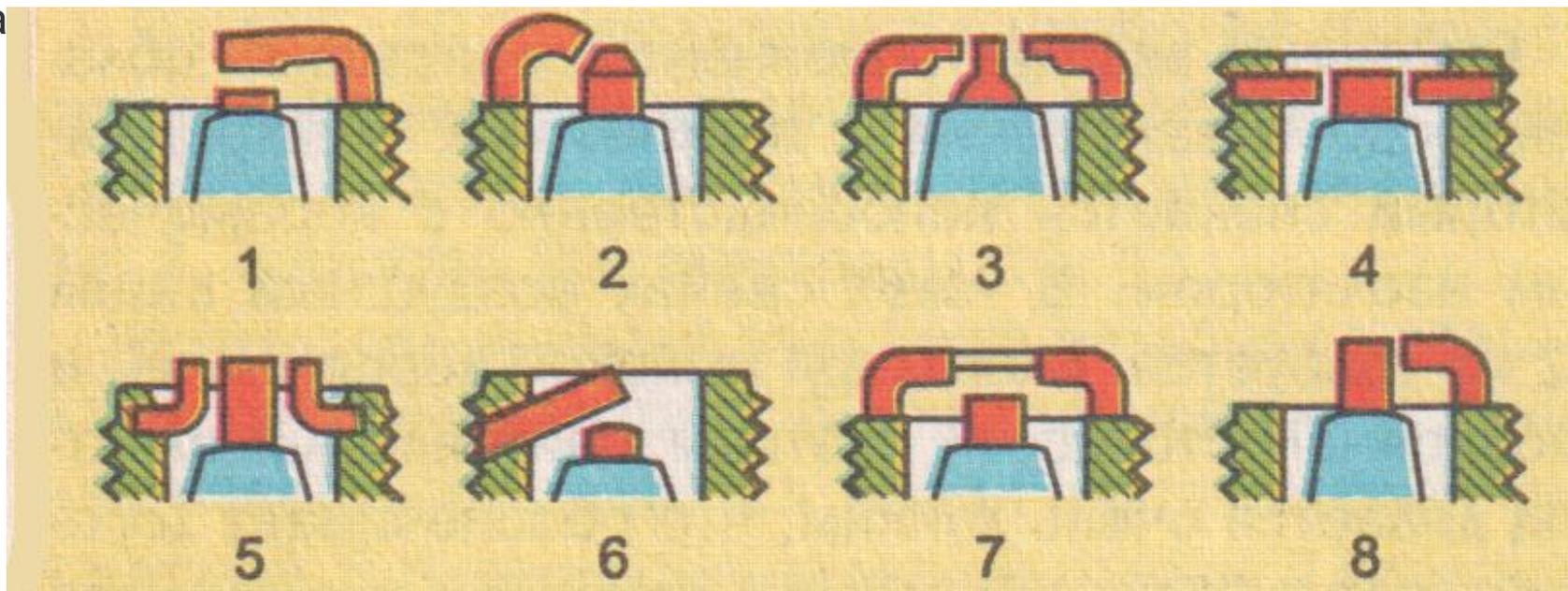
Свечи зажигания

Наибольшее распространение получил одиночный торцовый массовый электрод 1, однако есть свечи, в которых применяются массовые электроды различной формы: крючкообразный 2, парные сплюснутые 3, углубленные боковые 4, кольцевой 5, тангенсальный 6, подковообразный 7, одиночный боковой 8. От формы электродов зависит вид искрового промежутка и траектория искрового разряда. Форма поперечного сечения электродов может быть различной (круглой, прямоугольной, треугольной и др.). На поверхности массовых электродов могут быть нанесены канавки или они могут иметь осевые отверстия, что способствует самоочищению электродов. Между электродами искровой свечи зажигания устанавливается определенный для данного типа двигателя зазор.



Свечи зажигания

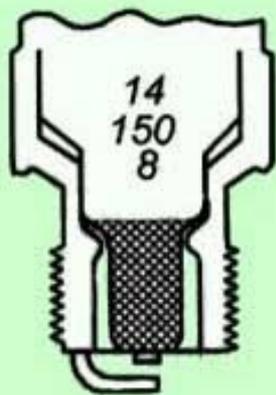
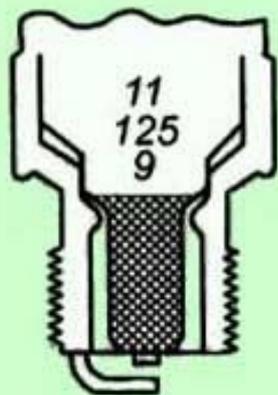
Величина зазора воздушного промежутка между электродами находится в пределах 0,7...1,2 мм. При неправильно установленной величине зазора ухудшаются показатели работы двигателя, в частности, увеличивается расход топлива и ухудшается экология выхлопных газов. Для современных двигателей, работающих на бедных смесях, требуется увеличенный зазор между электродами свечи. Но с увеличением зазора возрастает пробивное напряжение искрового промежутка, поэтому современная система зажигания имеет более высокий запас по вторичному напряжению, чем исключается вероятность пропусков искрообразования. Если воздушный промежуток между электродами слишком мал, то увеличивается вероятность его "зарастания" нагаром и становятся возможными пропуски за



Свечи зажигания

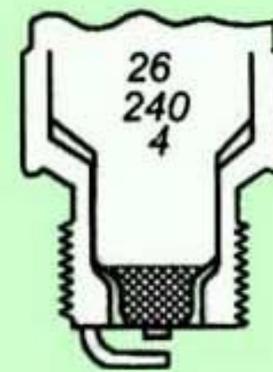
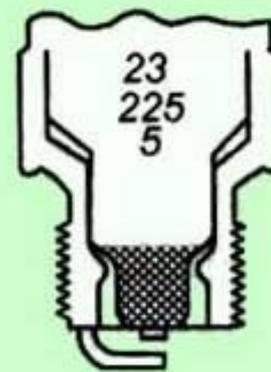
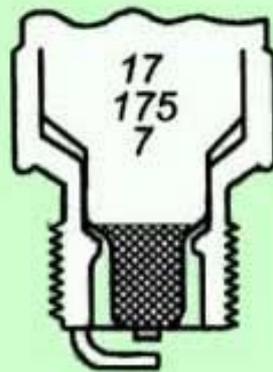
Горячие свечи зажигания

*Малооборотистые двигатели
с низкой степенью сжатия*



Холодные свечи зажигания

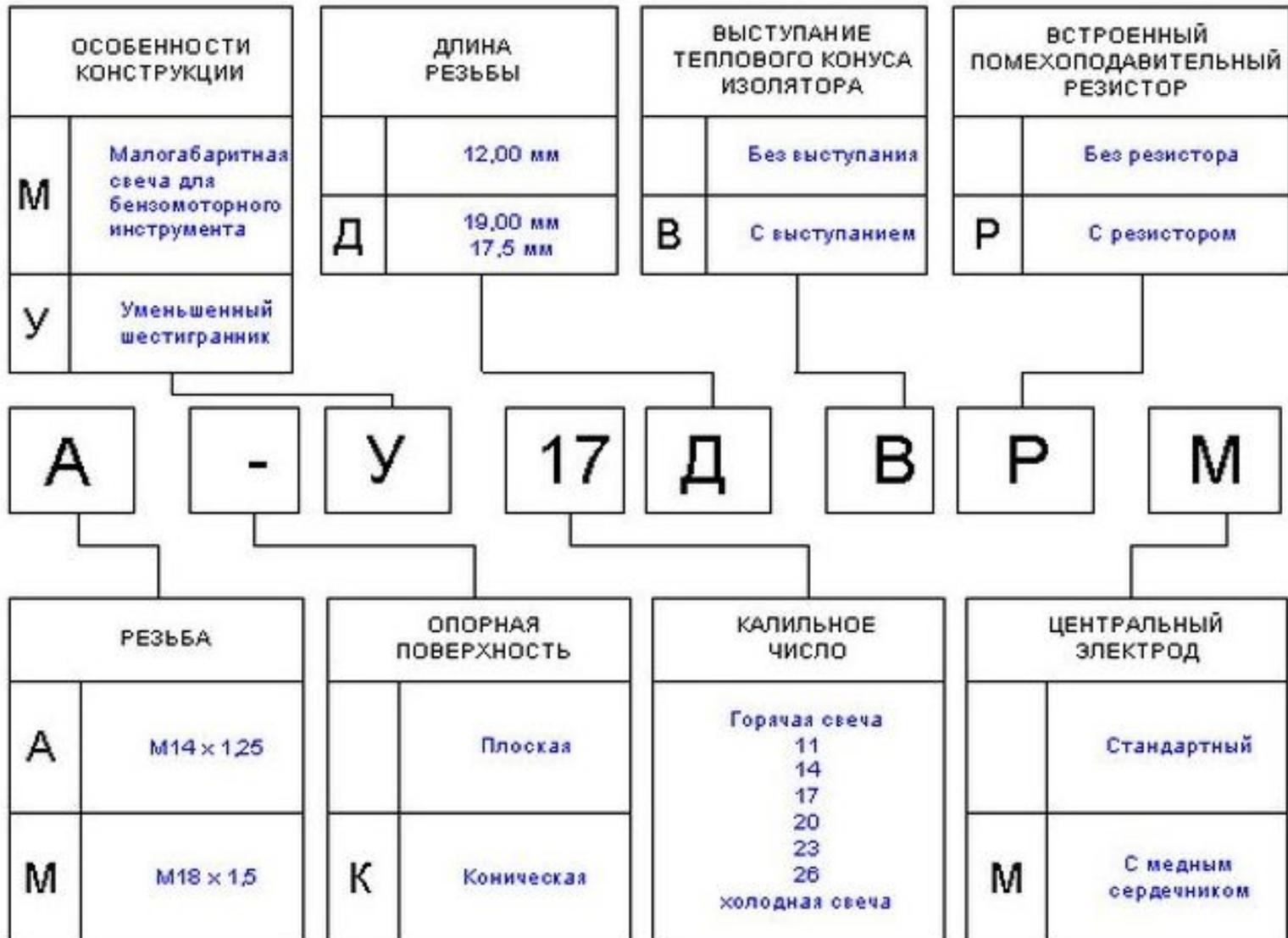
*Высокооборотистые двигатели
с высокой степенью сжатия*



Свечи зажигания с малой теплоотдачей называют «горячими». Они предназначены для тихоходных двигателей с небольшой степенью сжатия. Свечи зажигания с большой теплоотдачей называют «холодными». Они устанавливаются на быстроходных двигателях с высокой степенью сжатия. Теплоотдачу свечи зажигания определяет ее калильное число (ряд калильных чисел: 8, 9, 10, 11, 14, 17, 20, 23, 26). Чем больше калильное число свечи зажигания, тем меньше длина теплового конуса изолятора и больше теплоотдача свечи зажигания (рис. 2).

Свечи зажигания

Маркировка отечественных свечей зажигания



Свечи зажигания

Маркировка свечей зажигания NGK

Диаметр резьбы / Шестигранник		Структура		Помехоподавляющий резистор		Калильное число	
A	18 мм / 25,4 мм	P	с выступающим изолятором	R	с резистором	2	 горячие холодные
B	14 мм / 20,8 мм	M	Компактная свеча	Z	с индуктивным резистором	4	
C	10 мм / 16,0 мм	U	Тип с поверхностным разрядом или дополнительным искровым зазором			5	
D	12 мм / 18,0 мм					6	
E	8 мм / 13,0 мм	7					
AB	18 мм / 20,8 мм	8					
BC	14 мм / 16,0 мм	9					
BK	14 мм / 16,0 мм	10					
DC	12 мм / 16,0 мм						



Свечи зажигания

Маркировка свечей зажигания NGK

B R R 5 E S - 11

Длина резьбы		Конструктивные особенности		Межэлектродный зазор	
E	19,0 мм	B	Неподвижная контактная гайка SAE (CRBEB)	пустой	Мотоцикл: 0,7-0,8 мм, Автомобиль: 0,8-0,9 мм
EH	19,0 мм, с частично нарезанной резьбой, длина резьбы 12,7 мм	CM	Наклонно выполненный боковой электрод. Компактный тип (длина изолятора: 18,5 мм)	-8	0,8 мм
H	12,7 мм	CS	Наклонно выполненный боковой электрод. Компактный тип (длина изолятора: 18,5 мм)	-9	0,9 мм
L	11,2 мм	G, GV	Гоночная свеча зажигания	-10	1,0 мм
F	Коническая плотная посадка	I	Иридиевый электрод	-11	1,1 мм
	A-F---10,9 мм	IX	Иридиевый электрод (IX)	-13	1,3 мм
	B-F---11,2 мм	J	2 боковых электрода (специальная форма)	-14	1,4 мм
	B-EF--17,5 мм	K	2 боковых электрода	-15	1,5 мм
	BM-F--7,8 мм	-L	Промежуточное калильное число		
пустой	Компактная свеча	-LM	Компактный тип (Длина изолятора: 14,5 мм)		
	BM---9,5 мм	N	Специальный боковой электрод	-S	Специальное уплотнительное кольцо
	VRM--9,5 мм	P	Платиновый электрод	-E	Специальное сопротивление
	CM---9,5 мм	Q	4 боковых электрода		
		S	Стандартный тип		
		T	3 боковых электрода		
		U	Тип с полуповерхностным разрядом		
		VX	Платиновая свеча зажигания (VX)		
		Y	Центральный электрод с V-образной насечкой		
		Z	Специальная конструкция		

Свечи зажигания

Маркировка свечей зажигания DENSO

ОБОЗНАЧЕНИЕ СВЕЧЕЙ ЗАЖИГАНИЯ DENSO																																																
I	U	27	A																																													
VF	KN	20																																														
																																																
Высокоэффективные свечи	Диаметр, длина резьбы, размер шестигранника	Калильное число	Тип																																													
I.....Иридиевый диам 0.4 mm V.....Иридиевый диам. 0.4 mm с платиновой накладкой VF..Иридиевый диам. 0.4 mm с платиновой иглой на боковом электроде (SIP)	<p>< Диаметр резьбы X длина резьбы X размер шестигранника ></p> <p>CH... 12x26.5x14.0 K..... 14x19.0x16.0 KA... 14x19.0 (Экранированная, новые тройные электроды)x16.0 KB... 14x19.0 (Новые тройные электроды)x16.0 KBH- 14x26.5 (Новые тройные электроды)x16.0 KD... 14x19.0 (Экранированная)x16.0 KN... 14x26.5x16.0 NH... 10x19.0 (Резьба на половину длины)x16.0 T..... 14x17.5 (Коническое гнездо)x16.0 TF... 14x11.2 (Коническое гнездо)x16.0 TL... 14x25.0 (Коническое гнездо, длинный изолятор)x16.0 TV... 14x25.0 (Коническое гнездо)x16.0 Q..... 14x19.0x16.0 U..... 10x19.0x16.0 UF... 10x12.7x16.0 UH... 10x19.0 (Резьба на половину длины)x16.0 W.... 14x19.0x20.6 WF.. 14x12.7x20.6 WM.. 14x19.0x20.6 (Компактный изолятор) X..... 12x19.0x18.0 XEH- 12x26.5 (Экран 2.0)x14.0 XG... 12x19.0 (Экран 3.0)x18.0 XU... 12x19.0x16.0 XUH- 12x26.5x16.0 Y..... 8x19.0 (Резьба на половину длины)x13.0</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DENSO</th> <th>NGK</th> <th>CHAMPION</th> <th>BOSCH</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16</td> <td>5</td> <td>12,11</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>10,9</td> <td>7,6</td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>7</td> <td>8,7</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>8</td> <td>6,63,61</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>27</td> <td>9</td> <td>4,59</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>29</td> <td>9.5</td> <td>57</td> <td></td> </tr> <tr> <td>31</td> <td>10</td> <td>55</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>10.5</td> <td>53</td> <td></td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>11</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>35</td> <td>11.5</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	DENSO	NGK	CHAMPION	BOSCH	16	5	12,11	8	20	6	10,9	7,6	22	7	8,7	5	24	8	6,63,61	4	27	9	4,59	3	29	9.5	57		31	10	55	2	32	10.5	53		34	11			35	11.5			<p>A.... Наклонный электрод, без U-образного паза, форма не конусообразная B.... Изолятор, выступающий на 1.5 mm C.... Без U-образной выемки D.... Без U-образной выемки, заземляющий электрод из инконеля E..... Экран: 2 mm ES.. Прокладка из нерж. стали F..... Специальная характеристика G.... Прокладка из нерж. стали I..... Выступ электродов: 4 mm; Изолятор, выступающий на 1.5 mm J..... Выступ электродов: 5 mm K.... Выступ электродов: 4 mm; Изолятор, выступающий на 2.5 mm L..... Выступ электродов: 5 mm T..... Для использования в газовых двигателях Y..... Зазор 0.8 mm Z..... Конусообразная форма</p>	
DENSO	NGK	CHAMPION	BOSCH																																													
16	5	12,11	8																																													
20	6	10,9	7,6																																													
22	7	8,7	5																																													
24	8	6,63,61	4																																													
27	9	4,59	3																																													
29	9.5	57																																														
31	10	55	2																																													
32	10.5	53																																														
34	11																																															
35	11.5																																															

Свечи зажигания

Состояние свечей зажигания



Нормальная свеча. Цвет: серо-коричневый, нет никаких признаков плохой работы двигателя, топливной системы и т.д. Слегка изношен электрод



Черный нагар на изоляторе. Из этого следует что поступает богатая смесь.



Смесь бедная, это грозит перегревом свечей а также камер сгорания. Возможен перегрев выпускных клапанов.

Свечи зажигания

Состояние свечей зажигания



Электрод имеет кирпичный цвет, это значит что бензин имеет много присадок, которые в свою очередь содержат металл.



Износ маслосъёмных колпачков и прочих маслосодержащих деталей. Серый цвет отработавших газов.



На свече наблюдается масло и следы несгоревшего бензина, что говорит о неработающем цилиндре двигателя, а также о нестабильной работе, увеличенном расходе топлива.

Свечи зажигания

Состояние свечей зажигания



Разрушен центральный электрод и юбка, что является следствием детонации двигателя, из-за некачественной свечи, или низкооктанового бензина



Присутствуют отложения, что говорит о неисправности маслосъемных колец. Большой расход топлива, черный или синий дым из трубы.



На изоляторе свечи наблюдается жёлтый налёт, что свидетельствует о наличии свинца в топливе.

Свечи зажигания

Состояние свечей зажигания



Разрушен центральный электрод, что является следствием калильного зажигания

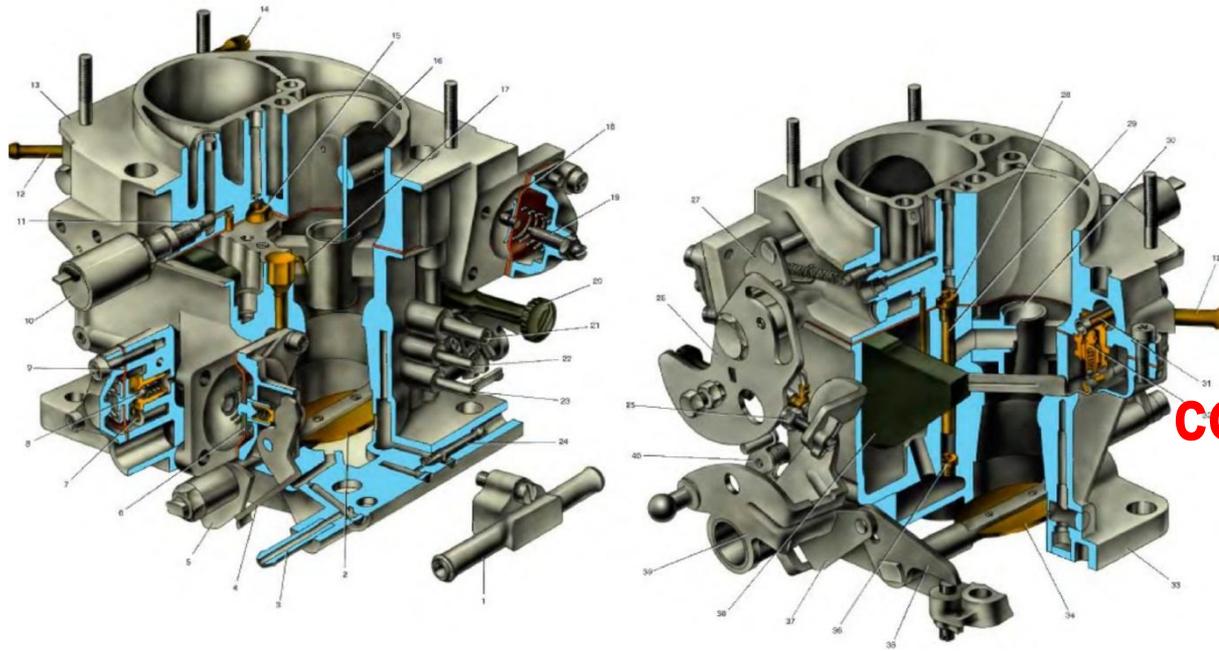


Синий оттенок электрода свечи свидетельствует о перегреве двигателя.



На изоляторе свечи наблюдается коричневый налёт, что свидетельствует о коронном разряде при работе свечи.

Электронные системы управления впрыском топлива



В начале XX века система питания двигателя представляла собой простейшую карбюраторную систему питания.

Своим происхождением впрыск обязан итальянскому физика, учёному и изобретателю **Джованни Вентури (1746-1822 г.г.)**, который изобрел форсунку с переменным сечением и скромненько назвал ее **Труба Вентури**.

Электронные системы управления впрыском топлива



Впервые использовать трубку Вентури начало автомобильное предприятие Леона Левассора, которая представляла собой подобие современного впрыска в 1902 году.

После этого автомобильные системы питания изменялись и совершенствовались, а инжектор нашел себе применение в авиационных двигателях. **К концу 40-х годов все военные истребители поголовно пользовались инжекторной системой питания до тех пор, пока военная авиация не перешла на реактивную тягу.**

Электронные системы управления впрыском топлива



Системы управления двигателем в автомобилестроении начали применяться с 1951 года.

Механической системой непосредственного впрыска бензина производства западногерманской фирмы **Bosch** был оснащён двухтактный двигатель микролитражного купе **700 Sport**, выпущенного фирмой **Goliath** из Бремена.

Электронные системы управления впрыском топлива



В 1954 году появилось купе **Mercedes-Benz 300 SL («крыло чайки»)**, двигатель которого оснащался аналогичной механической системой впрыска **Bosch**.

Электронные системы управления впрыском топлива

На рубеже 1950—1960-х годов над электронными системами впрыска топлива активно работали **Chrysler** и **ГАЗ**. Тем не менее, до эпохи появления дешёвых микропроцессоров и введения жёстких требований к уровню вредных выбросов автомобилей идея впрыска популярностью не пользовалась и только с конца 1970-х их массовым внедрением занялись все ведущие мировые автопроизводители.

Электронные системы управления впрыском топлива

Первой серийной моделью с электронным управлением системы впрыска бензина стал седан **Rambler Rebel 1967** модельного года, который выпускала фирма **Nash**, входившая в качестве отделения в состав концерна **AMC**.



Электронные системы управления впрыском топлива

Нижневальная V-образная «восьмерка» Rebel объёмом 5,4 л в карбюраторном варианте развивала 255 л. с., а в заказной версии **Electrojector** уже 290 л. с. Разгон до 100 км/ч у такого седана занимал менее 8 с.

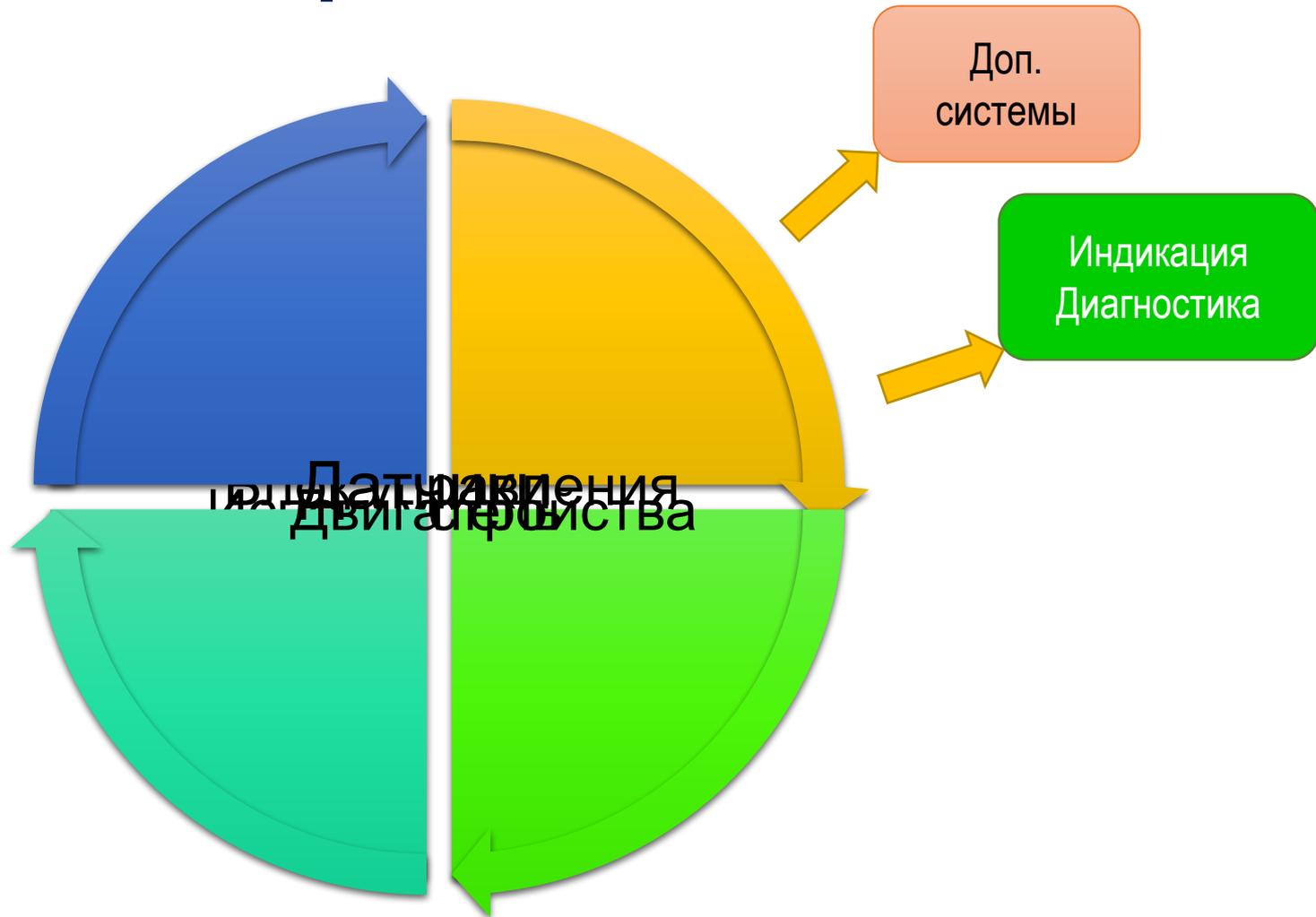


К началу 2000-х годов системы распределённого и прямого электронного впрыска практически вытеснили карбюраторы на легковых и легких коммерческих автомобилях.

Электронные системы управления впрыском топлива

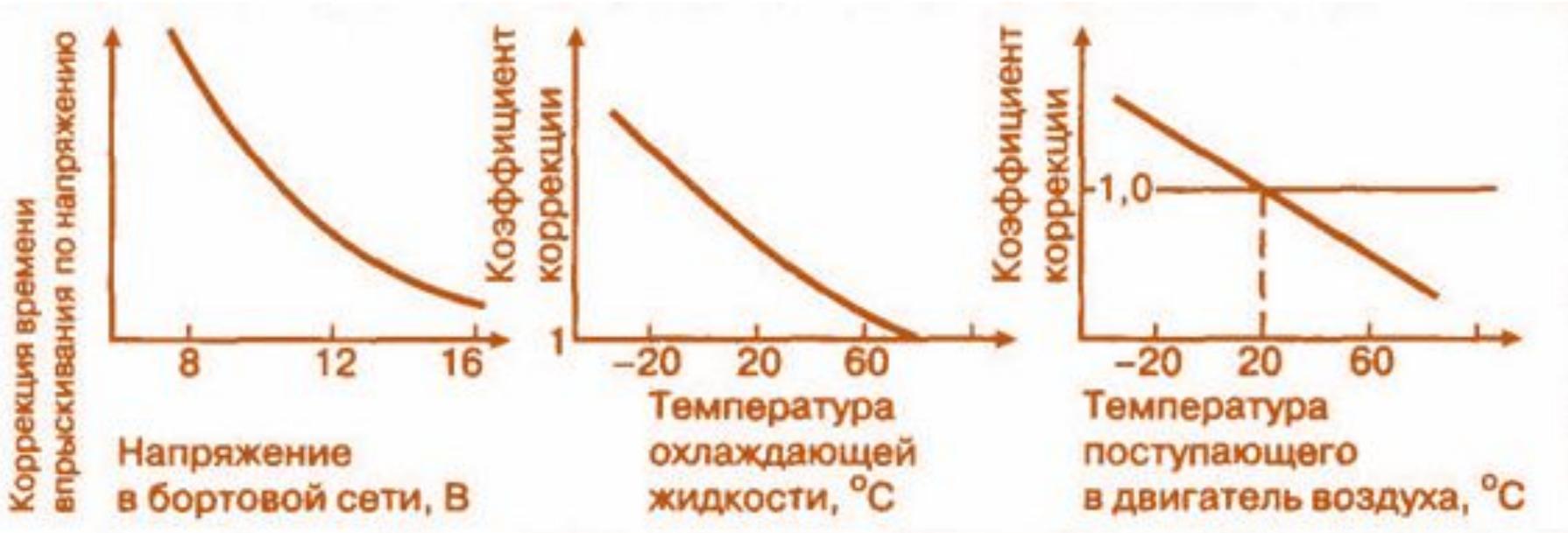
Применение систем впрыскивания топлива взамен традиционных карбюраторов обеспечивает **повышение топливной экономичности** и **снижение токсичности отработавших газов**. Они позволяют в большей степени по сравнению с карбюраторами с электронным управлением **оптимизировать процесс смесеобразования**.

Электронные системы управления впрыском топлива



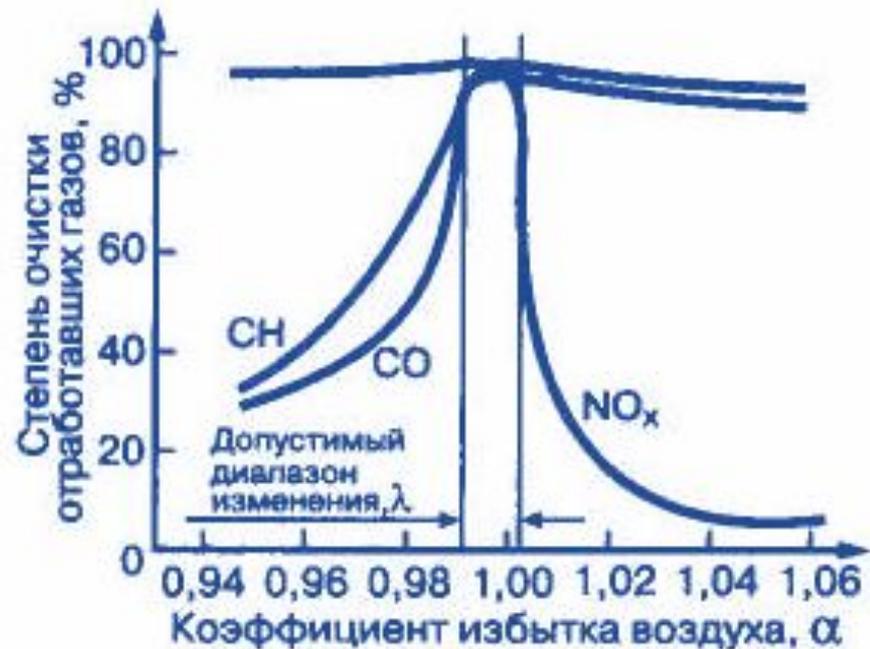
Электронные системы управления впрыском топлива

В системах впрыска предусмотрена коррекция времени срабатывания электромагнитной форсунки по напряжению питания, по температуре охлаждающей жидкости во время прогрева двигателя, по температуре воздуха на впуске.



Электронные системы управления впрыском топлива

При работе двигателя необходимо достигнуть высокой степени очистки отработавших газов по компонентам CO , CH и NO_x с помощью трехкомпонентного нейтрализатора.



В этом случае состав горючей смеси по коэффициенту избытка воздуха должен быть близок к стехиометрическому. Стабилизация стехиометрического состава горючей смеси обеспечивается с помощью датчика кислорода, устанавливаемого в выпускном трубопроводе.

Системы управления центральным впрыском топлива

Такие системы ещё называются системами **МОНО-впрыска**. Обозначаются сокращениями:

SPI — одноточечный впрыск,

CFI — центральный впрыск топлива,

TBI — впрыск на дроссельную заслонку.

Системы управления центральным впрыском топлива характеризуются упрощённой системой управления дозированием топлива.

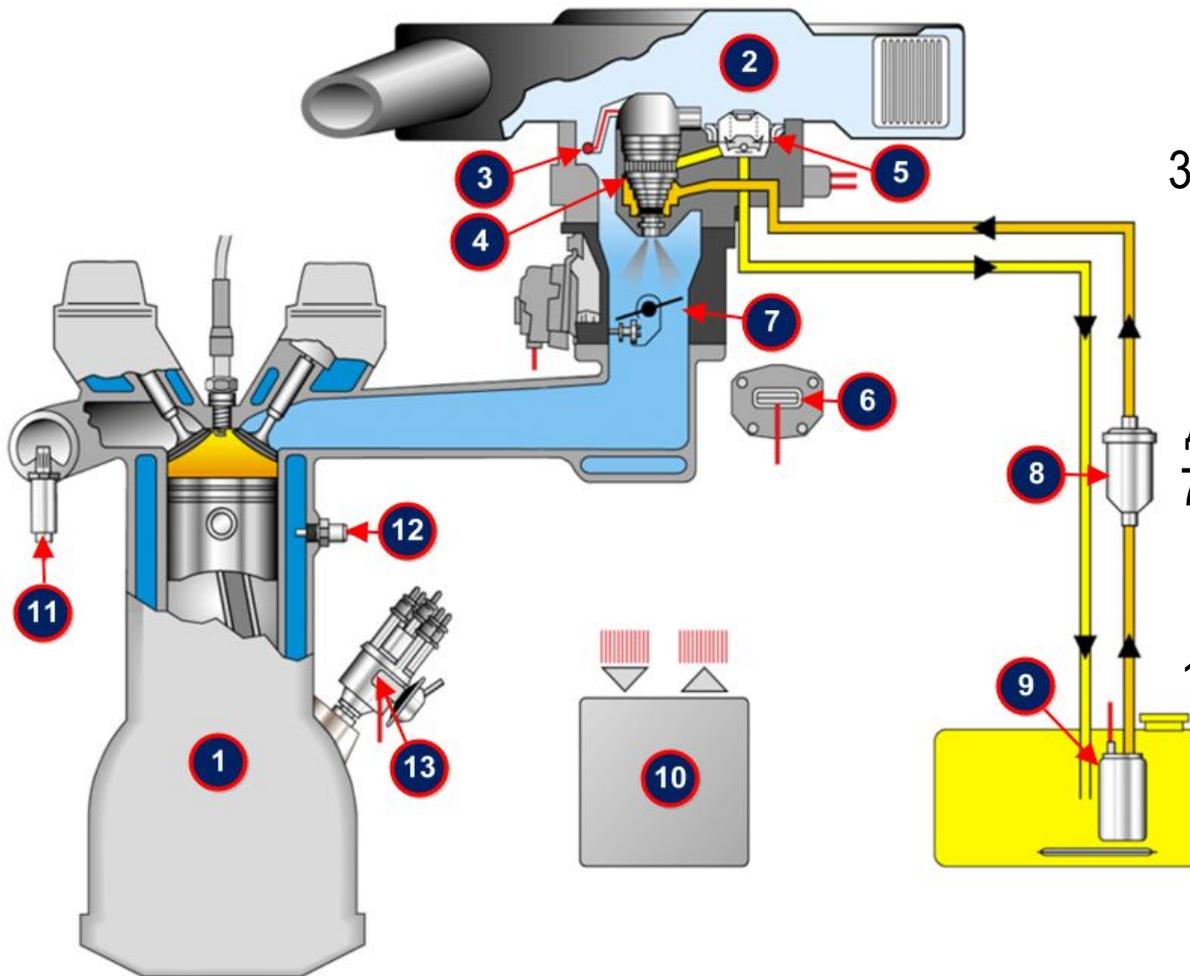
Работают обычно при низком давлении топлива (0,7-1,2 bar – 0,7-1,2 кПа).

Системы управления центральным впрыском топлива

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 по сравнению с карбюратором обеспечивается большая точность и стабильность дозирования топлива. Особенно эффективна в отношении повышения топливной экономичности система центрального впрыскивания топлива в сочетании с цифровой системой зажигания.

Системы управления центральным впрыском топлива

Схема системы моно-впрыска Mono-Jetronic (1987)



- 1 – двигатель; 2 – узел дроссельной заслонки;
3 – датчик температуры воздуха (ТВ); 4 – форсунка;
5 – регулятор давления (РД);
6 – датчик положения дроссельной заслонки (ДПДЗ);
7 – дроссельная заслонка (ДЗ);
8 – фильтр; 9 – насос топливный; 10 – ЭБУ;
11 – датчик кислорода (λ-зонд);
12 – датчик температуры (ДТ);
13 – распределитель зажигания.

Системы управления центральным впрыском топлива

Основное дозирование топлива осуществляется по трем параметрам:

- положению дроссельной заслонки
- температуре всасываемого воздуха
- частоте вращения коленчатого вала двигателя

Корректировка дозирования при холодном пуске и прогреве *осуществляется электронным блоком управления* по импульсам получаемым от датчиков температуры всасываемого воздуха, охлаждающей жидкости и потенциометра дроссельной заслонки.

Последний корректирует дозировку и при полной нагрузке.

Системы управления центральным впрыском топлива

Корректировка по токсичности отработавших газов идет по сигналам датчика кислорода. Изменение дозирования происходит за счет увеличения или уменьшения времени впрыска при постоянном давлении топлива.

ЭБУ сглаживает колебания напряжения бортовой сети и осуществляет регулировку холостого хода. *Регулировка холостого хода достигается вращением дроссельной заслонки специальным электродвигателем.* При этом увеличивается или уменьшается количество воздуха в зависимости от отклонения мгновенного значения частоты вращения коленчатого вала от номинального значения, заложенного в память электронного блока управления.

Системы управления распределённым впрыском топлива

Распределённый впрыск, или многоточечный впрыск (Multi Point injection, MPI) — каждый цилиндр обслуживается отдельной изолированной форсункой во впускном коллекторе вблизи впускного клапана.

Рабочее давление в таких системах имеет значение от 2 до 4 bar.

Системы управления распределённым впрыском топлива

Различают несколько типов распределённого впрыска.

Одновременный (Simultaneous Multi Point injection, SMPi) — все форсунки открываются одновременно.

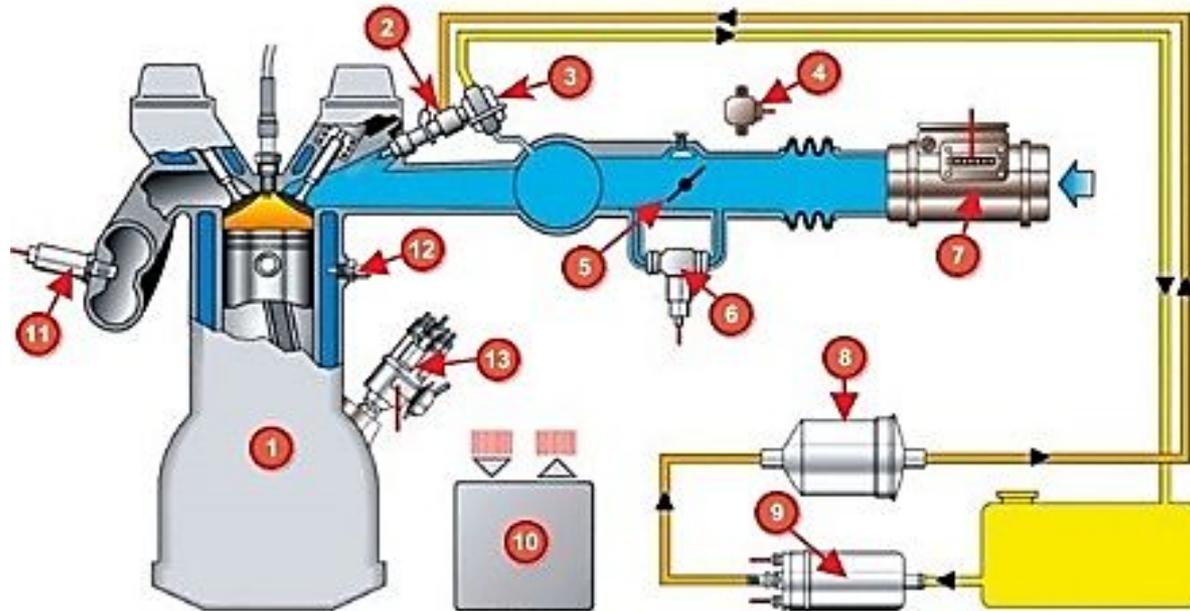
Попарно-параллельный — форсунки открываются парами, причём одна форсунка открывается непосредственно перед тактом впуска, а вторая перед тактом выпуска. В связи с тем, что за попадание топливо-воздушной смеси в цилиндры отвечают клапаны, это не оказывает сильного влияния.

Фазированный впрыск (Cylinder Individual Fuel injection, CIFI) — каждая форсунка управляется отдельно и открывается непосредственно перед тактом впуска.

*В современных моторах используется **фазированный впрыск**, попарно-параллельный используется только в момент запуска двигателя и в аварийном режиме при поломке датчика положения распределительного вала (так называемой фазы).*

Системы управления распределённым впрыском топлива

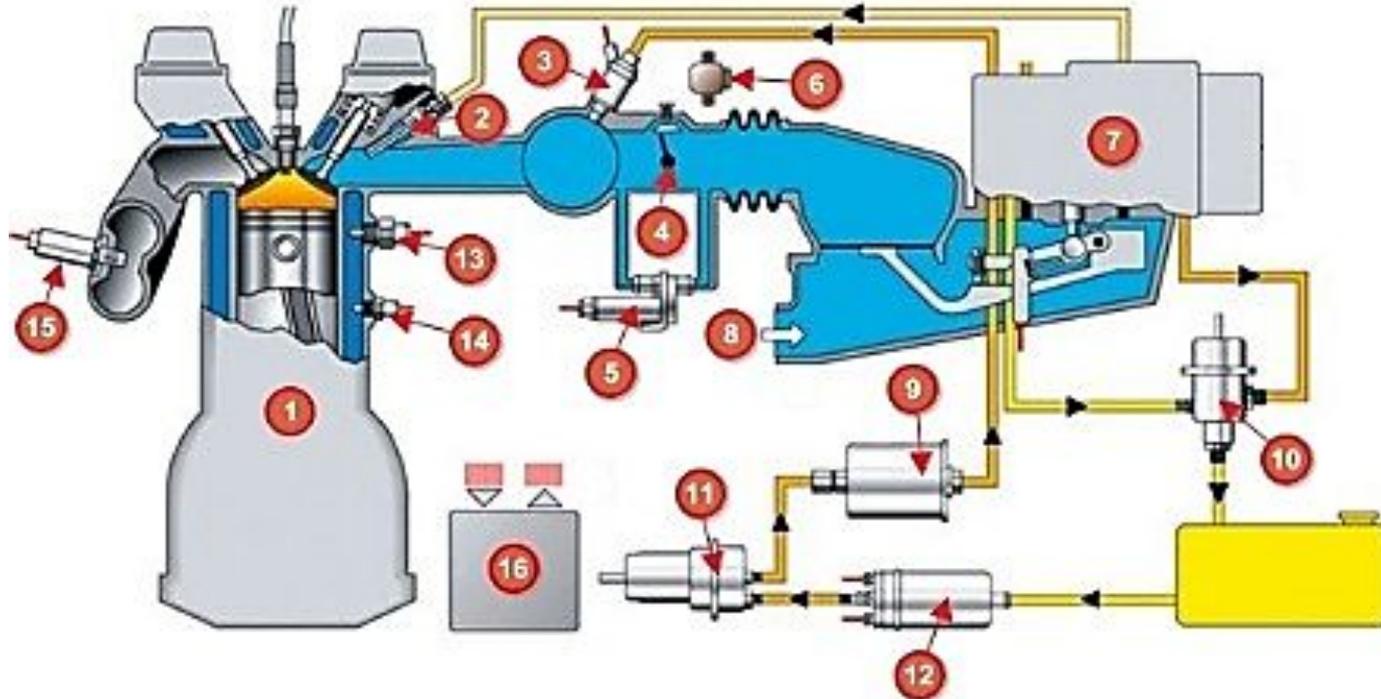
Схема системы впрыска L-Jetronic (1979)



1 – двигатель; 2 – форсунка; 3 – РД; 4 – ДПДЗ; 5 – ДЗ; 6 – клапан холостого хода (ХХ); 7 – датчик массового расхода воздуха (ДМРВ); 8 – топливный фильтр; 9 – топливный насос; 10 – ЭБУ; 11 – λ -зонд; 12 – ДТ; 13 – распределитель зажигания

Системы управления распределённым впрыском топлива

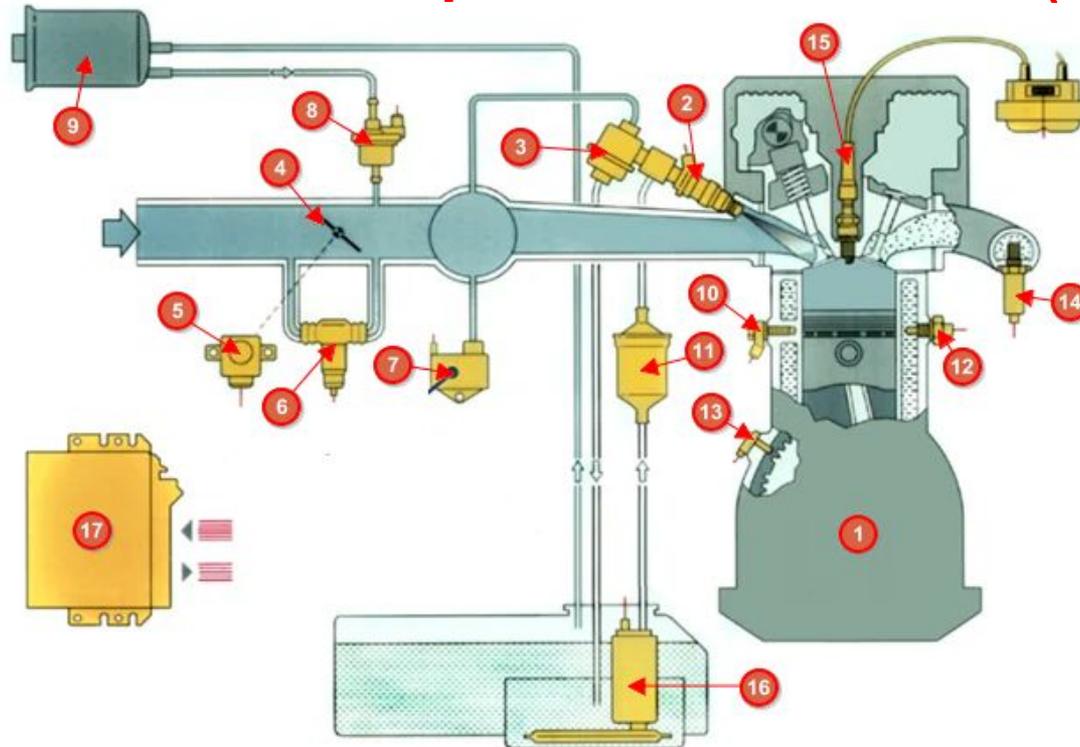
Схема системы впрыска KE-Jetronic (1973-1982)



- 1 – двигатель; 2 – форсунка рабочая; 3 – форсунка пусковая; 4 – ДЗ; 5 – клапан ХХ;
6 – ДПДЗ; 7 – дозатор топлива; 8 – ДМРВ; 9 – топливный фильтр; 10 – РД;
11 – топливный аккумулятор; 12 – топливный насос; 13 – термореле; 14 – ДТ;
15 – λ -зонд; 16 – ЭБУ

Системы управления распределённым впрыском топлива

Схема системы впрыска MP-Motronic (1990)

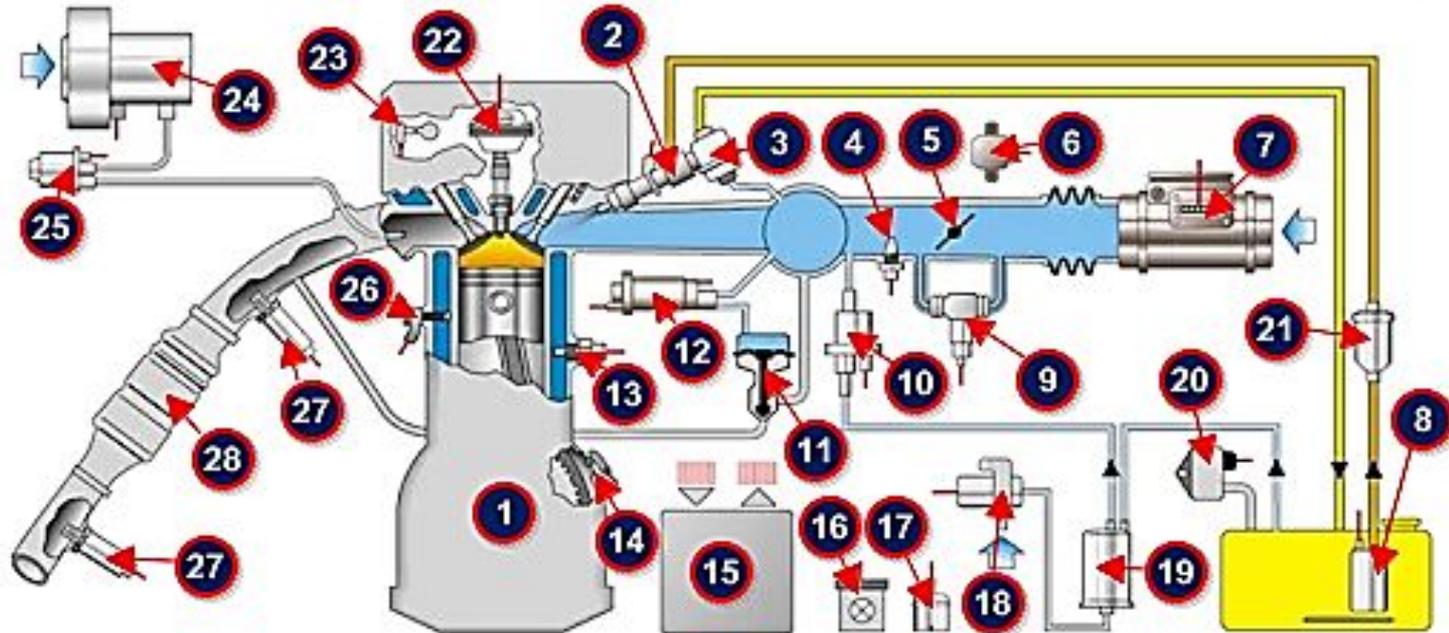


1 – двигатель; 2 – форсунка; 3 – РД; 4 – ДЗ; 5 – ДПДЗ; 6 – клапан ХХ; 7 – датчик абсолютного давления (ДАД); 8 – клапан продувки адсорбера; 9 – адсорбер; 10 – датчик детонации (ДД); 11 – топливный фильтр; 12 – ДТ; 13 – датчик положения коленчатого вала (ДПКВ); 14 – λ-зонд; 15 – элементы системы зажигания; 16 – топливный насос; 17 - ЭБУ

Системы управления распределённым впрыском

Впрыском топлива

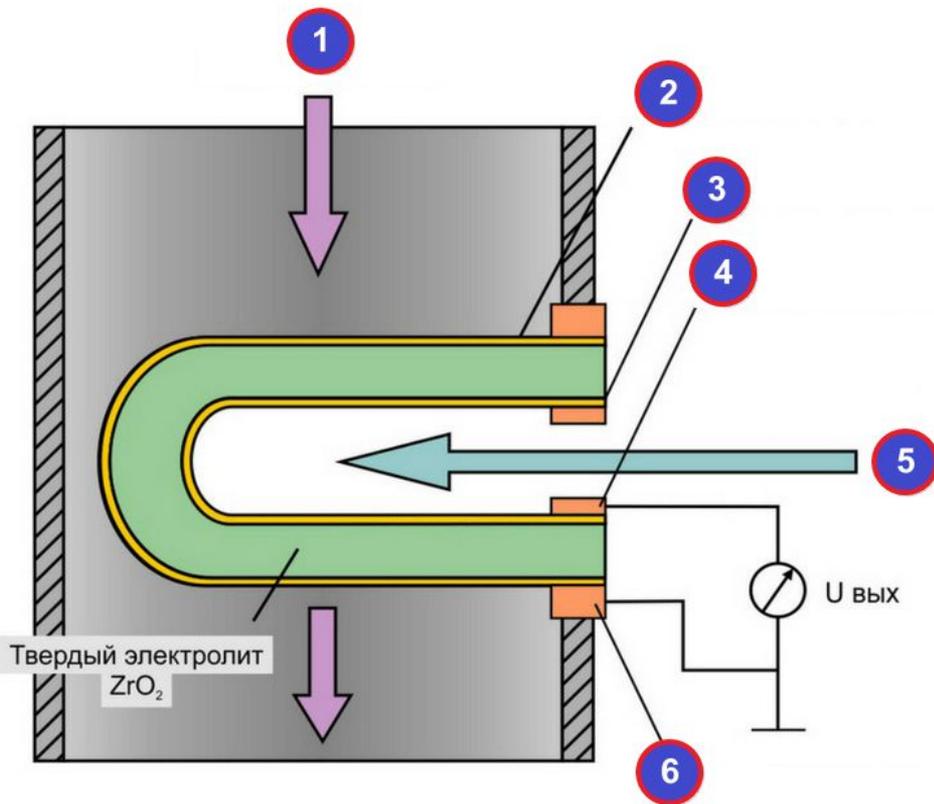
Схема системы впрыска Motronic M5 (1990-2000)



- 1 – двигатель; 2 – форсунка; 3 – РД; 4 – ДАД; 5 – ДЗ; 6 – ДПДЗ; 7 – ДМРВ; 8 – топливный насос; 9 – клапан ХХ; 10 – клапан адсорбера; 11 – клапан рециркуляции (ОГ); 12 – привод клапана ОГ; 13 – ДТ; 14 – ДПКВ; 15 – ЭБУ; 16 – диагностическая лампа; 17 – иммобилайзер; 18 – насос адсорбера; 19 – адсорбер; 20 – датчик давления в баке (ДДБ); 21 – топливный фильтр; 22 – индивидуальная катушка зажигания (КЗ); 23 – датчик фазы (ДФ); 24 – насос подачи дополнительного воздуха; 25 – клапан подачи дополнительного воздуха; 26 – ДД; 27 – λ -зонд; 28 - катализатор

Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы

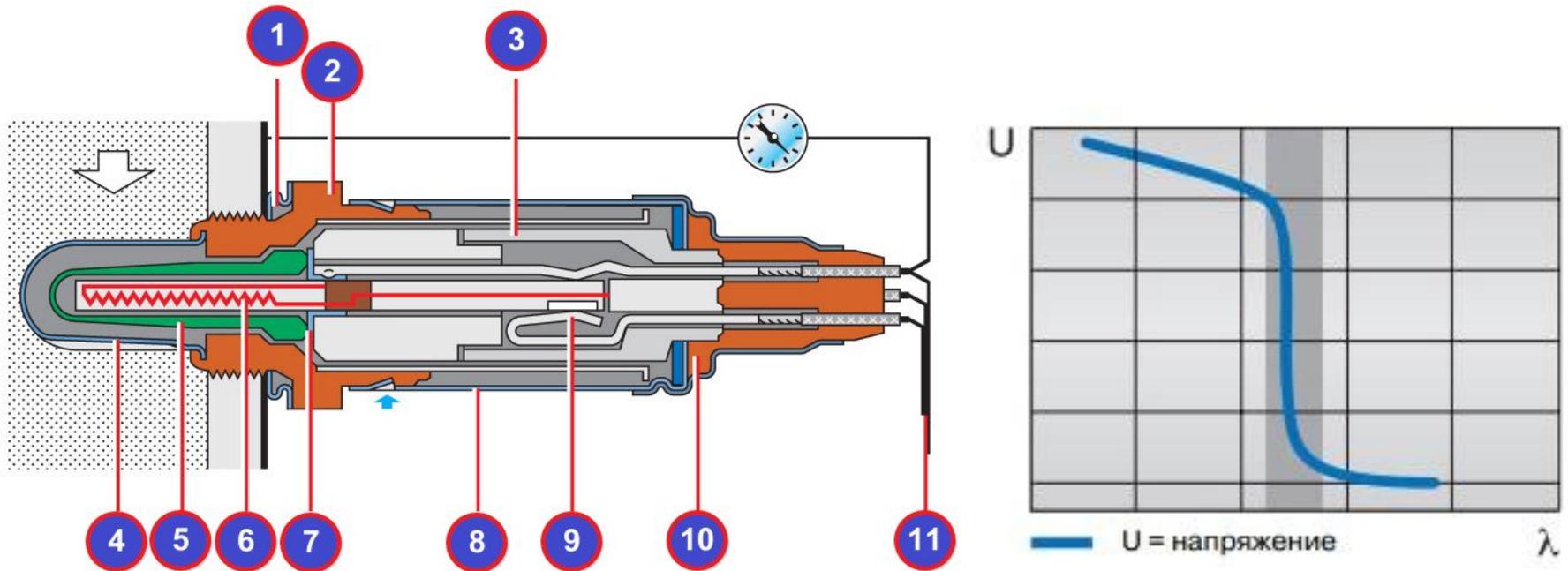


Датчик кислорода (λ-зонд) – Oxygen Sensor

- 1 – отработавшие газы;
- 2 – наружный электрод;
- 3 – внутренний электрод;
- 4 – «сигнальный» контакт;
- 5 – атмосферный воздух;
- 6 – «заземляющий» контакт.

Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы

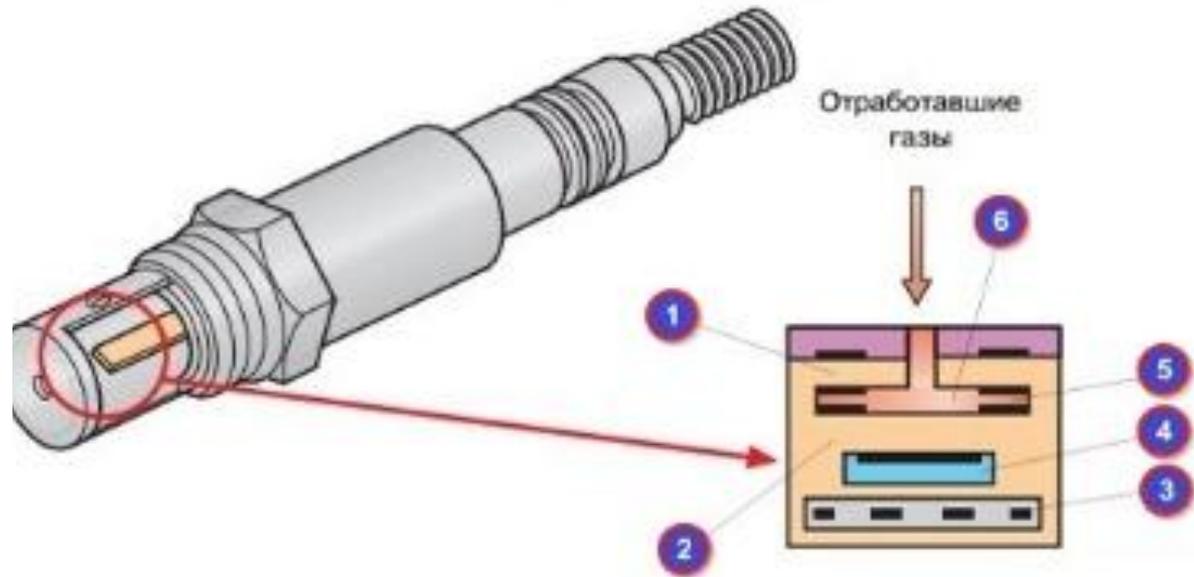
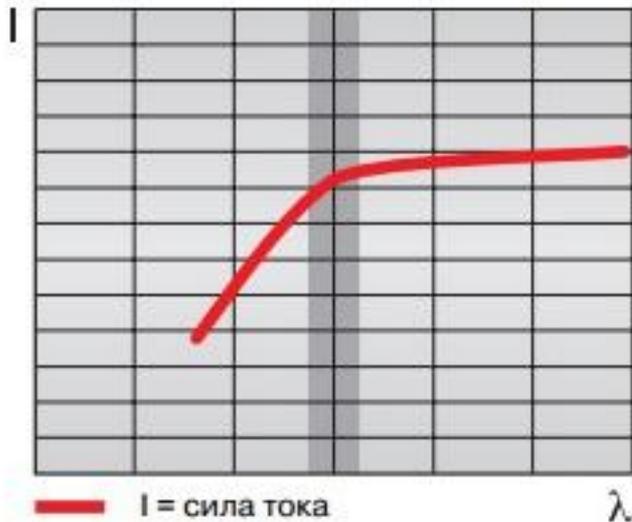


Датчик кислорода (λ-зонд) триггерного типа (пластинчатый)

1 – уплотнительное кольцо; 2 – корпус; 3 – гильза; 4 – защитный колпак; 5 – колба; 6 – нагреватель; 7 – контакт; 8 – оболочка; 9 – контакт; 10 – диэлектрик; 11 - кабель.

Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы

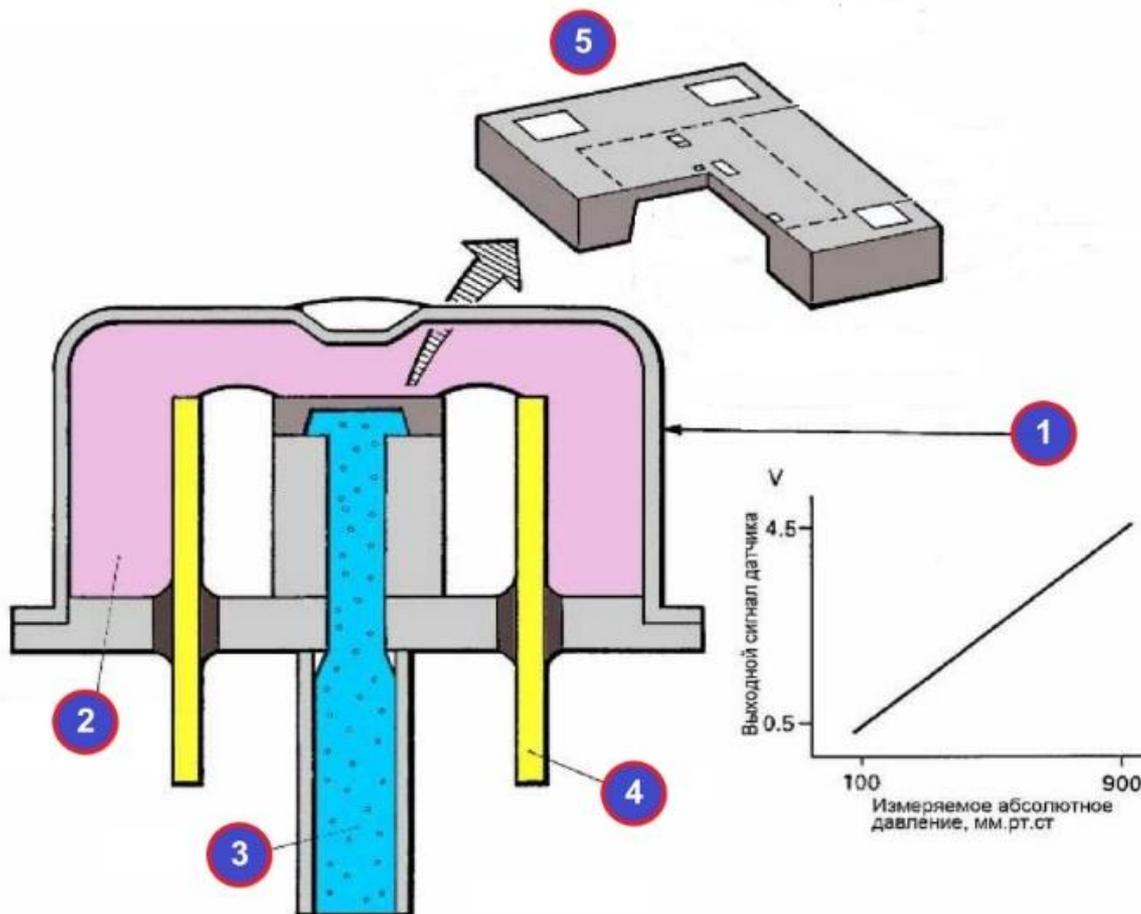


Датчик кислорода (λ -зонд) широкополосный

- 1 – насосный элемент для подкачивания кислорода;
- 2 – электрохимическая ячейка; 3 – нагреватель; 4 – канал наружного воздуха; 5 – область измерения; 6 – диффузионный канал.

Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы

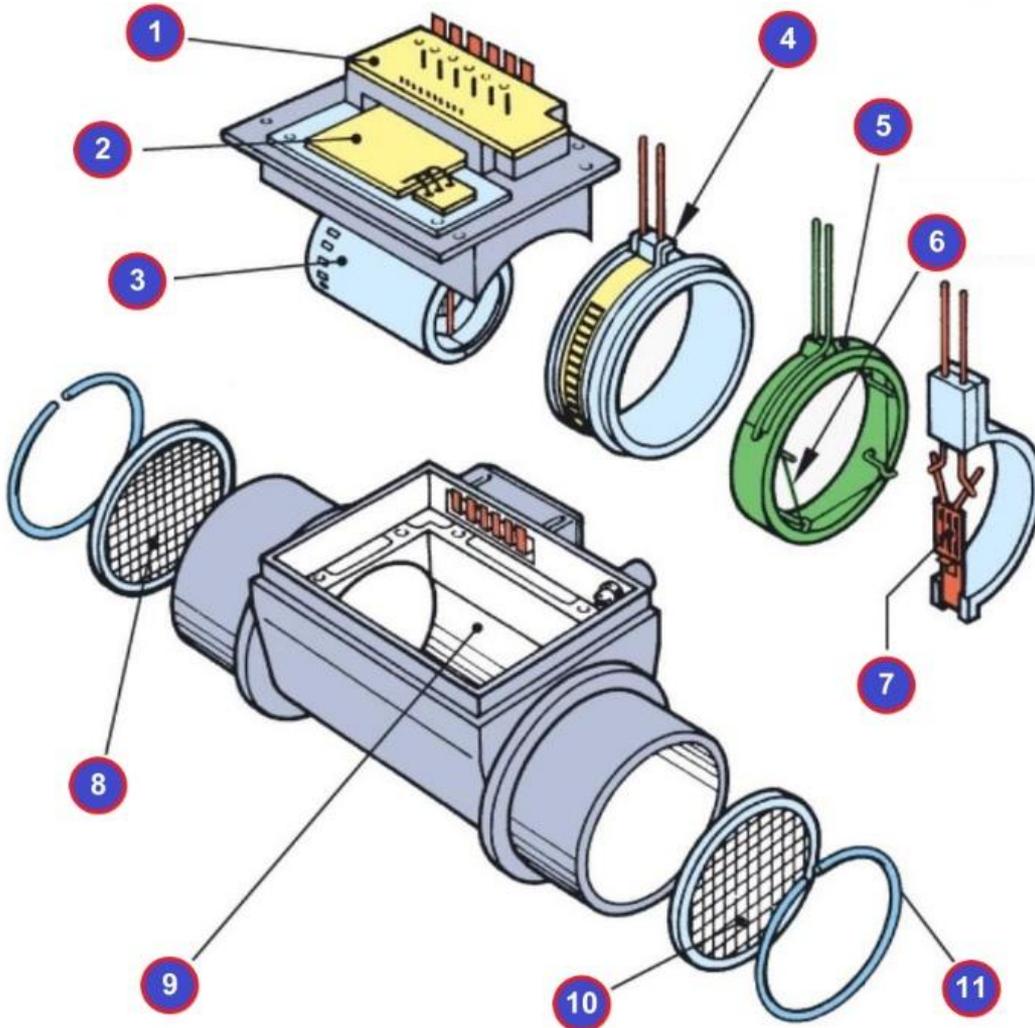


Датчик абсолютного давления – MAP Sensor

1 – измерительный модуль; 2 – вакуумная полость; 3 – подвод давления/разряжения; 4 – вывод для разъёма; 5 – тензоэлемент, выполненный на кремниевой пластине

Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы

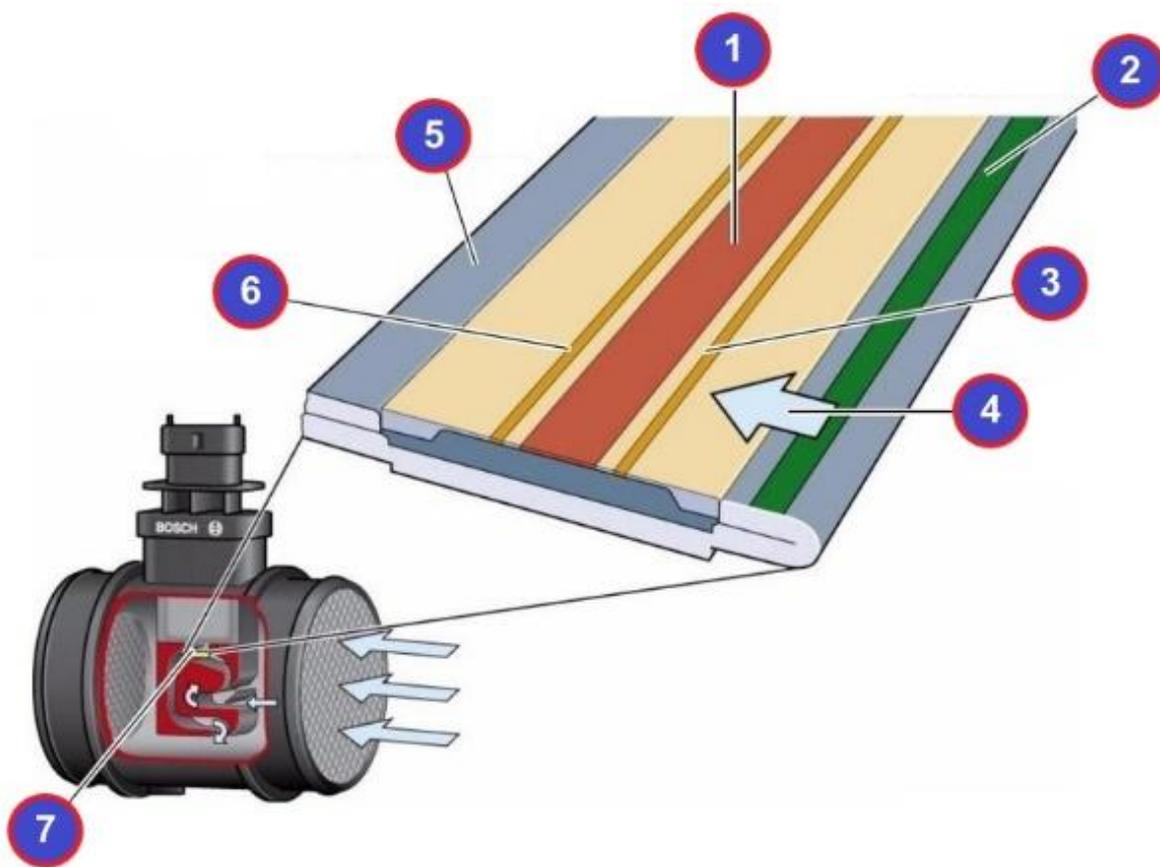


Датчик массового расхода воздуха MAF Sensor (с измерительной нитью)

- 1 – печатная плата;
- 2 – гибридная схема;
- 3 – измерительный канал;
- 4 – прецизионный резистор;
- 5 – нагревательный элемент;
- 6 – проволочный измерительный элемент;
- 7 – термокомпенсационный резистор;
- 8, 10 – защитная сетка;
- 9 – корпус;
- 11 – стопорное кольцо.

Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы

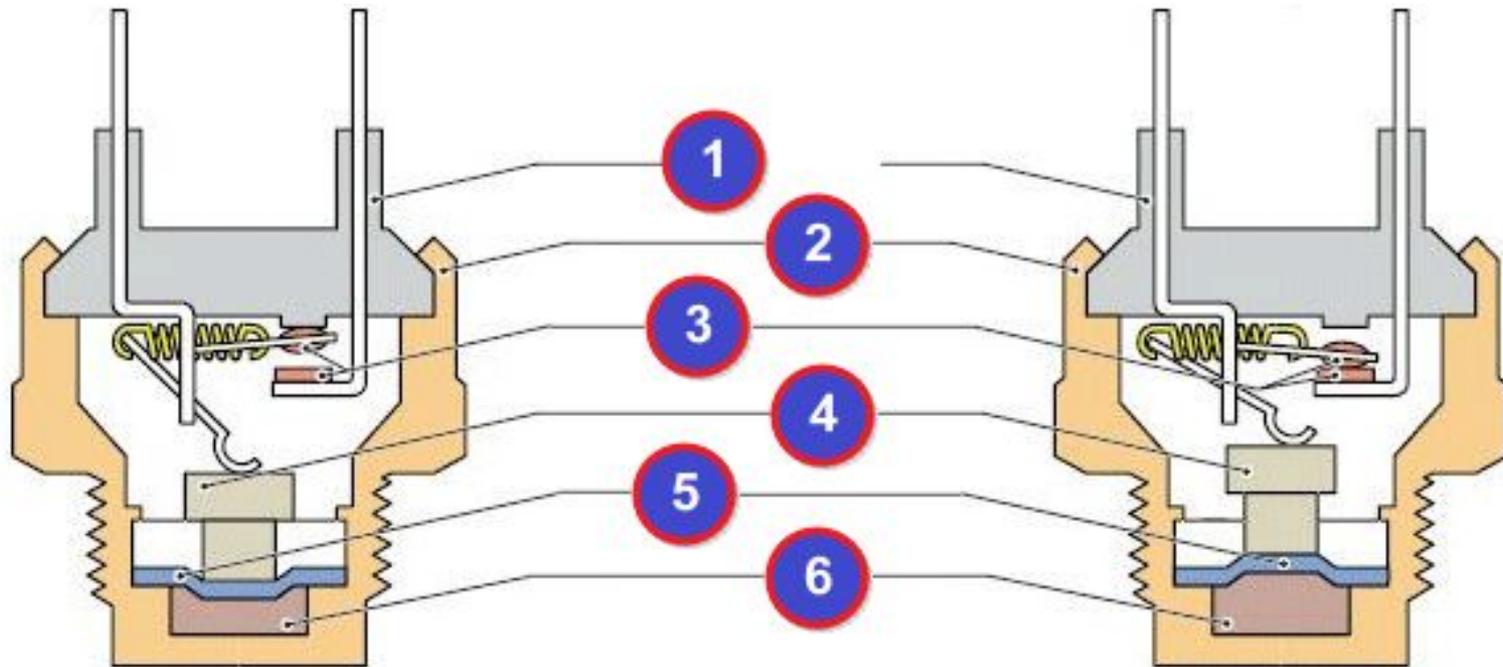


Датчик массового расхода воздуха MAF Sensor (с измерительной пластиной)

1 – нагревательный резистор; 2 – датчик температуры воздуха; 3, 6 – терморезистор; 4 – поток воздуха; 5, 7 – чувствительный элемент.

Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы

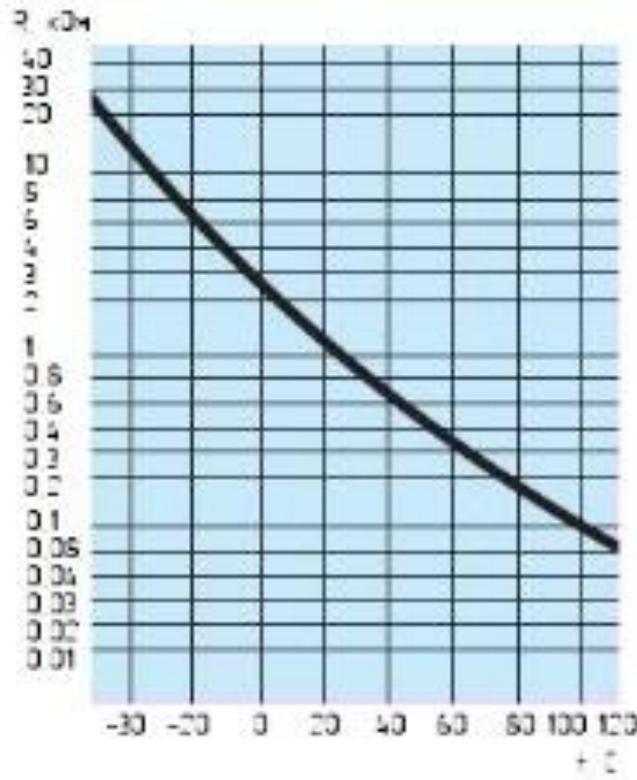
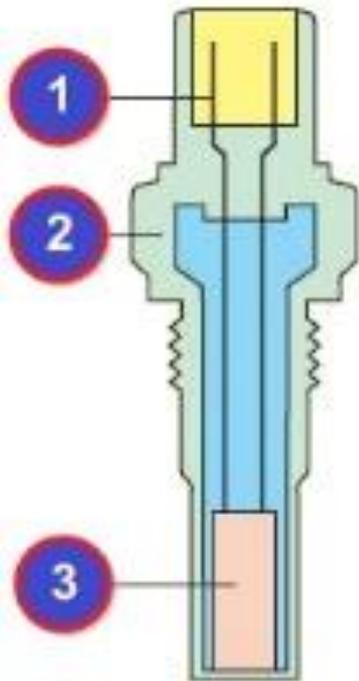


Датчик температуры охлаждающей жидкости контактного типа

1 – разъём; 2 – корпус; 3 – контакты; 4 – толкатель; 5 – мембрана; 6 – рабочее тело (воск).

Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы



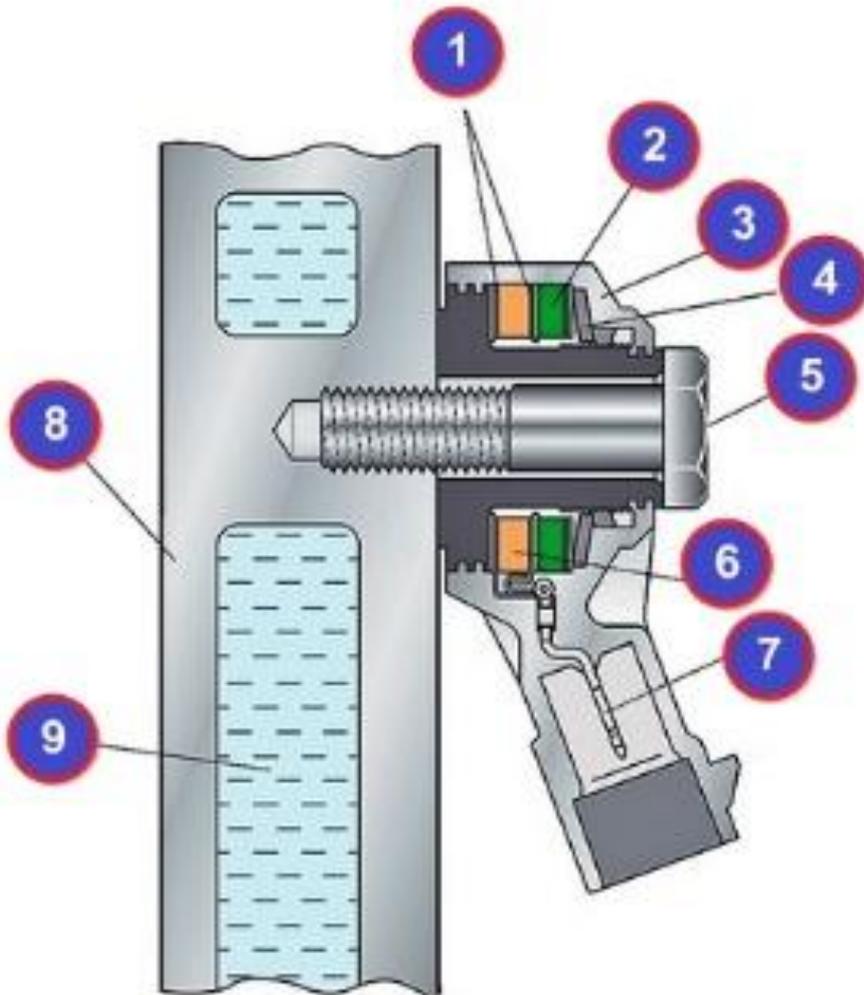
Датчик температуры
1 – разъём; 2 – корпус;
3 – чувствительный элемент (резистивный или полупроводниковый)

Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы

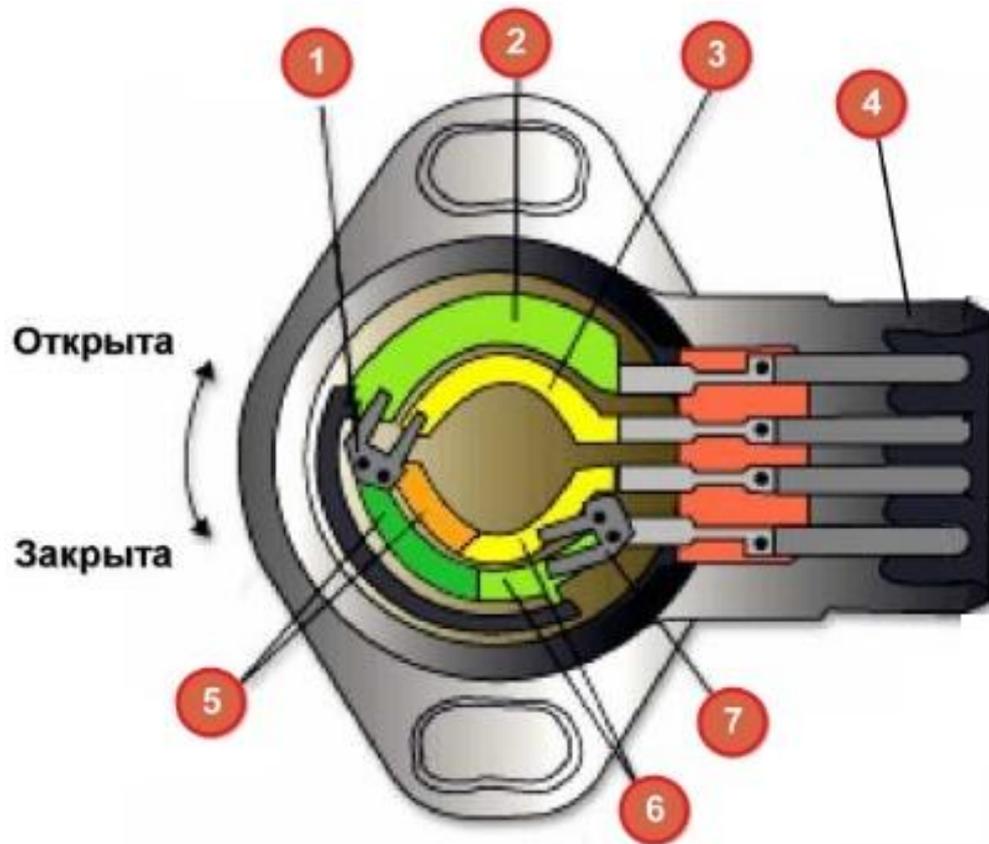
Датчик детонации

- 1 – контактные шайбы;
- 2 – инерционная масса;
- 3 – корпус;
- 4 – тарельчатая пружина;
- 5 – болт крепления;
- 6 – пьезокерамический чувствительный элемент;
- 7 – разъём;
- 8 – блок цилиндров;
- 9 – охлаждающая жидкость.



Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы

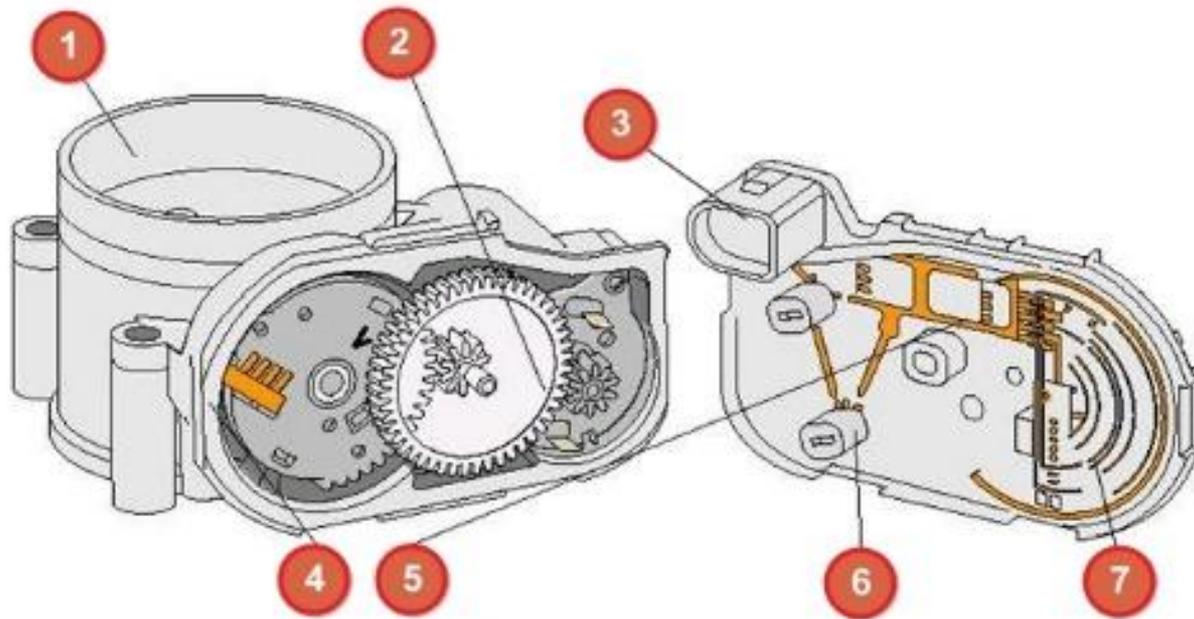


Датчик положения дроссельной заслонки

1, 7 – бегунок; 2, 3 – резистивные слои первого и второго контактов разъёма; 4 – разъём; 5, 6 - резистивные слои третьего и четвёртого контактов разъёма.

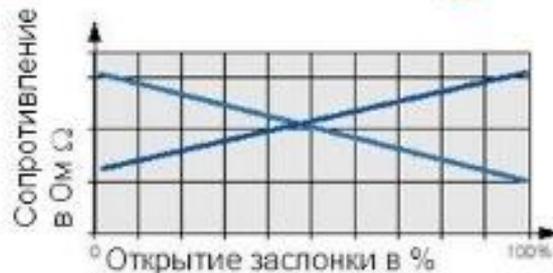
Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы



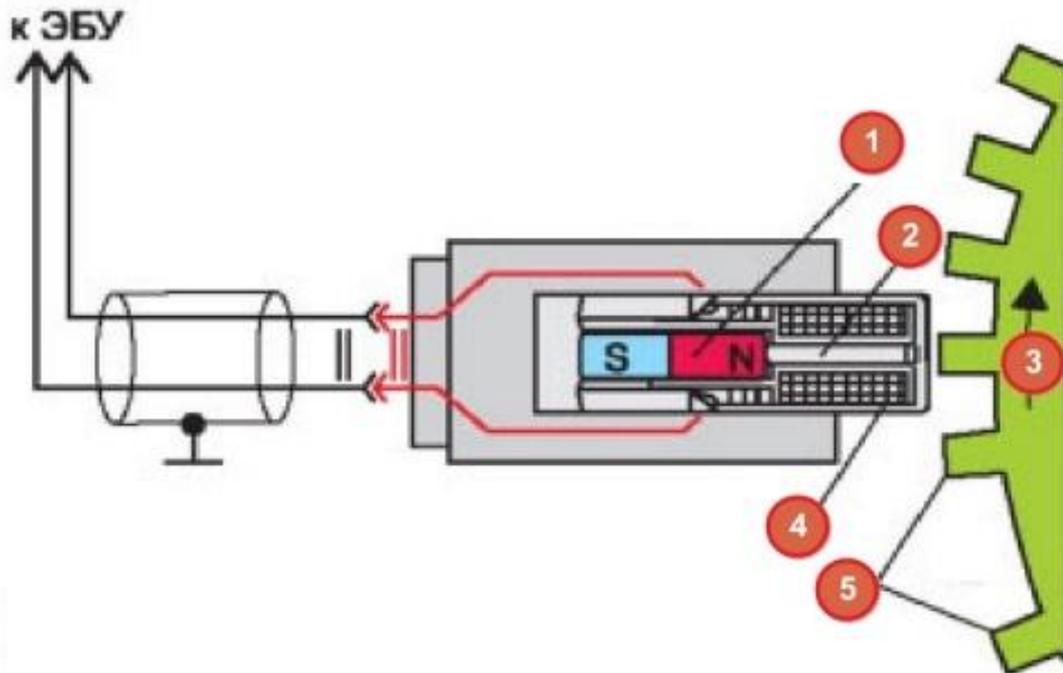
Датчик положения дроссельной заслонки в узле привода

1 – корпус с дроссельной заслонкой; 2 – привод заслонки; 3 – разъём; 4 – бегунок датчика; 5 – соединители; 6 – контакты привода; 7 – резистивный слой на диэлектрической подложке.



Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы

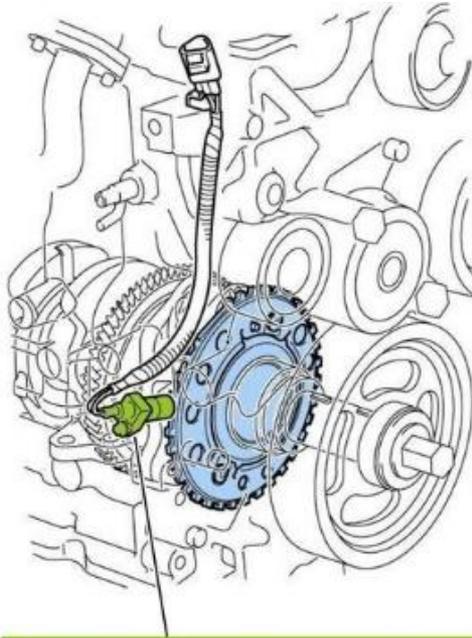


Датчик положения коленчатого/распределительного вала

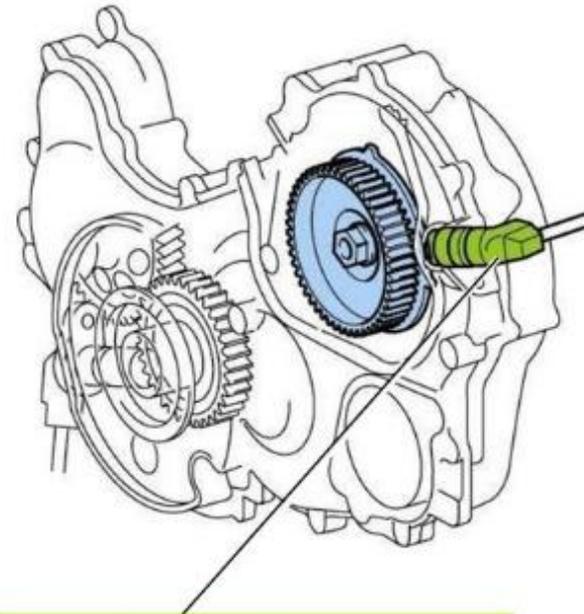
- 1 – постоянный магнит;
- 2 – сердечник;
- 3 – задающий диск;
- 4 – обмотка; 5 – пропуск зубца для начала отсчёта сигнала.

Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы

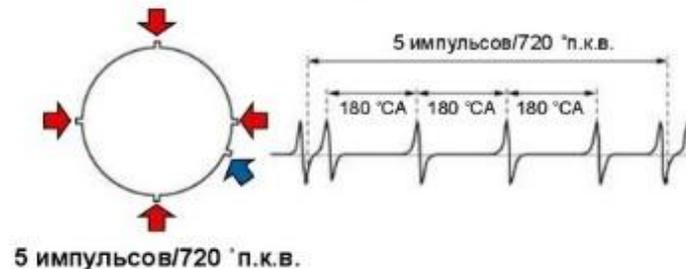
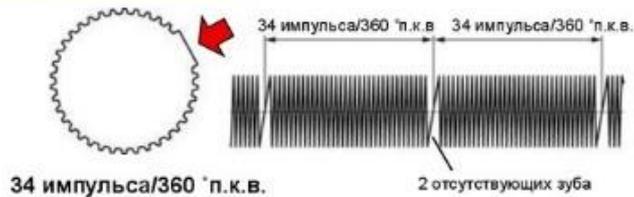


Датчик положения коленчатого вала



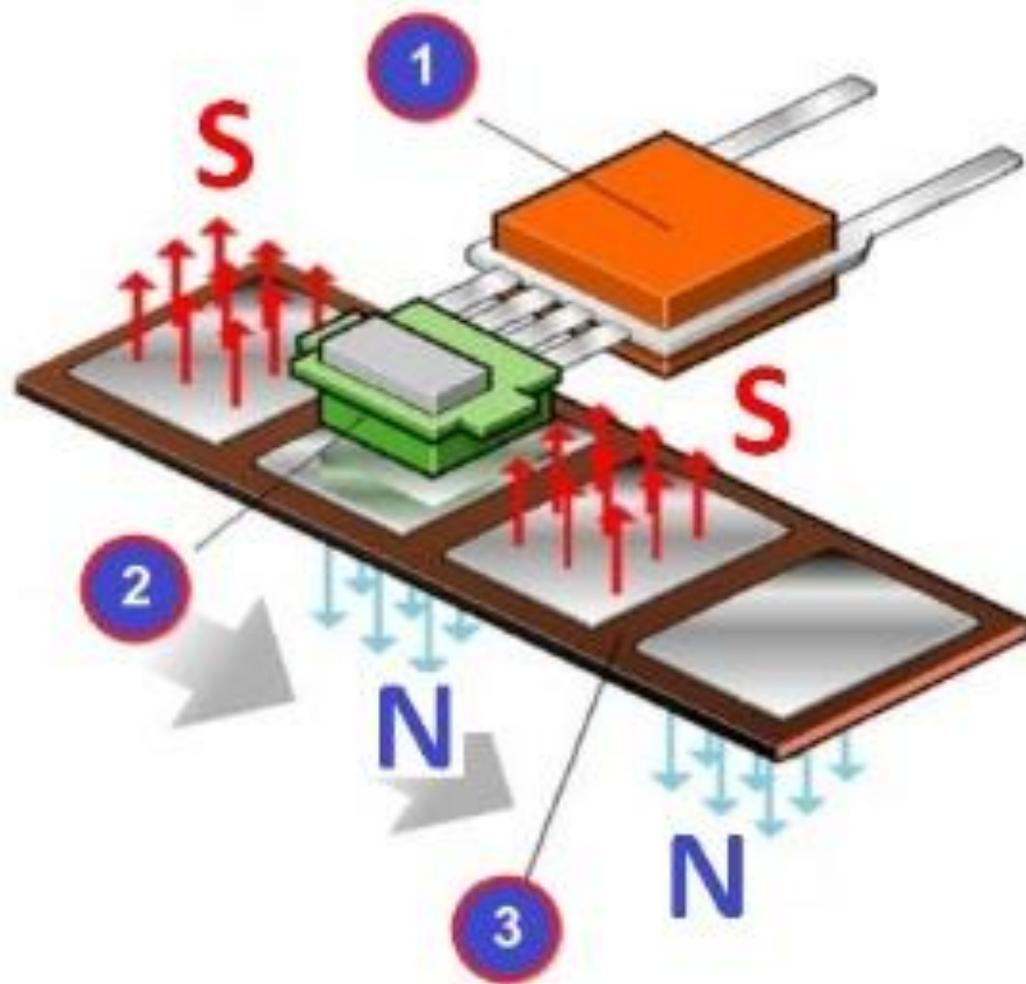
Датчик положения коленчатого вала

Зубчатая мишень



Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы

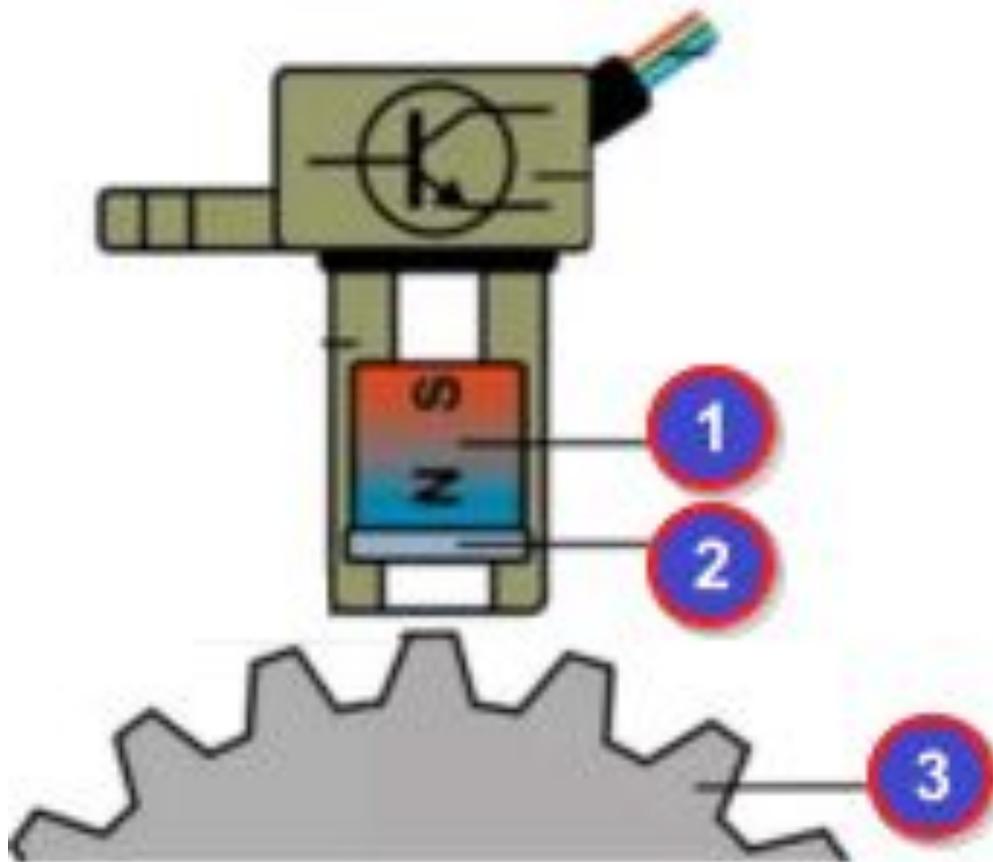


Датчик фазы (датчик Холла)

- 1 – электронная схема датчика;
- 2 – чувствительный элемент (элемент Холла);
- 3 – дорожка задающего ротора

Системы управления распределённым впрыском топлива

Датчики системы



Датчик фазы (датчик Холла)

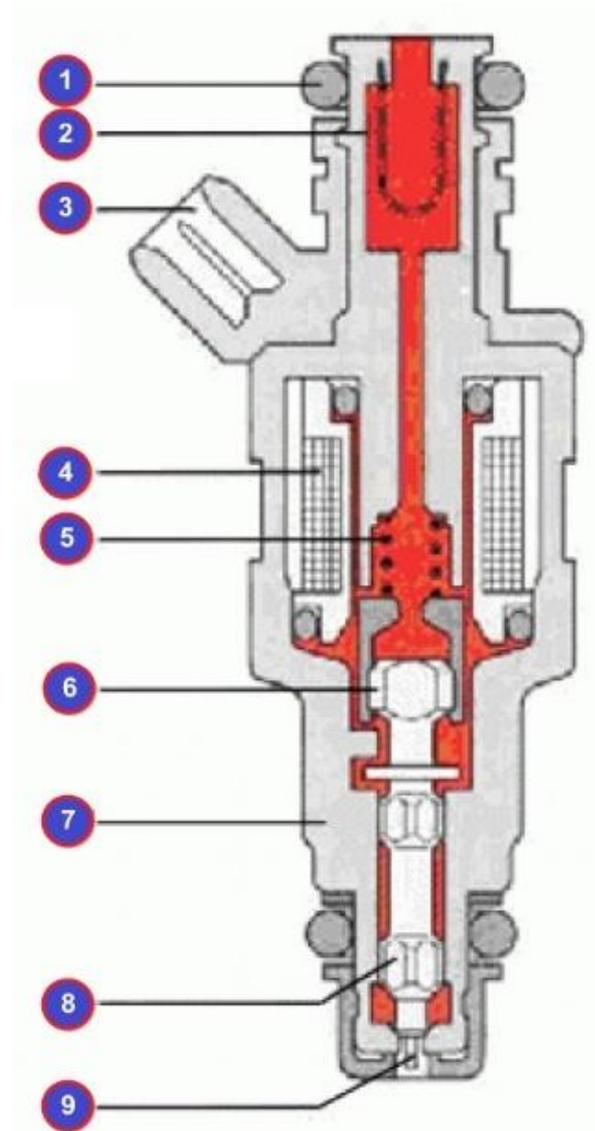
- 1 – постоянный магнит;
- 2 – чувствительный элемент (элемент Холла);
- 3 – задающий ротор

Системы управления распределённым впрыском топлива

Исполнительные механизмы системы

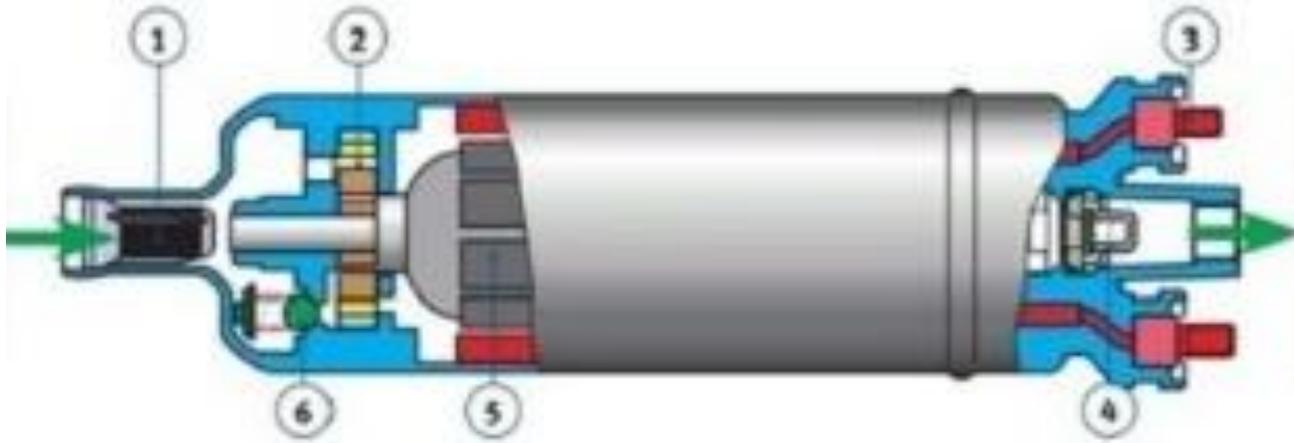
Инжектор - Injector

- 1 – уплотнительное кольцо;
- 2 – топливный фильтр;
- 3 – электрический контакт;
- 4 – обмотка соленооида;
- 5 – пружина;
- 6 – якорь;
- 7 – корпус;
- 8 – игла;
- 9 – штифт.



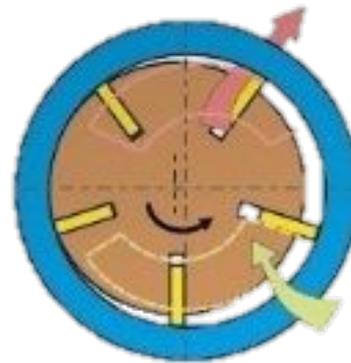
Системы управления распределённым впрыском топлива

Исполнительные механизмы системы

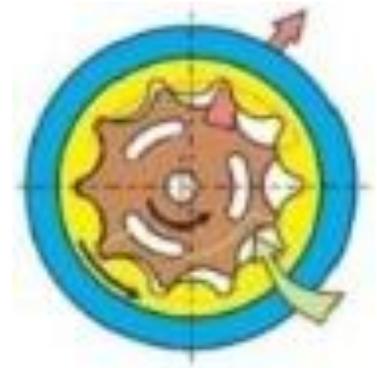


Топливный насос низкого давления

- 1 – фильтр грубой очистки;
- 2 – нагнетательный элемент;
- 3 – разъём электродвигателя;
- 4 – выходной патрубок и фильтр;
- 5 – электродвигатель;
- 6 – редукционный клапан.



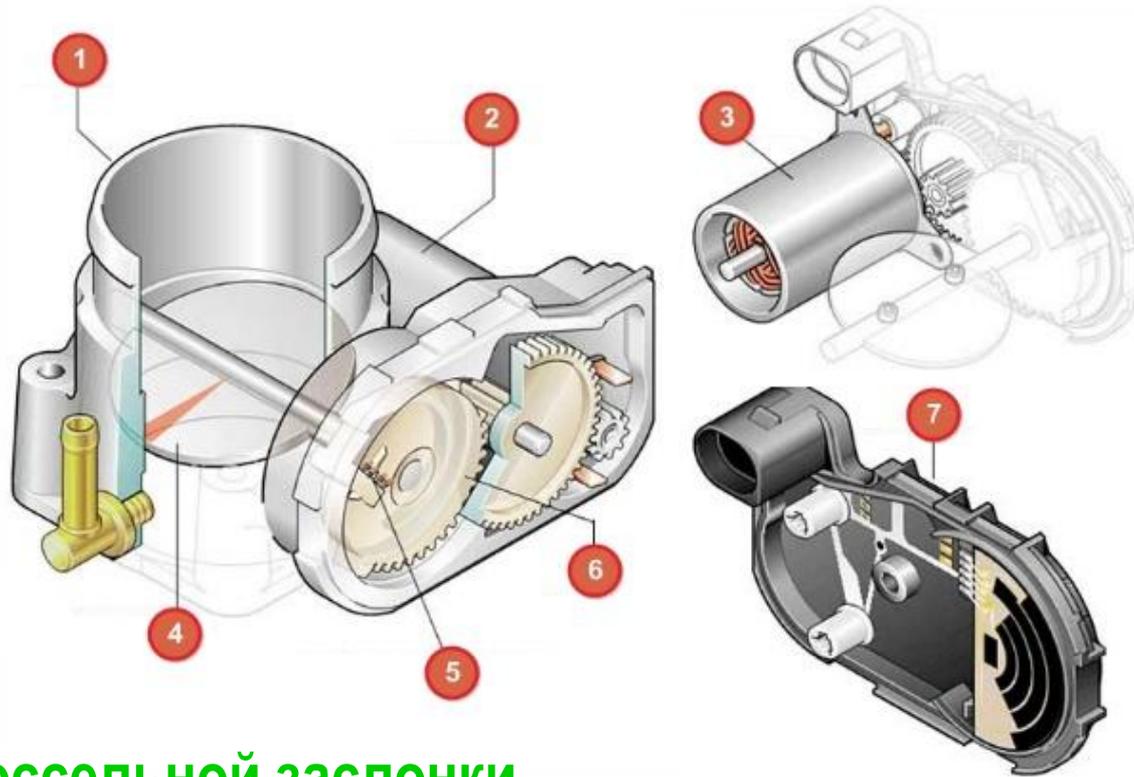
Шиберный



Зубчатый

Системы управления распределённым впрыском топлива

Исполнительные механизмы системы



Привод дроссельной заслонки

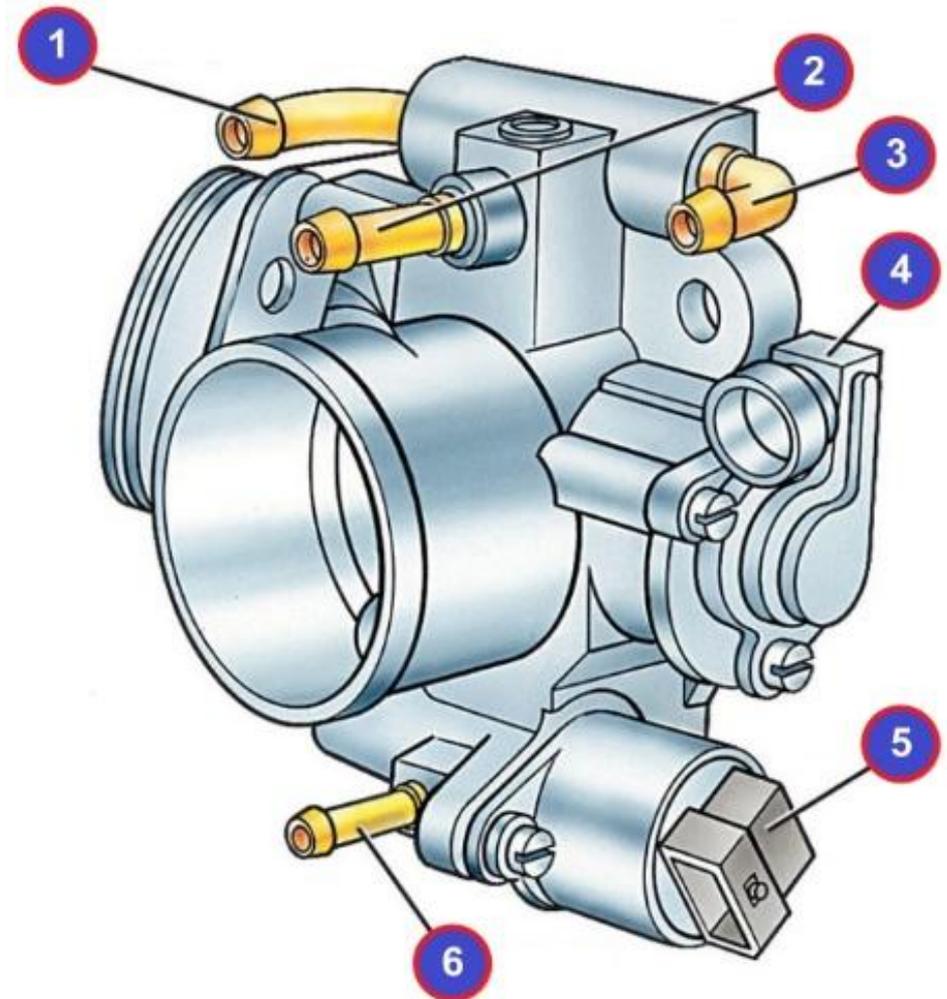
1 – входной патрубок; 2 – корпус; 3 – электродвигатель; 4 – дроссельная заслонка; 5 – бегунок датчика; 6 – шестерни привода; 7 – крышка привода с элементами датчика и разъёмом.

Системы управления распределённым впрыском топлива

Исполнительные механизмы системы

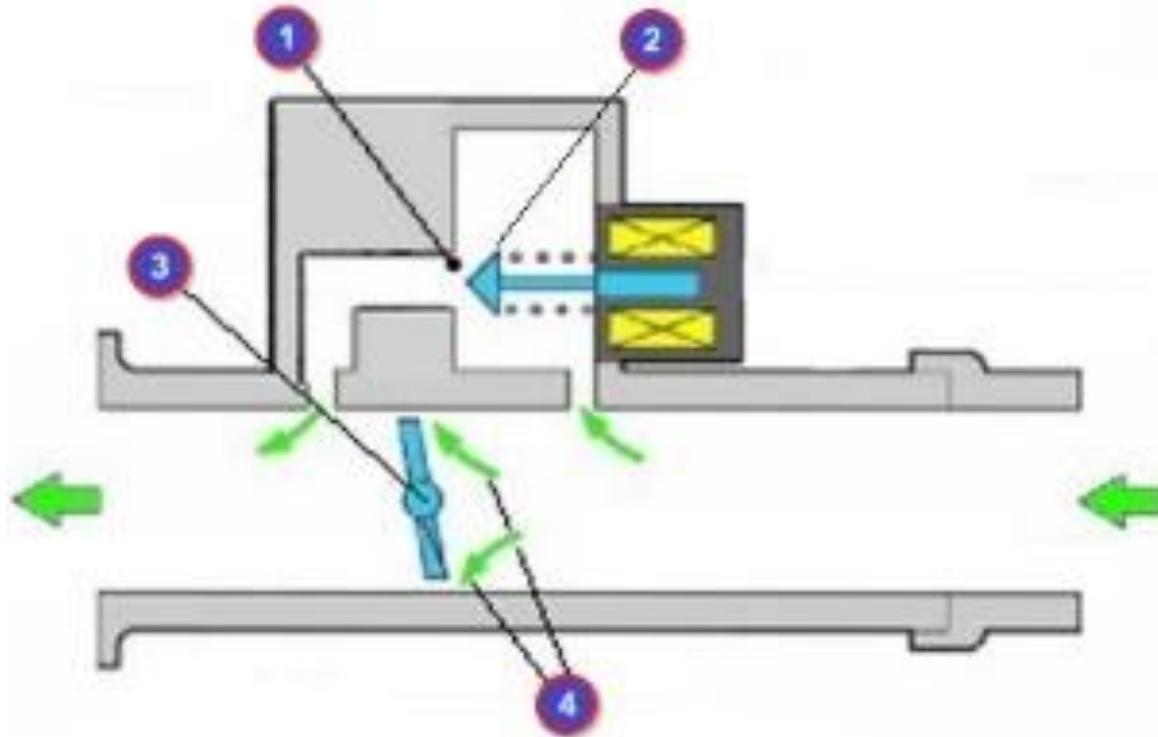
Узел дроссельной заслонки

1, 3 – патрубок охлаждающей жидкости; 2 – патрубок системы вентиляции картера; 4 – датчик положения дроссельной заслонки; 5 – клапан регулировки холостого хода; 6 – патрубок системы улавливания паров бензина



Системы управления распределённым впрыском топлива

Исполнительные механизмы системы

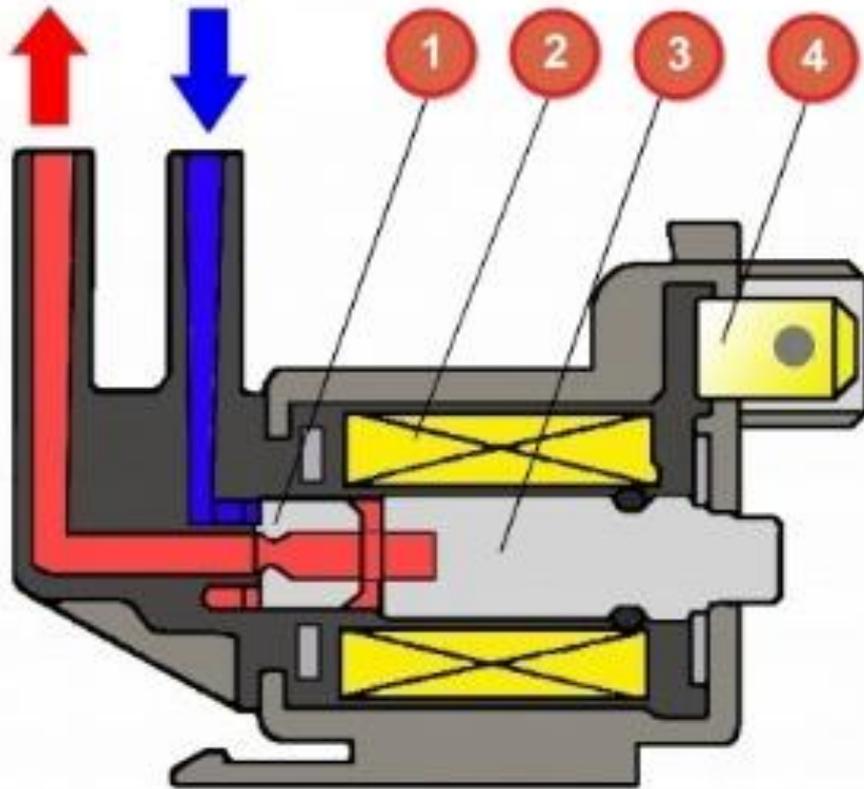


Клапан регулировки холостого хода

1 – байпасный канал; 2 – запорный элемент клапана; 3 – дроссельная заслонка; 4 – протечки воздуха в зазор между ДЗ и корпусом

Системы управления распределённым впрыском топлива

Исполнительные механизмы системы



Прочие клапаны

- 1 — запорный элемент клапана;
- 2 — обмотка электромагнита;
- 3 — сердечник; 4 — разъём.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

Система непосредственного впрыска топлива (СНВТ) (Gasoline Direct Injection (GDI)) — инжекторная система подачи топлива для бензиновых двигателей внутреннего сгорания с непосредственным впрыском топлива, у которой форсунки расположены в головке блока цилиндров и впрыск топлива происходит непосредственно в цилиндры. **Топливо подается под большим давлением в камеру сгорания каждого цилиндра в противоположность стандартной системе распределённого впрыска топлива, где впрыск производится во впускной коллектор.** Такие двигатели более экономичны (до 20% экономии), отвечают более высоким экологическим стандартам, однако и более требовательны к качеству топлива. Давление топлива в таких системах достигает значения в 200-300 бар.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

Аббревиатура **GDI** подразумевает систему непосредственного впрыска на двигателях **Mitsubishi**. Это произошло потому, что впервые система непосредственного впрыска была применена на двигателе GDI, устанавливаемом на автомобили компании Mitsubishi. Это утверждение верно лишь частично. Так первый серийный двигатель с непосредственным впрыском был изготовлен **Daimler-Benz DB 601 Messerschmitt Bf.109E**. Впервые непосредственный впрыск топлива на автомобиле **Mercedes W196** на котором знаменитый Фанхио выиграл сезоны 54 и 55 года. **Mitsubishi первыми применила электронно-управляемый непосредственный впрыск что позволило применить на некоторых режимах суперобедненную смесь.**

Системы управления непосредственным впрыском топлива

Первостепенной целью разработки новых двигателей является снижение расхода топлива и уменьшение выброса вредных веществ.

При этом должны быть получены следующие результаты:

- снижение благодаря экономии топлива затрат на эксплуатацию автомобиля и получение поощрительных налоговых льгот для автомобилей с низкими выбросами вредных веществ;
- снижение загрязнения среды обитания вредными веществами,
- экономия сырьевых ресурсов.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

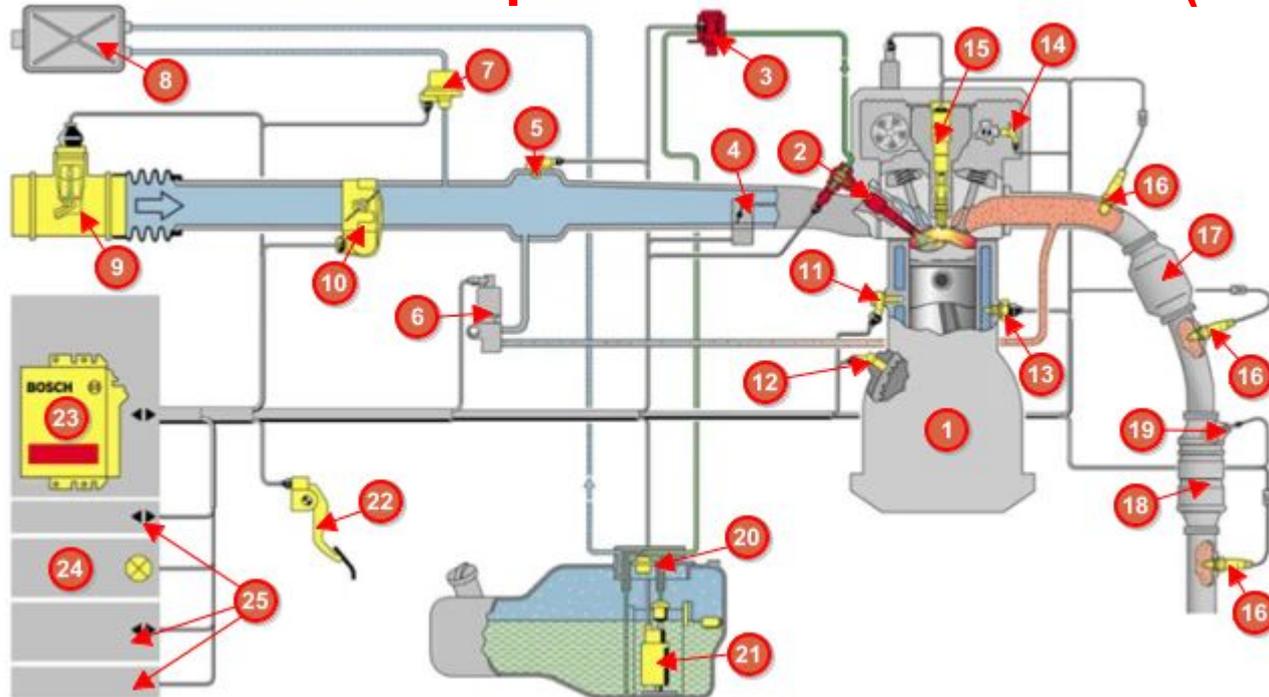
Система непосредственного впрыска может обеспечивать несколько видов смесеобразования: **послойное, однородное (гомогенное), и стехиометрическое.** **Послойное** смесеобразование актуально при малых и средних оборотах, **стехиометрическое и гомогенное** – при сверхвысоких оборотах, а также при средних и высоких нагрузках.

Самые популярные решения – с послойным смесеобразованием, FSI и TFSI (у Volkswagen и у Ауди). Буква “Т” в названии свидетельствуют о наличии турбокомпрессора.

В цилиндр таких бензиновых систем впрыска поступает небольшое количество топлива. Тщательная организация потока воздуха в цилиндре и удачно подобранное время впрыска топлива в цилиндр создают все условия, чтобы это небольшое количество топлива было подано к электродам свечи зажигания, и произошло воспламенение этой порции горючей смеси.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

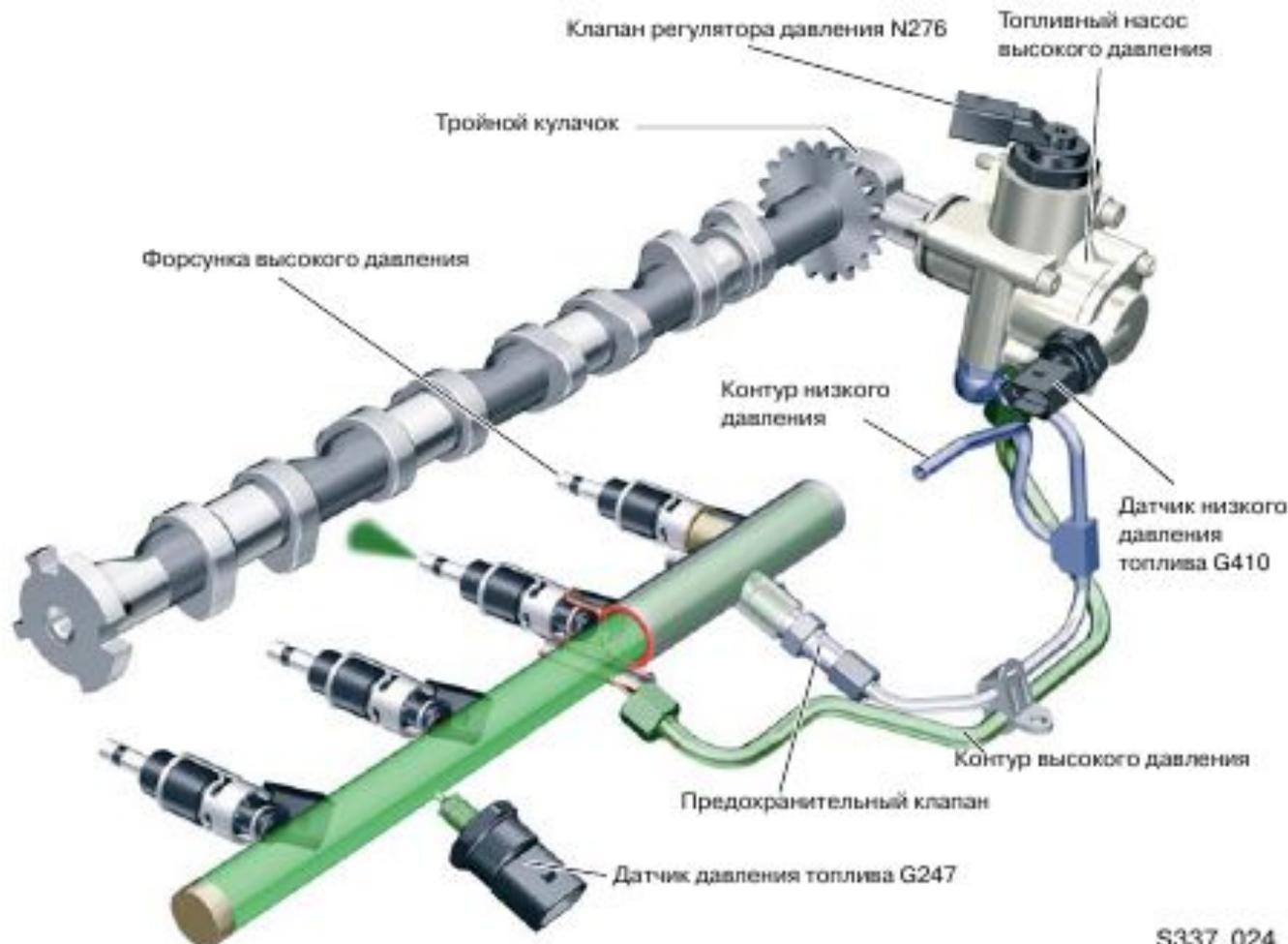
Схема системы впрыска Motronic MED7 (2000)



- 1 – двигатель; 2 – форсунка с регулятором давления; 3 – топливный насос высокого давления (ТНВД); 4 – дополнительная заслонка; 5 – ДАД; 6 – клапан рециркуляции ОГ; 7 – клапан адсорбера; 8 – адсорбер; 9 – ДМРВ; 10 – электронный узел ДЗ; 11 – ДД; 12 – ДПКВ; 13 – ДТ; 14 – ДФ; 15 – КЗ; 16 – λ -зонд; 17 – трёхкомпонентный нейтрализатор; 18 – накопительный нейтрализатор; 19 - датчик температуры ОГ; 20 – датчик давления в баке и топливный фильтр; 21 – топливный насос; 22 – педаль; 23 – ЭБУ; 24 – диагностическая лампа; 25 – ЭБУ дополнительных систем

Системы управления непосредственным впрыском топлива

Элементы системы впрыска MED-7



Системы управления непосредственным впрыском топлива

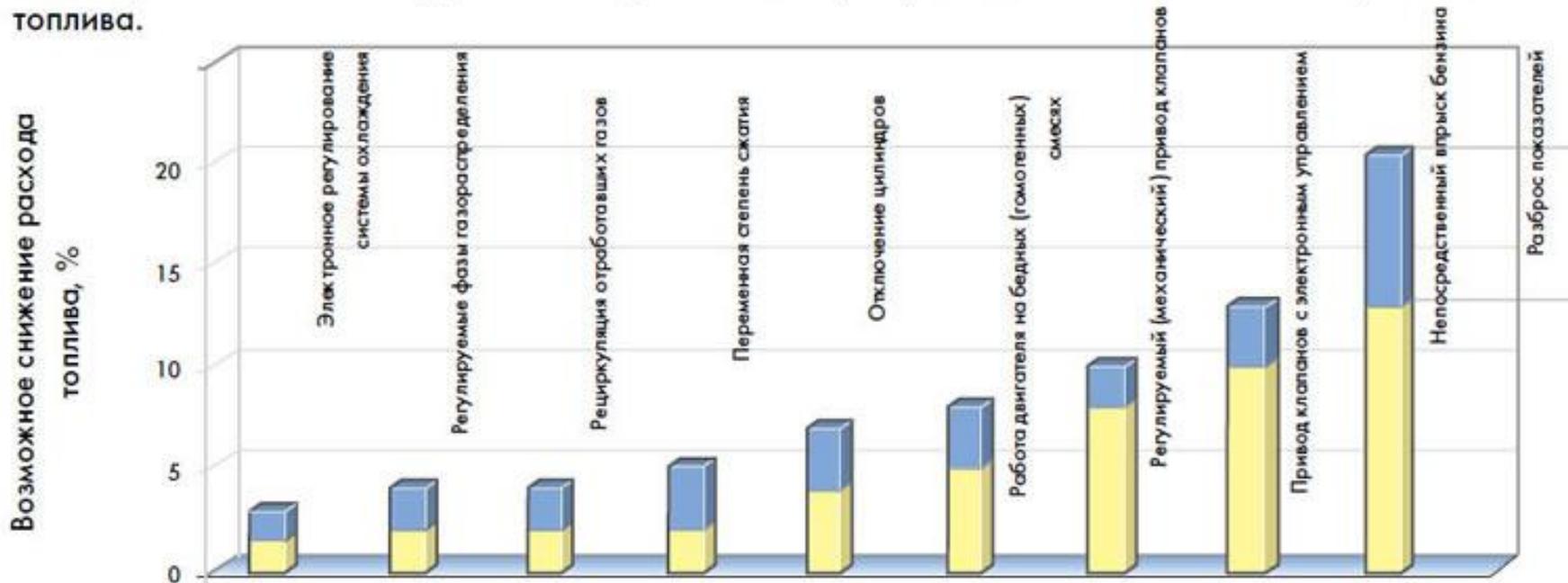
Первостепенной целью разработки новых двигателей является снижение расхода топлива и уменьшение выброса вредных веществ.

При этом должны быть получены следующие результаты:

- снижение благодаря экономии топлива затрат на эксплуатацию автомобиля и получение поощрительных налоговых льгот для автомобилей с низкими выбросами вредных веществ;**
- снижение загрязнения среды обитания вредными веществами;**
- экономия сырьевых ресурсов.**

Системы управления непосредственным впрыском топлива

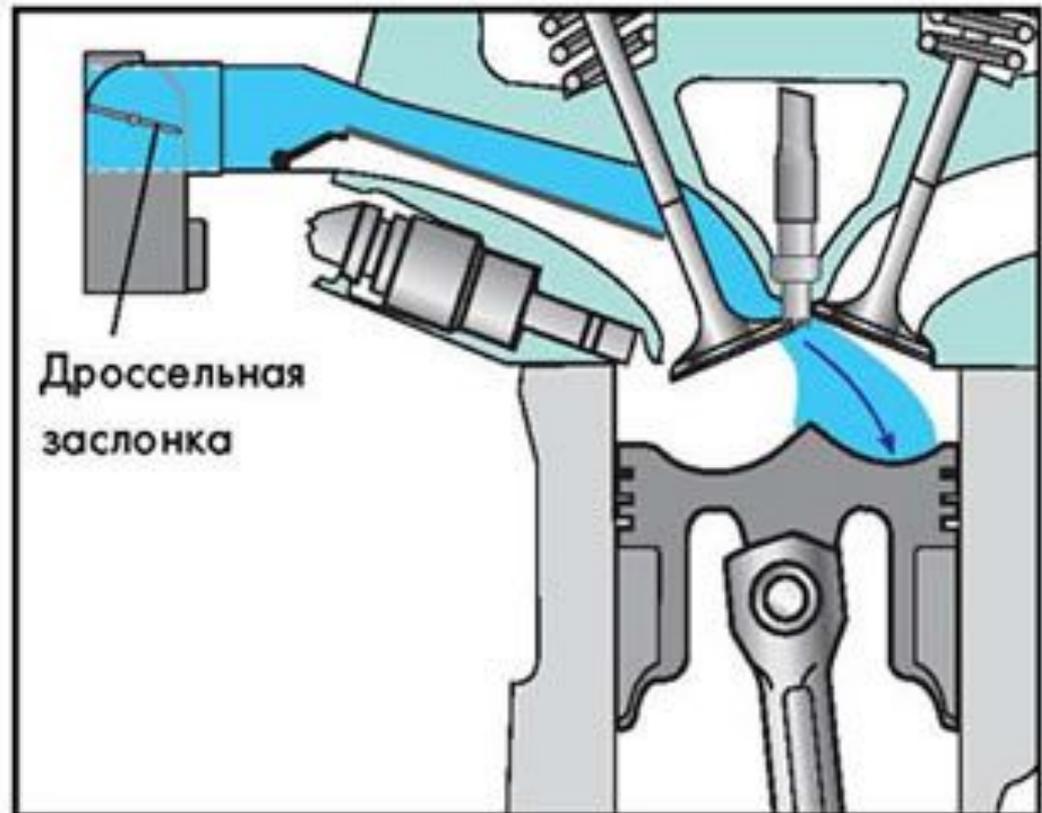
На диаграмме показана эффективность различных мероприятий, позволяющих снизить расход топлива.



Системы управления непосредственным впрыском топлива

**Уменьшение дросселирования при работе двигателя
на бедных послойной и гомогенной смесях**

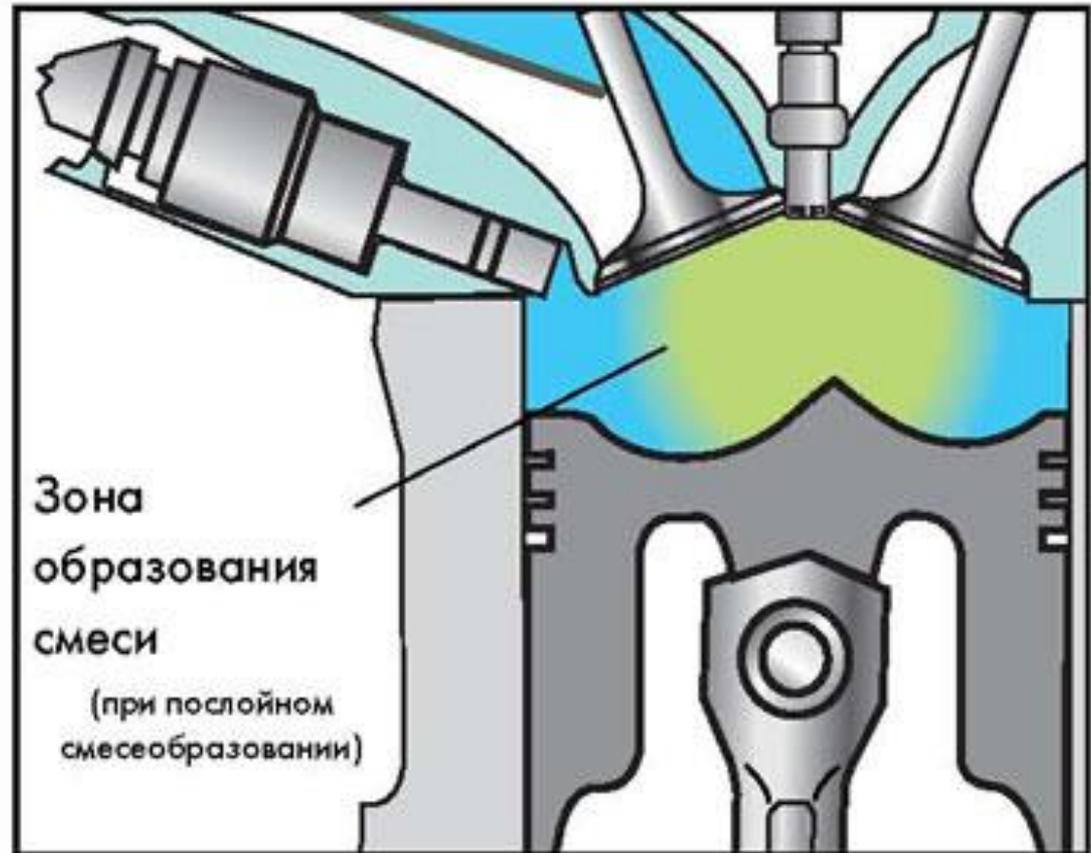
При работе двигателя на этих смесях коэффициент избытка воздуха изменяется в пределах от 1,55 до 3. При этом дроссельная заслонка открывается на больший угол, то есть впуск воздуха в цилиндры осуществляется с меньшим сопротивлением.



Системы управления непосредственным впрыском топлива

Работа двигателя на бедных смесях

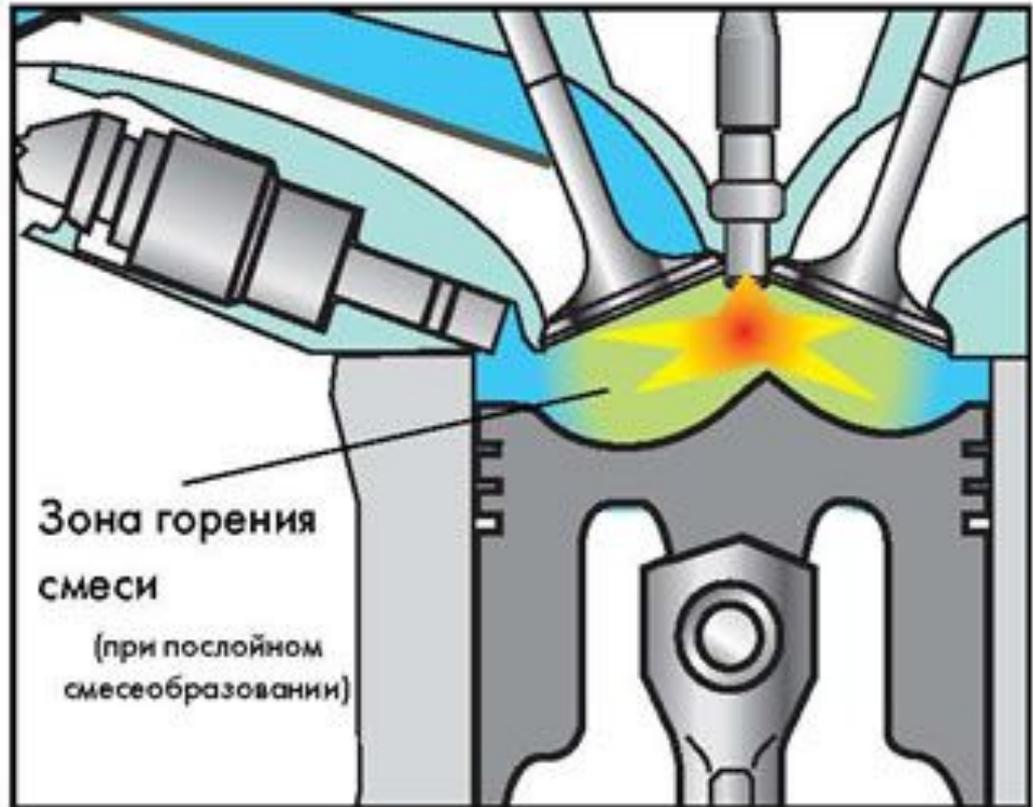
При применении послойного смесеобразования удается эффективно сжигать бедные смеси с коэффициентом избытка воздуха от 1,6 до 3, а при работе двигателя на гомогенной бедной смеси коэффициент избытка воздуха равен приблизительно 1,55.



Системы управления непосредственным впрыском топлива

Снижение потерь тепла в стенку

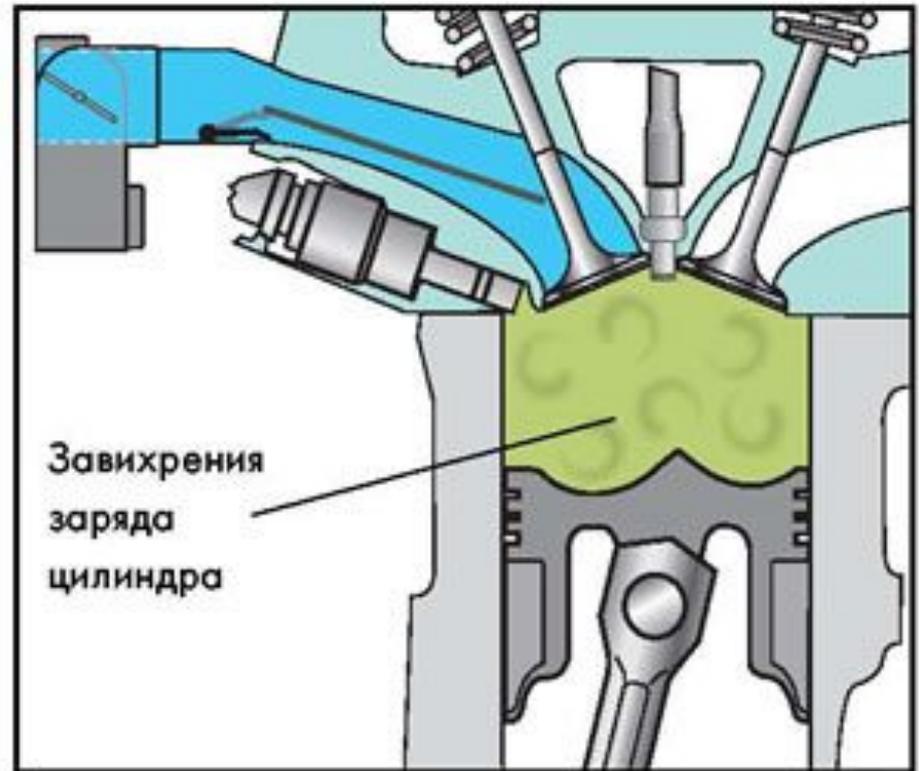
Так как горение смеси происходит главным образом вблизи свечи зажигания, снижаются потери тепла в стенку цилиндра и соответственно повышается термический коэффициент полезного действия.



Системы управления непосредственным впрыском топлива

Сжигание гомогенной смеси с высоким содержанием перепускаемых отработавших газов

Благодаря высокой турбулизации заряда цилиндра двигателя удается эффективно сжигать гомогенные бедные смеси с содержанием отработавших газов до 25%. Чтобы впустить в цилиндры то же количество воздуха, какое поступает в них при перепуске небольших доз отработавших газов, нужно открывать дроссельную заслонку на больший угол. При этом воздух засасывается в цилиндры с меньшим сопротивлением, то есть снижаются насосные потери

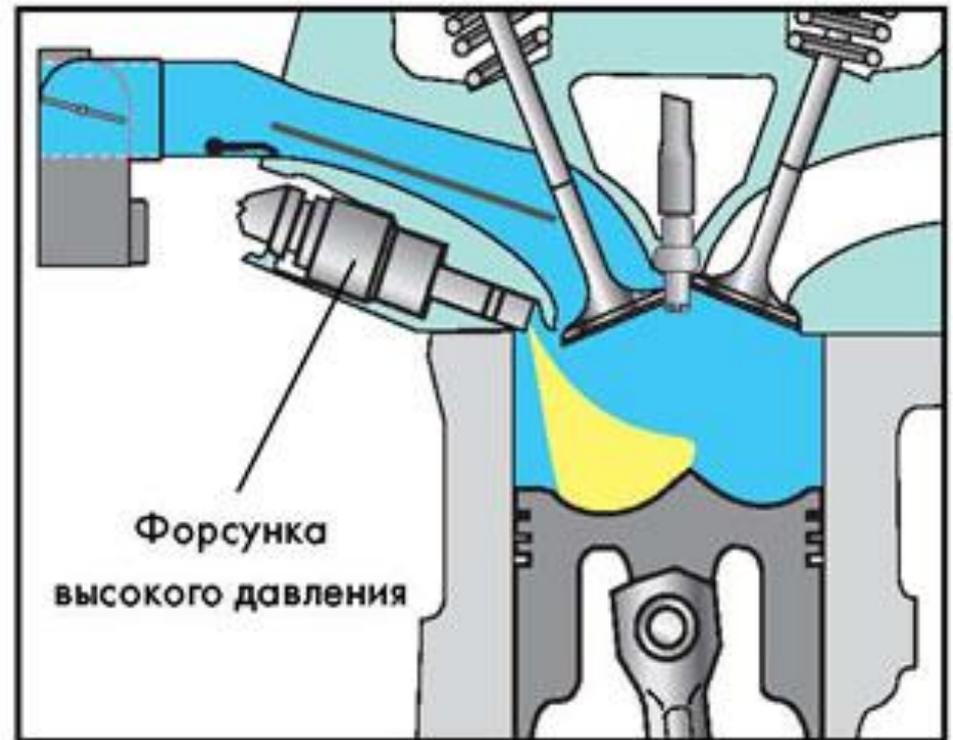


Системы управления непосредственным впрыском топлива

Повышенная степень сжатия

При непосредственном впрыске бензина затрачиваемое на его испарение тепло отбирается у поступившего в цилиндры двигателя воздуха. В результате снижается вероятность детонационного сгорания и степень сжатия может быть повышена.

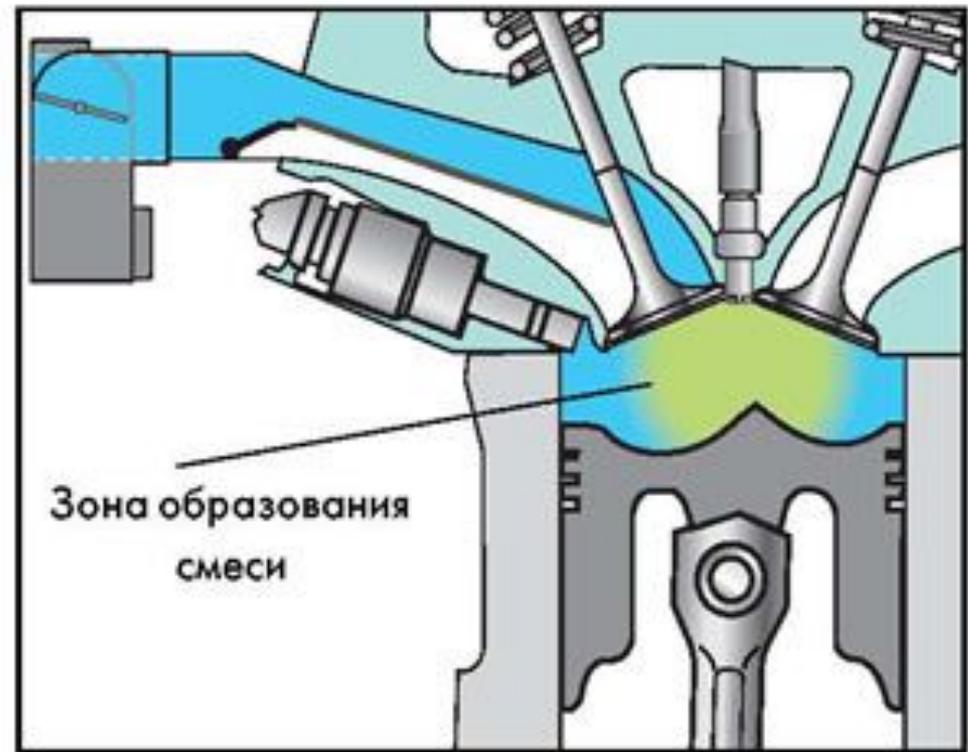
Повышение степени сжатия приводит к росту давления в конце сжатия и соответственно к увеличению термического коэффициента полезного действия.



Системы управления непосредственным впрыском топлива

Расширение диапазона принудительного холостого хода с выключенной подачей топлива

Частота вращения холостого хода, на которой производится возобновление подачи топлива может быть снижена, так как впрыскиваемое топливо практически не осаждается на стенках цилиндра и большая его часть может быть немедленно использована. Поэтому двигатель работает устойчиво с пониженной частотой вращения.

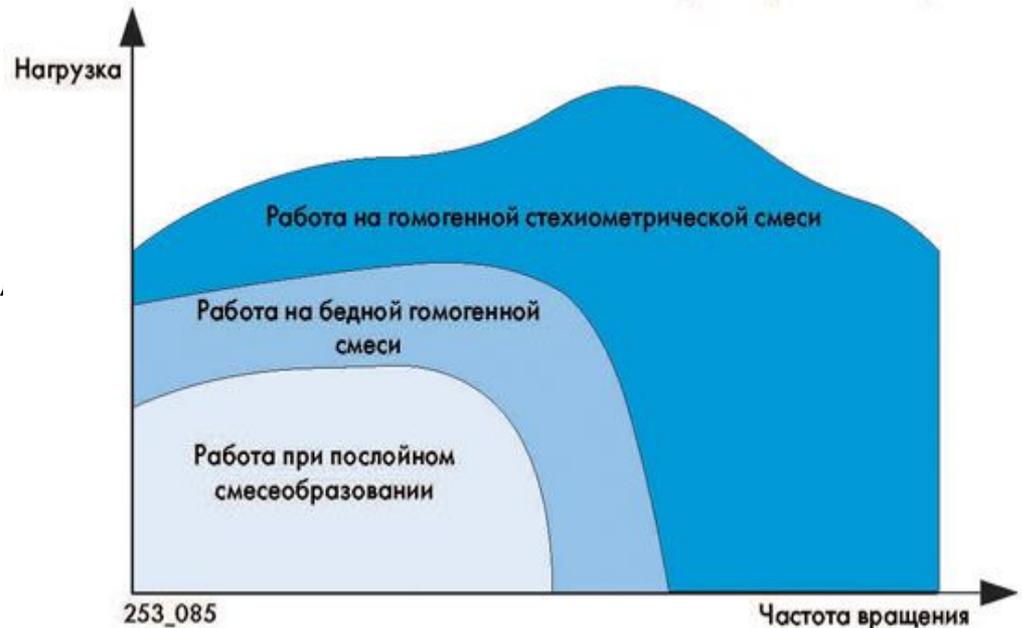


Системы управления непосредственным впрыском топлива

Работа двигателя с системой непосредственного впрыска

Помимо бедной послойной и стехиометрической гомогенной смесей в двигателе FSI используется смесь третьего вида, а именно, бедная гомогенная смесь. Этот вид смеси позволяет получить меньший расход топлива, чем смесь стехиометрического состава с добавкой перепускаемых отработавших газов.

Выбор того или иного способа смесеобразования производится блоком управления двигателем в зависимости от крутящего момента и мощности двигателя с учетом требований к выбросу вредных веществ и требований безопасности.



Системы управления непосредственным впрыском топлива

Работа двигателя с системой непосредственного
впрыска

гомогенный



последовательный



Системы управления непосредственным впрыском топлива

Работа двигателя с системой непосредственного

Послойное смесеобразование используется при работе двигателя при малых и средних нагрузках и частотах вращения. Благодаря послойному распределению топлива в камере сгорания двигатель работает при общем коэффициенте избытка воздуха от 1,6 до 3. В средней части камеры сгорания, вблизи свечи зажигания, находится легко воспламеняемая рабочая смесь. Эта смесь окружена оболочкой, состоящей в идеальном случае из чистого воздуха и перепускаемых отработавших газов.

Работа двигателя на бедной гомогенной смеси. На промежуточных режимах, расположенных между режимами работы двигателя на послойной смеси и гомогенной стехиометрической смеси, используются бедная гомогенная смесь. Коэффициент избытка воздуха бедной гомогенной, т. е. однородной во всем объеме камеры сгорания, смеси приблизительно равен 1,55.

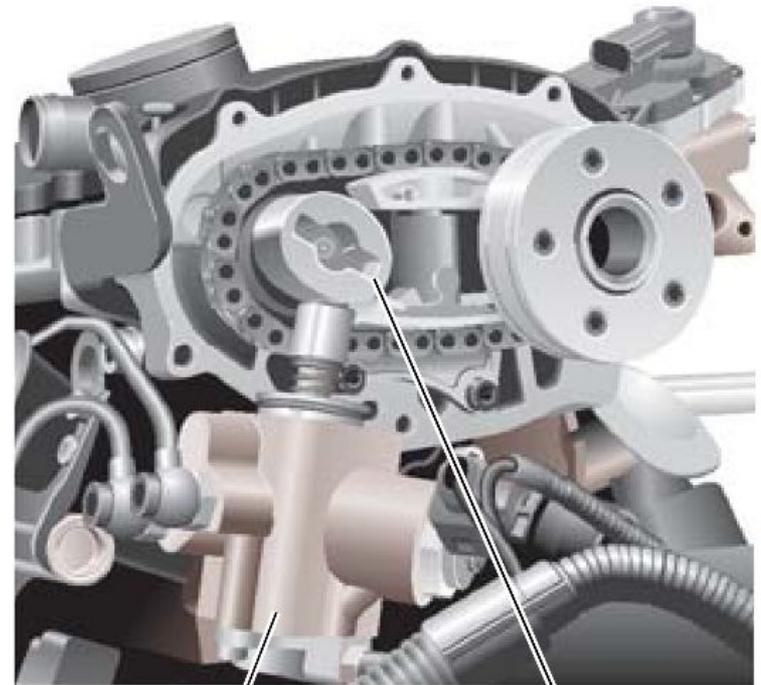
Работа двигателя на гомогенной смеси стехиометрического состава. Двигатель работает на гомогенной смеси стехиометрического состава при выходе на режимы больших нагрузок и высоких частот вращения. Коэффициент избытка воздуха этой смеси равен (согласно определению) единице.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

Элементы системы

В системах непосредственного впрыска используется, помимо, подкачивающего насоса, регулируемый по многопараметровой характеристике одноплунжерный насос, подача которого всегда устанавливается равной расходу топлива через форсунки. Благодаря этому снижаются затраты мощности на привод насоса и соответственно уменьшается расход топлива двигателем.

Его детали имеют антикоррозионное покрытие, защищающее их от действия топлива с содержанием метанола до 10%. Трубопровод для отвода просочившегося вдоль плунжера топлива отсутствует. Это топливо возвращается на сторону впуска по каналу в корпусе насоса.



Топливный насос
высокого давления

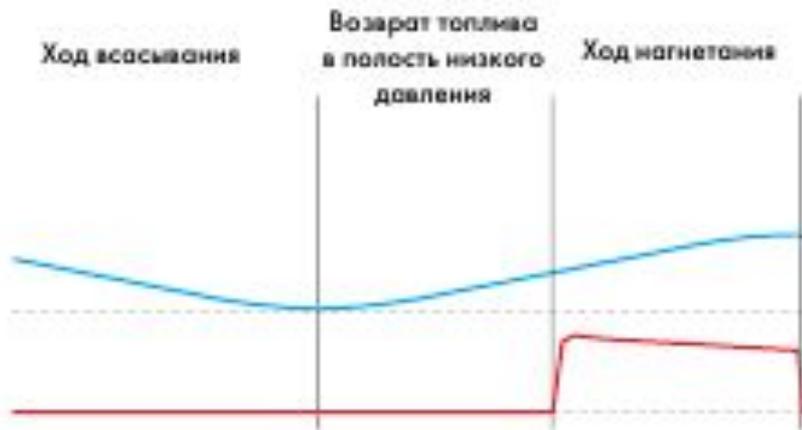
Двойной кулачок

Системы управления непосредственным впрыском топлива

Элементы системы

Топливный насос высокого давления

Регулируемый по многопараметровой характеристике одноплунжерный насос подает всегда столько топлива, сколько его впрыскивается через форсунки. Момент начала подачи топлива плунжером рассчитывается блоком управления двигателем в соответствии с требуемым его расходом.

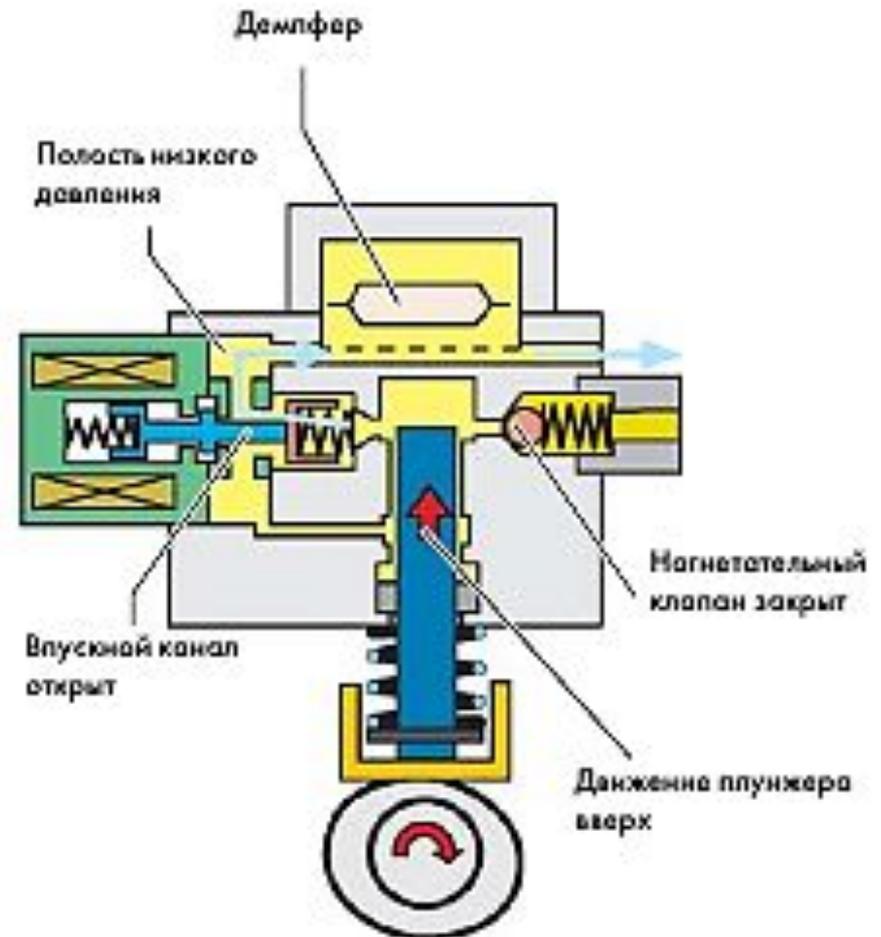


В расчетный момент движения плунжера регулятор давления закрывает впускной клапан, после чего начинается подача топлива к форсункам.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

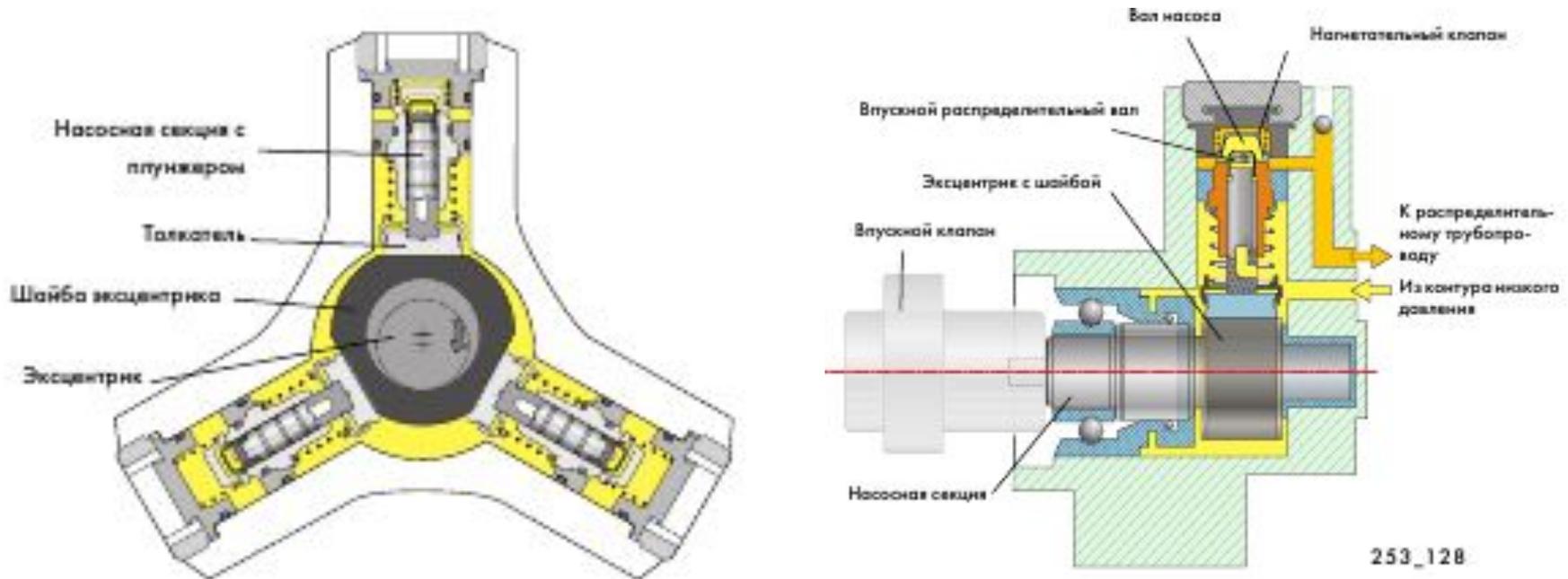
Элементы системы

Чтобы уравнивать подачу топлива насосом с его расходом через форсунки, впускной клапан остается открытым определенное время после начала движения плунжера вверх. Избыточное топливо вытесняется при этом плунжером вновь в полость низкого давления. Создаваемые при этом пульсации давления сглаживаются демпфером в корпусе насоса и дросселем в трубопроводе подвода топлива к нему.



Системы управления непосредственным впрыском топлива

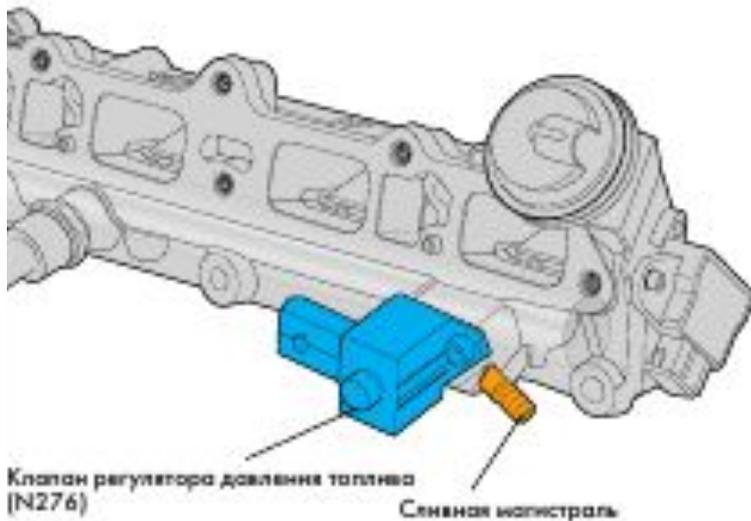
Элементы системы



Вал насоса высокого давления приводится от впускного распределительного вала. На валу насоса предусмотрен эксцентрик с шайбой, которые преобразуют вращение вала в возвратноопустательное движение плунжеров. При движении плунжеров в направлении к валу насоса топливо засасывается в его секции из контура низкого давления. При движении плунжеров в направлении от вала насоса топливо подается в распределительный трубопровод.

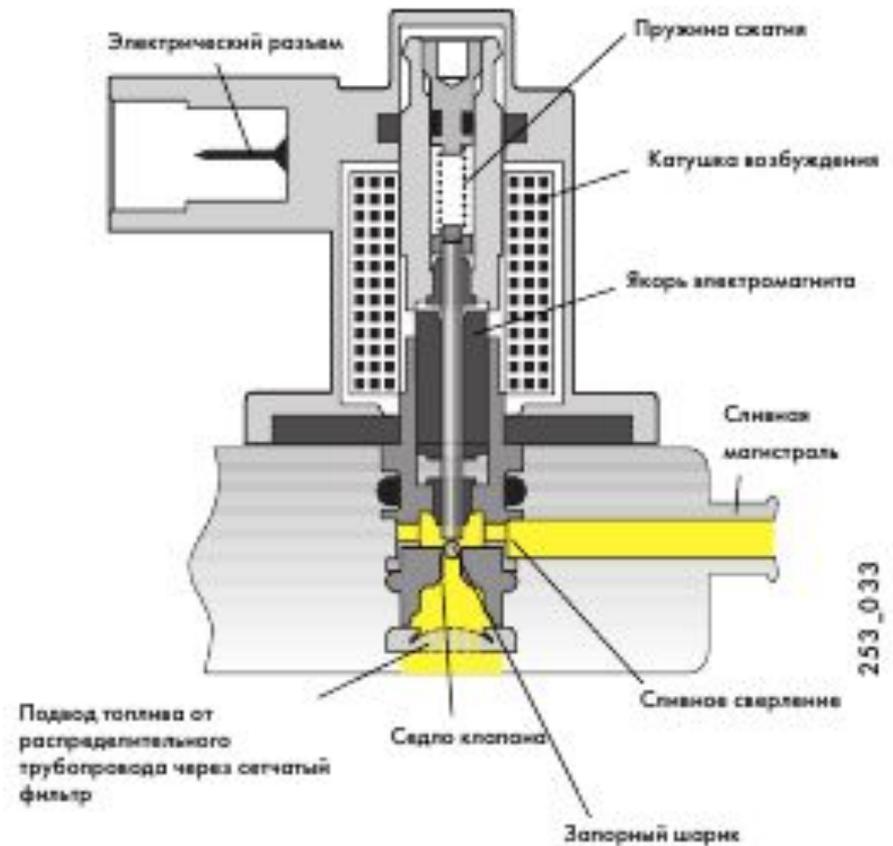
Системы управления непосредственным впрыском топлива

Элементы системы



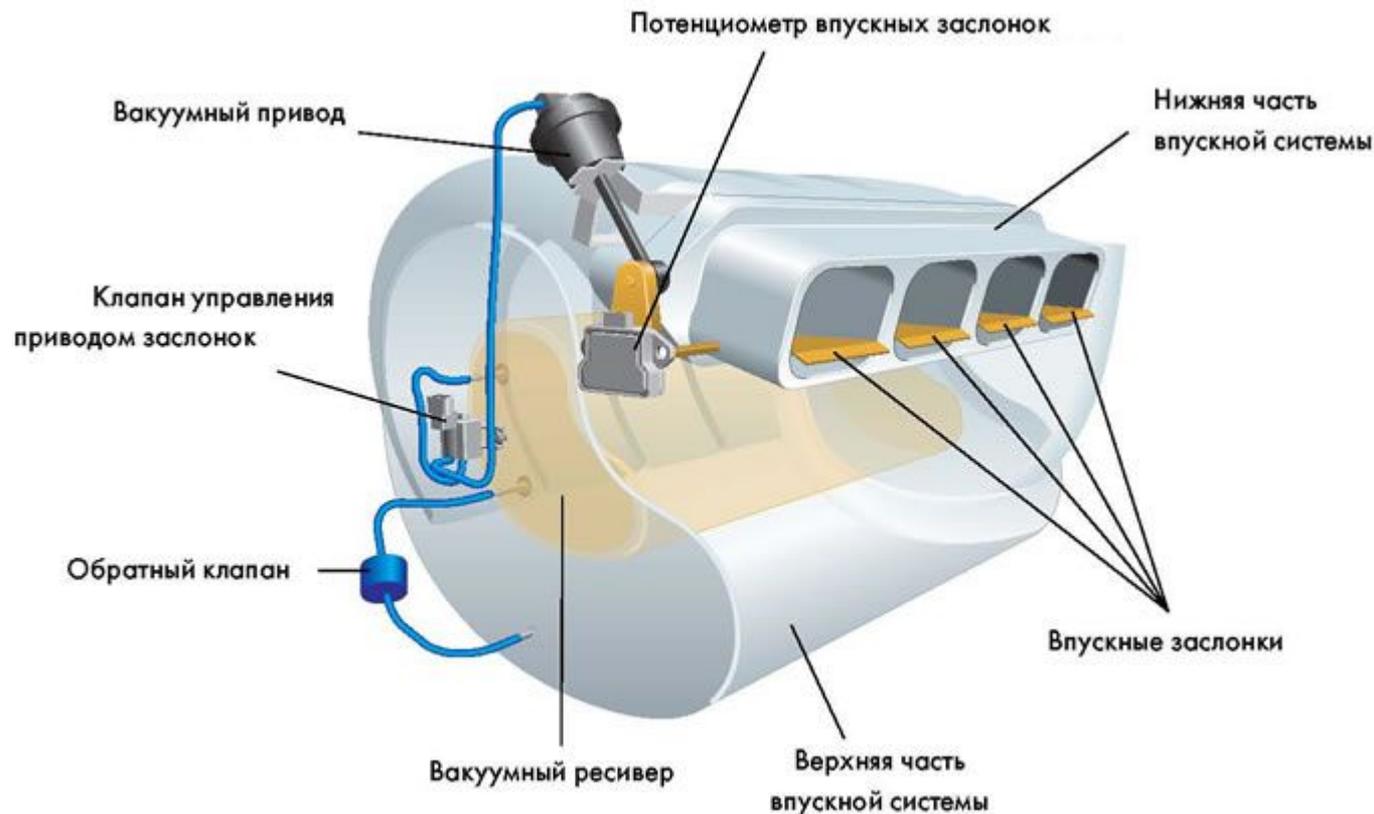
Клапан регулятора давления топлива

Этот клапан установлен на нижней части впускной системы. посредством него распределительный трубопровод сообщается со сливной магистралью, через которую топливо возвращается в бак.



Системы управления непосредственным впрыском топлива

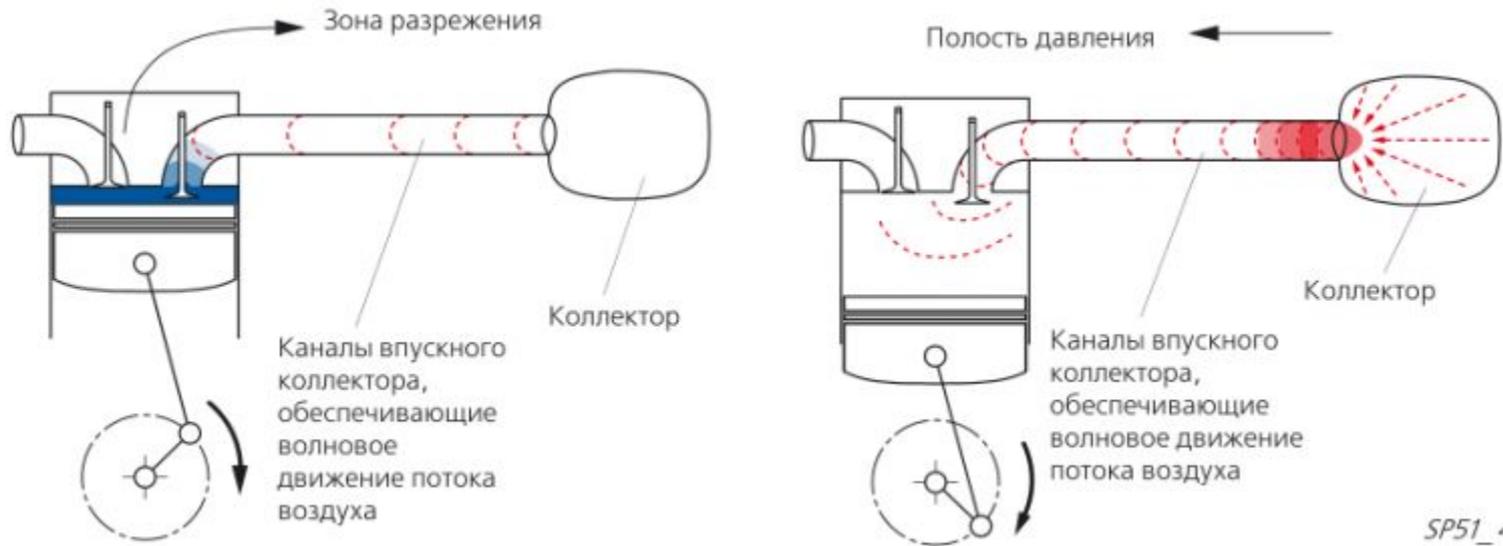
Элементы системы



Впускные заслонки и их привод расположены в нижней и верхней частях впускной системы. Заслонки служат для управления потоками воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, в зависимости от режимов работы двигателя

Системы управления непосредственным впрыском топлива

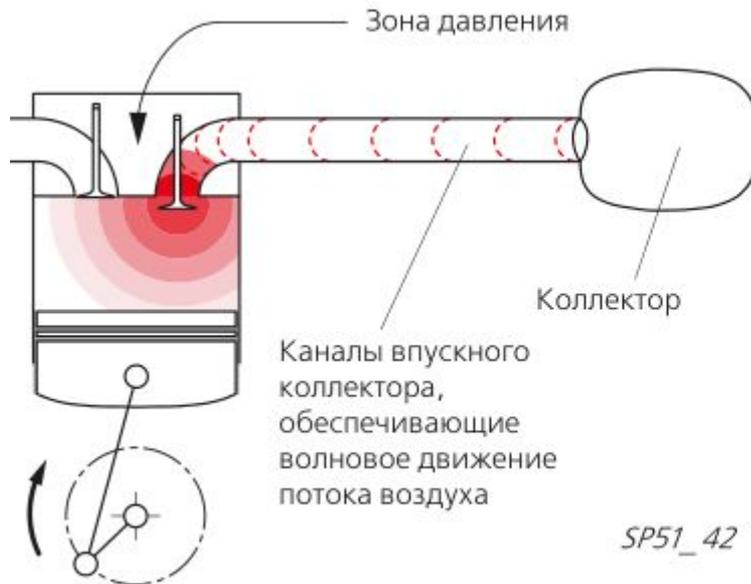
Элементы системы



В процессе работы двигателя во впускном тракте возникают волны – чередующиеся зоны повышенного и пониженного давления. На такте впуска над поршнем создается зона разрежения, засасывающая воздух из впускного тракта. Поскольку воздушный поток имеет определенную массу, после закрытия впускного клапана над ним создается зона повышенного давления.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

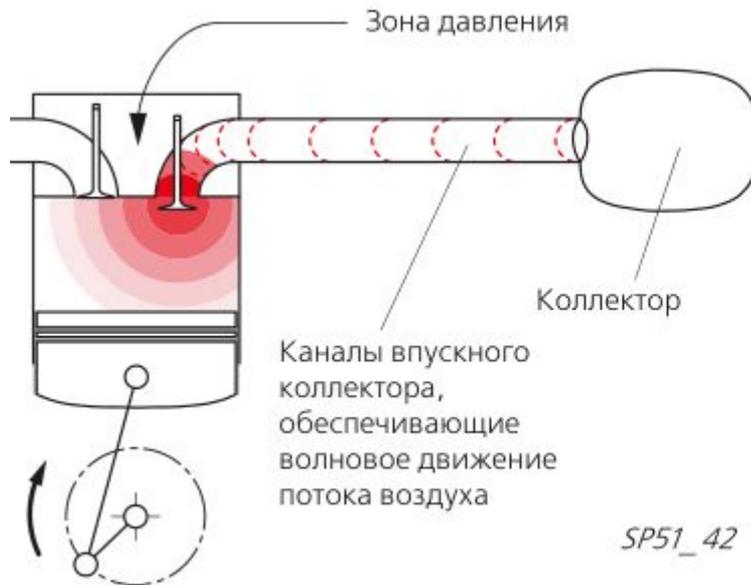
Элементы системы



Движущийся по инерции воздушный поток ударяется о стенки перекрытого отверстия, отражается и движется уже к дроссельной заслонке. Для достижения инерционного наддува следующий момент открытия впускного клапана должен наступить, когда отраженный поток воздуха опять создаст зону повышенного давления перед клапаном.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

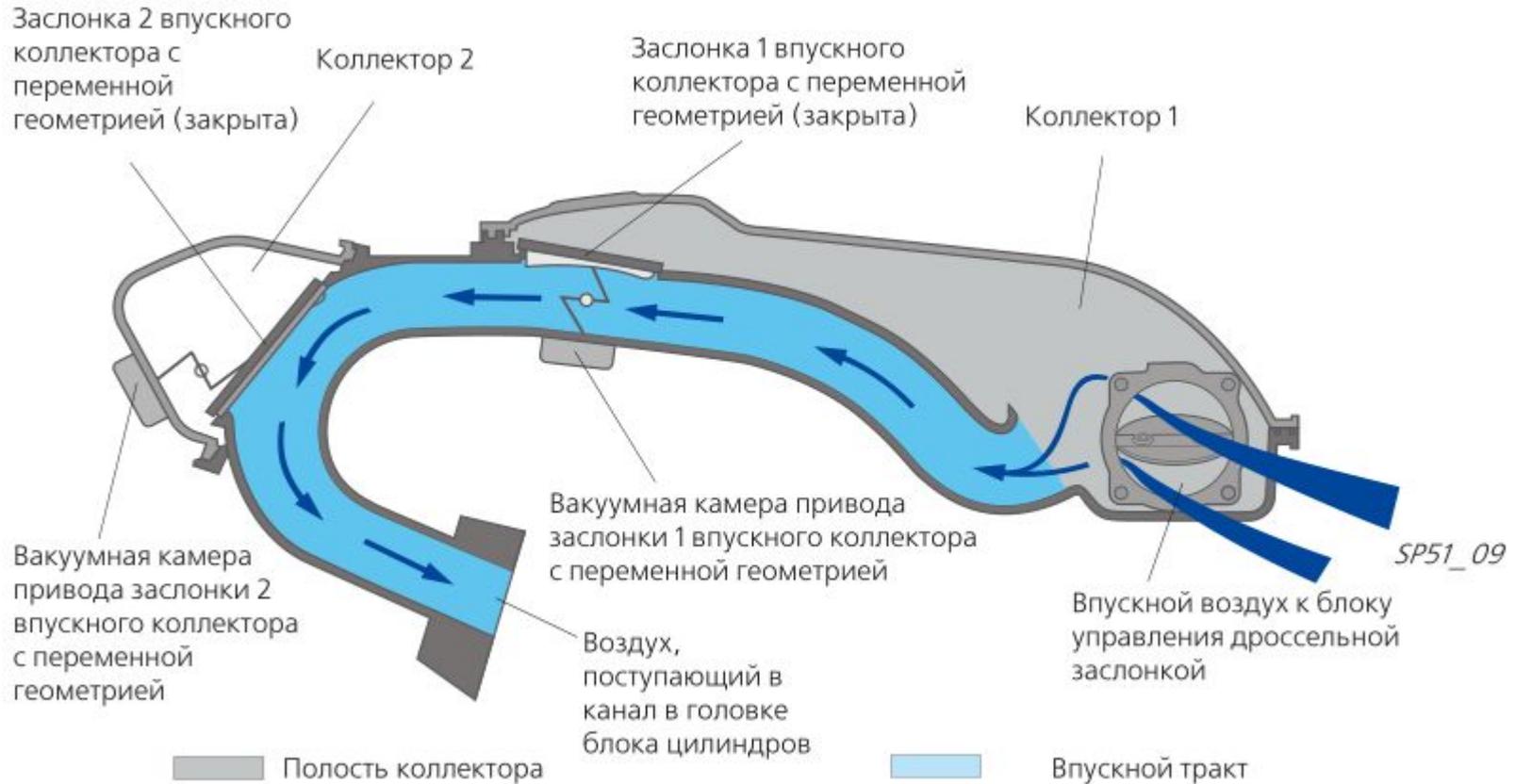
Элементы системы



Чем ниже обороты двигателя, тем длиннее должен быть впускной тракт. При этом небольшое сечение впускных каналов позволяет увеличить скорость движения потока воздуха, что благотворно влияет на перемешивание ТПВС. Чем выше обороты двигателя, тем короче должен быть впускной тракт. Повышение оборотов ведет к увеличению массы воздуха, поступающего в цилиндры за единицу времени. Поэтому в зоне высоких оборотов сечение впускных каналов должно обеспечивать достаточную пропускную способность и не создавать избыточные насосные потери.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

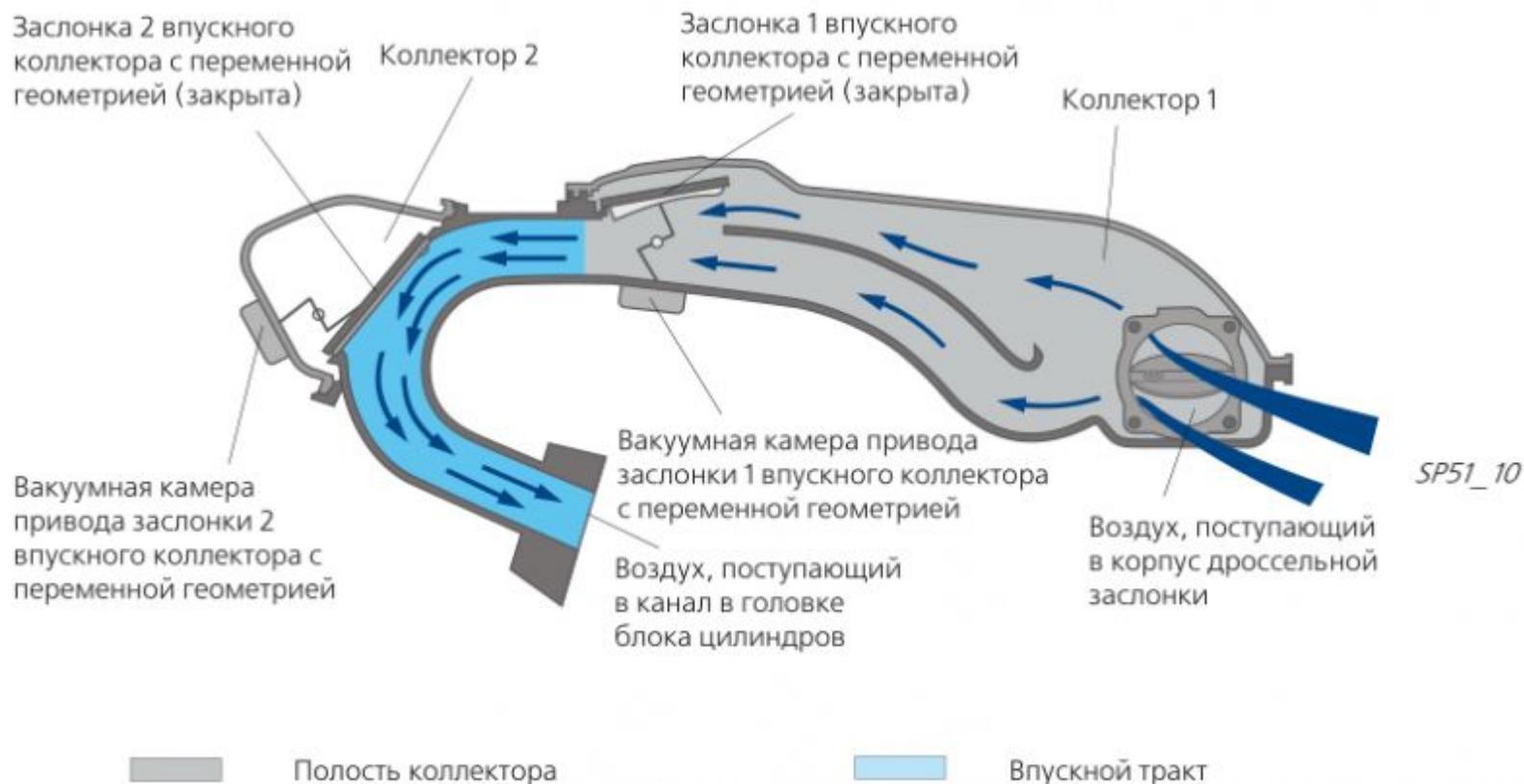
Элементы системы



Заслонки закрыты. Воздух движется по узкому длинному каналу.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

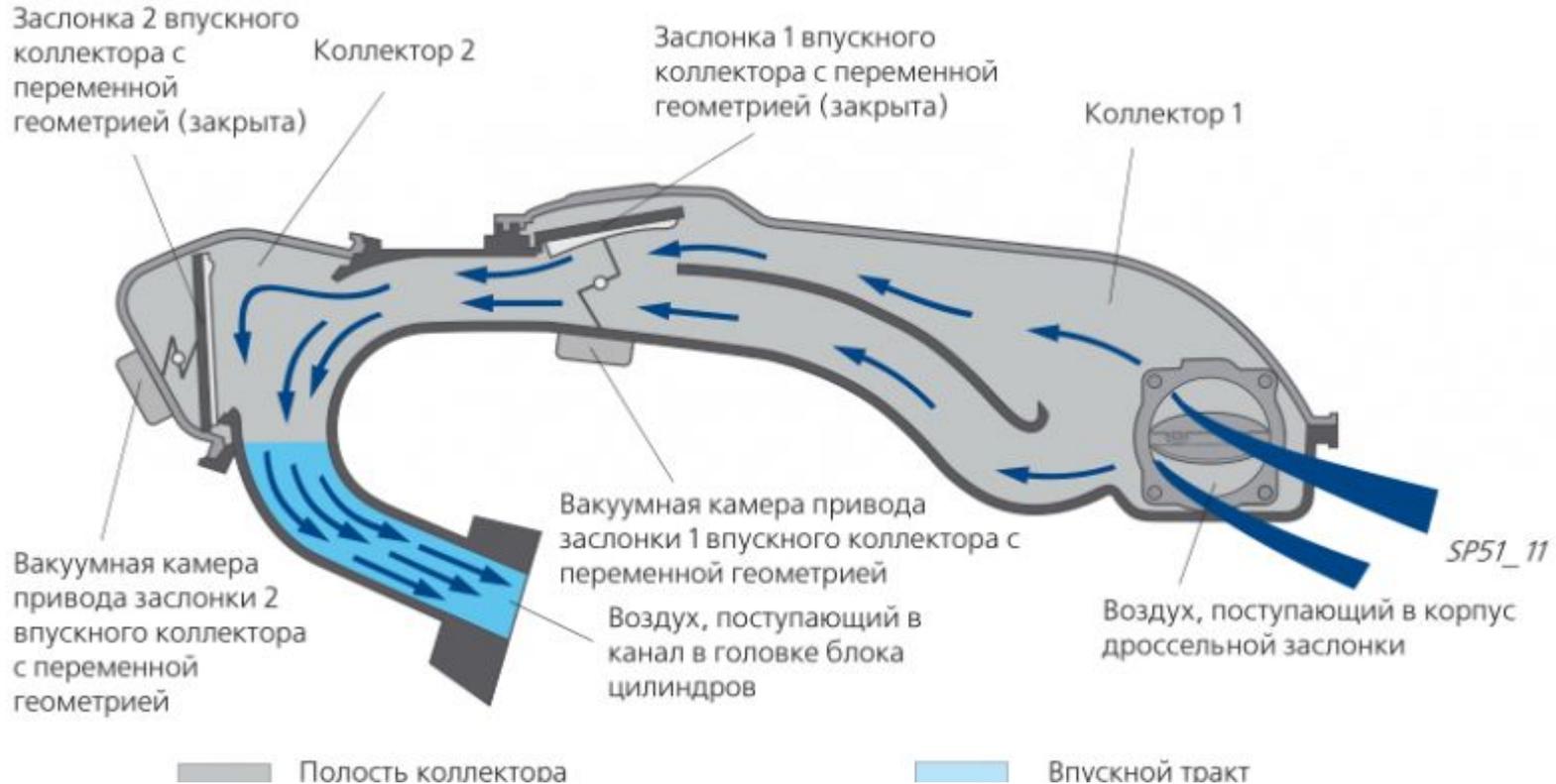
Элементы системы



В режиме работы свыше 4000 об./мин открывается заслонка 1.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

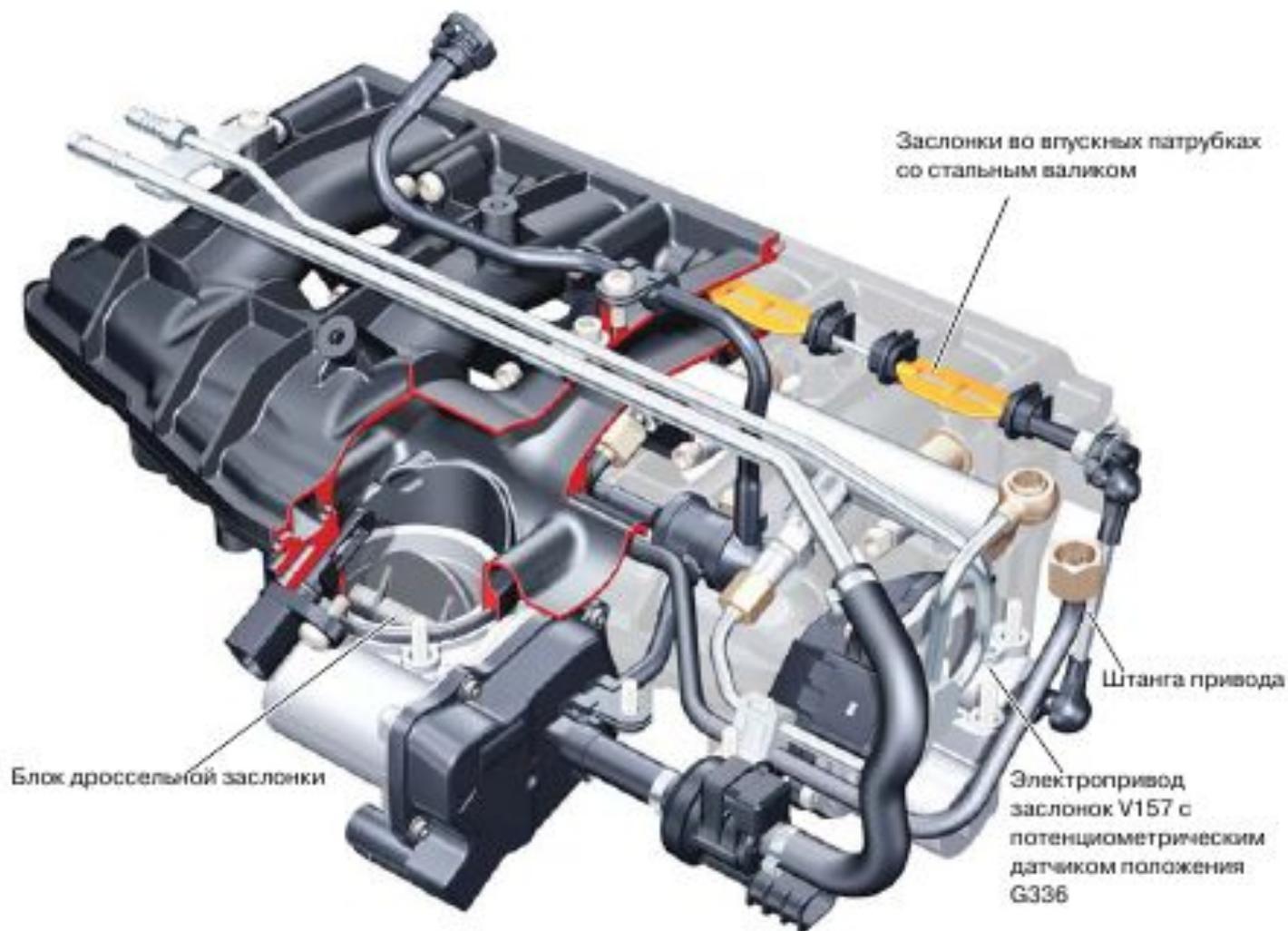
Элементы системы



Обороты двигателя свыше 4800 об./мин. Открытие заслонки 2 позволяет резонировать потоку на небольшой длине, что улучшает наполнение на высоких оборотах.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

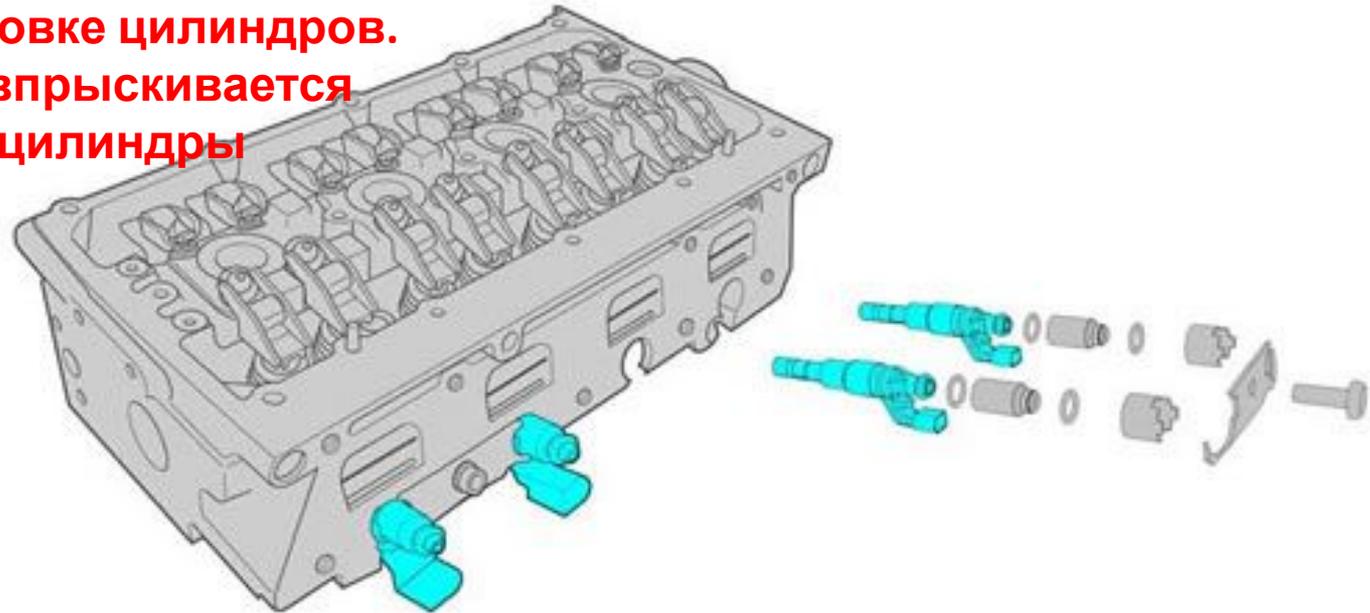
Элементы системы



Системы управления непосредственным впрыском топлива

Элементы системы

Форсунки высокого давления
установлены на головке цилиндров.
Через них топливо впрыскивается
непосредственно в цилиндры
двигателя.



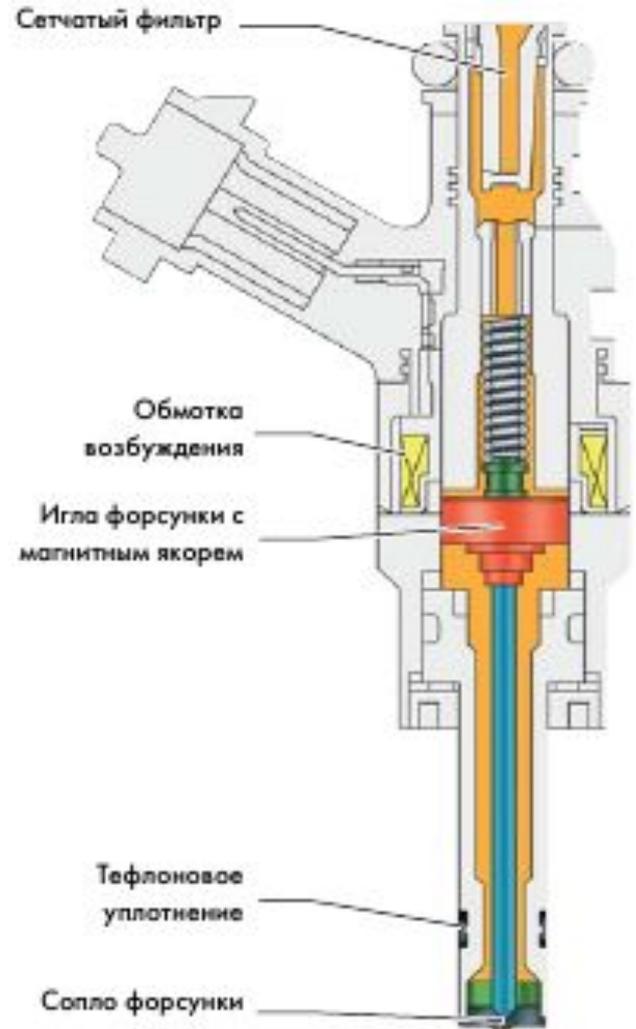
Форсунки должны обеспечивать хорошее распыление топлива в короткий промежуток времени и в нужный для данного процесса смесеобразования момент. При послойном смесеобразовании топливо должно впрыскиваться преимущественно в зону свечи зажигания, а при работе двигателя на гомогенной стехиометрической или бедной смеси впрыскиваемое топливо должно распределяться равномерно по всему объему камеры сгорания.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

Элементы системы

Инжектор

Впрыск топлива начинается после подачи напряжения на обмотку возбуждения форсунки. По действию создаваемого током магнитного поля втягивается якорь форсунки, поднимая ее иглу с седла. В результате производится впрыск топлива через форсунку. При прекращении подачи напряжения на обмотку возбуждения магнитное поле исчезает, а игла форсунки возвращается на седло под действием пружины. Впрыск топлива при этом прекращается.

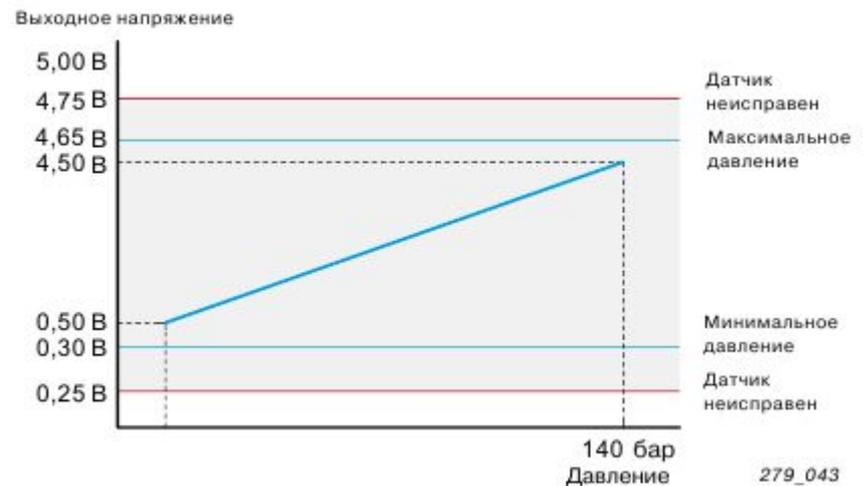
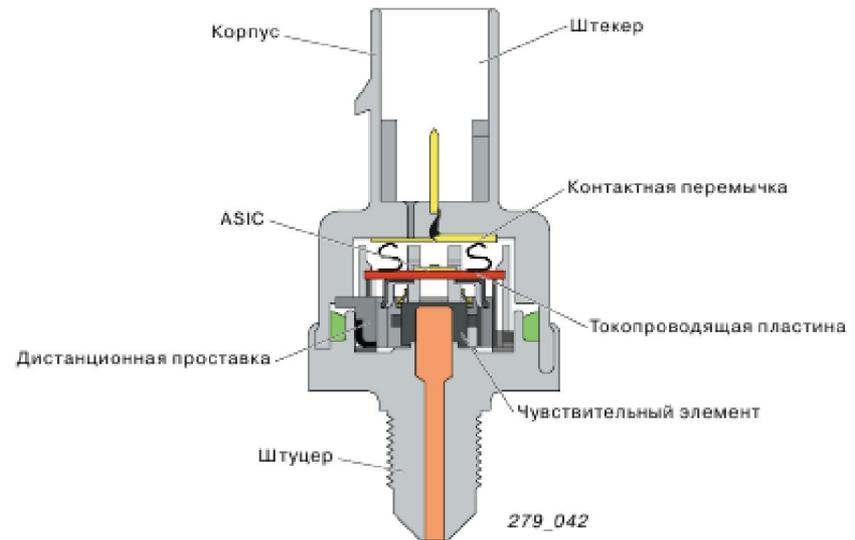


Системы управления непосредственным впрыском топлива

Элементы системы

Датчик давления топлива в рампе

Этот датчик предназначен для измерения давления в топливной рампе. Действующее на датчик давление топлива вызывает соответствующее ему напряжение на выводах датчика, которое передается в качестве входного сигнала в блок управления двигателем и используется для регулирования давления в рампе.

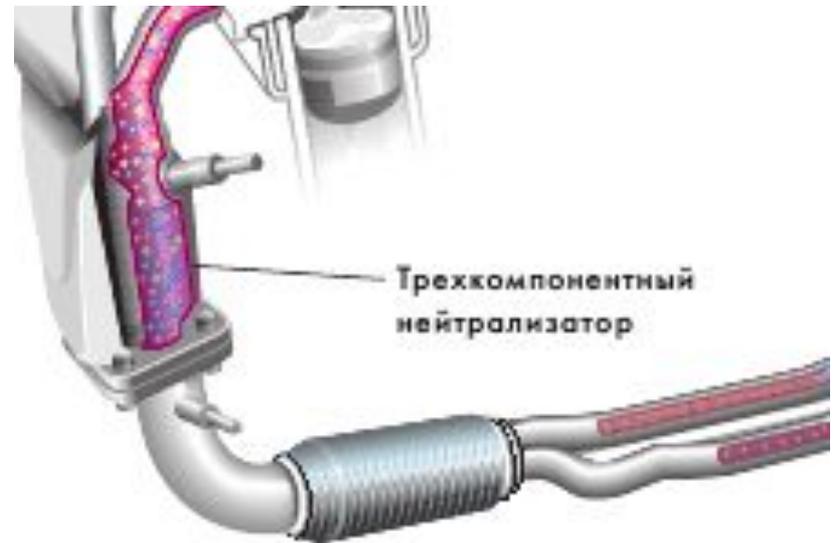


Системы управления непосредственным впрыском топлива

Элементы системы

Предварительный трехкомпонентный нейтрализатор

Этот нейтрализатор встроен в выпускной коллектор. Благодаря близости к двигателю он быстро прогревается до рабочей температуры, при которой начинается очистка отработавших газов. Благодаря этому могут быть выполнены жесткие нормы на выбросы вредных веществ. Нейтрализатор служит для каталитического преобразования образующихся при сгорании вредных веществ в безвредные вещества.



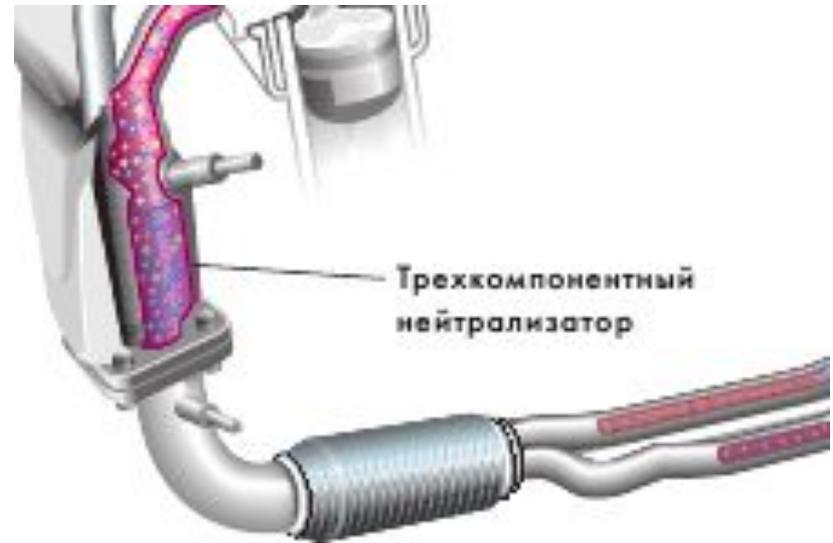
При работе двигателя на гомогенной стехиометрической смеси углеводороды (HC) и оксид углерода (CO) отнимают у оксидов азота (NOx) кислород (O), окисляясь до воды (H₂O) и диоксида углерода (CO₂). При этом оксиды азота восстанавливаются до азота (N₂).

Системы управления непосредственным впрыском топлива

Элементы системы

При работе двигателя на бедных смесях

Углеводороды (НС) и оксид углерода (СО) окисляются кислородом (О₂), содержащимся в избытке в отработавших газах. При этом кислород у оксидов азота (NO_x) не отнимается. Поэтому при работе на бедных смесях трехкомпонентный нейтрализатор не может восстанавливать оксиды азота. Последние проходят через трехкомпонентный нейтрализатор и направляются в нейтрализатор накопительного типа.

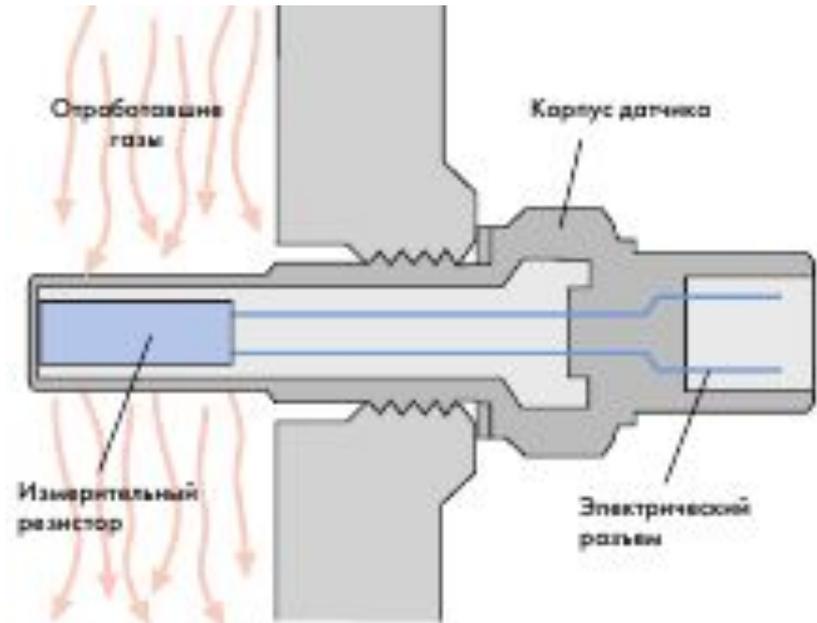


Системы управления непосредственным впрыском топлива

Элементы системы

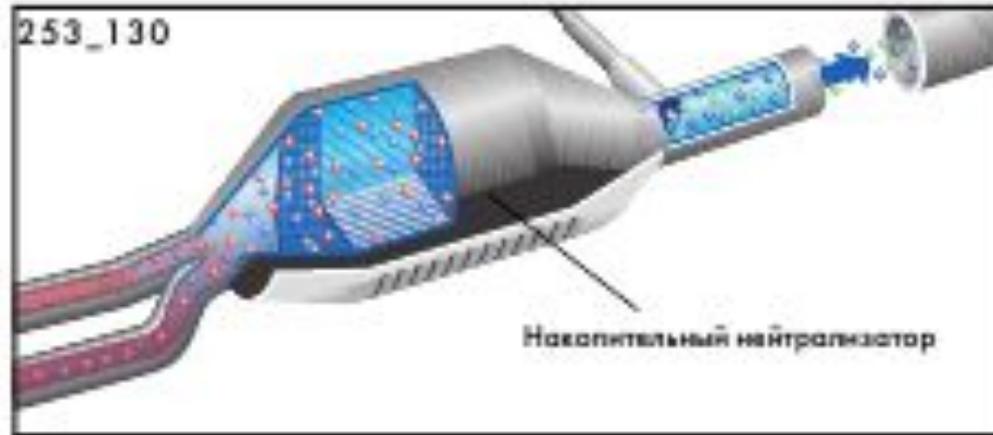
Датчик температуры отработавших газов

Этот датчик установлен непосредственно перед накопительным нейтрализатором. По сигналу этого датчика определяется работоспособность накопительного нейтрализатора NO_x и оптимизируются его функции. Помимо этого получаемые посредством этого датчика данные используются для определения теплового состояния предварительного нейтрализатора, поддержки температурной модели системы выпуска, а также для защиты ее компонентов от перегрева.



Системы управления непосредственным впрыском топлива

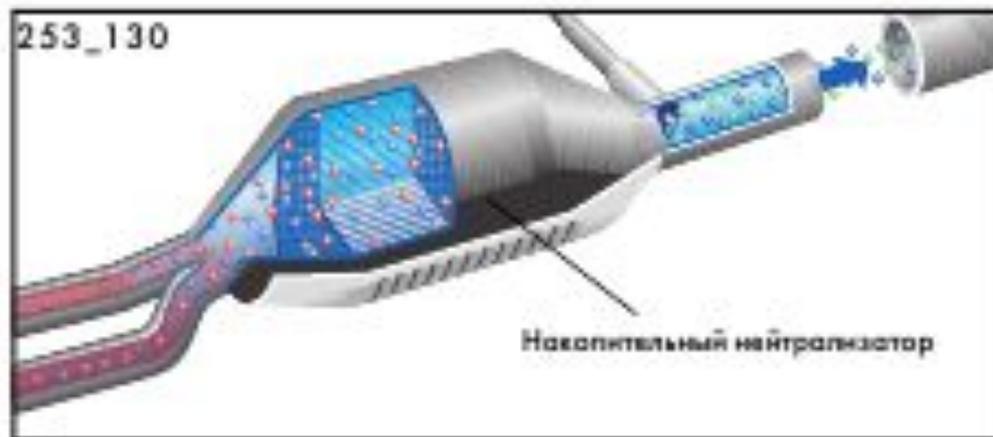
Элементы системы



При работе двигателя на гомогенной стехиометрической смеси **накопительный нейтрализатор** работает как обычный трехкомпонентный нейтрализатор. При работе двигателя на бедных послойной и гомогенной смесях этот нейтрализатор не может преобразовывать оксиды азота обычным способом. Но он способен их удерживать. Как только количество удержанных оксидов азота достигает предельного для данного нейтрализатора значения, двигатель переводится на режим регенерации. Следует при этом учитывать, что содержащаяся в топливе сера также может удерживаться нейтрализатором, занимая место оксидов азота, с которыми она имеет химическое родство.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

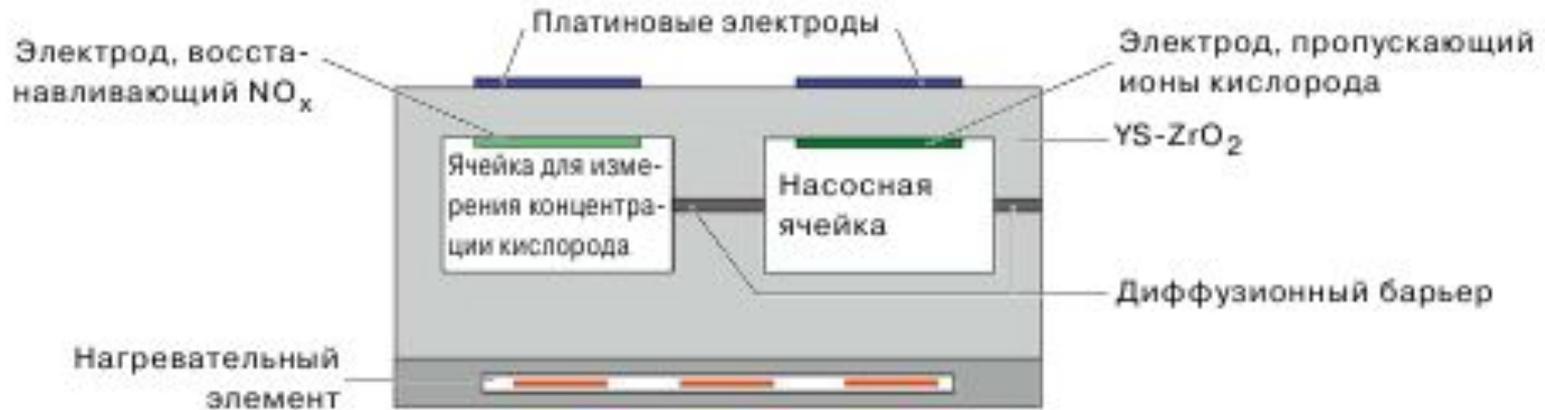
Элементы системы



В накопительном нейтрализаторе помимо трех прослоек из платины, родия и палладия предусмотрена четвертая прослойка из оксида бария. Эта прослойка способна связывать оксиды азота при работе двигателя на бедных смесях. Процесс связывания оксидов азота начинается с их преобразования в диоксид азота в присутствии платины и завершается реакцией, в результате которой оксид бария переводится в нитрат бария. **Регенерация** производится за счет молекул CO, которые в избытке образуются при работе двигателя на богатых смесях. Сначала нитрат бария вновь окисляется до оксида бария с помощью оксида углерода. В процессе этой реакции образуются также диоксид углерода и оксид азота. В присутствии родия и платины оксиды азота

Системы управления непосредственным впрыском топлива

Элементы системы

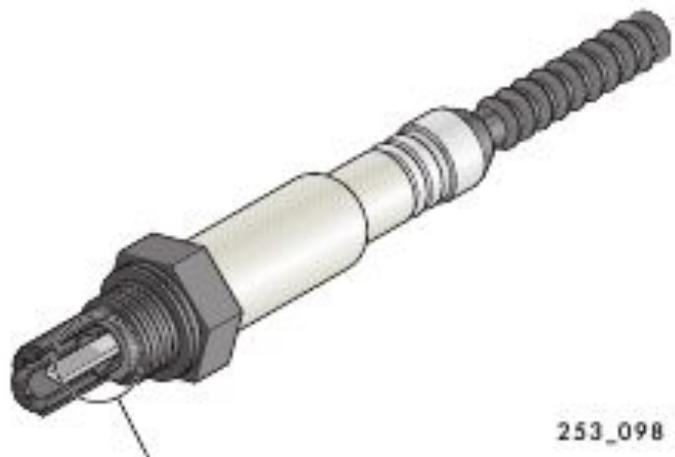


Датчик оксидов азота

Этот датчик установлен после накопительного нейтрализатора. Принцип его действия аналогичен принципу действия широкополосного датчика кислорода. Первая (насосная) ячейка настроена на концентрацию кислорода, соответствующую стехиометрическому составу смеси (14,7 кг воздуха на 1 кг топлива). Коэффициент избытка воздуха определяется при этом по величине потока ионов через твёрдый электролит между электродами. Затем поток газов проходит через диффузионный барьер в следующую ячейку, в которой оксиды азота восстанавливаются на активном электроде до кислорода O₂ и азота N₂. Концентрация оксидов азота определяется при этом по величине потока ионов кислорода через твёрдый электролит.

Системы управления непосредственным впрыском топлива

Элементы системы



Внешний вид датчика оксидов азота