

Управление бензиновыми
двигателями

Robert Bosch GmbH

Необходимость создания экономичных и экологически приемлемых автомобилей, которые при этом удовлетворяют требованиям высоких эксплуатационных характеристик, влечёт за собой приложении огромных усилий для разработки современных концепций двигателей. Отправной точкой в этом отношении являются принятие в середине 80-х годов жёстких норм по снижению эмиссии вредных веществ с отработавшими газами двигателей и внедрение трёхкомпонентных каталитических нейтрализаторов.

В дальнейшем требования по повышению топливной экономичности автомобилей привели к созданию систем впрыска бензина во впускной коллектор и к непосредственному впрыску бензина, что позволяло в перспективе обеспечить снижение расхода топлива до 20%.

Настоящее «жёлтое» Руководство касается технических концепций, применяемых в сочетании с требованиями, предъявляемыми к современным двигателям, объясняя принципы их работы.

В другом Руководстве «Управление бензиновыми двигателями. Система Motronic» даётся объяснение взаимодействия между этими концепциями и современными разомкнутыми и замкнутыми системами управления в форме Motronic.

4	Основы работы бензиновых двигателей внутреннего сгорания (ДВС)	54	Непосредственный впрыск бензина
4	Принцип работы	54	Обзор
7	Крутящий момент и мощность	55	Принцип работы
8	КПД двигателя	56	Топливный коллектор
		56	Топливный насос высокого давления (ТНВД)
10	Управление бензиновыми двигателями	58	Регулятор давления топлива
10	Технические требования	59	Датчики давления в топливном коллекторе
12	Управление наполнением цилиндров	60	Форсунка высокого давления
14	Образование топливовоздушной смеси	62	Процесс сгорания
18	Зажигание	63	Образование топливовоздушной смеси
20	Системы управления наполнением цилиндров	64	Модели состава топливовоздушной смеси на рабочих режимах двигателя
20	Управление подачей воздуха	66	Зажигание
22	Переменные фазы газораспределения	66	Обзор
25	Рециркуляция отработавших газов (EGR)	66	Развитие систем зажигания
26	Динамический наддув	68	Катушка зажигания
29	Механический наддув	68	Обзор
30	Турбонаддув	68	Задающий каскад зажигания
33	Промежуточное охлаждение наддувочного воздуха	69	Катушка зажигания
34	Обзор систем впрыска бензина	70	Распределение высокого напряжения
34	Обзор	71	Свечи зажигания
36	Подача топлива	72	Электрические соединения и устройства подавления помех
36	Обзор	73	Напряжение зажигания
37	Подача топлива при впрыске во впускной коллектор	73	Энергия зажигания
39	Контур низкого давления при непосредственном впрыске бензина	75	Момент зажигания (угол опережения зажигания)
41	Система улавливания паров топлива	76	Каталитические нейтрализаторы для снижения эмиссии вредных веществ
42	Электрический топливopодкачивающий насос	76	Обзор
44	Топливный фильтр	76	Каталитический нейтрализатор окислительного типа
45	Топливный коллектор	77	Трёхкомпонентный каталитический нейтрализатор
45	Регулятор давления топлива	80	Каталитический нейтрализатор NO _x аккумуляторного типа
46	Демпфер давления топлива	82	Контур управления с кислородным датчиком (лямбда-зонд)
46	Топливный бак	84	Нагревание каталитического нейтрализатора
46	Топливные линии	86	Аббревиатуры
48	Впрыск топлива во впускной коллектор		
48	Обзор		
49	Принцип работы		
50	Электромагнитные топливные форсунки		
52	Виды впрыска топлива		

заслонки, осуществляющие в функции рабочего режима двигателя различные регулировки, такие как:

- Регулирование длины резонансных впускных патрубков;
- Переключение между впускными патрубками различной длины и диаметра;
- Выборочное выключение из работы одного из нескольких впускных патрубков;
- Переключение резонансных камер различного объёма.

В системах с изменяемой геометрией впускных каналов для указанного переключения используются заслонки с электрическими или электропневматическими приводами.

Рис. 10

- 1 Переключающая заслонка
- 2 Воздушная камера впускного коллектора
- 3 Переключающая заслонка закрыта - работают длинные и узкие (малого диаметра) впускные патрубки
- 4 Переключающая заслонка открыта - работают короткие и широкие (большого диаметра) впускные патрубки
- a Геометрия впускного коллектора при закрытой переключающей заслонке
- b Геометрия впускного коллектора при открытой переключающей заслонке

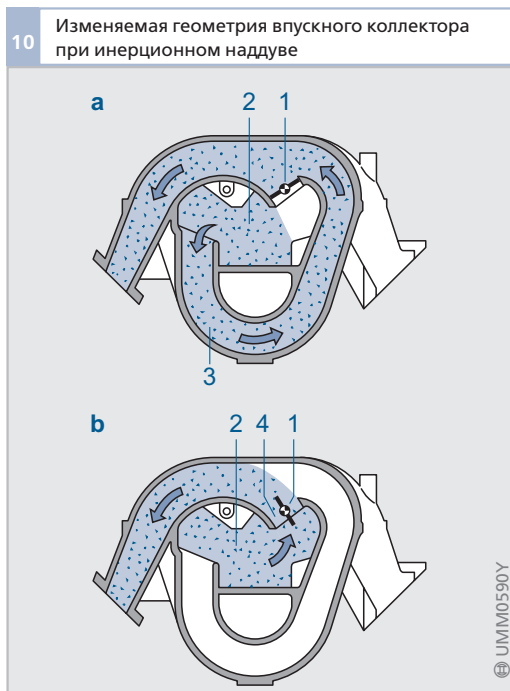
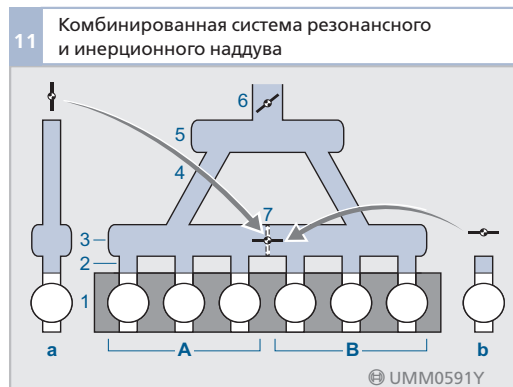


Рис. 11

- 1 Цилиндры
- 2 Короткий впускной патрубок
- 3 Резонансная камера
- 4 Настраиваемый (резонансный) впускной патрубок
- 5 Камера впускного коллектора
- 6 Дроссельная заслонка
- 7 Переключающая заслонка
- A Группа цилиндров A
- B Группа цилиндров B
- a Впускной коллектор при закрытой переключающей заслонке
- b Впускной коллектор при открытой переключающей заслонке



Изменяемая геометрия впускного коллектора при инерционном наддуве

Изменяемая геометрия впускного коллектора, показанная на рис. 10, может осуществлять переключение между двумя разными впускными патрубками. В диапазоне низких частот вращения переключающая заслонка 1 закрыта, поток воздуха на впуске поступает в цилиндры по длинному впускному патрубку 3. На высоких частотах вращения переключающая заслонка открывается, и поток воздуха протекает через короткий впускной патрубок большого диаметра 4, увеличивая наполнение цилиндров на этом скоростном режиме.

Изменяемая геометрия впускного коллектора при резонансном наддуве

Открытие резонансной заслонки включает в работу дополнительный резонансный впускной трубопровод. Изменяемая геометрия такой конфигурации влияет на собственную частоту колебаний потока во впускной системе. В результате достигается улучшение наполнения цилиндров в области низких частот вращения двигателя.

Комбинированная система резонансного и инерционного наддува

Когда конструкция впускной системы позволяет при открытии переключающей заслонки (7 на рис. 11) объединять обе резонансные камеры 3 в одну камеру с общим объёмом, то можно говорить о комбинированной системе резонансного и инерционного наддува. Общая воздушная камера с высокой резонансной частотой колебаний потока работает с короткими впускными патрубками 2.

При работе на низких и средних значениях частоты вращения двигателя переключающая заслонка закрывается, и система работает в режиме резонансного наддува. Низкая резонансная частота определяется в этом случае длинными впускными патрубками 4.

Впрыск топлива во впускной коллектор

Образование топливовоздушной смеси в двигателях с впрыском топлива во впускной коллектор происходит непосредственно в нём, а не в камере сгорания. Со времени своего появления на рынке эти двигатели вместе с системой управления были существенно модернизированы. Прекрасные характеристики по дозированию топлива позволили им полностью вытеснить карбюраторные двигатели, которые также работают с внешним образованием топливовоздушной смеси.

Обзор

К современным автомобилям для соответствия последним достижениям науки и техники предъявляются очень высокие требования, в частности, касающиеся плавности работы и состава отработавших газов. Это приводит к жёстким требованиям по составу топливовоздушной смеси. Кроме очень точного (прецизионного) дозирования массы впрыскиваемого топлива в функции количества воздуха, поступающего в двигатель, необходимо также обес-

печивать, чтобы впрыск топлива происходил в точно заданный момент времени. Непосредственным результатом введения жёстких законодательных норм эмиссии вредных выбросов с отработавшими газами явились серьёзные шаги по развитию современных топливных систем. Такая топливная система должна обеспечивать перемежающийся (прерывистый) и индивидуальный для каждого цилиндра впрыск топлива непосредственно на впускные клапаны (рис. 1).

Механически управляемые системы постоянного многоточечного впрыска, как и системы одноточечного впрыска (англ. TBI) с одной форсункой, которая впрыскивает топливо во впускной коллектор перед дроссельной заслонкой, уже не соответствуют предъявляемым требованиям и в качестве топливных систем применяться не могут.

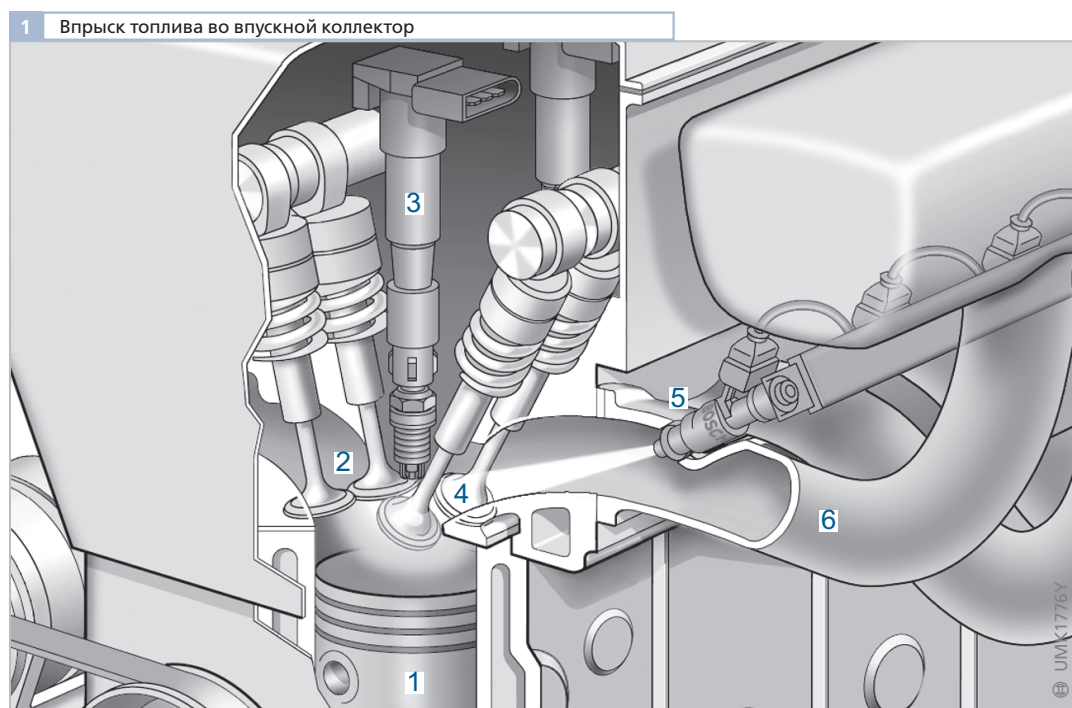


Рис. 1
1 Цилиндр с поршнем
2 Выпускные клапаны
3 Свеча зажигания с индукционной катушкой
4 Впускные клапаны
5 Форсунка
6 Впускной коллектор

Непосредственный впрыск бензина

В двигателях с непосредственным впрыском бензина образование топливоздушной смеси происходит в камере сгорания. Во время такта впуска в цилиндр через открытый впускной клапан поступает только воздух, а топливо впрыскивается специальными форсунками непосредственно в цилиндры.

Обзор

Требование достижения высокой мощности двигателей при низком расходе топлива привело к «реанимации» системы непосредственного впрыска бензина («re-discovery» – повторному открытию). Ещё в далёком 1937 году был создан авиационный двигатель с механической системой непосредственного впрыска бензина. В 1952 году был создан первый серийный легковой автомобиль «Gutbrod» с механической системой непосредственного впрыска бензина, а следом за ним в 1954 году «Mercedes SL».

В то время проектирование и изготовление двигателя с непосредственным впрыском бензина было делом очень сложным. Более того, такая технология предъявляла очень высокие требования к используемым материалам. Другой проблемой было обеспечение достаточного срока службы двигателя.

Все эти обстоятельства длительное время не допускали прорыва в создании двигателей с непосредственным впрыском бензина.

1 Компоненты системы непосредственного впрыска бензина

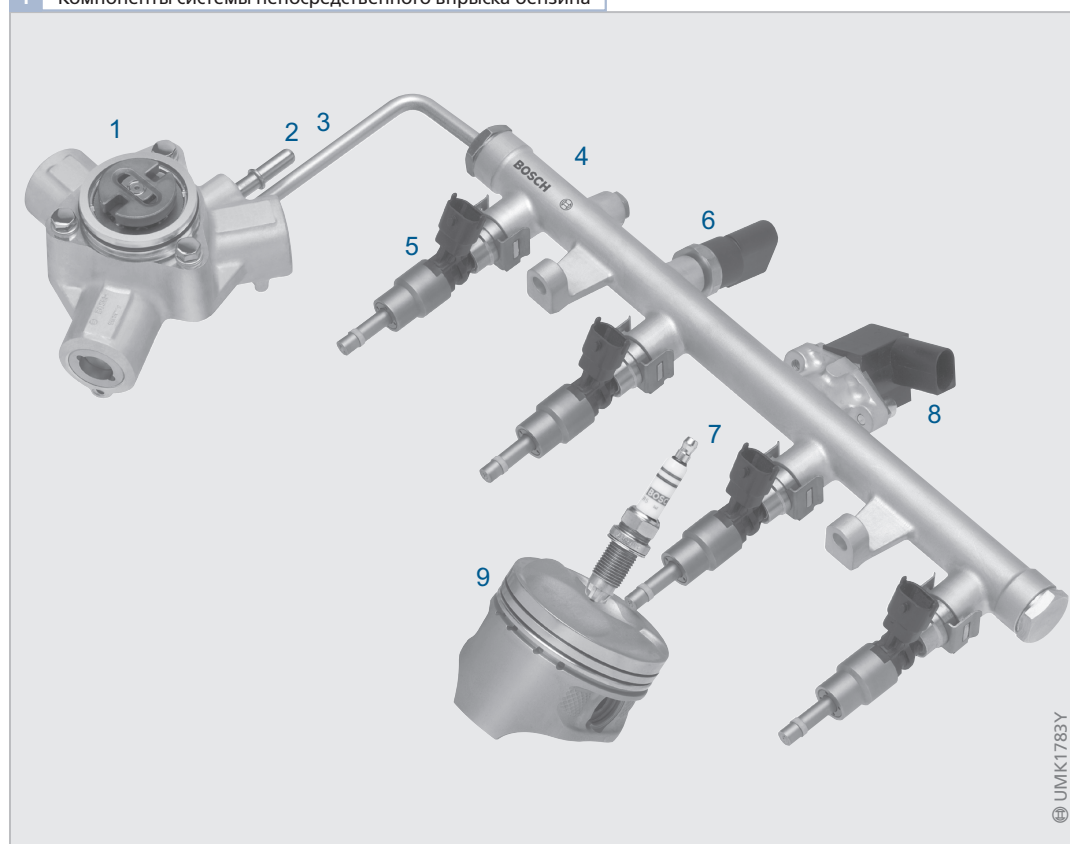


Рис. 1

- 1 Топливный насос высокого давления (ТНВД)
- 2 Соединение с линией низкого давления топлива
- 3 Линия высокого давления топлива
- 4 Топливный коллектор
- 5 Форсунки высокого давления топлива
- 6 Датчик высокого давления топлива
- 7 Свеча зажигания
- 8 Регулятор давления топлива
- 9 Поршень

Устройство и конструкция

Каталитический нейтрализатор (рис. 3) состоит из стального корпуса 6, носителя (подложки) 5 и активного каталитического покрытия из благородных металлов 4.

Носитель (подложка)

Применяются два типа носителей – керамические и металлические монолиты.

Керамические монолиты

Керамические монолиты представляют собой керамические тела, содержащие тысячи узких каналов, через которые проходит поток отработавших газов. Керамика состоит из термостойкого магнево-алюминиевого силиката. Монолит, который чрезвычайно чувствителен к механическим напряжениям, закрепляется внутри металлического корпуса посредством минерального объёмного материала (типа матов) 2, который при первом нагревании расширяется, надёжно фиксируя монолит в данном положении. В то же самое время этот материал обеспечивает стопроцентное уплотнение для газов. Керамические монолиты наиболее часто используются как основание для каталитических покрытий.

Металлические монолиты

Металлический монолит (металлический каталитический преобразователь) является альтернативой керамическому монолиту. Он изготавливается из гофрированной тонкой металлической фольги толщиной 0,05 мм, которая сворачивается и закрепляется в процессе высокотемпературной пайки. Бла-

годаря тонким стенкам на одной и той же площади может размещаться значительно больше каналов, что означает меньшее сопротивление потоку отработавших газов. Это, в свою очередь, очень важно для мощных современных двигателей.

Покрытие

Керамические и металлические монолиты требуют подложки из оксида алюминия Al_2O_3 , абсорбционного слоя («Washcoat») 4. Это покрытие служит для увеличения эффективной каталитической поверхности практически в 7000 раз. В каталитическом нейтрализаторе окислительного типа каталитическое покрытие, наносимое на подложку, содержит благородные металлы платину и/или палладий. В трёхкомпонентных каталитических нейтрализаторах применяется также родий. Платина и палладий ускоряют окисление углеводородов CH и оксида углерода. Родий ускоряет снижение концентрации оксидов азота NO_x .

В зависимости от рабочего объёма двигателя содержание благородных металлов в каталитическом нейтрализаторе составляет 1...3 грамма.

Эксплуатационные условия

Рабочая температура

Температура в каталитическом катализаторе играет решающую роль в эффективности процесса снижения вредных выбросов. Реальное преобразование токсичных компонентов в трёхкомпонентном каталитическом нейтрализаторе начинается только после достижения температуры $300^\circ C$. Идеальной с

Рис. 3

- 1 Кислородный датчик
- 2 Объёмный слой минерального материала
- 3 Теплоизоляционный двойной слой
- 4 Подложка Al_2O_3 с покрытием из благородных металлов
- 5 Монолит
- 6 Корпус

