



Устройство двигателей Audi

Audi постоянно технически развивает и совершенствует двигатели своих автомобилей для повышения их эффективности. Также важно вызывать ещё больше восхищения от автомобиля у клиента. Уже из одного этого следует необходимость широкого спектра различных двигателей для различных запросов и различных вариантов автомобилей. К этому добавляются и специфические особенности различных рынков.

Много лет Audi рассказывает о технических новинках в своих двигателях в программах самообучения. Их цель состоит, прежде всего, в том, чтобы дать сотрудникам сервиса общее представление о многочисленных нововведениях и процессах, выходящее за пределы простых указаний по выполнению тех или иных операций, приводимых в руководствах по ремонту.

Учебные курсы по силовым агрегатам

Предлагаемая программа самообучения является дополнением к предыдущим программам. На её страницах объясняются технические основы устройства и работы двигателей Audi. Кроме того, в ней рассказывается о многих отдельных системах двигателей.



В этой программе самообучения имеются так называемые QR-коды, которые позволяют открывать дополнительные интерактивные формы представления материала (например, анимации), подробнее см. в разделе «Информация по кодам QR» на стр. 123.

Тренинг для экспертов

ATE 219 P.1 4-цил. бензиновые двигатели серии EA211	ATE 231 P.1 Audi g-tron	ATE 226 P.1 Двигатель TDI 1,6/2,0 л серии EA288
ATE 218 P.1 4-цил. бензиновые двигатели серии EA888 пок. 3		ATE 225 P.1 Двигатель TDI V6 3,0 л пок. 2/Biturbo
ATE 217 P.1 Двигатель TFSI 4,0 л V8		ATE 224 P.1 Двигатель TDI 6,0 л V12
ATE 216 P.1 Двигатель TFSI 2,5 л		ATE 223 P.1 Двигатель TDI 4,2 л V8 Common Rail
ATE 215 P.2 Двигатель W12		ATE 222 P.1 Двигатель TDI 3,0 л clean-diesel
ATE 214 P.1 TDI 3,0 л V6		
ATE 213 P.1 Серия V-образн. двигателей Audi		
ATE 212 P.2 4-цил. двигатели серии EA111		
ATE 211 P.1 4-цил. двигатели серии EA888		

Расширенный курс обучения

ATA 211 P.2 Бензиновые двигатели с впрыском топлива	ATA 222 P.2 Системы впрыска топлива Дизельный двигатель
ATA 201 P.2 Принципы устройства бензиновых и дизельных ДВС	

626_086

Цели данной программы самообучения

Эта программа самообучения рассказывает о принципах устройства двигателей, устанавливаемых на автомобили Audi. Содержащийся в ней материал является основой учебного курса ATA 201 P.2. После прочтения этой программы самообучения читатель будет в состоянии ответить на следующие вопросы:

- ▶ Двигатели каких типов используются в автомобилях Audi?
- ▶ Как устроены механические узлы двигателя, а также система управления двигателя?
- ▶ Как работают механические узлы двигателя, а также система управления двигателя?
- ▶ Какие системы имеются в двигателе и как они работают?

Оглавление

Введение

Рабочий процесс четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания	4
Двигатели Audi	6

Буквенное обозначение двигателя

Введение	7
Буквенное обозначение двигателя в автомобиле	8

Расположение цилиндров

Рядное (R) и V-образное расположение цилиндров	10
Схемы расположения цилиндров VR и W	11

Узлы двигателя

Блок цилиндров	12
Коленчатый вал	18
Поршень	22
Поршневые кольца	27
Поршневые пальцы	28
Шатуны	29
Привод ГРМ	31
Цепной привод	33
Балансирные валы	37
Головка блока цилиндров	39
Уплотнения в двигателе	44
Распределительные валы	46

Газораспределительный механизм и система смазки

Газораспределительный механизм	48
Регулирование фаз газораспределения	52
Система смазки двигателя	56

Системы двигателя

Система вентиляции картера	71
Система охлаждения двигателя	73
Термостат (клапан 3/2)	78
Подача воздуха	81
Впускной коллектор с изменяемой геометрией	85
Впускной коллектор с изменяемой геометрией с тремя положениями	86
Наддув	88
Охлаждение наддувочного воздуха	97
Рециркуляция ОГ	98
Система выпуска ОГ	103
Система зажигания	114
Система предварительного накаливания	118
Система питания	120

Приложение

Информация по кодам QR	123
------------------------	-----

Программа самообучения содержит базовую информацию по устройству новых моделей автомобилей, конструкции и принципам действия новых систем и компонентов.

Она не является руководством по ремонту! Указанные значения служат только для облегчения понимания и действительны для имевшихся на момент составления программы самообучения данных.

Программа самообучения не актуализируется!

Для проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту необходимо использовать соответствующую техническую литературу.



Указание



Дополнительная информация

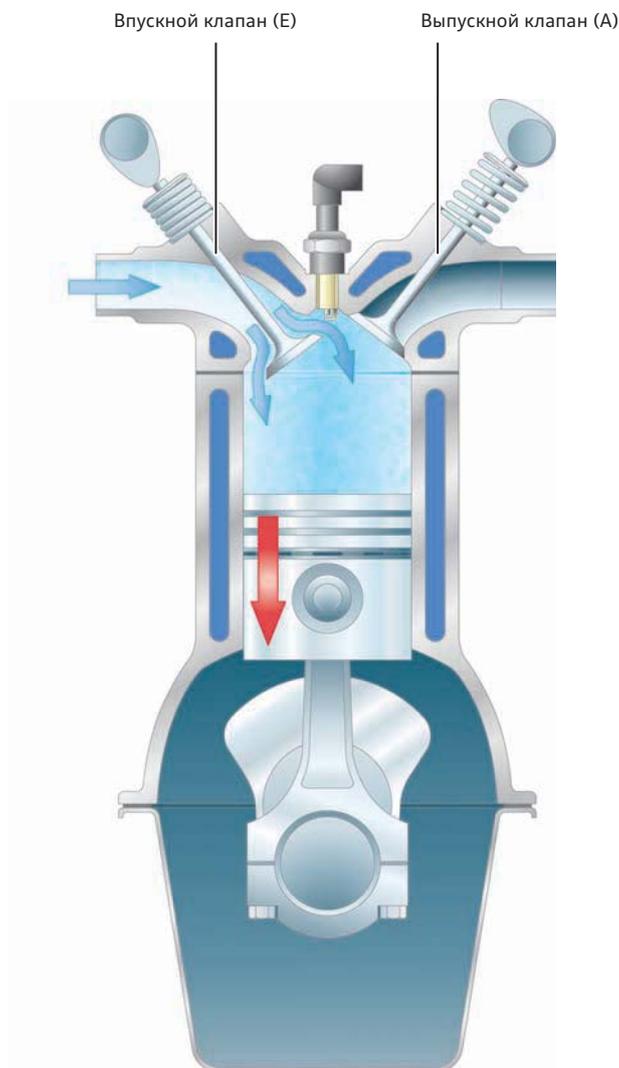
Введение

Рабочий процесс четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания

Все устанавливаемые на автомобилях Audi двигатели внутреннего сгорания работают по четырёхтактному рабочему циклу независимо от того, используется ли в них в качестве топлива бензин, дизельное топливо, природный газ или этанол. С помощью кривошипно-шатунного механизма возвратно-поступательное движение поршней преобразуется во вращательное движение коленчатого вала. При этом полезная работа (рабочий ход) совершается в цилиндре только один раз за каждые 2 оборота (720°) коленчатого вала.

Такт 1 — впуск

В начале такта 1 поршень находится в своей верхней мёртвой точке (ВМТ). Выпускной клапан закрывается, а впускной — открывается. Поршень движется вниз, в направлении коленвала. Во время движения поршня вниз в цилиндр через открытый впускной клапан всасывается рабочая смесь или воздух. Чистый воздух (без топлива) всасывается на двигателях с внутренним смесеобразованием, например дизельных или бензиновых с непосредственным впрыском. На двигателях с внешним смесеобразованием, например с впрыском во впускной коллектор, в цилиндры всасывается рабочая смесь, состоящая из распылённого в воздухе топлива. Такт 1 завершается, когда поршень достигает своей нижней мёртвой точки (НМТ) и впускной клапан закрывается.

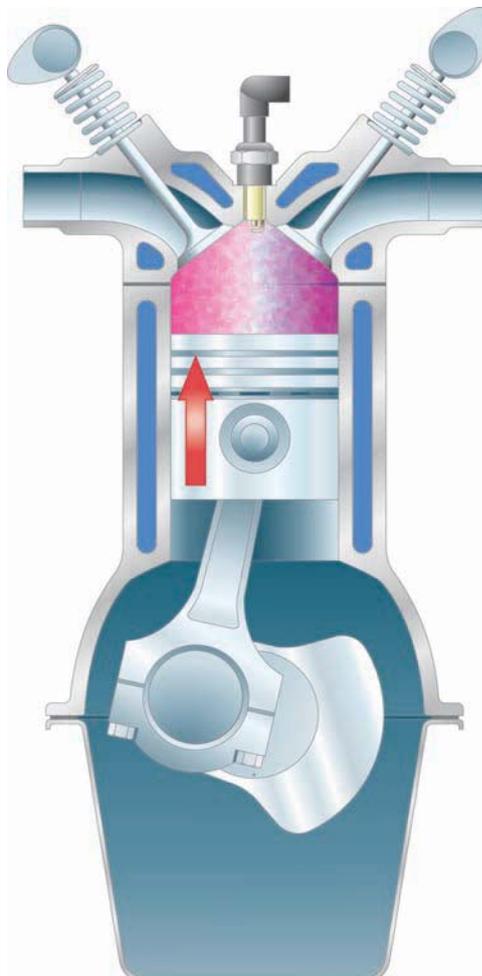


626_238

Чтобы двигатель тем не менее работал равномерно, в нём делается несколько цилиндров, такты рабочего хода в каждом из которых сдвинуты по времени относительно других. В каждом цилиндре имеется 2 клапана: впускной клапан E и выпускной клапан A. Каждый из этих клапанов открывается и закрывается специальным механизмом (так называемым газораспределительным механизмом) в строго определённые моменты времени.

Такт 2 — сжатие

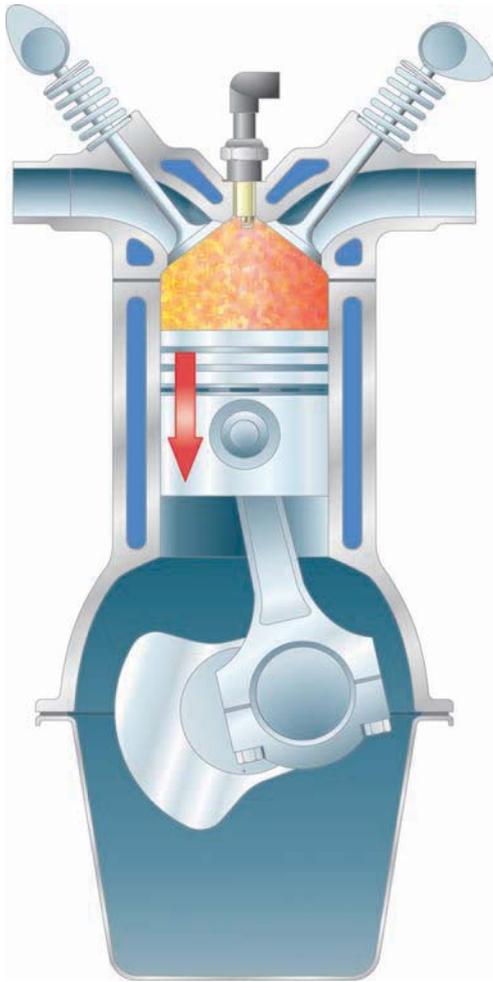
Поршень движется в направлении верхней мёртвой точки (ВМТ). При этом он совершает работу за счёт кинетической энергии вращающихся масс, а на многоцилиндровых двигателях — также за счёт рабочего хода другого цилиндра. Находящаяся в цилиндре рабочая смесь или воздух сжимается, многократно уменьшаясь в объёме. Степень этого сжатия зависит от типа двигателя. Для двигателей с внешним воспламенением («бензиновых») без наддува типичны значения выше 10:1. Дизельные двигатели без наддува имеют степень сжатия до 20:1. С наддувом этот показатель существенно ниже. В результате сжатия температура топливно-воздушной смеси на бензиновых двигателях повышается прим. до 450°C . В дизельных двигателях температура воздуха увеличивается прим. до 650°C . Незадолго до достижения ВМТ на бензиновых двигателях происходит зажигание, а на дизельных — предварительный впрыск топлива. Точный момент опережения зависит от нагрузки и числа оборотов.



626_239

Такт 3 — рабочий ход

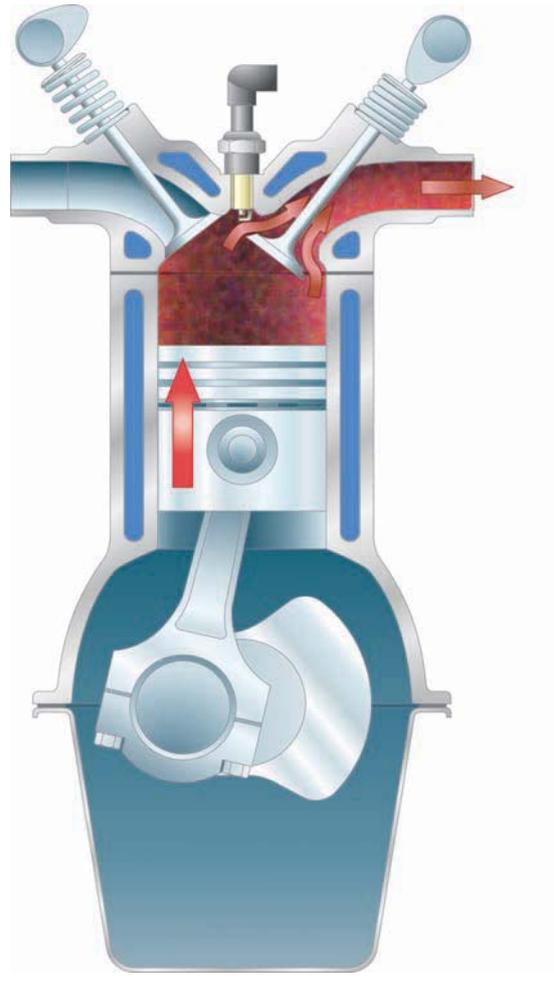
По достижении поршнем ВМТ горение топливо-воздушной смеси в бензиновых двигателях, воспламенённой системой зажигания, продолжается. На дизельных двигателях в этот момент выполняется основной впрыск топлива, которое затем воспламеняется само. Температура горячей рабочей смеси на двигателях с зажиганием находится в диапазоне от 2200 °С до 2500 °С. Давление в камере сгорания достигает 120 бар. На дизельных двигателях температура составляет от 1800 °С до 2500 °С, а давление — 160 бар. Поршень движется теперь в направлении нижней мёртвой точки (НМТ). Горящая топливо-воздушная смесь, расширяясь, совершает над поршнем механическую работу и при этом охлаждается. Остаточное давление газов перед самой НМТ на бензиновых двигателях составляет прим. 4 бара, на дизельных — прим. 3 бара. Выпускной клапан начинает открываться.



626_240

Такт 4 — выпуск

Удаляющийся от НМТ и поднимающийся вверх поршень вытесняет отработавшие газы из цилиндра. В конце такта выпуска открывается впускной клапан, причём ещё до того, как поршень пришёл в ВМТ, и до того, как закрывается выпускной клапан. В результате оба клапана оказываются на какое-то время открытыми одновременно (так называемая внутренняя рециркуляция ОГ). Выпускной клапан закрывается только после того, как поршень пройдёт ВМТ.



626_241

Газораспределительный механизм

Каждый цилиндр имеет как минимум по одному впускному и одному выпускному клапану. На практике часто встречаются двигатели с 3, 4 или 5 клапанами на цилиндр. Двигатели с 4 клапанами на цилиндр вследствие более эффективного газообмена могут развивать более высокие обороты и тем самым отдавать в трансмиссию более высокую мощность, чем двигатели с 2 клапанами. Так называемые шестнадцатиклапанные (16V) двигатели, как правило, представляют собой 4-цилиндровые двигатели с 4 клапанами на каждый цилиндр. На серийных двигателях открывание и закрывание клапанов выполняется с помощью одного или более распределительных валов. Эти распределительные валы приводятся от коленчатого вала цепной или зубчато-ремённой передачей.

Распределительный вал вращается ровно вдвое медленнее коленчатого вала. Если распределительный вал расположен в нижней части двигателя (то есть не в ГБЦ), то верхние (подвесные) клапаны приводятся от него через толкающие штанги и коромысла. На двигателях с нижними клапанами (были распространены вплоть до 50-х гг.) кулачок распределительного вала действует через толкатель непосредственно на клапан. На двигателях с верхним расположением распредвала (в ГБЦ) толкающие штанги становятся ненужными. В современных двигателях такая схема является наиболее частой. Клапаны приводятся в действие в этом случае через коромысла, толкатели или роликовые рычаги.

Двигатели Audi

Volkswagen Technical Site: <http://vwts.ru> <http://vwts.info>
огромный архив документации по автомобилям Volkswagen, Skoda, Seat, Audi

Двигатель 1,2 л TFSI



626_002

Двигатель 3,0 л V6 TDI



626_006

Двигатель 2,0 л TDI



626_004

Двигатель 3,0 л V6 TFSI



626_005

В области разработки и производства двигателей особенно ярко проявляется главенствующий принцип Audi — Vorsprung durch Technik («Превосходство высоких технологий»). Именно для двигателей характерно сочетание самых современных технологий производства и технических решений, обеспечивающих высокую эффективность работы. Примером может служить широкое распространение дизельных двигателей TDI в 1990-х гг., положившее начало этой тенденции.

Важной целью при разработке двигателей является не только их способность обеспечить спортивные характеристики автомобиля, но и экономичность, в особенности в плане экономии невозобновляемых ресурсов. Помимо дальнейшего развития схемы TDI, включающей в себя теперь современную систему впрыска Common Rail, появились и другие многочисленные нововведения. В этой связи можно назвать непосредственный впрыск бензинового топлива FSI с турбонаддувом, систему отключения цилиндров «cylinder on demand» и систему нейтрализации ОГ SCR. Дополняется этот сегмент двигателями, которые могут работать и на альтернативных видах топлива, например природном газе или биоэтаноле, и вносят вклад в создание системы автомобильного транспорта, не расходующего невозобновляемые ресурсы.

Помимо применения многочисленных новых технических решений, очень сильно расширился в последние годы и спектр предлагаемых Audi двигателей. Он включает в себя теперь двигатели от 4-цилиндрового рядного рабочим объёмом 1,2 литра до внушительного W12 с рабочим объёмом 6,3 литра. Наряду с ними, предлагаются многочисленные современные двигатели, например TFSI 1,8 л и 2,0 л серии EA888, устанавливаемые в различных модельных рядах автомобилей, причём как в поперечной, так и в продольной компоновке.

Помимо названного выше W12, наиболее мощные бензиновые агрегаты представлены в первую очередь двигателем TFSI V8 с рабочим объёмом 4,0 литра, который, благодаря системе отключения цилиндров и двум турбонагнетателям, является одновременно и спортивным, и экономичным.

Из дизельных двигателей здесь нужно назвать TDI V6 3,0 л, отличающийся большим разнообразием вариантов. Так, он предлагается, например, с системой нейтрализации ОГ SCR, обеспечивающей соответствие требованиям самых строгих экологических стандартов, а также в спортивных вариантах с двойным турбонаддувом.

Дальнейшее совершенствование двигателей Audi будет, без сомнения, характеризоваться повышением их эффективности. Важную роль в этом будут играть принцип облегчённых конструкций и новые материалы, используемые в рамках концепции Audi ultra. Также будут разрабатываться новые системы и технические решения, гарантирующие, что автомобили Audi и в будущем будут полностью отвечать основному принципу Audi.

626_076

Буквенное обозначение двигателя

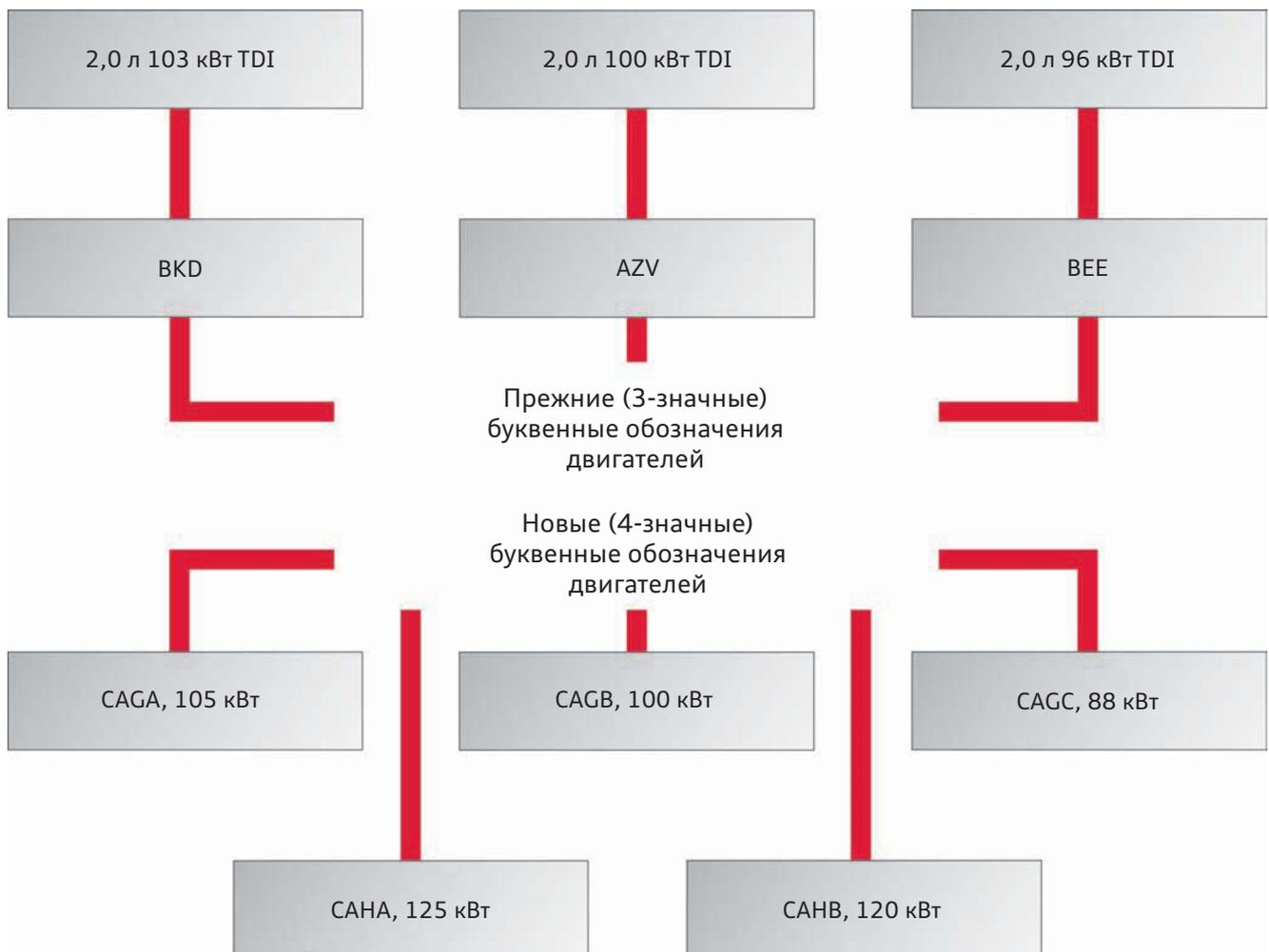
Введение

Для ограничения числа используемых буквенных обозначений разные исполнения одного и того же базового двигателя, отличающиеся только мощностью, не будут получать отдельное буквенное обозначение, а будут отличаться только дополнительной (четвёртой) буквой. Разная мощность и крутящий момент таких исполнений реализуются чисто программно, модификацией ПО в блоке управления двигателя. Двигателям, соответствующим различным экологическим классам, изменённое буквенное обозначение не присваивается.

Присвоение новых буквенных обозначений двигателей можно пояснить следующим примером:

Часто задаваемые вопросы и ответы на них:

1. В чём заключается преимущество 4-значных буквенных обозначений двигателя?
 - ▶ Уменьшение числа различных используемых обозначений двигателей.
 - ▶ Каждому исполнению двигателя, отличающемуся только мощностью, не требуется больше присваивать полностью новое буквенное обозначение.
2. Будут ли в дальнейшем использоваться двигатели с 3-значным буквенным обозначением?
 - ▶ Да, двигатели не имеющие разных по мощности исполнений, будут по-прежнему получать 3-значные буквенные обозначения.
3. Получат ли разные по мощности исполнения одного и то же базового двигателя, которым уже присвоены отдельные 3-значные обозначения, теперь новые буквенные обозначения?
 - ▶ Нет, уже присвоенные буквенные обозначения двигателей изменяться не будут.



626_088

Новая схема буквенных обозначений двигателя имеет следующие особенности:

- ▶ Буквенное обозначение начинается с буквы «С».
- ▶ На блоке цилиндров буквенное обозначение остаётся по-прежнему в трёхзначном виде.
- ▶ 4-значное буквенное обозначение можно найти только на наклейке с данными автомобиля, блоке управления двигателя и табличке изготовителя.

Буквенное обозначение двигателя в автомобиле

На коже зубчатого ремня:

Наклейка с 3-значным буквенным обозначением и порядковым номером находится в видимой области двигателя (кожух зубчатого ремня, клапанная крышка).



626_015

На блоке цилиндров:

На блоке цилиндров по-прежнему будет выбиваться 3-значное буквенное обозначение.



626_014

На блоке управления двигателя:

Наклейка с 4-значным буквенным обозначением находится в видимой области блока управления двигателя.



626_019



626_016



В нише для запасного колеса:

4-значное буквенное обозначение двигателя на наклейке с данными автомобиля в нише запасного колеса в багажном отсеке.



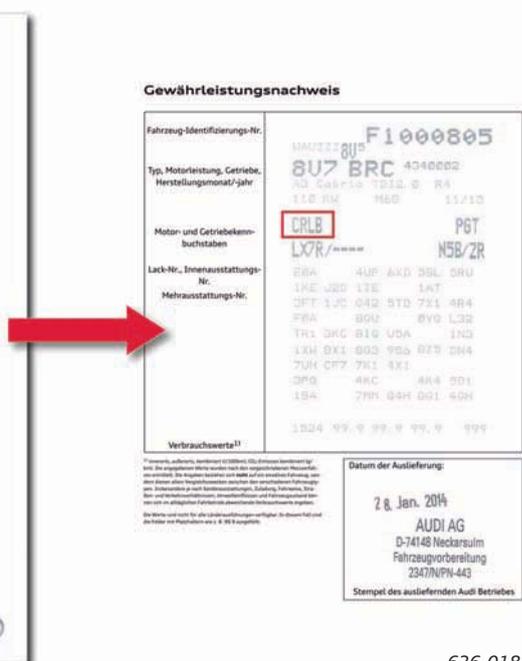
626_017

В сервисной книжке:

4-значное буквенное обозначение двигателя на наклейке с данными автомобиля в сервисной книжке.



626_013



626_018

Расположение цилиндров

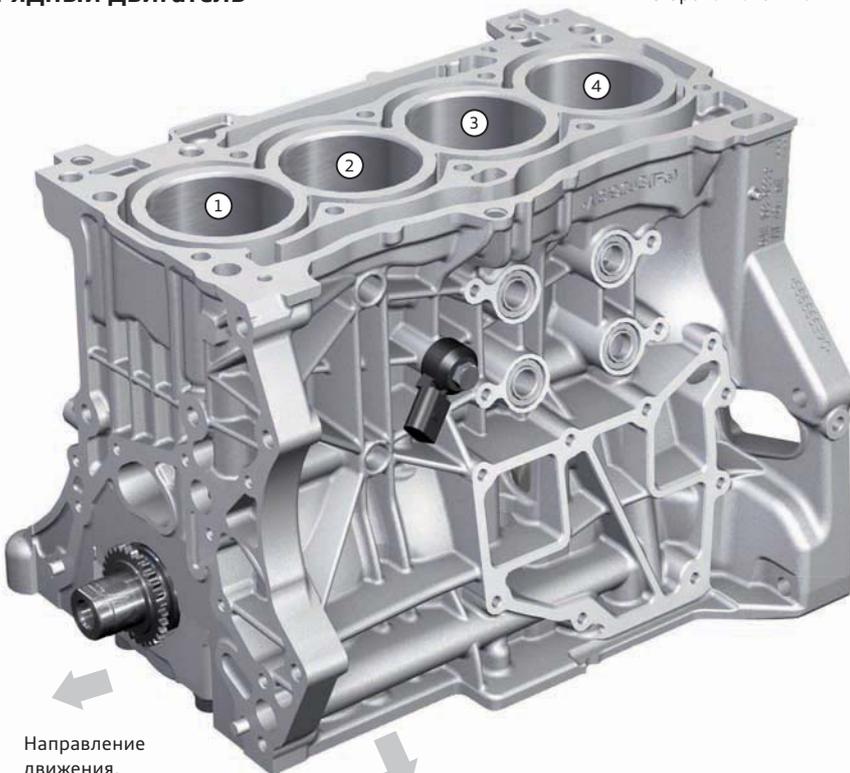
Рядное (R) и V-образное расположение цилиндров

Одной из самых старых и простых схем расположения цилиндров является рядное расположение. В этом случае все цилиндры располагаются в один ряд. До тех пор пока число цилиндров и их рабочий объём ограничены, такой двигатель может быть сравнительно компактным. Например, 4-цилиндровый двигатель с рабочим объёмом 2,0 л может быть размещён практически в любом моторном отсеке. С увеличением числа цилиндров рядного двигателя увеличивается и его длина, и он, соответственно, становится непригодным для установки в малых моторных отсеках. Нумерация цилиндров на двигателях Audi всегда начинается от стороны, противоположной маховику (справа на двигателях поперечной установки).

Создание двурядного V-образного двигателя позволило заменить небольшой 4-цилиндровый рядный двигатель 6-цилиндровым без создания для него дополнительного места. На V-образном двигателе цилиндры установлены в два ряда под углом друг к другу. При взгляде на такой двигатель спереди становится понятным, почему его называют V-образным. На большинстве V-образных двигателей угол между рядами цилиндров составляет 60° или 90°. На автомобилях Audi используются V-образные двигатели с 6, 8 или 10 цилиндрами.

Рядный двигатель

Сторона маховика



Порядок работы цилиндров:
 3-цилиндровый двигатель 1-2-3
 4-цилиндровый двигатель 1-3-4-2
 5-цилиндровый двигатель 1-2-4-5-3

626_010

Сторона маховика

V-образный двигатель

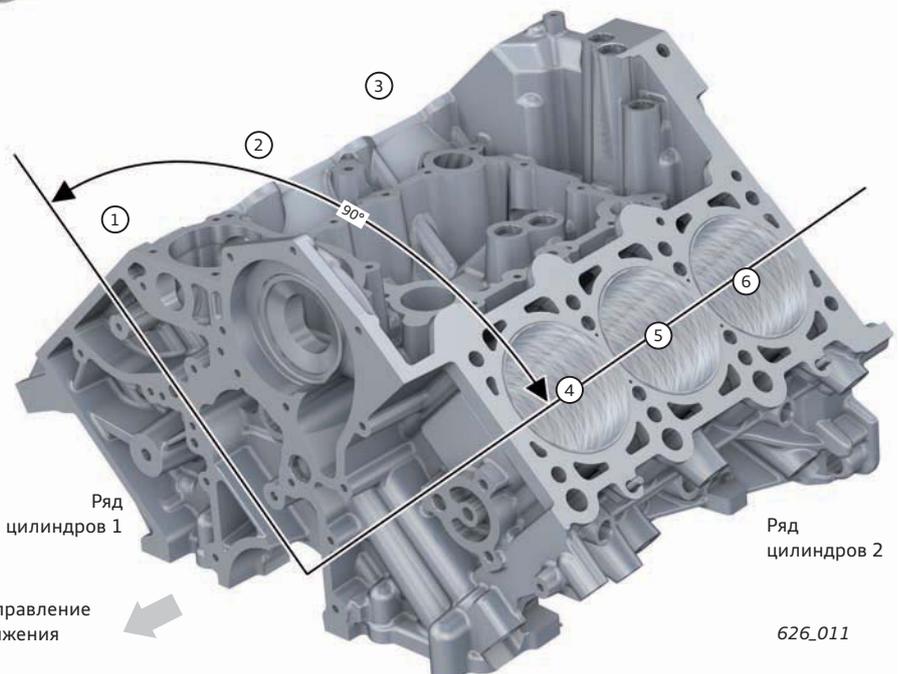
Направление движения, продольная установка

Направление движения, поперечная установка

Порядок работы цилиндров:
 6-цилиндровый двигатель 1-4-3-6-2-5
 8-цилиндровый двигатель 1-5-4-8-6-3-7-2
 10-цилиндровый двигатель 1-6-5-10-2-7-3-8-4-9

Ряд цилиндров 1
 Ряд цилиндров 2

Направление движения



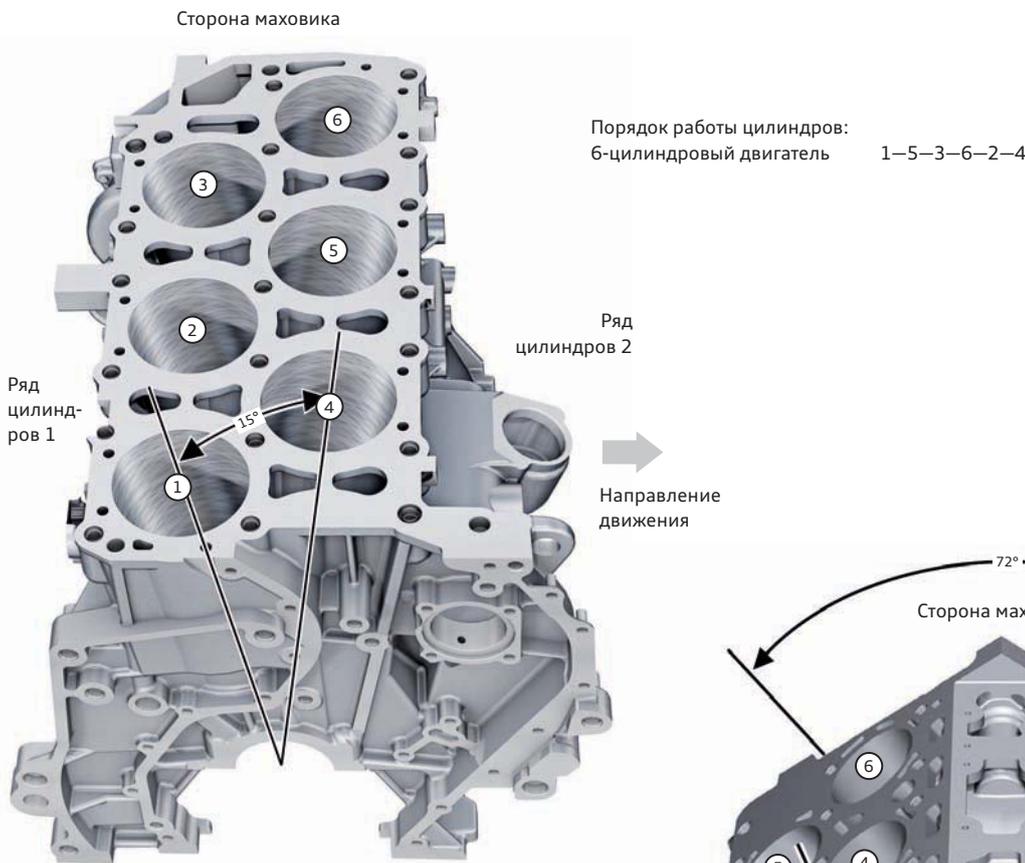
626_011

Схемы расположения цилиндров VR и W

Ещё одним важным этапом стала разработка двигателя со схемой расположения цилиндров VR. Такое решение позволяет эффективно использовать ограниченное место в моторном отсеке. V-образный профиль при этом сохраняется, но два ряда цилиндров располагаются ближе друг к другу. Уменьшение угла развала до 15° делает агрегат компактнее и позволяет двигателю VR, в отличие от обычного V-образного, обойтись только одной головкой блока цилиндров. Двигатель VR является также менее широким, чем V-образный, и менее длинным, чем рядный двигатель (с тем же числом цилиндров). Ещё одним преимуществом схемы расположения цилиндров VR является равномерность работы двигателя.

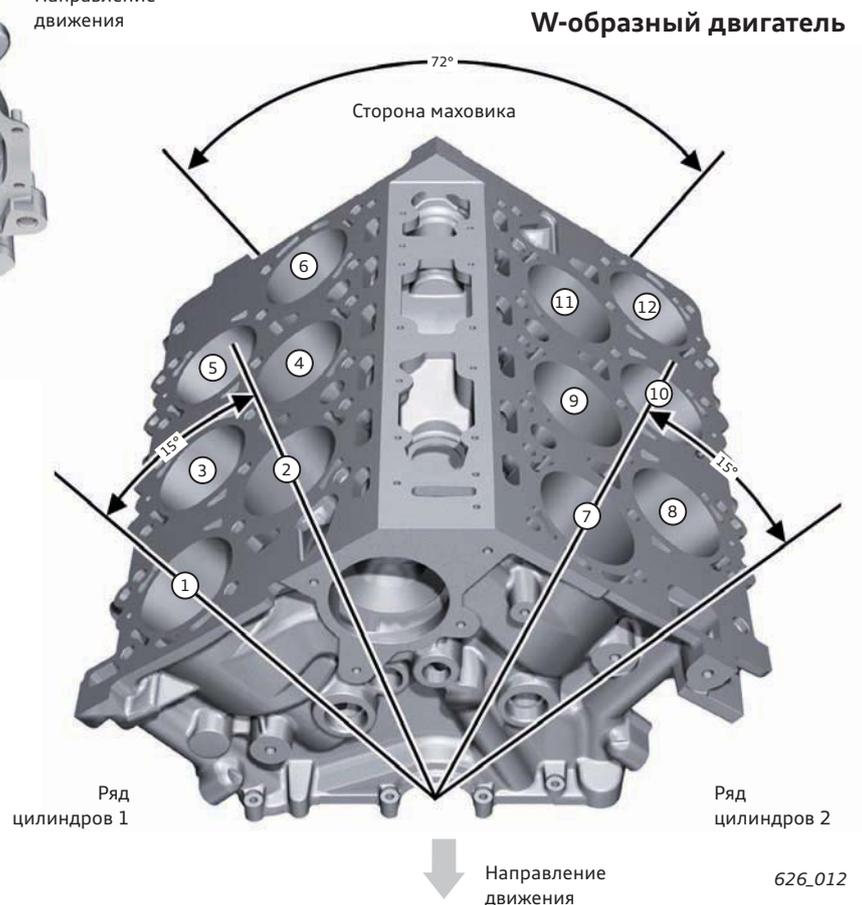
Схема VR позволяет создавать 6-цилиндровые двигатели, занимающие минимальное место. Однако при необходимости дальнейшего увеличения числа цилиндров и рабочего объёма конструкция со схемой VR также оказывается слишком длинной. Для таких случаев была разработана W-образная схема расположения цилиндров. Такой двигатель представляет собой два двойных ряда цилиндров схемы VR, установленных рядом друг с другом. И в этом случае буква в названии схемы показывает профиль двигателя. При взгляде вдоль коленчатого вала цилиндры выглядят двумя стоящими буквами V, что можно представить себе как букву W. Угол между рядами цилиндров в каждой из пар составляет 15° , как и в двигателе схемы VR, а угол между парами рядов цилиндров достигает 72° . Конструкция со схемой расположения цилиндров W образует исключительно компактный агрегат, занимающий в моторном отсеке существенно меньше места, чем сопоставимый V-образный двигатель. Благодаря схеме W, автомобили со сравнительно небольшим моторным отсеком приобретают такие качества, как мощность и равномерность работы, характерные для большого двигателя.

Двигатель с расположением цилиндров VR



626_001

Порядок работы цилиндров:
12-цилиндровый двигатель 1-12-5-8-3-10-6-7-2-11-4-9



Узлы двигателя

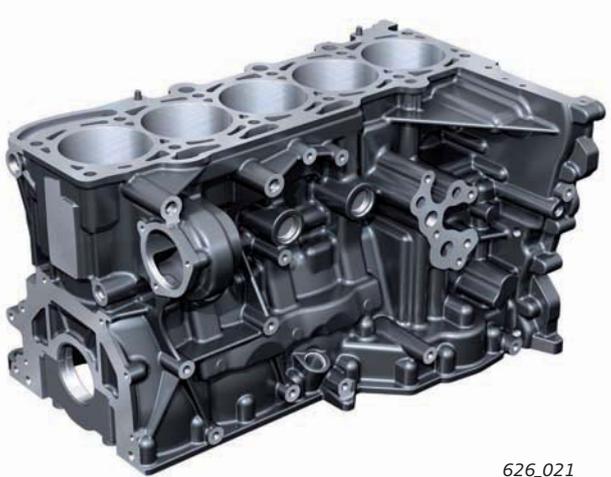
Блок цилиндров

Блок цилиндров представляет собой центральный элемент двигателя. Его форма определяет схему расположения цилиндров. Блок цилиндров работает в очень сложных условиях.

Он должен, например, выдерживать высокие давления, возникающие при сгорании топлива, и обеспечивать быстрый отвод выделяющегося при этом тепла.

Варианты блока цилиндров для разных схем расположения цилиндров

5-цилиндровый рядный двигатель



626_021

12-цилиндровый W-образный двигатель



626_020

Функции

- ▶ Восприятие сил давления и инерции в опорах коленчатого вала и в креплениях ГБЦ.
- ▶ Размещение поршневой группы, кривошипно-шатунного механизма и маховика.
- ▶ Размещение цилиндров.
- ▶ Крепление (опоры) коленчатого вала.
- ▶ Размещение каналов для перемещения эксплуатационных материалов.
- ▶ Интеграция системы вентиляции картера.
- ▶ Подключение к трансмиссии и к приводу ГРМ.
- ▶ Размещение и направление элементов силовых передач, например цепей.
- ▶ Размещение и подключение навесных агрегатов.
- ▶ Отделение зоны картера от окружающего пространства.

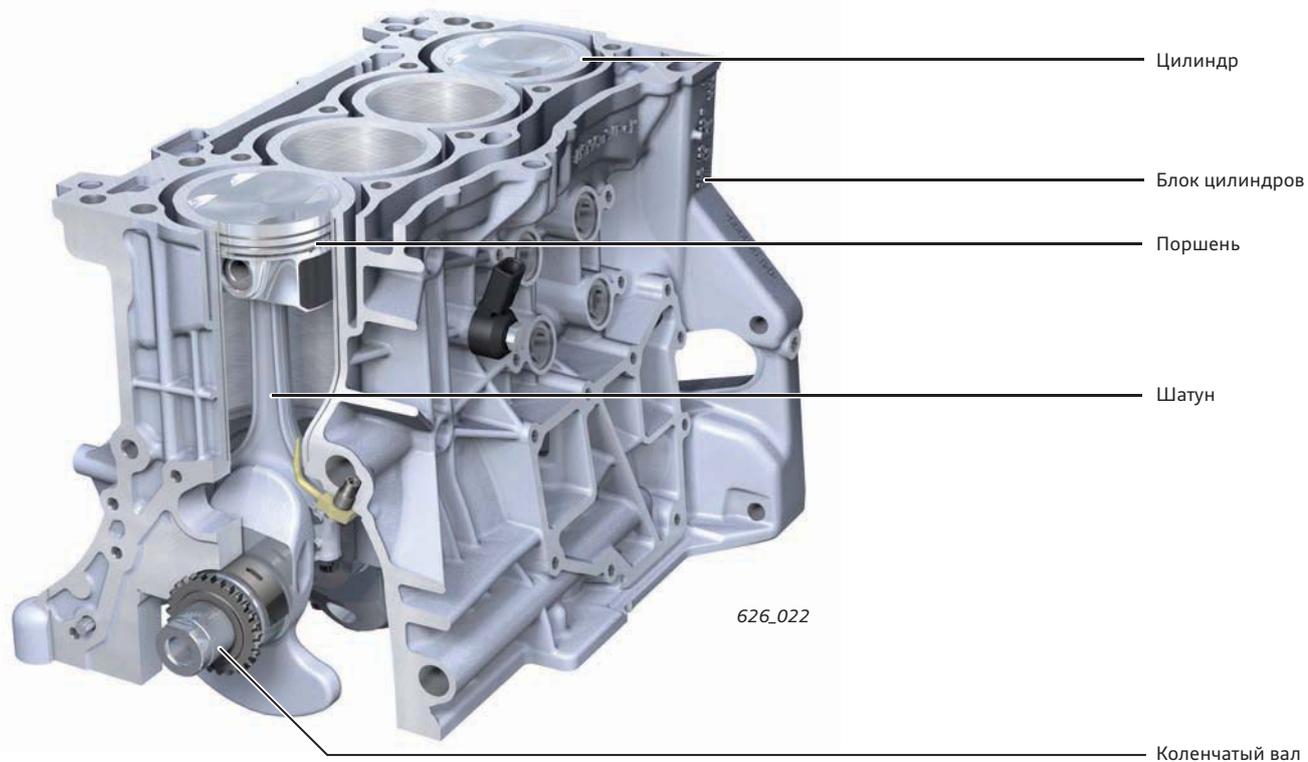
Воздействия

- ▶ Возникающие силы давления (газов).
- ▶ Внутренние напряжения (изгибающие моменты), создаваемые силами инерции вращательного и возвратно-поступательного движения.
- ▶ Внутренние торсионные моменты (опрокидывающие моменты) между отдельными цилиндрами.
- ▶ Крутящий момент коленчатого вала.
- ▶ Силы инерции и моменты, возникающие в результате возвратно-поступательных движений.

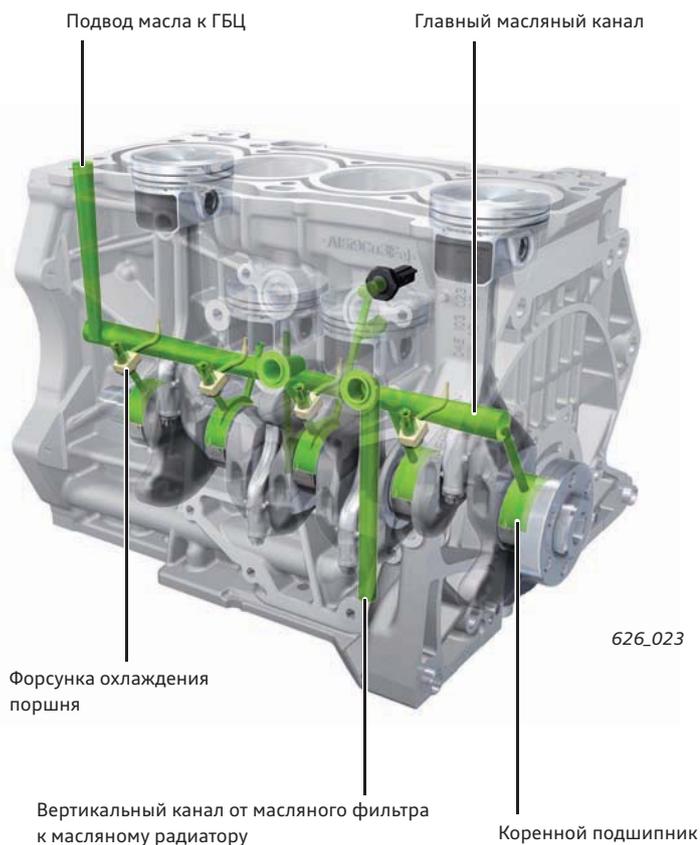
Интегрированные системы

Во внутренней части блока цилиндров расположены сами цилиндры. В них вверх и вниз ходят поршни. Шатуны соединяют поршни с коленчатым валом. Поверхности цилиндров, поршней и поршневых колец должны быть особенно износостойкими, так как они осуществляют герметизацию камер сгорания.

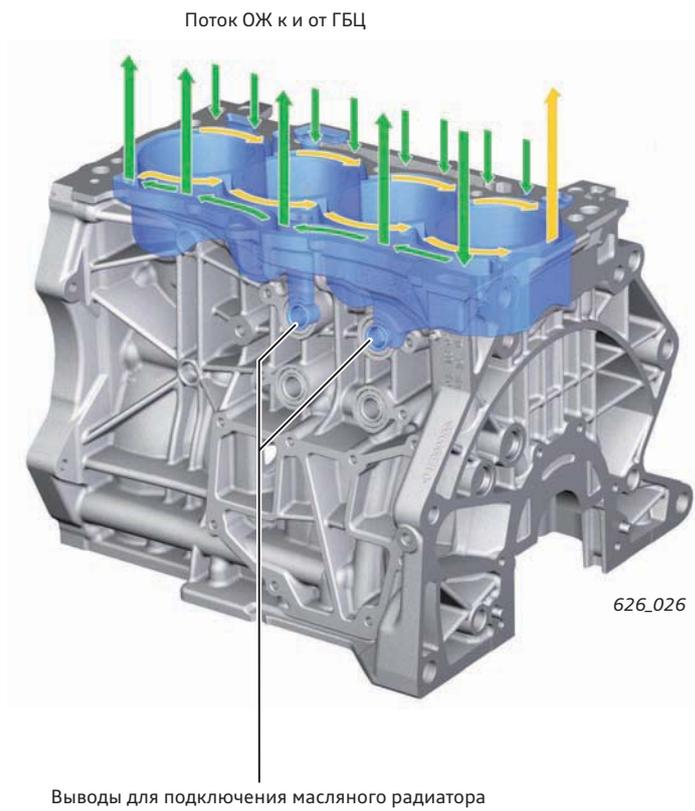
Возможность для поршней двигаться в цилиндрах с минимальным трением сокращает расход топлива, поскольку поршни в этом случае перемещаются существенно легче. Кроме того, в блоке цилиндров находятся многочисленные каналы систем смазки и охлаждения двигателя.



Масляные каналы



Система охлаждения



Различные исполнения блоков цилиндров

Можно произвести общее разделение двигателей по типу их блока цилиндров. По числу и расположению цилиндров в блоке двигатель можно отнести к рядным, V-образным, схемам VR или W.

Но блоки цилиндров можно классифицировать и внутри этих категорий по следующим критериям:

Верхний фланец	Характеристики цилиндров	Технология изготовления блока цилиндров
Схема Open Deck	Гильзы цилиндров	Литьё под давлением
Схема Closed Deck	Материал рабочей поверхности (зеркала) цилиндра <ul style="list-style-type: none"> ▶ плазменное напыление (доэвтектический) ▶ технология Alusil® (заэвтектический) 	Кокильное литьё
	Структура рабочей поверхности (зеркала) цилиндра	Литьё по испаряемым моделям (Lost Foam)
	Схема верхней части блока цилиндров	Литьё в песчаные формы
		Литьё под давлением (Squeeze Casting)

Верхний фланец

Одним из критериев классификации блоков цилиндров является организация рубашек охлаждения в верхней части цилиндров (верхний фланец блока).

Различают открытые рубашки охлаждения (Open Deck) и закрытые (Closed Deck).

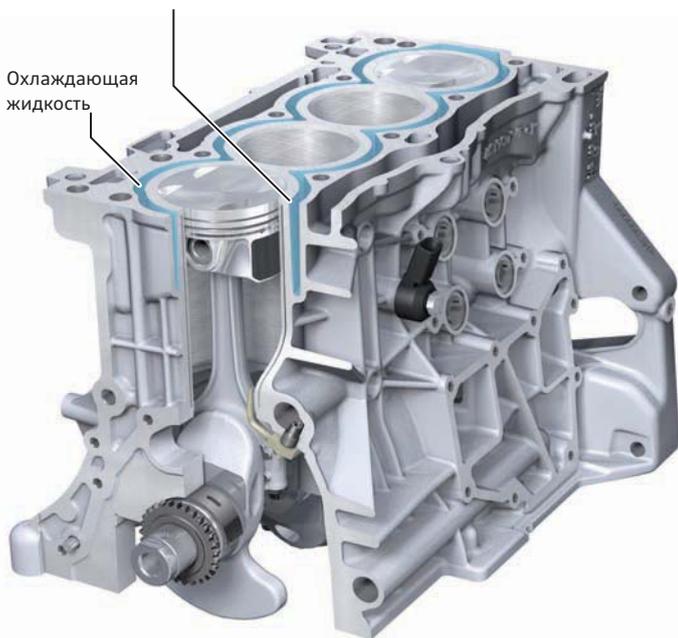
Схема Open Deck

В схеме Open Deck рубашки охлаждения в верхней части цилиндров открытые, то есть доходят до верхней плоскости блока цилиндров. Циркулирующая по ним охлаждающая жидкость может отводить тепло от цилиндра по всей его высоте, включая и самую верхнюю часть цилиндра, подвергающуюся самым сильным температурным воздействиям. Кроме того, такая схема позволяет заметно ограничить деформацию цилиндров, происходящую при установке ГБЦ. Недостатком является меньшая жёсткость верхней части блока цилиндров. Этот эффект может, однако, быть компенсирован применением металлической прокладки ГБЦ. В целом, такая схема предоставляет больше возможностей выбора наиболее эффективной технологии изготовления блока цилиндров.

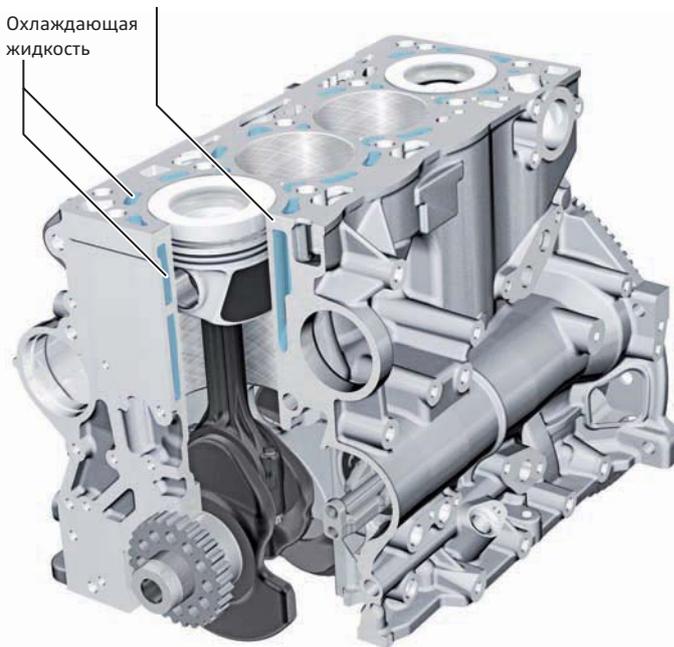
Схема Closed Deck

В схеме Closed Deck рубашки охлаждения в верхней части цилиндра закрытые, верхняя пластина блока цилиндров вокруг отверстий цилиндров практически сплошная. В этом случае в ней имеются только отверстия каналов для подачи охлаждающей жидкости из пространства вокруг цилиндров в ГБЦ. Преимуществом такой схемы по сравнению с Open Deck является существенно более высокая жёсткость верхней части блока цилиндров. Очевидный недостаток заключается в том, что охлаждение цилиндров не может происходить по всей высоте цилиндра. Кроме того, блок цилиндров такой схемы достаточно сложен в производстве.

Открытая рубашка в блоке цилиндров



Закрытая рубашка в блоке цилиндров



Характеристики цилиндров

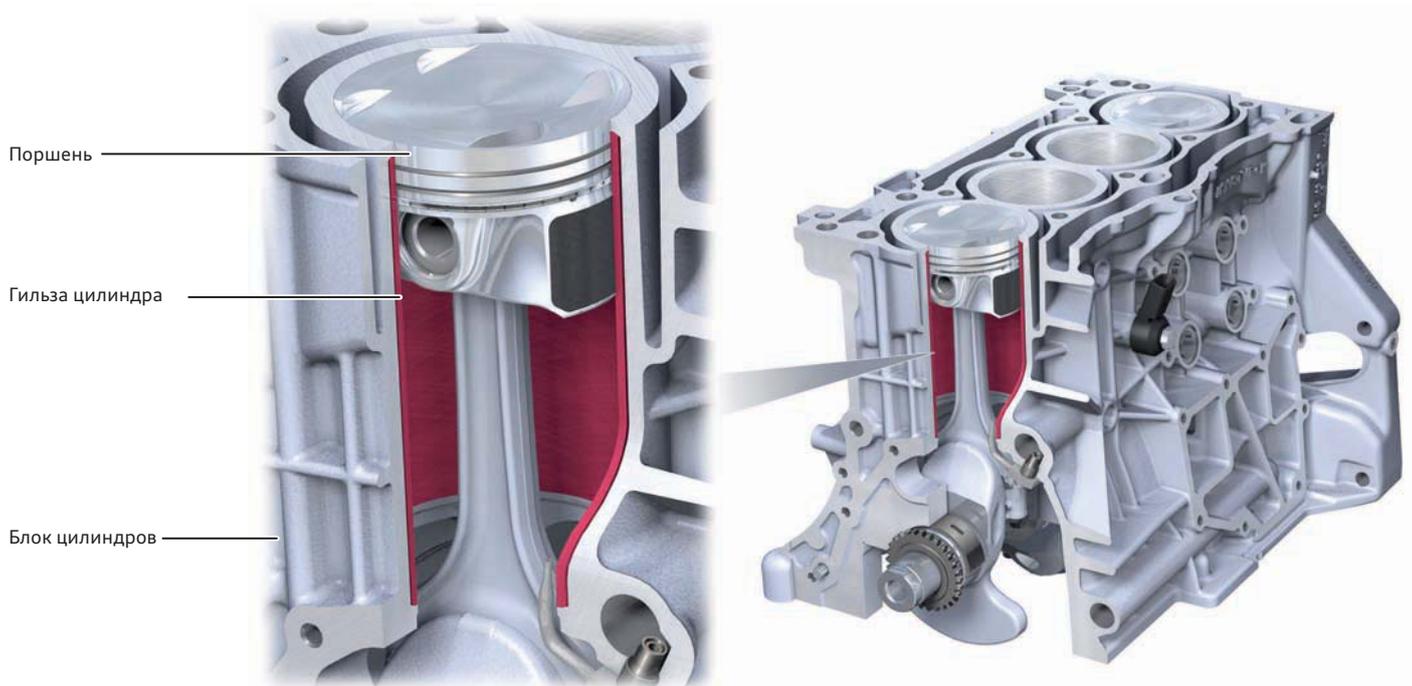
Характеристики цилиндра определяются преимущественно четырьмя факторами:

- ▶ гильзы цилиндров;
- ▶ материал рабочей поверхности (зеркала) цилиндра;
- ▶ структура рабочей поверхности (зеркала) цилиндра;
- ▶ схема верхней части блока цилиндров.

Гильзы цилиндров

Для уменьшения износа поршней и цилиндров поршни работают не в прямом контакте с материалом блока цилиндров. Вместо этого в блоке цилиндров устанавливаются при отливке или запрессовываются позднее тонкостенные гильзы, в которых возвратно-поступательно движутся поршни.

Помимо уменьшения износа, вставные гильзы также увеличивают общую жёсткость блока цилиндров.



626_034

Материал рабочей поверхности (зеркала) цилиндра

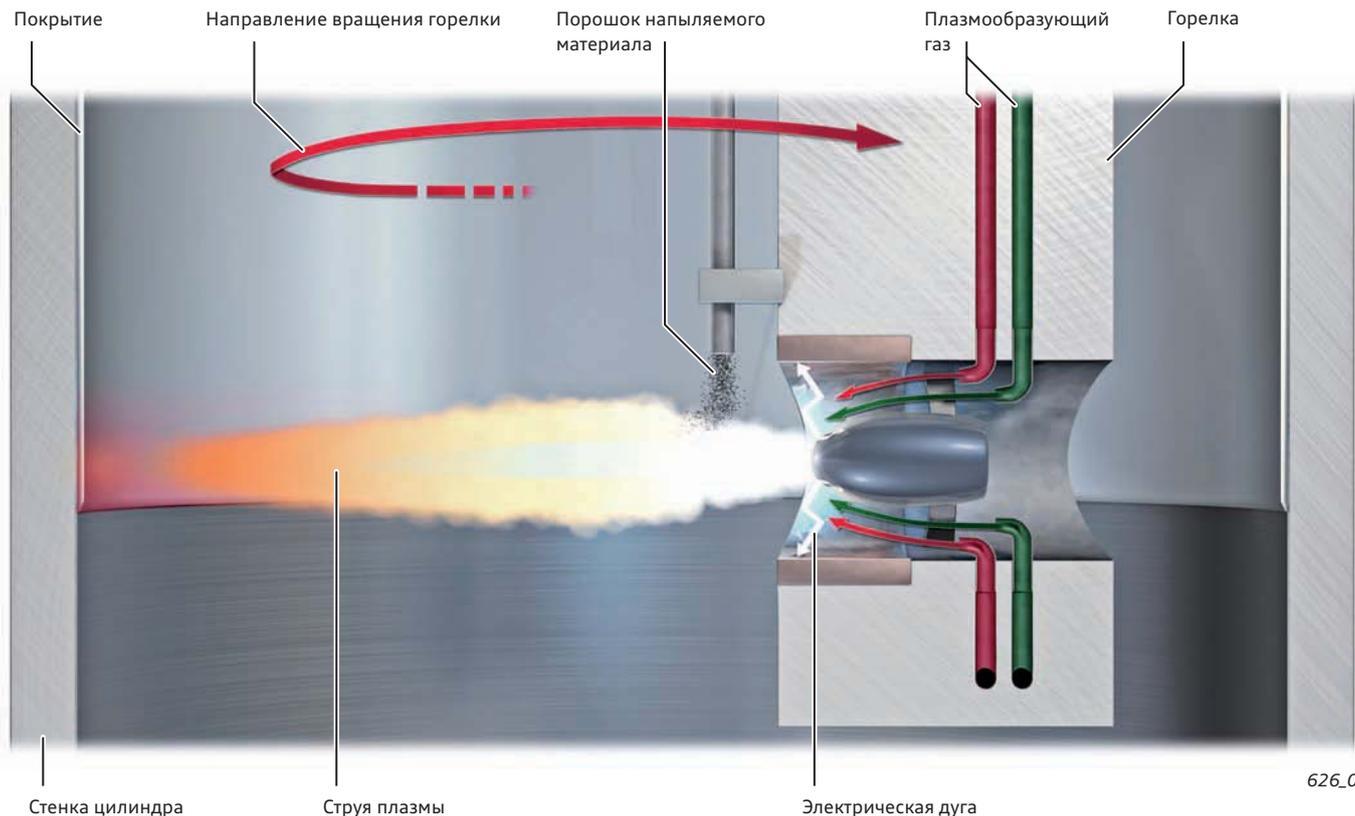
Блоки цилиндров для уменьшения их массы всё чаще изготавливают из алюминиевых сплавов. Поскольку поршни также изготавливаются из этого материала, в цилиндре могут возникать значительные потери на трение, так как коэффициент трения в паре алюминий-алюминий очень высок. Чтобы как можно больше снизить потери на трение и износ цилиндра, материал рабочей поверхности цилиндра должен быть соответствующим образом модифицирован.

Целью при этом является достижение как можно большей износостойкости поверхности с минимальным трением. Для этого было разработано два решения. Первое заключается в нанесении покрытия на зеркало цилиндра методом плазменного напыления. Второе — так называемая технология Alusil®. Поскольку оба решения могут применяться непосредственно к материалу (поверхности) блока цилиндров, использование вставных гильз в этом случае не требуется.

Плазменное напыление

Плазменное напыление обеспечивает минимально возможные потери на трение между поршнем и зеркалом цилиндра. Толщина напыляемого слоя составляет всего 0,2 мм, в сочетании с отсутствием вставных гильз такая схема обеспечивает заметное уменьшение массы двигателя. Напыление осуществляется вращающейся плазменной горелкой. Подаваемый в неё плазмообразующий газ проходит через горящую в выходном сопле электрическую дугу, нагревается прим. до 11 700 °С и переходит в состояние плазмы. При этом он ускоряется до 600 м/с.

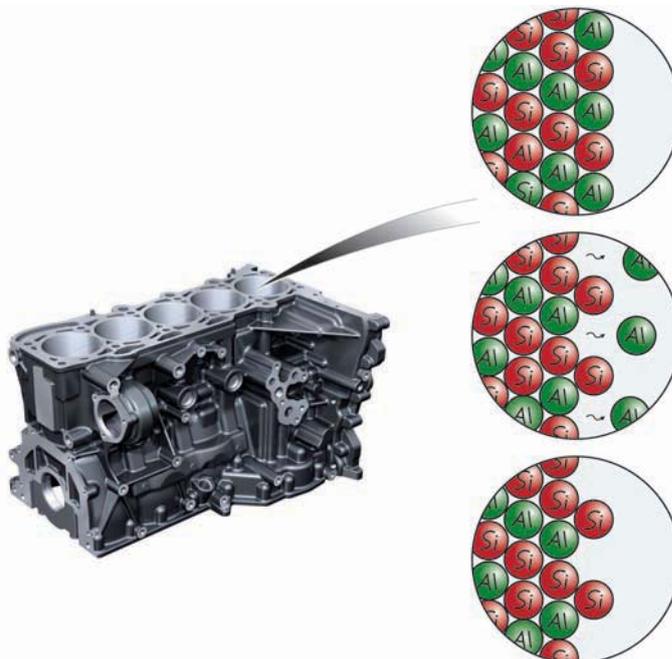
В образовавшуюся плазменную струю вдвигается напыляемый материал в виде порошка, частицы которого нагреваются прим. до 2500 °С и за счёт этого расплавляются. Кроме того, перешедший к этому моменту в жидкую фазу порошок разгоняется до скорости 150 м/с. С этой скоростью содержащиеся в плазменной струе частицы (капли) напыляемого материала ударяются о стенку цилиндра и проникают в мельчайшие неравномерности структуры поверхности, в результате после остывания и затвердевания покрытие оказывается надёжно соединённым с материалом стенки цилиндра. После этого зеркало цилиндра подвергается специальной механической обработке — хонингованию.



626_027

Технология Alusil®

Эта технология упрочнения поверхности может применяться для блоков цилиндров, изготовленных из алюминий-кремниевого сплава с высоким содержанием кремния. Заготовка блока цилиндров изготавливается в этом случае с помощью кокильного литья (низкого давления). При такой технике литья сплав вводится в постоянную форму — так называемый кокиль — через подающую трубку (как правило, снизу) с помощью сжатого воздуха. При этом уже при отливке заготовки блока цилиндров обращается особое внимание на то, чтобы в области зеркал цилиндров образовывались кристаллы кремния. Для этого кокиль целенаправленно охлаждают в области будущих зеркал цилиндров. Повышенное содержание кремния в материале зеркала цилиндра приводит к тому, что эта зона приобретает особенно высокую стойкость. После этого зеркало цилиндра проходит специальную механическую обработку — хонингование. В ходе последнего этапа тонкой обработки поверхность зеркала цилиндра подвергается электрохимическому травлению. В результате травления мягкий алюминий, окружающий кристаллы кремния, растворяется. Это также существенно повышает стойкость рабочей поверхности цилиндров.



626_028

Механическая обработка поверхности — хонингование

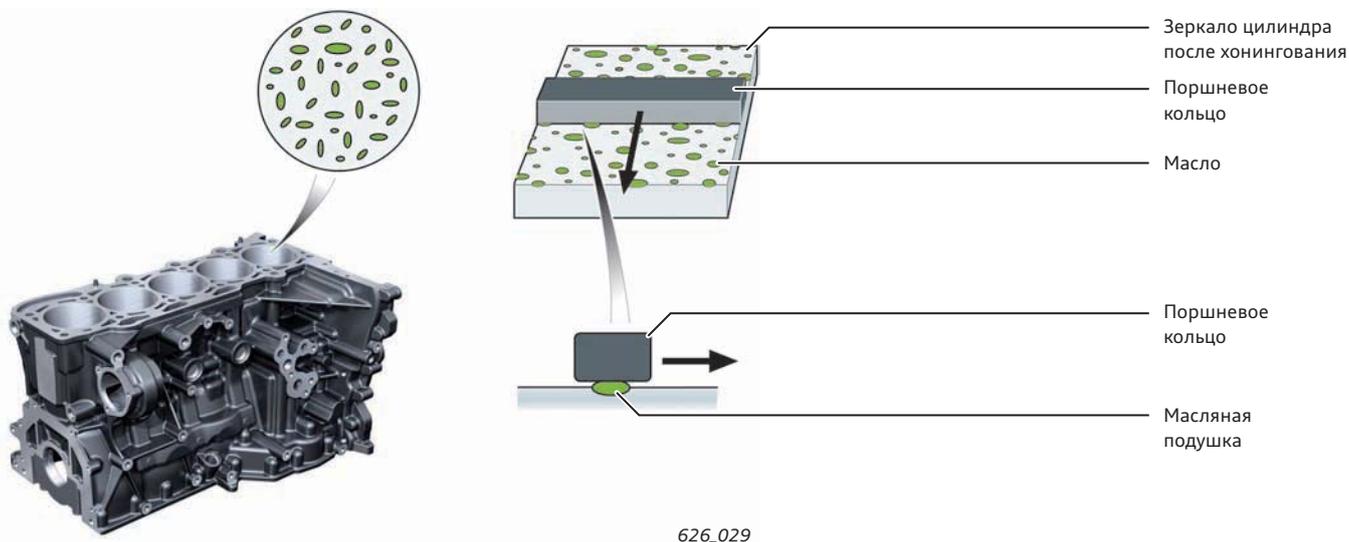
На всех блоках цилиндров, как с плазменным напылением, так и при упрочнении поверхности по технологии Alusil®, зеркала цилиндров подвергаются также заключительной механической обработке. Эта обработка называется хонингованием и заключается в создании на зеркале цилиндра тонкой поверхностной структуры канавок с помощью мелкозернистого абразивного инструмента. Такие канавки способствуют удержанию на поверхности плёнки масла, необходимой для смазки пары зеркало цилиндра — поршень.

При этом для плазменного напыления или для поверхности, упрочнённой по технологии Alusil®, посредством хонингования создаются разные поверхностные структуры.

Хонингование зеркал цилиндров с плазменным напылением

Для зеркал цилиндров с плазменным напылением хонингование выполняется как финишная операция, то есть последняя перед установкой поршней. Чтобы не удалить только что нанесённое покрытие абразивным инструментом, была разработана технология хонингования, при которой в поверхности создаются очень малые отдельные углубления. Собственно, такие углубления уже имеются в структуре нанесённого покрытия в виде микрополостей, которые открываются в результате хонингования.

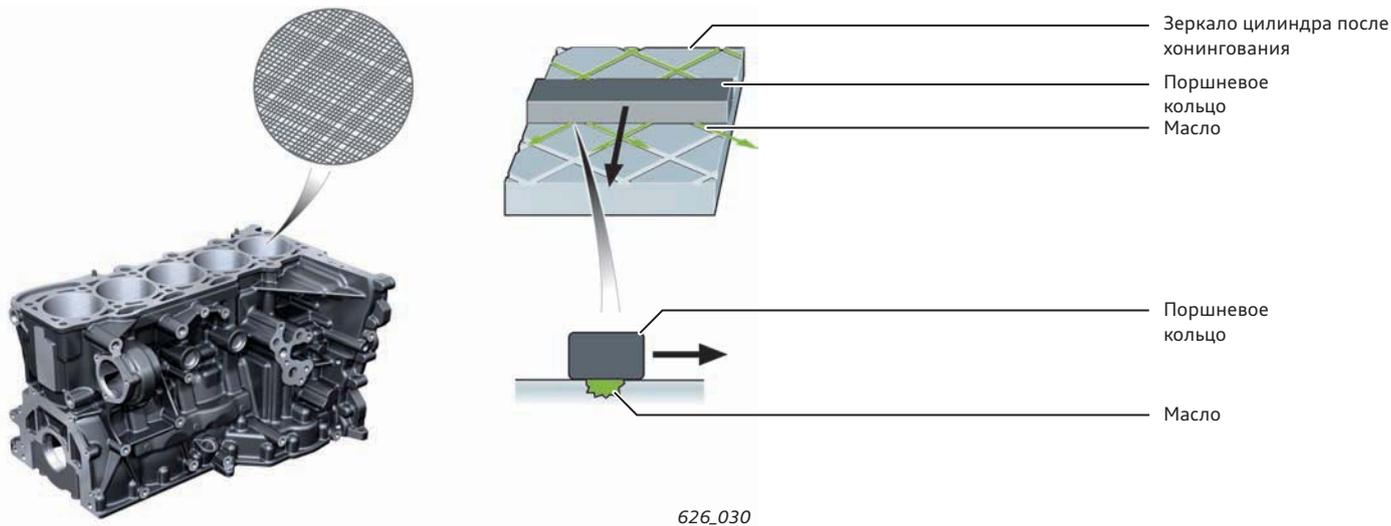
Часть масла удерживается внутри углубления. Когда над таким отдельным углублением проходит поршневое кольцо, в масле внутри углубления создаётся давление, действующее и на поршневое кольцо. В результате поршневое кольцо как бы плывёт на масляной подушке, что заметно уменьшает трение и износ деталей.



Хонингование зеркал цилиндров с упрочнением поверхности по технологии Alusil®

Для зеркал цилиндров с таким исполнением хонингование выполняется как предпоследняя операция перед установкой поршней. После него производится электрохимическое травление зеркал цилиндров. Хонингование цилиндров выполняется хонинговальной головкой с гидравлическим разжимом брусков.

Абразивные бруски создают на зеркале цилиндра тонкую поверхностную структуру. При движении поршня эта структура удерживает масло, обеспечивая надлежащую смазку.



Коленчатый вал

Коленчатый вал находится в нижней части блока цилиндров. К нему шарнирно подсоединяются шатуны. В результате возвратно-поступательное движение поршней преобразуется во вращательное движение коленчатого вала.

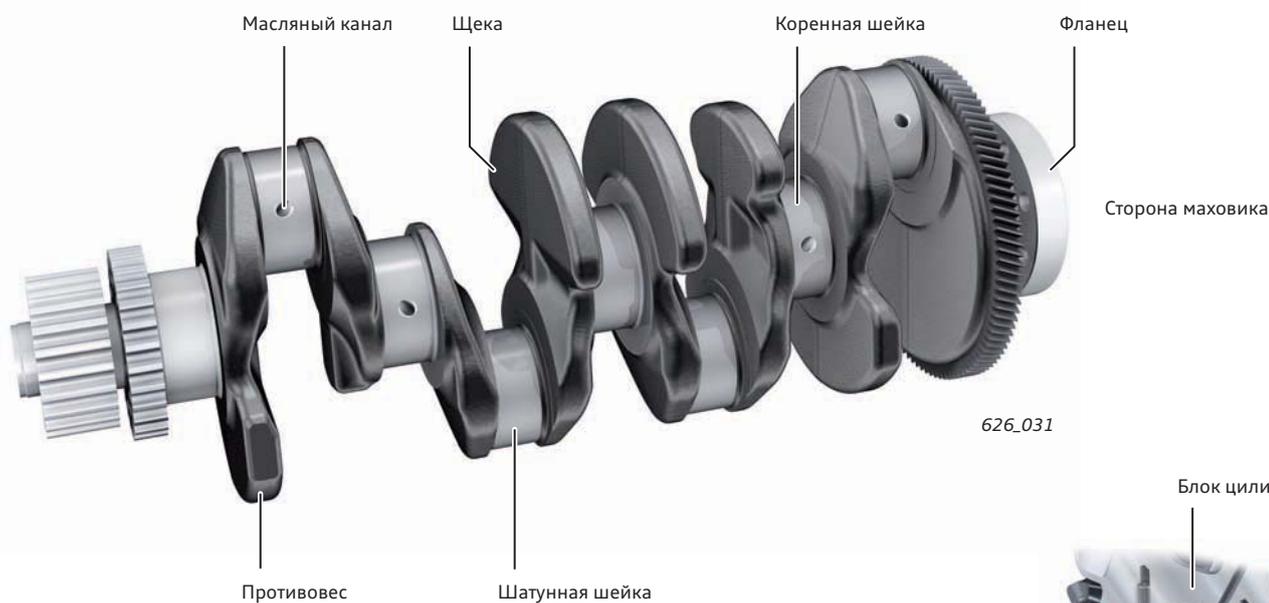
На коленчатом валу возникает крутящий момент, который затем используется для приведения автомобиля в движение.

Конструкция

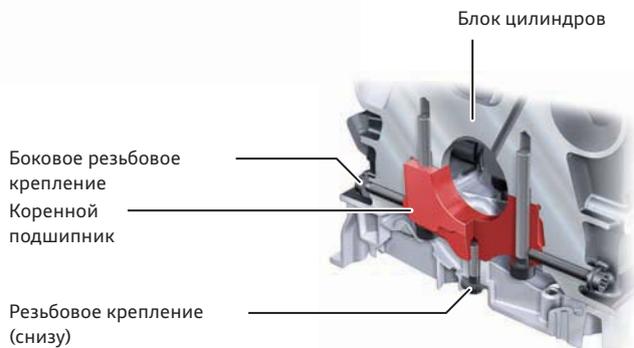
Расположенные на одной оси коренные шейки коленчатого вала находятся в коренных подшипниках в блоке цилиндров. Крышки коренных подшипников крепятся к блоку цилиндров болтами снизу и с боков для обеспечения жёсткости и равномерности работы двигателя.

С помощью шатунных шеек коленчатый вал соединяется с шатунами. Рядом расположенные коренные и шатунные шейки связываются друг с другом так называемыми щеками.

С противоположной стороны от шатунных шеек находятся противовесы, разгружающие коренные подшипники от центробежных сил инерции неуравновешенных масс кривошипа (щёк и шатунных шеек). Возможный дисбаланс устраняется высверливанием материала на противовесах. Масляные каналы для смазки шатунных подшипников идут от коренных шеек к шатунным. На хвостовике коленчатого вала (со стороны отвода крутящего момента) находится фланец для крепления маховика.



626_031



626_196

Изготовление

Коленчатые валы могут изготавливаться литьём или ковкой. В результате получаются коленчатые валы с различными свойствами.

Сравнение свойств обоих вариантов показывает, почему всё большее распространение получают кованные коленчатые валы.

Литые коленчатые валы

Преимущества:

- ▶ малая стоимость производства;
- ▶ простота обработки;
- ▶ малая масса.

Недостатки:

- ▶ малая жёсткость;
- ▶ плохая сопротивляемость крутильным колебаниям;
- ▶ большой износ.

Кованные коленчатые валы

Преимущества:

- ▶ высокая жёсткость;
- ▶ хорошая сопротивляемость крутильным колебаниям;
- ▶ малый износ.

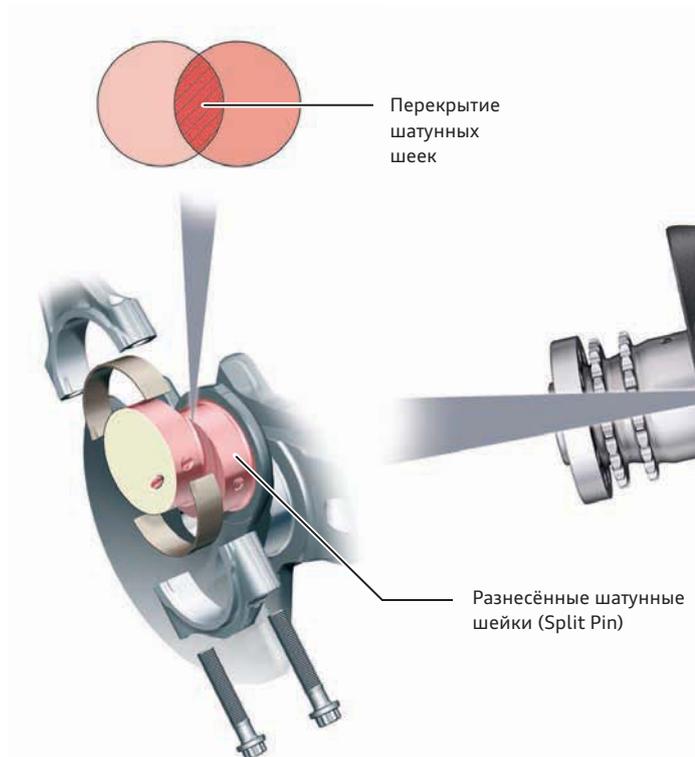
Недостатки:

- ▶ высокая стоимость производства;
- ▶ трудоёмкая обработка;
- ▶ большая масса.

Разнесённые шатунные шейки (Split Pin)

На двигателях с V- и W-образным расположением цилиндров шатуны каждых двух противоположных цилиндров действуют на одну общую шатунную шейку. Но для обеспечения равномерности работы двигателя вспышки в каждом из цилиндров должны происходить с равномерным сдвигом. Для реализации требуемого сдвига применяются разделённые шатунные шейки, так называемые Split Pin. Величина разнесения частей шейки определяется преимущественно углом развала.

На двигателях с углом развала 90° используются коленчатые валы Split Pin с разнесением частей шеек на 18°. В результате вспышки в цилиндрах происходят равномерно, через каждые 72° поворота коленчатого вала. Коленчатые валы с разнесёнными шейками, как правило, кованые. Это объясняется их более высокой прочностью, ведь в местах стыка разнесённых шеек могут возникать значительные напряжения материала. Как следствие, разрушение распредвала с разнесёнными шейками при работе наиболее вероятно именно в местах соединения разнесённых шеек. Поэтому места стыка шеек с щеками коленчатого вала обрабатываются накатным полированием. Это уплотняет материал и повышает прочность коленчатого вала.



626_032

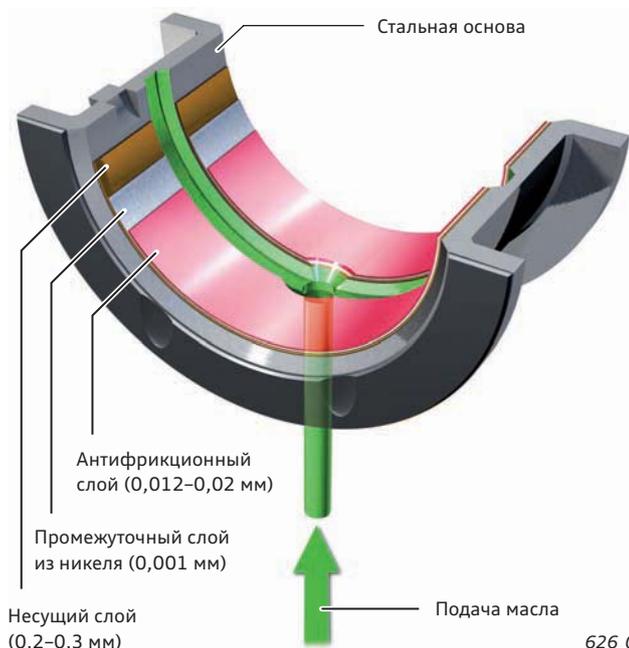


Считайте QR-код, чтобы посмотреть короткое видео о накатном полировании.

Устройство среднего фиксирующего подшипника

Коренные подшипники служат для соединения коленчатого вала с блоком цилиндров (картером двигателя), восприятия нагрузок от коленчатого вала и фиксации его от осевых перемещений.

Для уменьшения износа трение при этом должно быть сведено к минимуму. В зависимости от конструкции двигателя, в коренных подшипниках могут использоваться различные вкладыши. Одним из вариантов являются трёхслойные вкладыши. Их отличает особенно высокая стойкость к истиранию и огромная несущая способность. С помощью упорных полуколец коленчатый фал фиксируется в среднем подшипнике в осевом направлении. Трёхслойный вкладыш состоит из стальной основы, покрытой тонким несущим слоем, на который нанесено собственно антифрикционное покрытие. Для смазки коренного подшипника в нём предусмотрена масляная канавка, масло к которой подаётся по высверленному каналу.



626_033



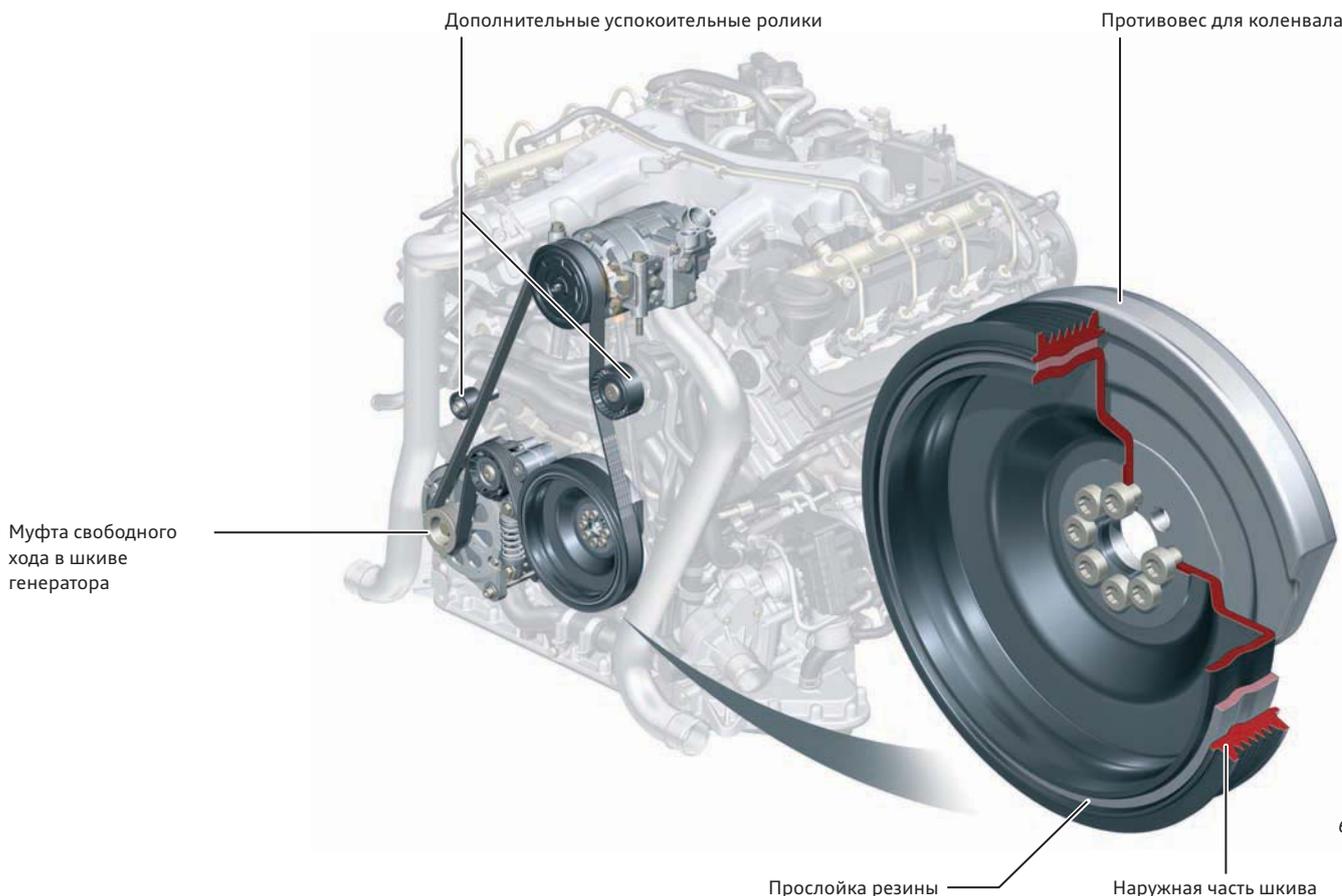
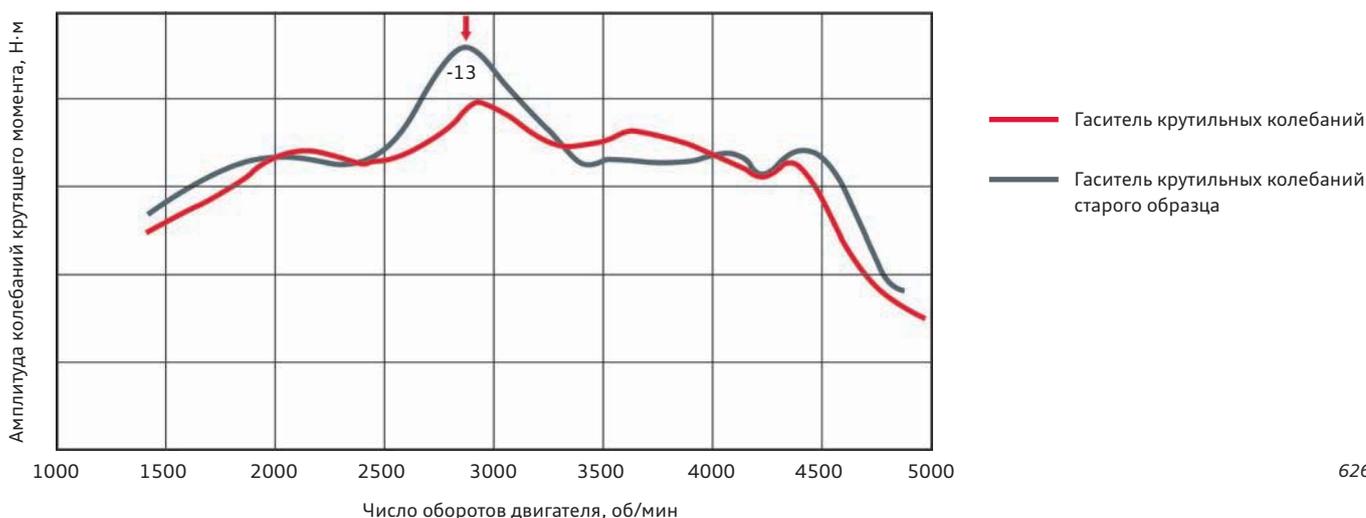
Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию о коленчатом вале двигателя V12.

Гаситель крутильных колебаний (на примере двигателя 4,2 л V8 TDI)

При резком увеличении оборотов в кривошипно-шатунном механизме, являющемся упругой механической системой, могут возникать резонансы крутильных колебаний, которые, помимо дополнительных шумов, могут также вызывать механические повреждения деталей. Поэтому большое значение имеет своевременное гашение таких колебаний.

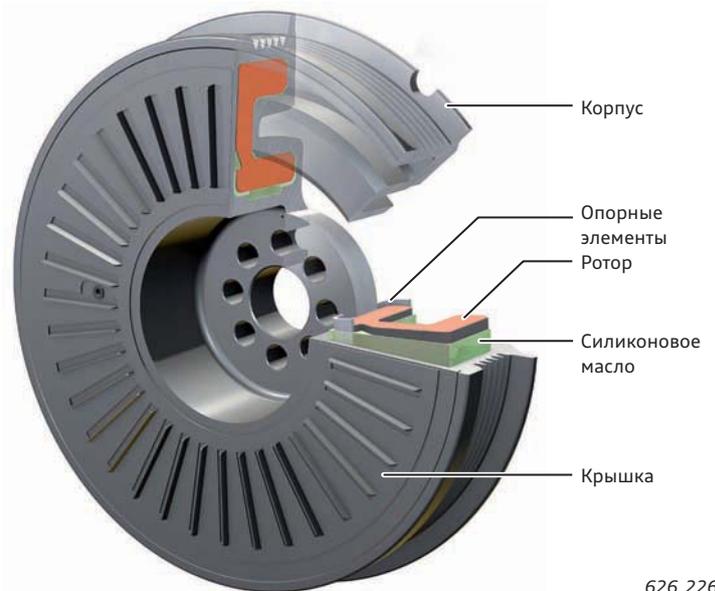
При таком типе гашения колебаний важной является большая масса ротора гасителя. Эта масса должна быть также размещена на как можно большем удалении от оси вращения. В отличие от, например, маховика, демпфирующая масса соединена в этом случае с демпфируемым валом через упругий элемент. На рисунке ниже задняя демпфирующая масса соединена вулканизированием с каучуковым слоем, который, в свою очередь, так же соединён со шкивом поликлинового ремня.

Это делает возможными компенсирующие перемещения более инертной массы относительно не совсем равномерно вращающегося коленчатого вала. В шкив ремённой передачи на коленчатом валу встроен гаситель крутильных колебаний. Для гашения колебаний поликлинового ремня, передающихся на него в результате различных ускорений поршней в разных тактах двигателя, в ремённой передаче установлен дополнительный успокоительный ролик, а на валу генератора — муфта свободного хода. Конструкция такого гасителя крутильных колебаний позволяет примерно на 13 % снизить величину колебаний крутящего момента, возникающих в диапазоне средних оборотов, по сравнению с демпфером старого образца. Благодаря этому достигаются снижение нагрузки на коленвал и улучшение акустических характеристик двигателя. Ремённая передача используется для привода генератора и компрессора кондиционера.



Гаситель крутильных колебаний (на примере двигателя 4,0 л V8 TFSI)

Гаситель крутильных колебаний вязкостного трения уменьшает амплитуду крутильных колебаний, возникающих вследствие неравномерности воздействующих на коленчатый вал двигателя сил давления газов (сгорание) и инерционных сил (вращательное и возвратно-поступательное движение масс). В результате таких колебаний возникает угловое смещение корпуса гасителя колебаний относительно ротора. В последнее время стали применяться гасители крутильных колебаний, имеющие наружное полое кольцо, заполненное силиконовым маслом. Оно в состоянии ещё быстрее реагировать на неравномерность вращения коленчатого вала и компенсировать её. При этом силиконовое масло испытывает деформацию сдвига. Эта деформация происходит по всей поверхности зазора между ротором и корпусом гасителя колебаний. Сумма всех возникающих сил сопротивления образует гасящий колебания эффект.

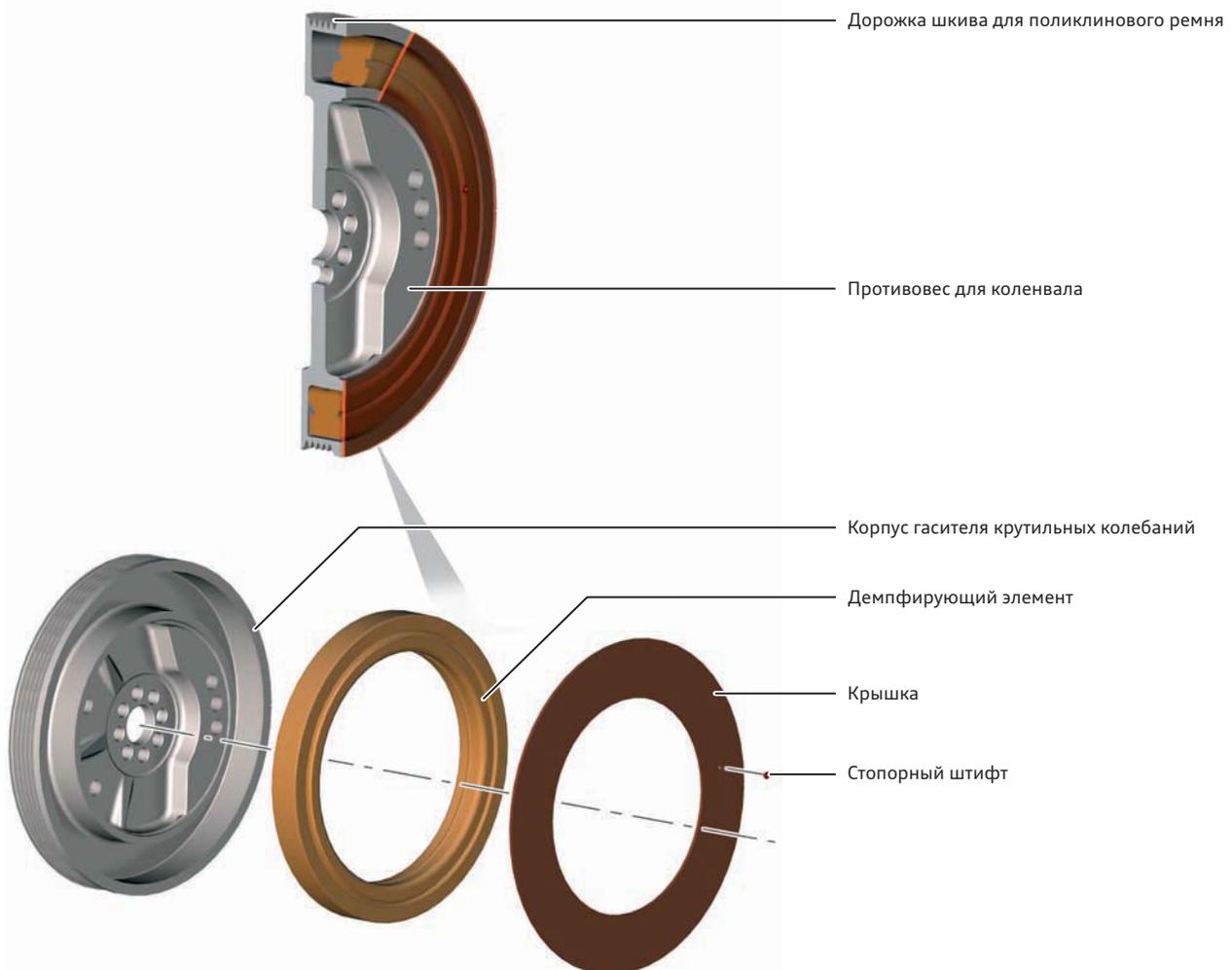


626_226

Гаситель крутильных колебаний вязкостного трения (на примере двигателя 5,2 л V10 FSI)

На двигателе V10 FSI устанавливается гаситель крутильных колебаний вязкостного трения, существенным моментом при этом является его близость к источнику колебаний. В качестве демпфирующей среды используется вязкое масло, которым заполнено кольцо в шкиве ремённой передачи.

Это вязкое масло гасит относительные перемещения демпфирующего элемента и корпуса гасителя колебаний.



626_227

Поршень

Поршни являются обязательной составной частью любого поршневого двигателя. Они установлены в цилиндрах подвижно и герметизируют объём камеры сгорания по отношению к картерному пространству блока цилиндров. Поршни воспринимают давление газов, образующихся при сгорании рабочей смеси, и через шатуны передают его на коленчатый вал в виде поворачивающего момента силы. Поршни работают в весьма неблагоприятных условиях, подвергаясь очень высоким механическим и температурным воздействиям.

Требования, предъявляемые к поршням:

- ▶ высокая прочность;
- ▶ устойчивость к задирам;
- ▶ плавность работы;
- ▶ малая масса;
- ▶ малый расход масла;
- ▶ низкая токсичность ОГ.

Элементы конструкции поршня

Жаровой пояс

Жаровой пояс защищает верхнее поршневое кольцо от слишком сильного нагрева. Закруглённый переход во внутренней части головки поршня оптимизирует отвод тепла и повышает жёсткость днища поршня.

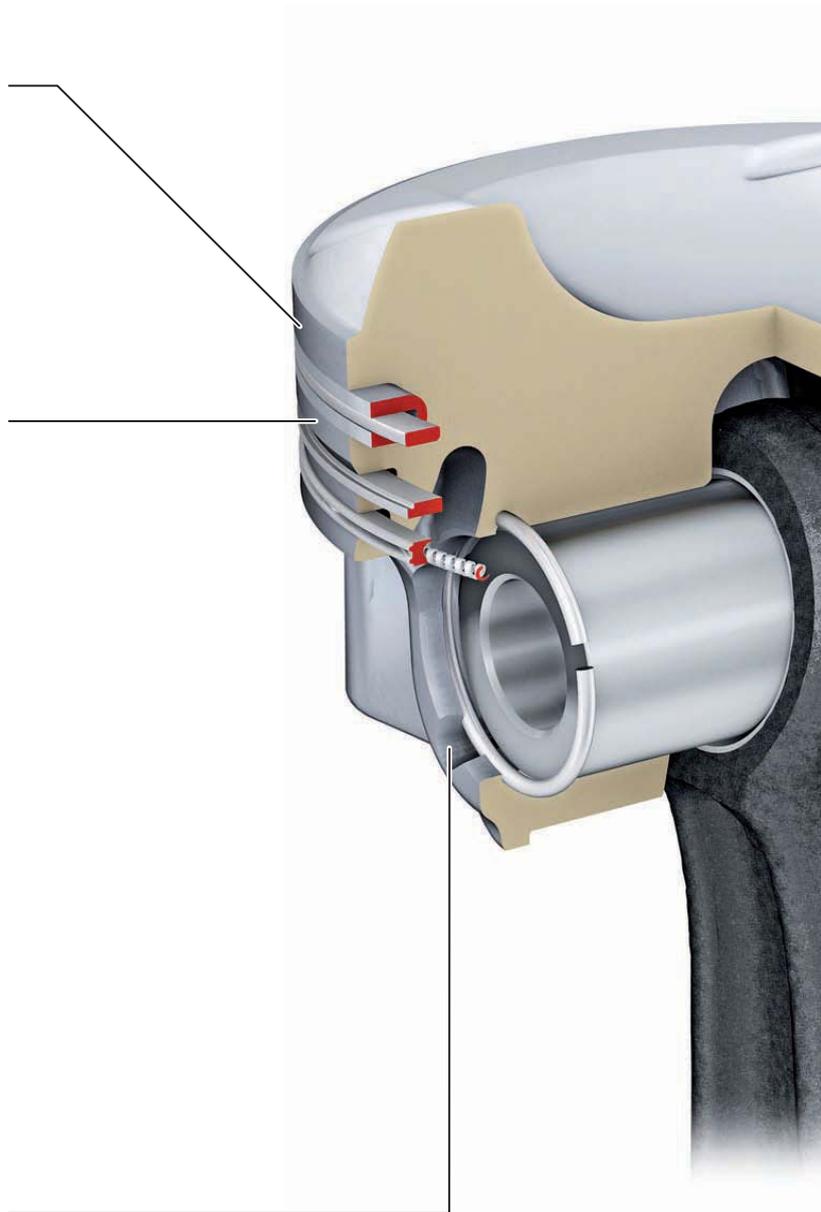
Ребро между канавками поршневых колец

Часть поршня между двумя соседними канавками поршневых колец называется ребром. Прежде всего самое верхнее ребро подвергается высокой нагрузке от давления в камере сгорания. Для предотвращения разрушения это ребро должно быть особенно прочным. Поэтому высота верхнего ребра между поршневыми канавками на двигателях различных типов находится в разном соотношении с диаметром поршня, см. таблицу.

Тип двигателя	Высота верхнего межканавочного ребра по отношению к диаметру поршня
Бензиновый двигатель	4,5-5 %
Дизельный двигатель	6 %
Дизельный двигатель с турбо-нагнетателем	7-8 %

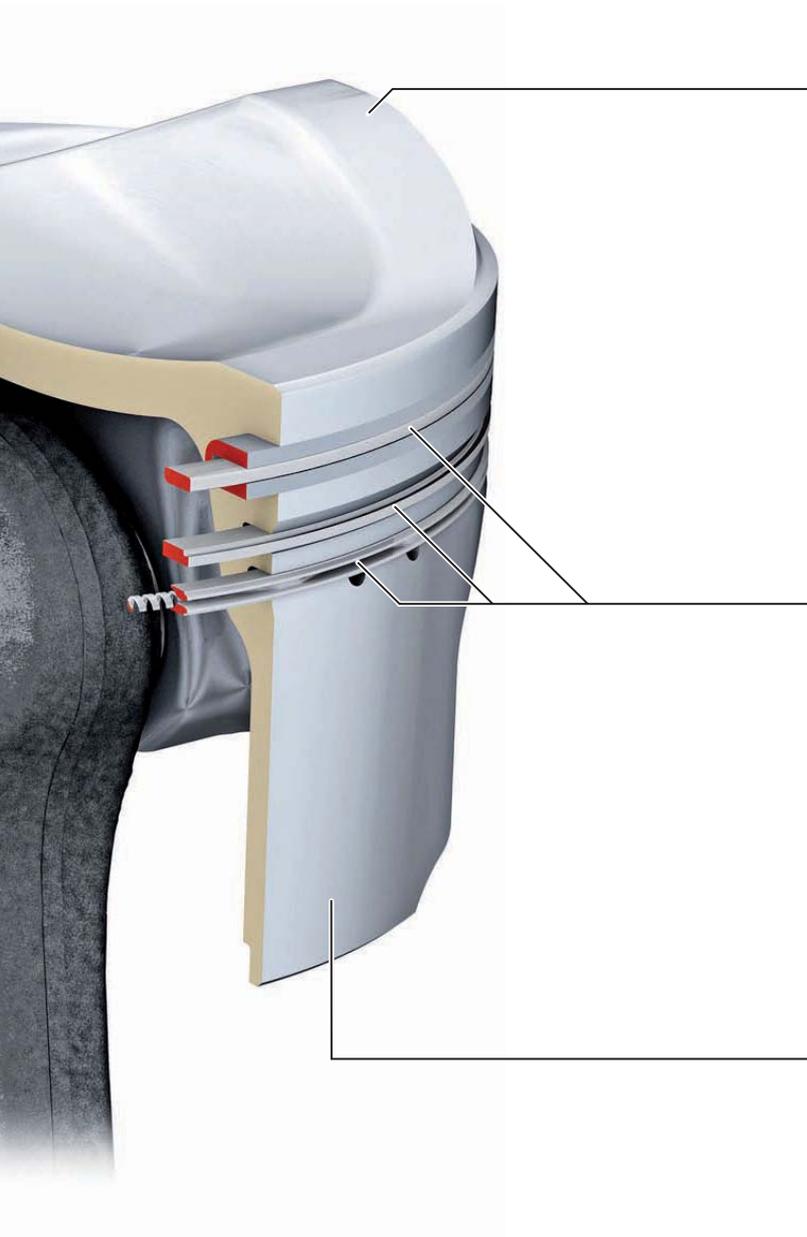
Бобышки поршневых пальцев

Бобышки служат для соединения поршня с поршневым пальцем. Через них усилия, воспринимаемые поршнем, передаются на поршневой палец.



Воздействия

- ▶ Давление сгорания 50–180 бар на днище поршня и камере сгорания в поршне.
- ▶ Боковые усилия на юбке поршня.
- ▶ Усилия в бобышках поршня.
- ▶ Ускорения до 25 000 м/с².
- ▶ Трение скольжения в канавках колец, на юбке поршня и в бобышках поршневого пальца.
- ▶ Перекос поршня.
- ▶ Температуры:
 - ▶ днище поршня/край камеры сгорания в поршне: 200–400 °С;
 - ▶ бобышки поршневого пальца: 150–260 °С;
 - ▶ юбка поршня: 120–180 °С.



Днище поршня

Днище поршня совместно со стенкой цилиндра и головкой блока цилиндра образует камеру сгорания. Его форма преимущественно определяется расположением клапанов и типом двигателя. Так, например, двигатели FSI оснащаются поршнями с полостью (камерой сгорания) в днище, оптимизирующей потоки воздуха.

Поршневые кольца

Поршневые кольца герметизируют полость цилиндра в месте подвижного примыкания поршня к стенкам цилиндра. Зону поршня, в которой размещаются поршневые кольца, называют зоной поршневых колец. Высота зоны поршневых колец зависит от числа и размеров устанавливаемых поршневых колец. В большинстве случаев поршень оснащается тремя поршневыми кольцами: двумя уплотнительными (компрессионными) кольцами и одним маслосъёмным.

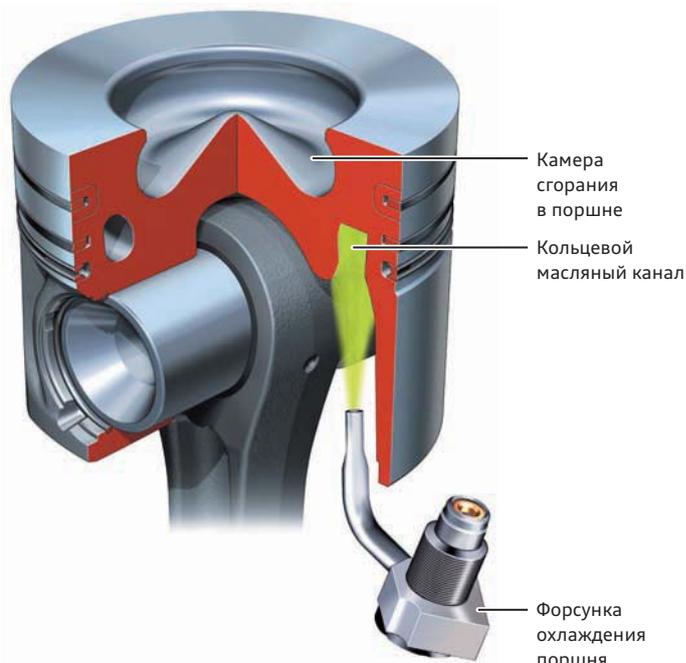
Юбка

Юбка поршня служит для направления поршня в цилиндре и передаёт на стенки цилиндра боковые усилия. Чем больше длина юбки и чем плотнее её прилегание, тем меньше тенденция поршня к перекоосу. Для уменьшения износа поверхности юбки на неё наносится специальное покрытие, см. стр. 25.

626_036

Особенности поршней на дизельных двигателях

На дизельных и на бензиновых двигателях используются поршни разной конструкции. Так, например, в днище поршня дизельного двигателя имеется полость (так называемая камера сгорания в днище), в которой впрыскиваемое топливо перемешивается с воздухом. При этом форма и положение камеры сгорания в днище поршня координируется с направлением факела впрыскиваемого форсункой топлива.



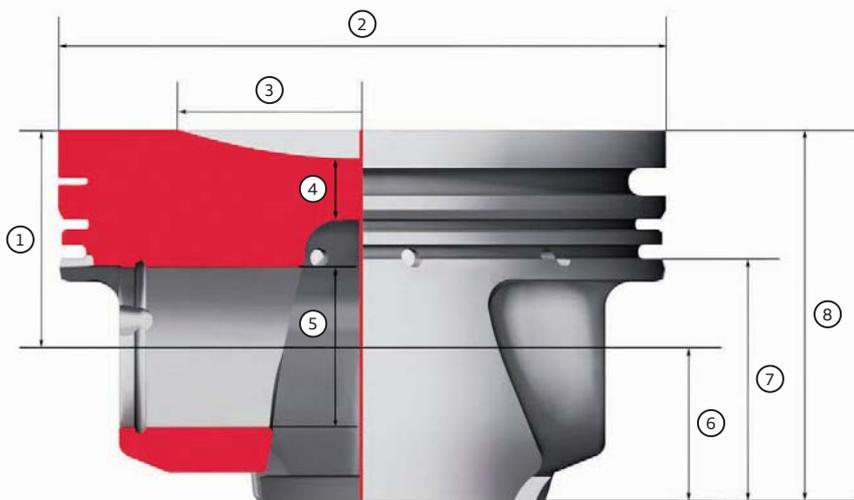
Охлаждение поршней

В зависимости от типа, в двигателях может, кроме того, устанавливаться система активного охлаждения поршней. Цель этой системы — минимизировать температуру поршней в областях наибольшей нагрузки, например на днище поршня или в зоне поршневых колец. Для этого внутри поршня выполнен кольцевой масляный канал, в который специальная форсунка впрыскивает масло из системы смазки двигателя, охлаждая тем самым днище поршня. Для получения этого канала в форму при отливке заготовки поршня помещается соответствующий соляной стержень.

Размеры поршней

Характеристики поршня определяются прежде всего его геометрической формой и связанными с ней размерами.

626_037



626_038

Номер	Значение	Определение
①	Компрессионная высота	Расстояние от оси поршневого пальца до верхнего края жарового пояса.
②	Диаметр поршня	Диаметр поршня.
③	Максимальный поперечный размер камеры сгорания в днище поршня	Максимальный поперечный размер камеры сгорания в днище поршня.
④	Толщина днища поршня	Толщина днища поршня.
⑤	Диаметр поршневого пальца	Диаметр поршневого пальца.
⑥	Нижняя длина	Расстояние от оси отверстия поршневого пальца до конца юбки.
⑦	Длина юбки	Длина юбки.
⑧	Общая длина поршня	Общая длина поршня.

Смещение оси поршневого пальца

Под смещением оси поршневого пальца подразумевается смещение оси отверстия под поршневой палец по отношению к продольной оси цилиндра. В результате изменяются моменты сил, действующих на поршень относительно оси пальца, что позволяет добиться более плавной смены точек контакта поршня при прохождении ВМТ. Как следствие, уменьшается шум при движении поршней. Кроме того, это позволяет избегать повреждений поверхности гильз цилиндров, так называемых кавитаций.

Изготовление

В соответствии с типом двигателя выбирается и технология изготовления поршней. В зависимости от последующего применения и связанной с этим нагрузки, для изготовления поршней могут использоваться разные технологии. Общим для всех методов изготовления поршней является то, что после изготовления их поверхность подвергается дополнительному упрочнению. Это уменьшает износ и улучшает динамические характеристики. В некоторых случаях на юбку поршней для этого наносится так называемое покрытие Ferroprint.

Типы

Наличие различных типов двигателей определяет и необходимость использования различных типов поршней. Существенные различия заключаются прежде всего в геометрической форме, материале и устройстве поршней.

Установочный зазор поршня

При установке поршня в цилиндр необходимо соблюдать требуемую величину зазора. Установочный зазор понимается как разница между диаметром цилиндра и наибольшим поперечным размером поршня. Это значение может быть указано на днище поршня. Там же может, кроме того, находиться маркировка монтажного положения поршня. Монтажное положение поршня необходимо обязательно соблюдать.

Технология изготовления:

- ▶ Ковка.
- ▶ Штамповка.
- ▶ Литьё:
 - ▶ кокильное литьё;
 - ▶ центробежное литьё;
 - ▶ непрерывное литьё;
 - ▶ литьё под давлением.

Самыми заметными являются различия в форме днища поршней и камер сгорания в днищах поршней. В обзоре ниже показаны некоторые из возможных типов поршней.

Двигатель TDI
с камерой сгорания
в днище поршня



626_039

Покрытие Ferroprint

Двигатель V8 TFSI
с проточками под клапаны



626_041

Двигатель FSI
для послыного
смесеобразования



626_042

Двигатель W12
со скошенным днищем
поршня



626_040

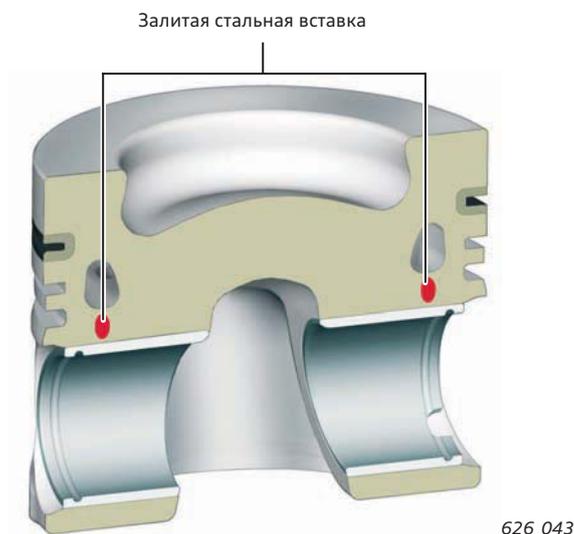


Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию о работе днища поршня в дизельном двигателе.

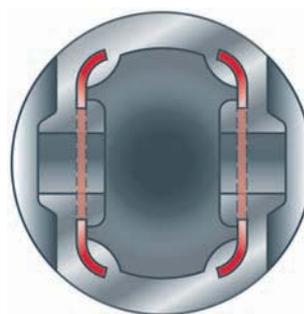
Поршни со вставками, ограничивающими термическое расширение

В некоторых поршнях при отливке в легкометаллическом материале устанавливаются вставки, которые при нагреве поршня ограничивают его термическое расширение в определённом направлении.

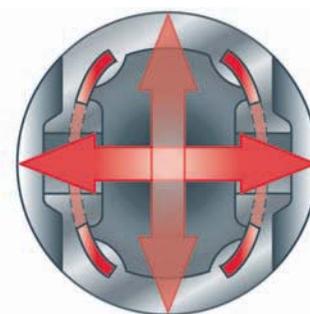
При нагреве такой поршень со стальными вставками работает по биметаллическому принципу. В результате термическое расширение поршня направляется преимущественно вдоль оси поршневого пальца. Для компенсации такого термического расширения области вокруг поршневого пальца изначально придаётся слегка овальная форма.



Холодный двигатель



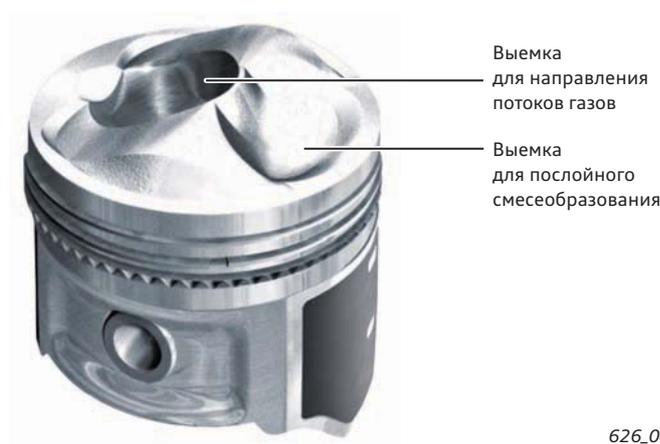
Двигатель прогрет до рабочей температуры



Выемка для направления потоков газов

На днище поршней бензиновых двигателей с непосредственным впрыском имеются фасонные выемки, влияющие на направление потоков газов в камере сгорания.

Помимо выемок, направляющих газовые потоки, некоторые из таких поршней дополнительно имеют ещё и «топливные» выемки, играющие важную роль в организации послойного смешивания.



Поршневые кольца

Поршневые кольца устанавливаются в верхней части поршня, так называемой головке. Поршневые кольца подразделяются на уплотнительные (компрессионные) и маслосъёмные. Компрессионные кольца всегда устанавливаются над маслосъёмными.

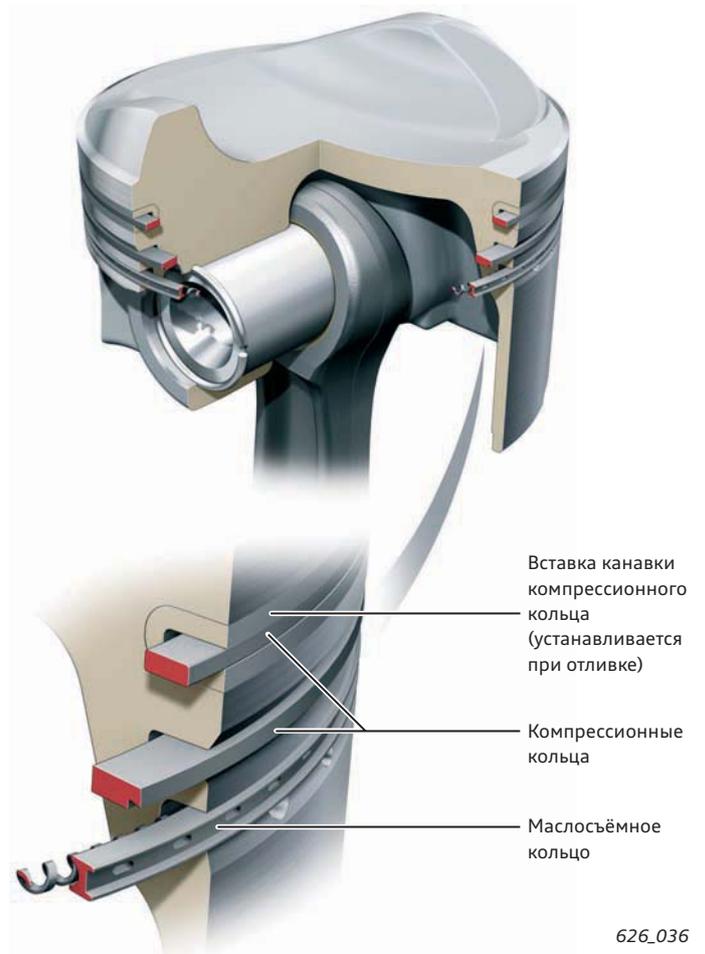
Поршневое кольцо	Функция
Компрессионное кольцо	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Герметизация стыка поршень — цилиндр. ▶ Отведение тепла от поршня в стенку цилиндра.
Маслосъёмное кольцо	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Снятие избыточного масла со стенки цилиндра. ▶ Возврат снятого масла в масляный поддон.

Изготовление

Поршневые кольца должны выдерживать огромные нагрузки, связанные с высокими скоростями движения поршней и высокими давлениями в цилиндре. Для этого поршневые кольца изготавливаются из чугуна или высококачественных сталей. На поршнях, подвергающихся особенно высоким нагрузкам, при отливке заготовки устанавливают вставки канавок поршневых колец из высококачественных материалов, в которых впоследствии размещают поршневые кольца. Такие вставки канавок для поршневых колец применяются преимущественно на дизельных двигателях, но в отдельных случаях — также на двигателях FSI.

Типы

В зависимости от типа двигателя и функционального назначения возможны различные виды поршневых колец.



626_036

Поршневое кольцо	Сечение	Наименование	Признаки и преимущества
Компрессионные кольца		Цилиндрическое (прямоугольное сечение)	Простота изготовления.
		Коническое кольцо	Сокращает время обкатки нового двигателя.
		Кольцо с трапецевидным сечением	Предотвращает заедание поршневого кольца в забитой нагаром канавке.
		Кольцо с L-образным сечением	Благодаря невысокому собственному напряжению, газы из камеры сгорания могут попадать за поршневое кольцо, увеличивая усилие прижатия к стенке цилиндра.
Маслосъёмные кольца		Кольцо с обращённой вниз ступенькой	Дополнительно усиленное маслосъёмное действие.
		Коробчатое кольцо с прорезями	Маслосъёмное действие с дополнительным пропуском масла во внутреннюю часть поршня.
		Маслосъёмное кольцо с кольцевой пружиной	Улучшенное маслосъёмное действие благодаря более высокому усилию прижатия.

Поршневые пальцы

Поршневой палец соединяет поршень с шатуном и подвергается при этом очень высоким нагрузкам. Ввиду быстрого возвратно-поступательного движения поршня и действия при этом больших сил (как давления газов, так и сил инерции), а также с учётом плохих условий смазки к поршневым пальцам предъявляется ряд специальных требований.

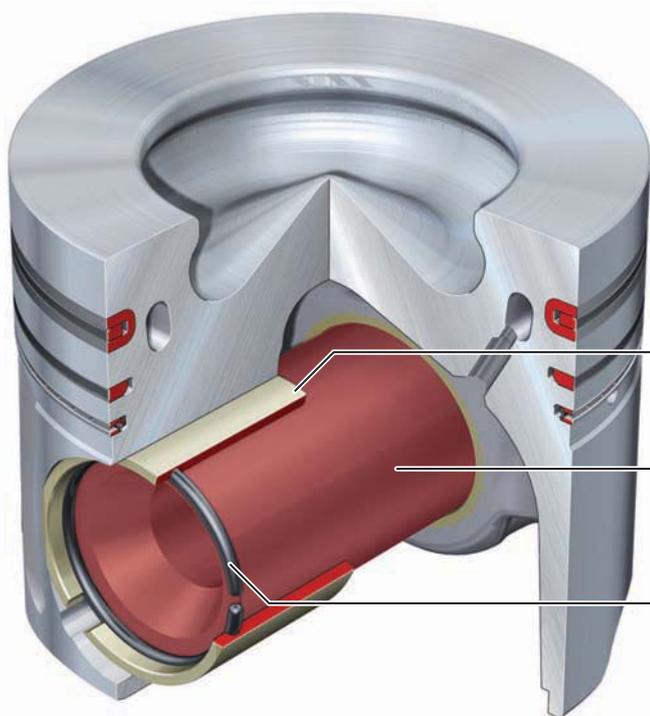
Требования к поршневым пальцам:

- ▶ малая масса;
- ▶ высокая жёсткость;
- ▶ высокая усталостная прочность и ударная вязкость материала;
- ▶ чистота поверхности;
- ▶ большая твёрдость поверхности;
- ▶ высокая точность формы.

Конструкция поршневого пальца

В большинстве двигателей поршневые пальцы являются полыми и свободно поворачивающимися как в головке шатуна, так и в бобышках поршня (плавающие пальцы). Осевое перемещение поршневых пальцев предотвращается стопорными устройствами. На некоторых двигателях поршневые пальцы жёстко закреплены в головке шатуна (горячей запрессовкой).

Для повышения жёсткости поршня некоторых двигателей, например двигателя V6 TDI с двойным турбонаддувом, на поршневые пальцы наносится специальное покрытие. Это покрытие повышает способность поршневого пальца к скольжению и снижает трение в этой области. За счёт применения втулок с профильным отверстием давление между поршнем и поршневым пальцем распределяется равномерно. Благодаря своей форме, это отверстие противодействует деформации поршня во время работы двигателя и обеспечивает лучшее перемещение поршневого пальца.



Втулка с профильным отверстием

Поршневой палец

Стопорное кольцо

626_052

Стопорное кольцо поршневого пальца

Если поршневой палец не фиксируется в головке шатуна (горячей запрессовкой), то его необходимо предохранить от осевого перемещения и возможных столкновений со стенками цилиндра. Как правило, для этого в канавках в наружной части отверстий бобышек устанавливаются стопорные кольца из пружинной стали.

Варианты исполнения стопорных колец



626_053

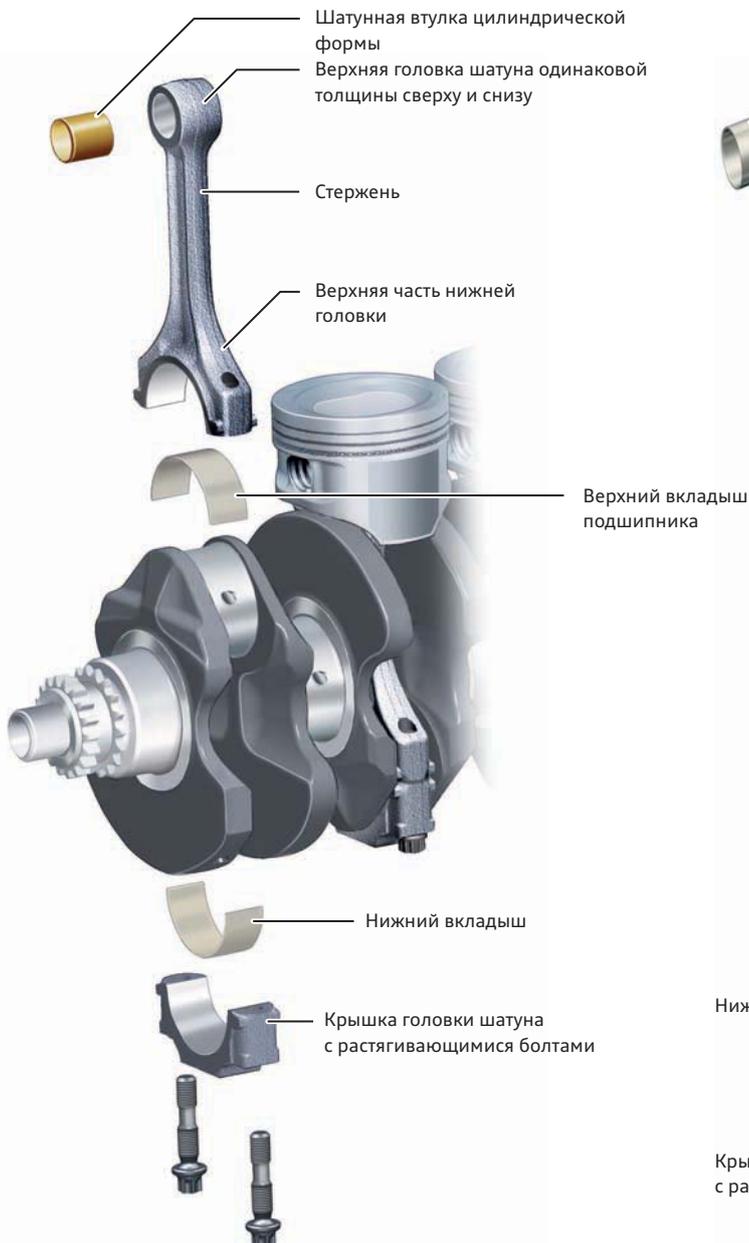
Шатуны

Шатун служит для передачи усилий от поршня к коленчатому валу и (вместе с кривошипами коленчатого вала) преобразования возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала. При этом шатуны работают в условиях постоянных знакопеременных нагрузок и нагрева от сгорающих газов и от трения.

Варианты исполнения

В связи с тенденцией к использованию всё более компактных конструкций и увеличению давления в камере сгорания, к шатунам предъявляются высокие требования.

Шатун с обычной головкой



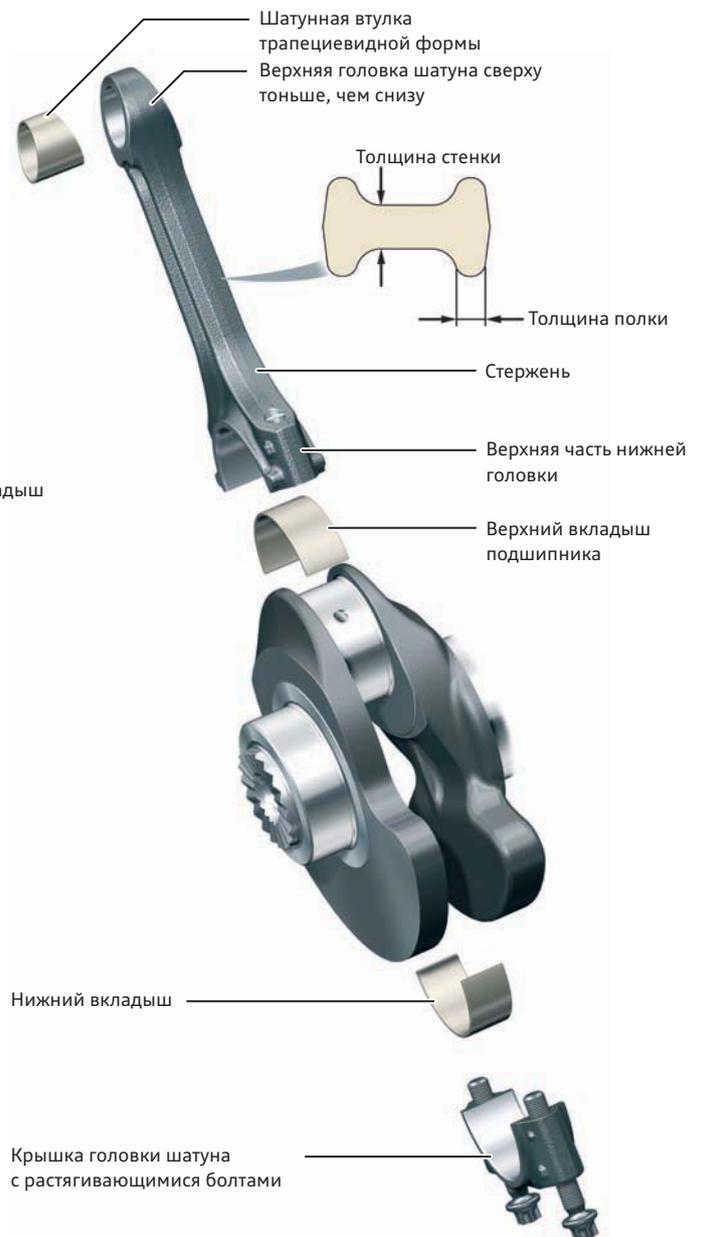
626_197

Конструкция

Центральным элементом шатуна является стержень, имеющий, как правило, двутавровое сечение. Головка в верхней части шатуна называется верхней или шатунной. В неё встроена втулка, в которую вставляется поршневой палец, смазываемый разбрызгиваемым маслом. Нижняя головка шатуна, соединяющая его с шейкой коленчатого вала, разъёмная, её крышка крепится растягивающимися болтами. В нижней головке установлен подшипник скольжения, состоящий из двух вкладышей.

Шатун с трапециевидной головкой

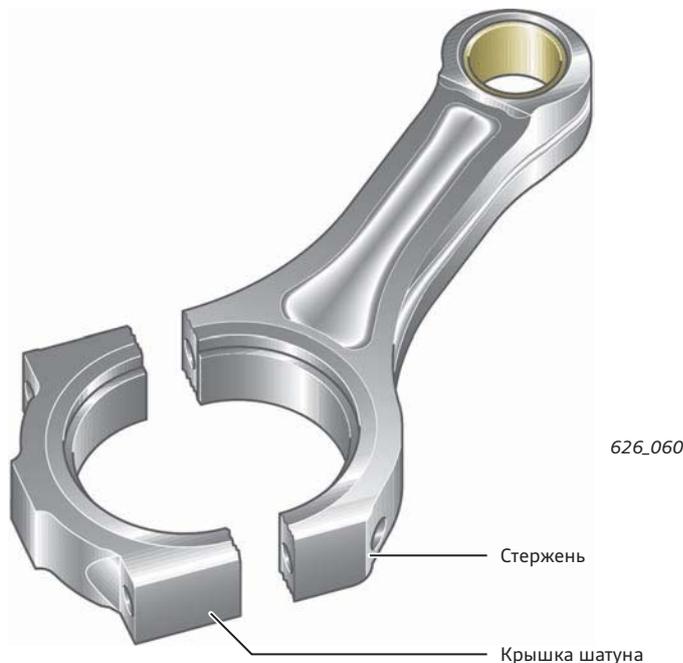
Шатун с трапециевидной верхней головкой в комбинации с соответствующим поршнем удовлетворяет обоим этим требованиям. Площадь контакта поршневого пальца и нижней стороны верхней головки шатуна в этом случае заметно больше, чем в обычной паре шатун — поршень. В результате усилия, возникающие при сгорании в цилиндре, распределяются на большую площадь и напряжение в детали заметно уменьшается.



626_057

Шатуны с крышками с косым разъемом

На некоторых двигателях с V-образным расположением цилиндров применяются шатуны с крышками с косым разъемом. Такое решение позволяет устанавливать шатун без крышки через отверстие цилиндра.



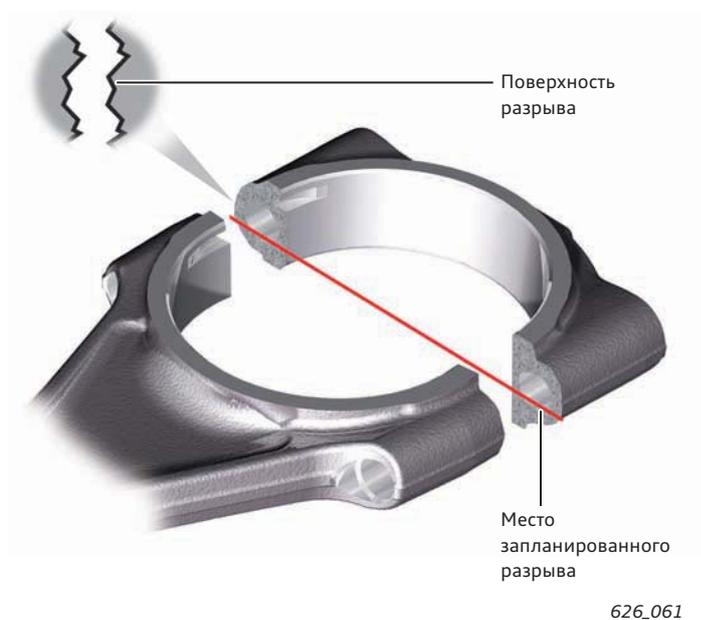
Изготовление

Шатуны в большинстве случаев изготавливаются посредствомковки. Для их производства используются различные материалы и, соответственно, различные технологии. При завершающей обработке заготовок шатунов особое значение имеет операция разделения стержня шатуна и шатунной крышки. Эти детали должны подходить друг к другу с очень высокой точностью, что лучше всего достигается при использовании метода разрыва.

В этом случае на шатуне лазерным лучом создаётся место, в котором произойдёт отрыв крышки. На специальной установке крышка и шатун затем разрываются. В месте разрыва возникает уникальная для данной пары структура поверхности, позволяющая соединить обе части вместе с очень высокой точностью.

По сравнению с резкой, такой метод обладает заметными преимуществами:

- ▶ высокая точность позиционирования при соединении;
- ▶ хорошее силовое замыкание;
- ▶ не требуется дополнительное центрирование;
- ▶ невысокая стоимость производства ввиду меньших затрат материала.



Подшипники шатуна

Шейки коленчатого вала обрабатываются так, что они с высокой точностью подходят к подшипникам шатунов.



Указание

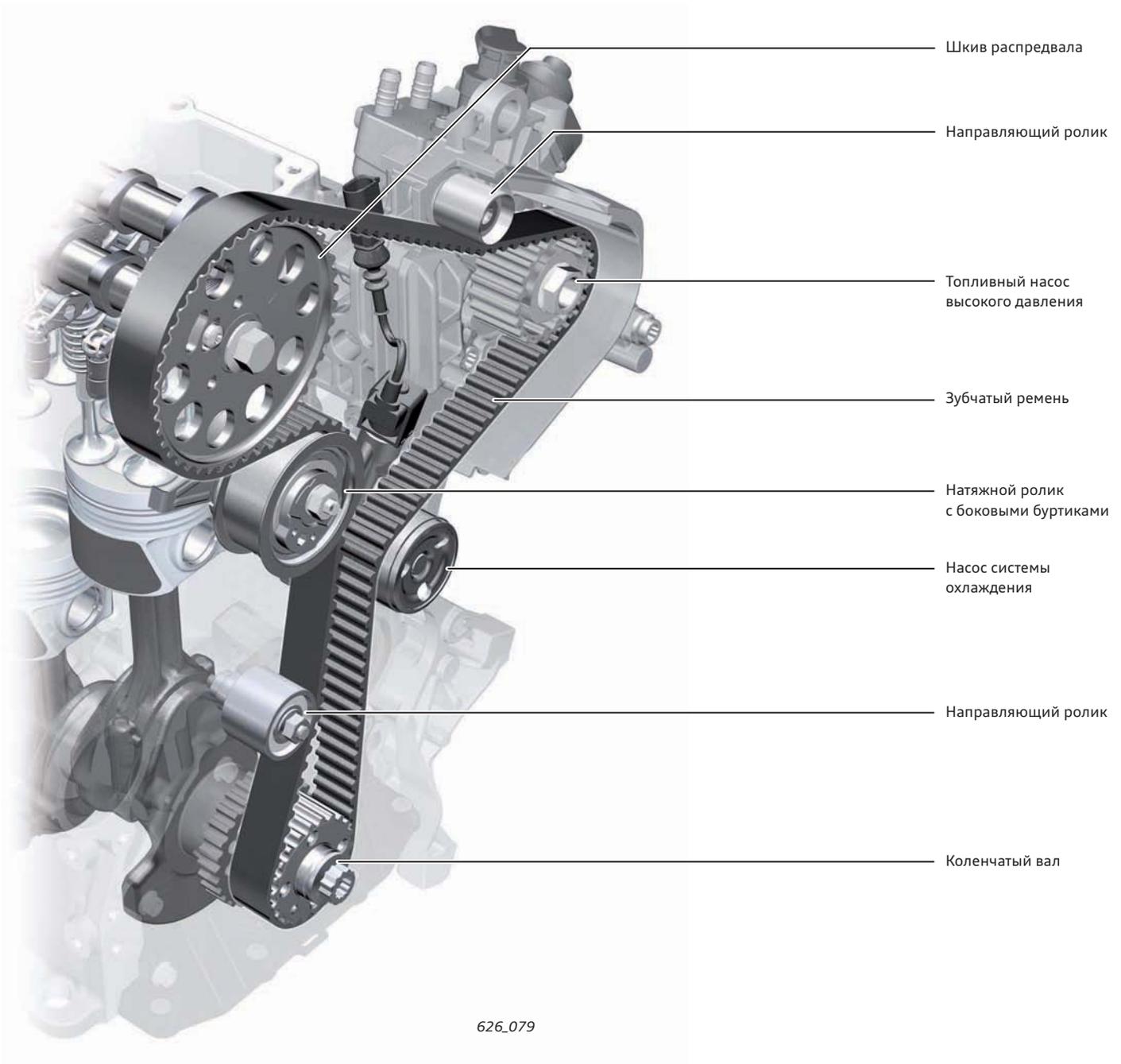
Для диагностики стуков можно снять давление сгорания топлива, отсоединив провод от свечи зажигания или от форсунки (на дизельных двигателях). Тем самым можно диагностировать повреждение шатунного подшипника соответствующего цилиндра.

Привод ГРМ

Привод ГРМ (привод распредвалов) может осуществляться с помощью зубчатого ремня. В так называемой зубчато-ремённой передаче ремень из искусственных материалов соединяет распредвалы и коленчатый вал между собой. Для обеспечения постоянного натяжения ремня и надлежащей работы привода в нём устанавливается натяжной ролик. Привод ГРМ может использоваться и для приведения в действие других навесных агрегатов, например насоса системы охлаждения. На натяжных и направляющих роликах имеются буртики, препятствующие боковому смещению ремня.

Требования к приводу ГРМ:

- ▶ длительный срок службы;
- ▶ компактность;
- ▶ минимальная масса;
- ▶ минимальная шумность;
- ▶ способность поддерживать минимальный угол закругления на шкивах;
- ▶ длина свободных участков ремня¹⁾ не должна находиться в диапазоне 75–130 мм;
- ▶ как минимум один шкив должен иметь буртики для предотвращения бокового перемещения ремня.



¹⁾ Под свободными участками ремня подразумеваются отрезки между двумя соседними шкивами ремённой передачи.

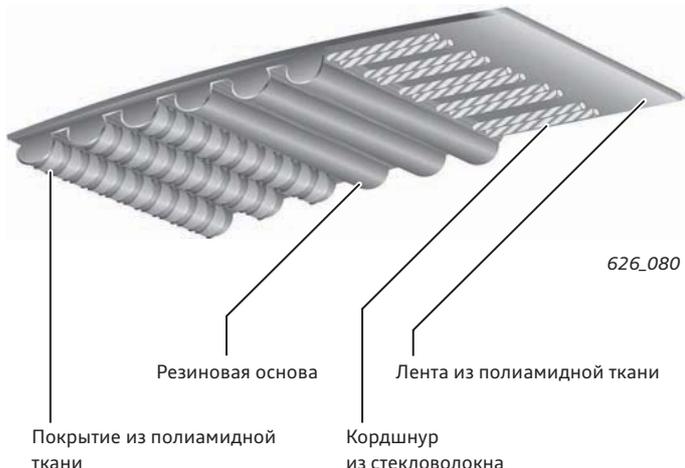
Указание



При шумах в области зубчато-ремённой передачи необходимо проверить натяжение зубчатого ремня с помощью измерительного устройства для зубчатых ремней. Кроме того, следует проверить состояние натяжных и направляющих роликов. При проверке зубчато-ремённой передачи обязательно соблюдать соответствующие указания, содержащиеся в руководстве по ремонту.

Конструкция зубчатого ремня

Зубчатый ремень состоит из нескольких слоёв.



Преимущества:

- ▶ лёгкий;
- ▶ малошумный;
- ▶ низкие затраты на производство;
- ▶ не требует смазки;
- ▶ простой привод;
- ▶ гибкость механизма направления ремня;
- ▶ низкое трение.

Недостатки:

- ▶ возможно перепрыгивание или разрыв;
- ▶ привод должен работать в пространстве, свободном от масла;
- ▶ заданные радиусы изгиба;
- ▶ уже использовавшийся ремень должен устанавливаться только в том же направлении;
- ▶ необходимость обязательной периодической замены.

Натяжители ремённой передачи

Натяжители в ремённой передаче обеспечивают правильное натяжение ремня и тем самым надёжную работу передачи. Существует три различных исполнения таких натяжителей:

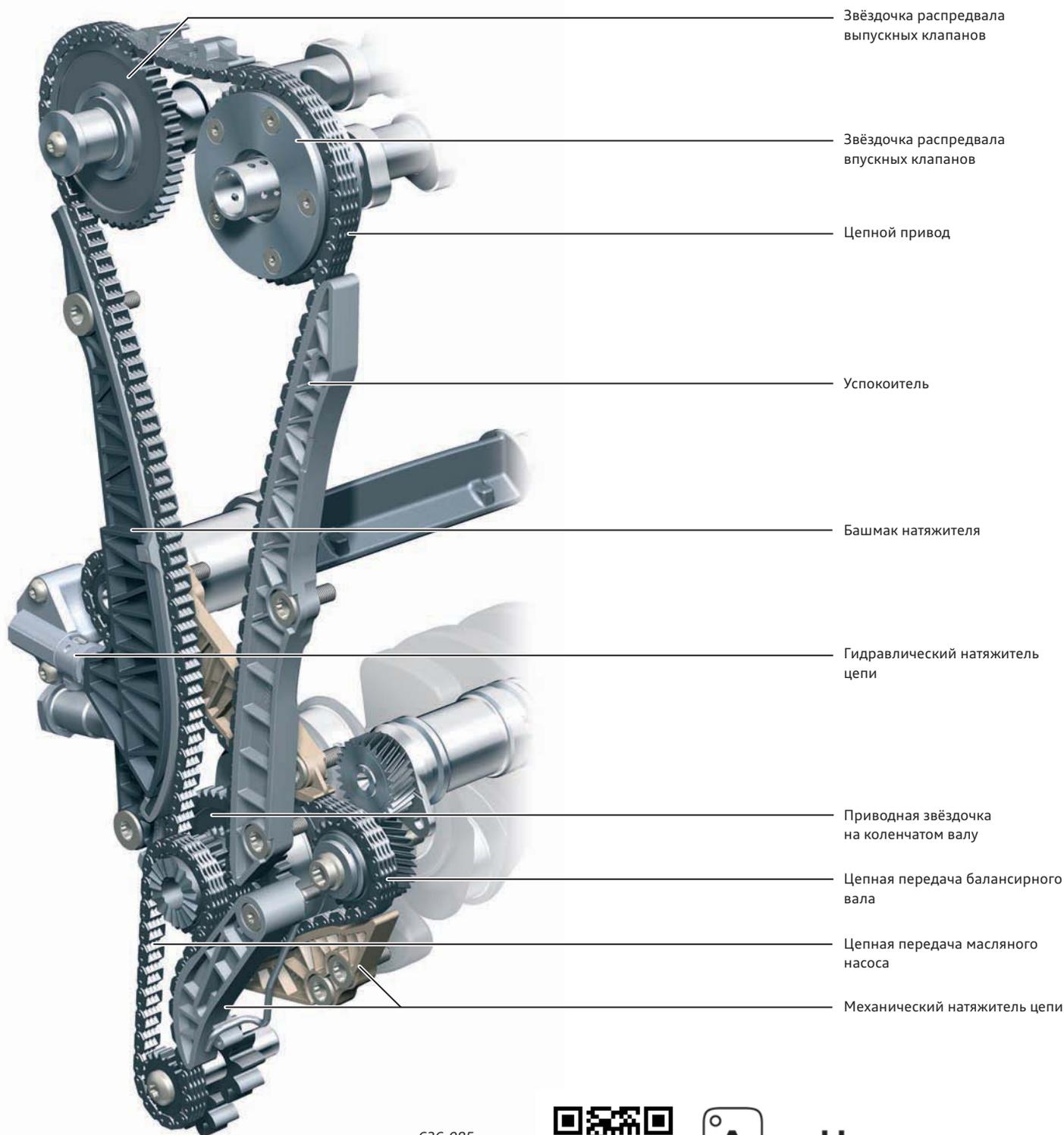
- ▶ эксцентриковый натяжной ролик;
- ▶ механический натяжитель;
- ▶ гидравлический натяжитель.

	Эксцентриковый натяжной ролик	Механический натяжитель	Гидравлический натяжитель
			
Принцип действия	▶ Жёсткий натяжной ролик.	▶ Натяжной ролик с фрикционным демпфером.	▶ Натяжной ролик с гидравлическим демпфером.
Свойства	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Натяжение ремня изменяется при изменении температуры двигателя. ▶ Изменение длины ремня и износ ремня по мере эксплуатации. ▶ Базовое натяжение ремня постепенно ослабевает. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Предотвращает изменение натяжения ремня в ходе эксплуатации. ▶ Уменьшает износ ремня. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Пружина на гидравлическом элементе поддерживает натяжение ремня через рычажный механизм и натяжной ролик. ▶ Гидравлический элемент направленно демпфирует колебания ролика. ▶ Направленное демпфирование делает возможным контроль достаточно сложных ремённых передач. ▶ Предварительное натяжение оптимизируется.

Цепной привод

Привод ГРМ (привод распредвалов) может также осуществляться цепной передачей. Такое решение применяется при необходимости передавать значительные усилия или преодолевать сравнительно большие расстояния. В этом случае вращение звёздочки на коленчатом валу передаётся на звёздочки распредвалов цепью. Постоянное натяжение цепи обеспечивается гидравлическим натяжителем. Использование гидравлического натяжителя позволяет существенно уменьшить износ цепи.

Пластмассовые успокоители направляют движение цепи и способствуют тихой работе передачи. В зависимости от длины передачи, в ней может применяться больше одного натяжителя. Количество цепных передач (отдельных цепей) также может быть различным — в зависимости от двигателя и числа требующих привода навесных агрегатов. В цепных приводах навесных агрегатов часто используются механические натяжители.



626_085



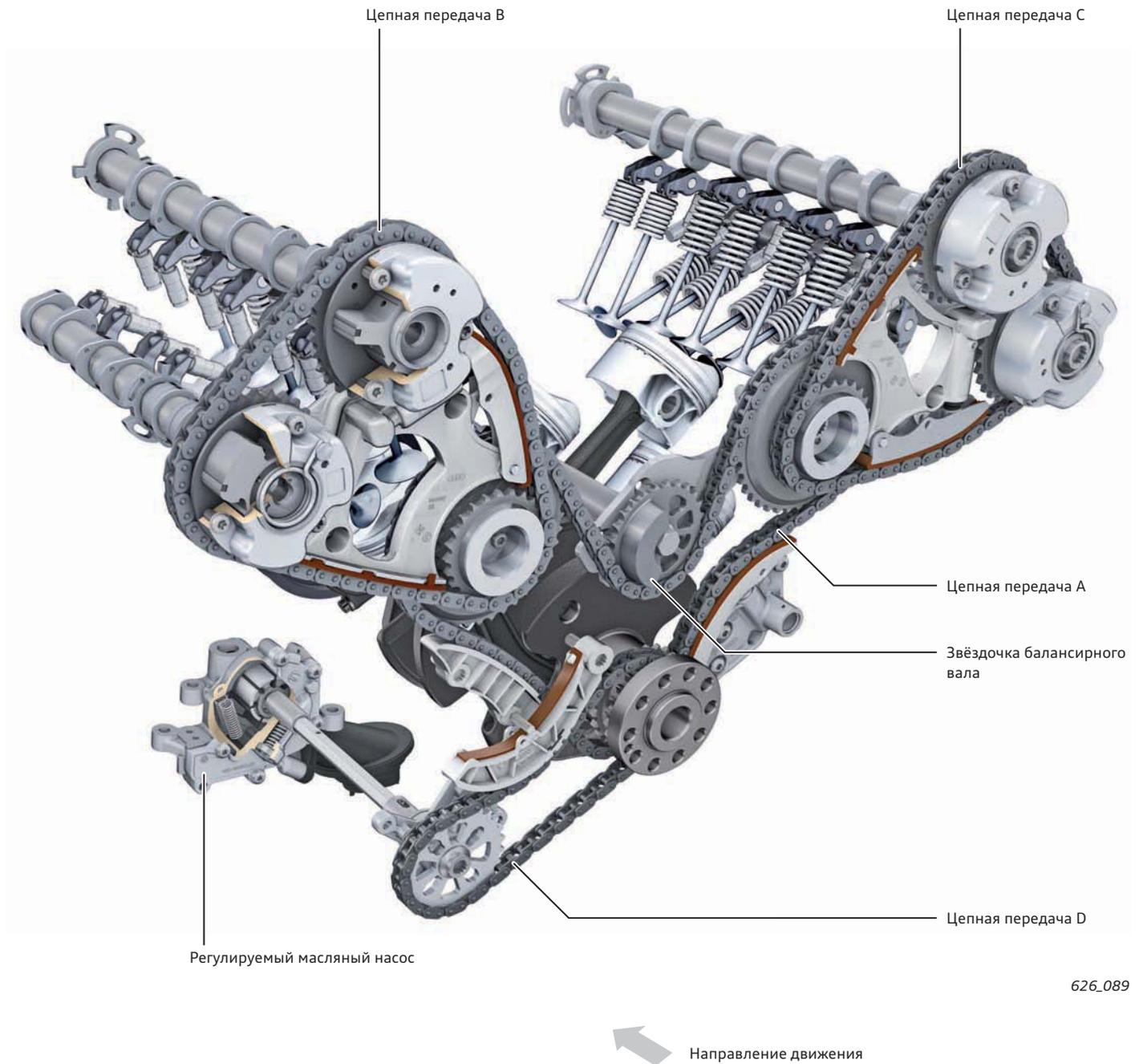
Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию о цепной передаче.

Составные цепные приводы

В зависимости от сложности конструкции двигателя и числа приводимых навесных агрегатов, может использоваться несколько цепных передач. Такими составными цепными передачами преимущественно оснащаются V- и W-образные двигатели.

Удлинение цепи

В цепных приводах может происходить удлинение цепи. Об этом свидетельствуют шумы в области цепного привода или потеря мощности. В таких случаях необходимо определить удлинение цепи с помощью устройства T40182.



626_089

Указание

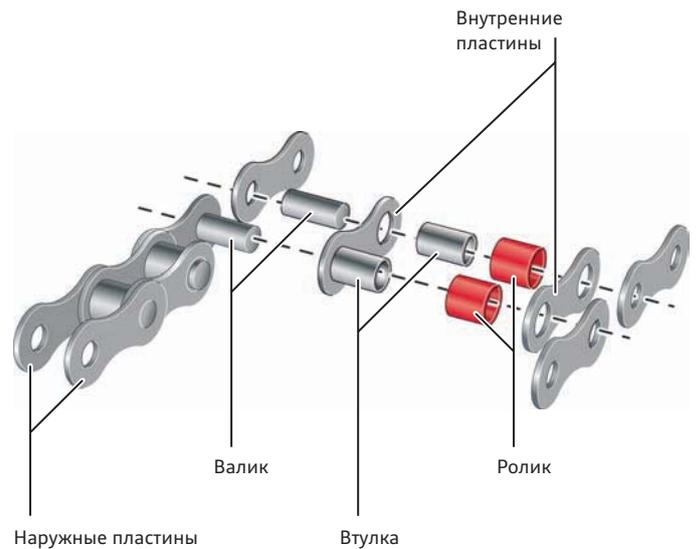
При проверке цепной передачи обязательно соблюдать соответствующие указания, приведённые в руководстве по ремонту.

Типы цепей

В зависимости от требований к цепной передаче, в ней могут использоваться цепи различных типов: роликовые, втулочные и зубчатые.

Роликовые цепи

Роликовая цепь состоит из двух рядов наружных и внутренних пластин. В наружных пластинах запрессованы валики, пропущенные через втулки, на которых запрессованы внутренние пластины, так что каждая пара валик — втулка образует шарнир между соседними звеньями цепи. На втулках между пластинами установлены ролики. При прохождении зубьев звёздочки эти ролики могут свободно вращаться на втулках. Таким образом, износ ролика происходит равномерно по всей окружности. Между роликами и втулками имеется смазка, уменьшающая шумы и ударные нагрузки.



626_090

Втулочные цепи

Втулочная цепь аналогична роликовой с тем единственным отличием, что в ней отсутствуют ролики. При такой конструкции зубья звёздочек соприкасаются с неподвижными втулками всё время в одном и том же месте. Поэтому для таких цепей особенно важна надлежащая смазка. Втулочные цепи имеют меньший износ в шарнирах.

Зубчатые цепи

Цепи такого типа могут передавать особо высокие нагрузки. Усилия в такой цепи передаются пакетами пластин, имеющих с одной стороны «зубчатые» выступы. Края пакетов пластин соседних звеньев входят друг в друга через одну. Для предотвращения бокового спадания цепи со звёздочки по бокам устанавливаются «сплошные» направляющие пластины. По сравнению с обычными роликовыми или втулочными цепями, зубчатая цепь имеет ряд преимуществ:

Преимущества:

- ▶ занимает меньше места;
- ▶ малый износ;
- ▶ длительный срок службы;
- ▶ не требует обслуживания;
- ▶ может передавать большие усилия;
- ▶ может работать при большом числе оборотов.

Недостатки:

- ▶ шумы при работе;
- ▶ большая масса;
- ▶ требует смазки;
- ▶ требует достаточно сложной герметизации.



626_091

Натяжители цепей

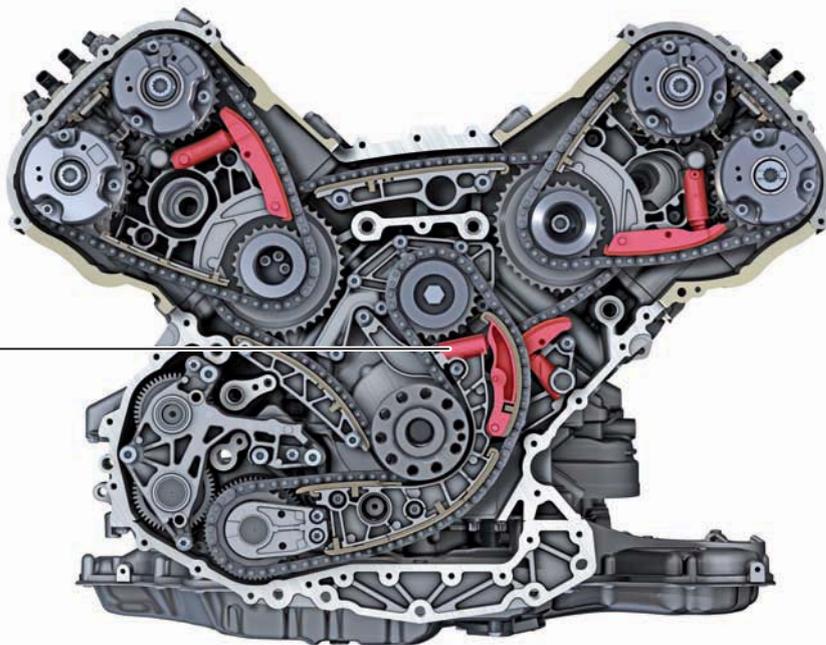
Натяжители цепей выполняют в приводе ГРМ целый ряд функций. Главной задачей является обеспечение базового натяжения цепи при всех условиях работы на свободном участке при определённой нагрузке. Это базовое натяжение должно быть постоянным независимо от удлинения цепи, вызванного износом при эксплуатации. В натяжителях цепи имеются встроенные демпфирующие элементы, уменьшающие колебания.

Для надёжности натяжители на некоторых двигателях оснащаются зубчатыми сегментами, предотвращающими уменьшение натяжения цепи при слишком малом давлении масла в системе смазки двигателя. При слишком малом натяжении возможно перескакивание цепи, которое приведёт к повреждению деталей двигателя. По направлению натяжного усилия натяжители цепей подразделяются на толкающие и тянущие.

Толкающие натяжители цепи

Такой натяжитель обеспечивает натяжение цепи, «толкая» её изнутри наружу.

Толкающий натяжитель цепи

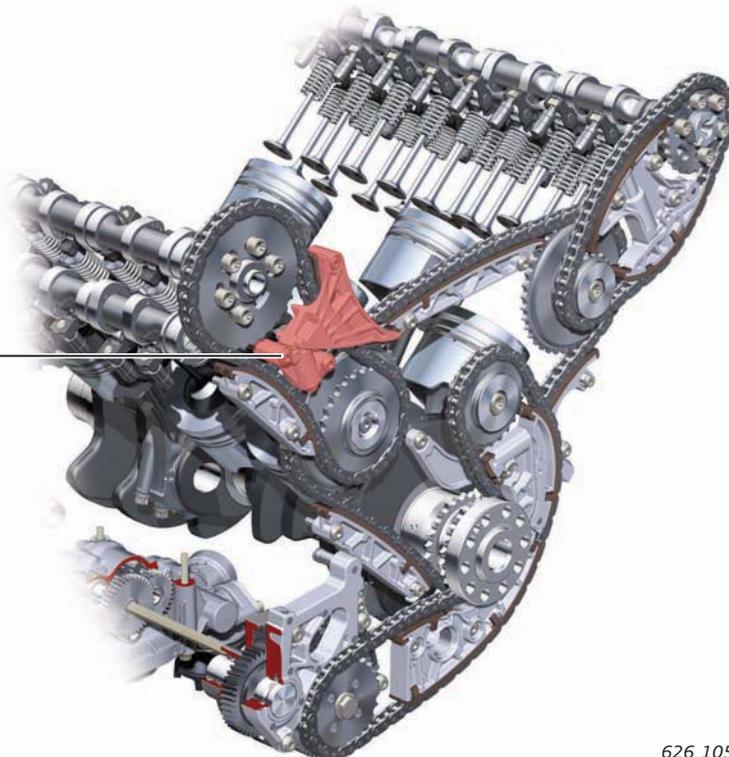


626_104

Тянущие натяжители цепи

В этом случае натяжитель «тянет» цепь снаружи внутрь, чтобы обеспечить её натяжение.

Тянущий натяжитель цепи



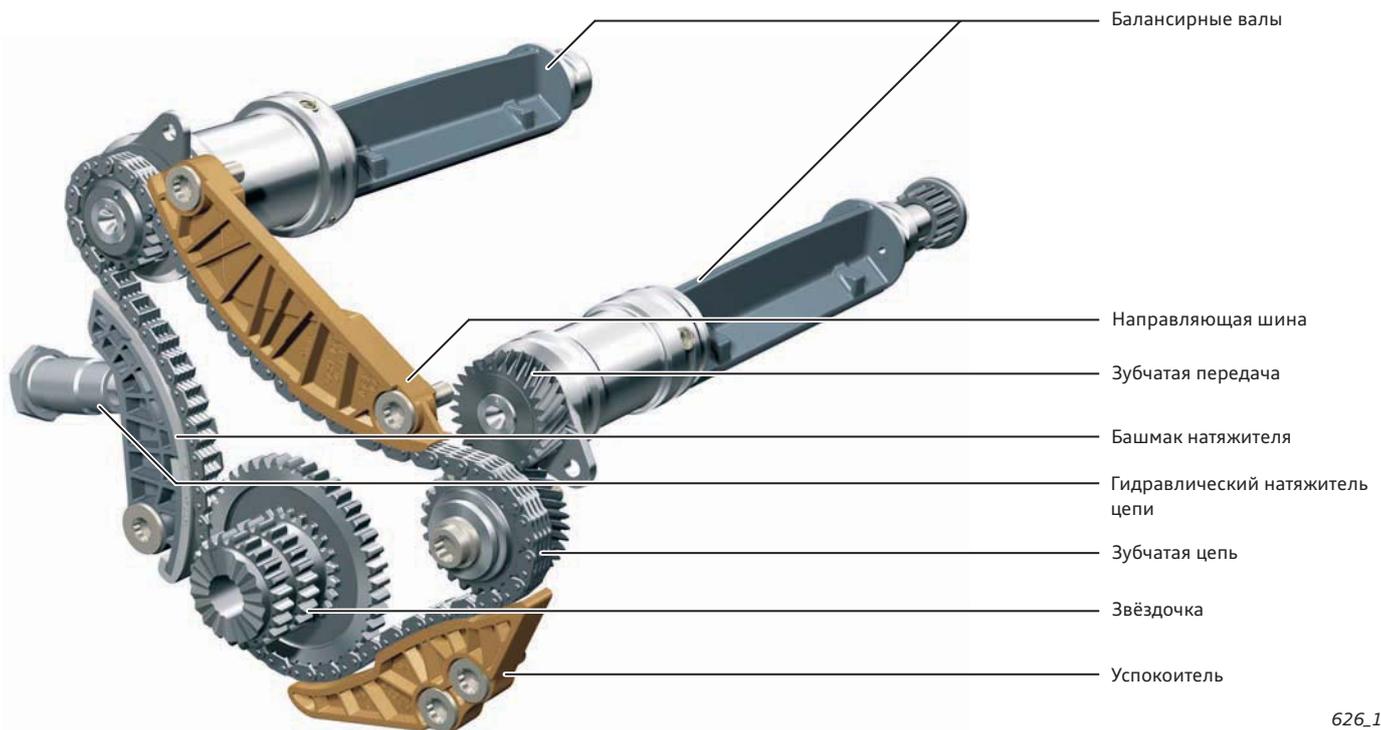
626_105

Балансирные валы

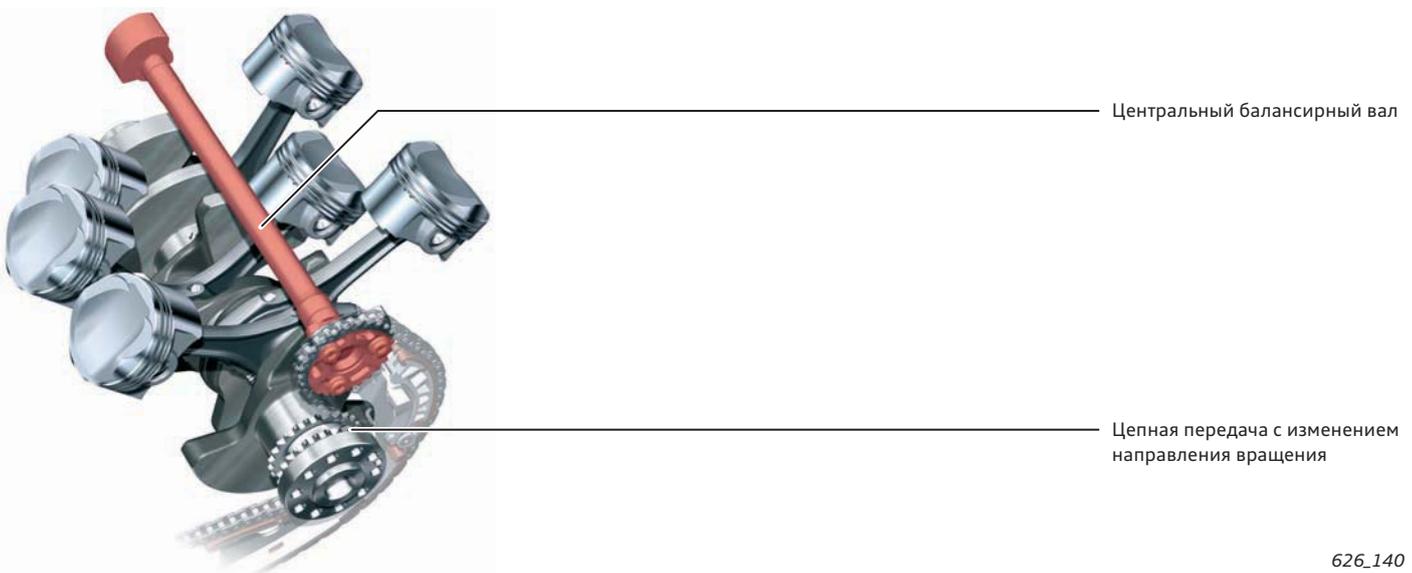
Во время работы двигателя в нём действуют различные силы и моменты сил. Они вызывают вибрации двигателя и определяют тем самым равномерность его работы и нагрузку на детали. Если система подвески двигателя не в состоянии предотвратить передачу вибраций от двигателя на кузов, это негативно сказывается на степени комфорта. Возникающие при работе двигателя силы подразделяются на силы первого порядка и силы второго порядка. Силы первого порядка — это силы инерции, возникающие в результате действия центробежных сил вращающихся деталей. Эти силы полностью компенсируются противовесами и формой коленвала.

Для компенсации же сил второго порядка требуется принятие специальных мер. К этой категории относятся силы, возникающие в результате возвратно-поступательных движений деталей кривошипно-шатунного механизма. Одной из возможных мер является использование балансирных валов. Балансирные валы, как правило, приводятся непосредственно от коленчатого вала через зубчатую или цепную передачу. Они вращаются с удвоенной частотой коленчатого вала, при этом один из них вращается в том же направлении, что и коленчатый вал, а второй, приводимый через дополнительное зубчатое колесо, — в противоположном.

Компенсация вибраций с помощью двух балансирных валов



Компенсация вибраций с помощью одного центрального балансирного вала



Указание

Балансирные валы должны устанавливаться только в правильном монтажном положении.

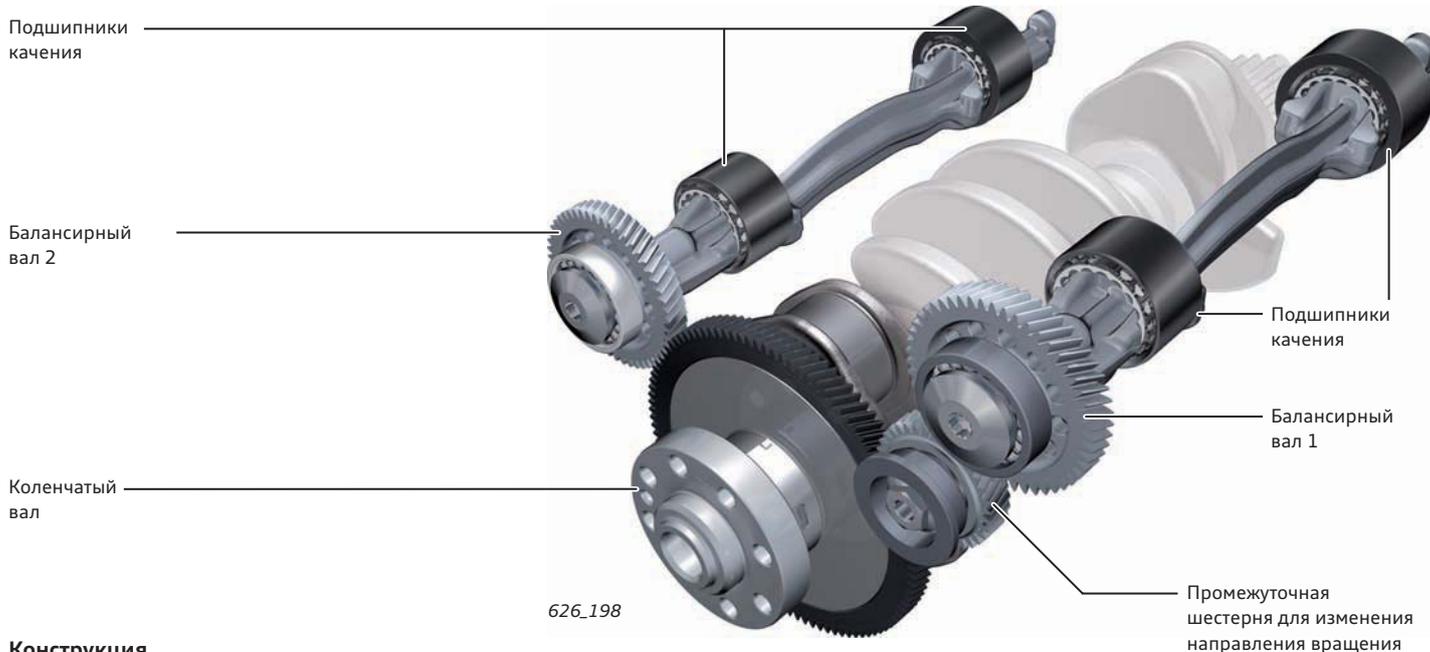
Блок балансирных валов

Балансирные валы могут устанавливаться непосредственно в блоке цилиндров или представлять собой отдельный узел — блок балансирных валов.

Блок балансирных валов на EA288

На двигателях EA288 применяется система балансирных валов, установленных в блоке цилиндров, выше уровня коленчатого вала. Привод осуществляется косозубой зубчатой передачей от коленчатого вала со стороны маховика.

Радиальные и осевые опоры валов и промежуточного зубчатого колеса выполнены на подшипниках качения, смазка которых осуществляется масляным туманом из блока цилиндров.

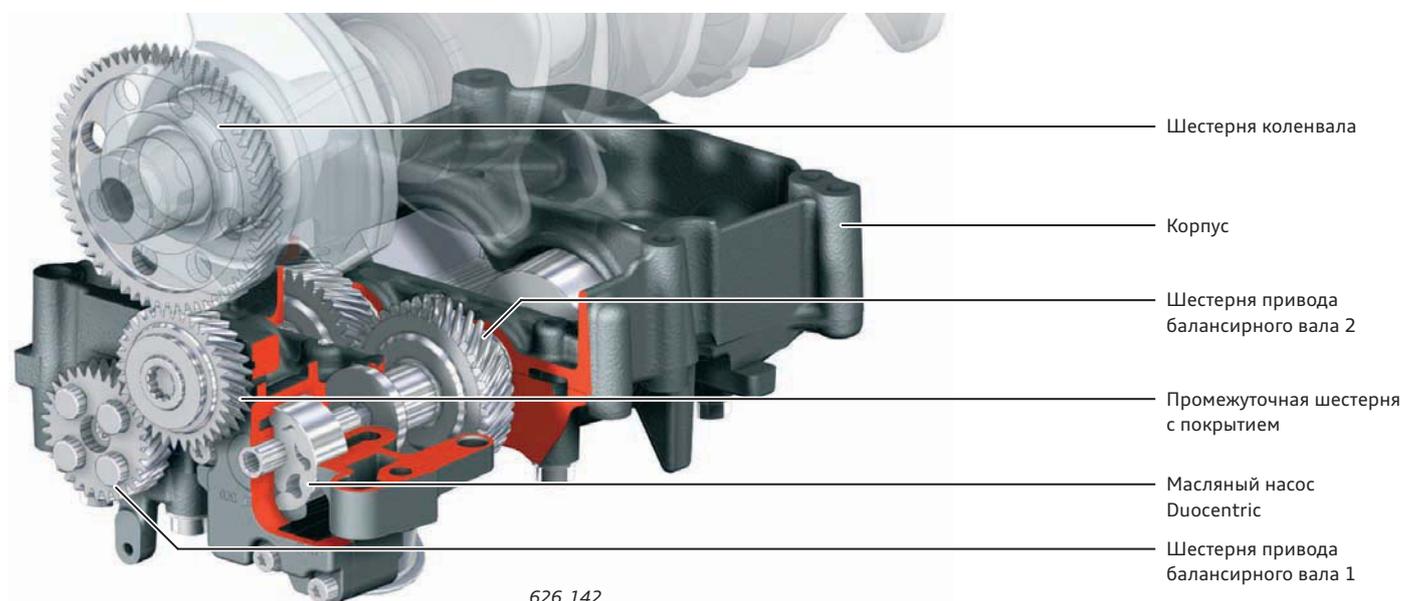


626_198

Конструкция

Блок балансирных валов (например, на двигателе 2,0 л TDI) установлен под коленчатым валом в масляном поддоне. Привод осуществляется цепной передачей от коленчатого вала. Блок состоит из корпуса, отлитого из серого чугуна, двух балансирных валов, вращающихся в противоположные стороны, косозубой зубчатой передачи и встроенного масляного насоса Duocentric. Вращение от коленвала передаётся на промежуточную шестерню, расположенную снаружи корпуса. Эта шестерня приводит, в свою очередь, балансирный вал 1.

От этого балансирного вала вращение передаётся через пару шестерён, расположенных внутри корпуса, на балансирный вал 2 и на масляный насос Duocentric. Привод балансирных валов обеспечивает их вращение с частотой, в два раза превышающей частоту вращения коленчатого вала. Зазор в зацеплении шестерён регулируется с помощью специального покрытия на зубьях промежуточной шестерни. Это покрытие при начале эксплуатации двигателя стирается, формируя определённую величину зазора.



626_142

Головка блока цилиндров

Верхняя часть камеры сгорания образуется головкой блока цилиндров. На V-образных двигателях устанавливается две головки блока цилиндров, по одной для каждого ряда. Головка блока цилиндров крепится к блоку цилиндров несколькими болтами по всему периметру.

Для обеспечения герметичности камер сгорания головка блока цилиндров устанавливается на прокладке. Эта прокладка обеспечивает также герметичность каналов систем охлаждения и смазки. Сверху головка блока цилиндров закрывается клапанной крышкой.

На головке блока цилиндров могут, в зависимости от модели двигателя, располагаться также узлы других систем, таких как:

- ▶ система питания;
- ▶ система управления двигателя и регуляторы фаз газораспределения;
- ▶ система зажигания;
- ▶ система впуска и наддува;
- ▶ система охлаждения;
- ▶ система вентиляции картера;
- ▶ система смазки.

Изготовление

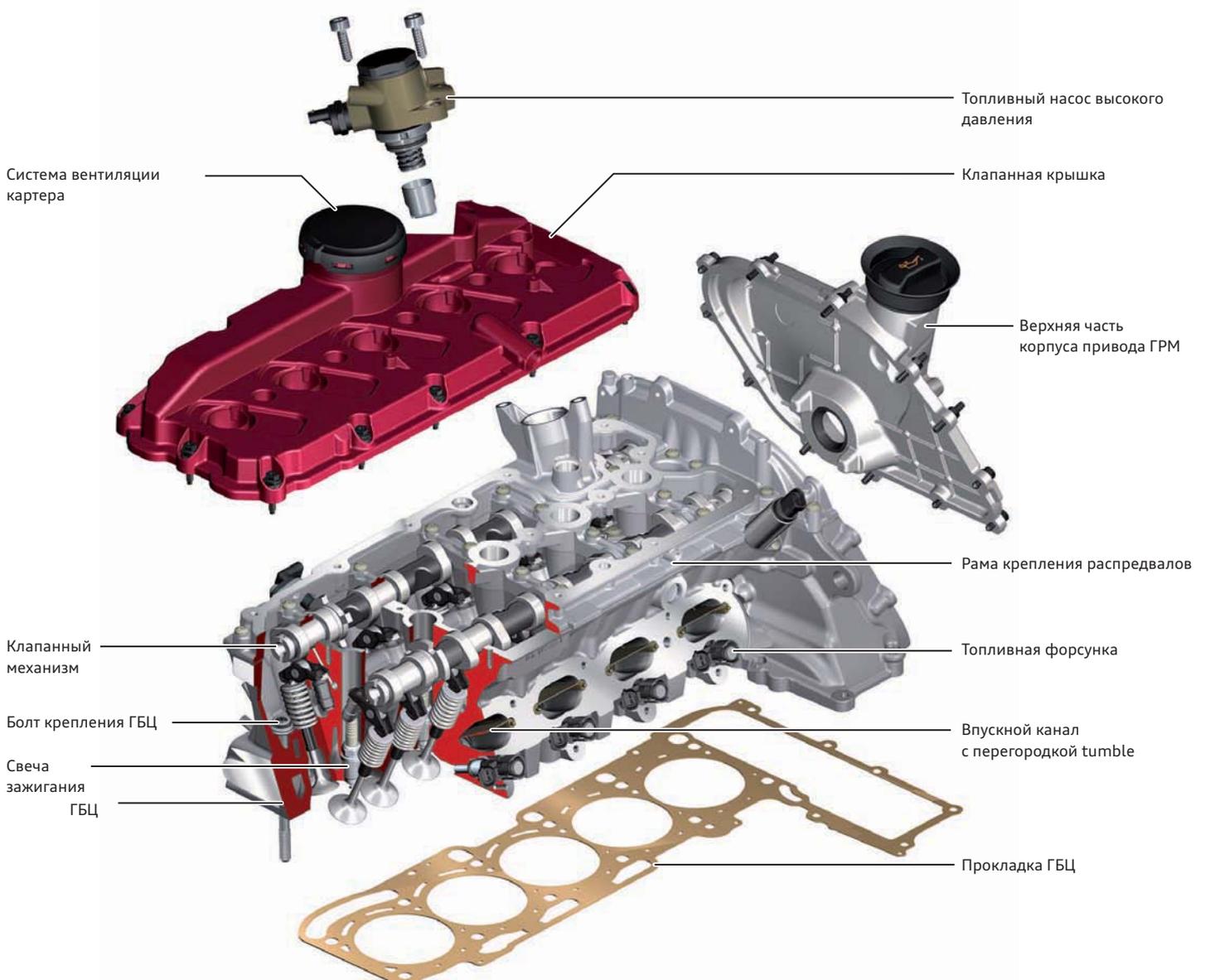
Головки блока цилиндров изготавливаются практически исключительно методом литья. Для создания каналов системы охлаждения в форме перед отливкой устанавливаются соответствующие стержни. В качестве материала используется алюминий или чугун. Устройство и многие узлы и компоненты для всех двигателей одинаковы.

Используемые технологии отливки:

- ▶ литьё в песчаные формы;
- ▶ кокильное литьё;
- ▶ литьё по испаряемым моделям (Lost Foam);
- ▶ литьё под давлением.

Обзор

(ГБЦ рядного 5-цилиндрового двигателя)

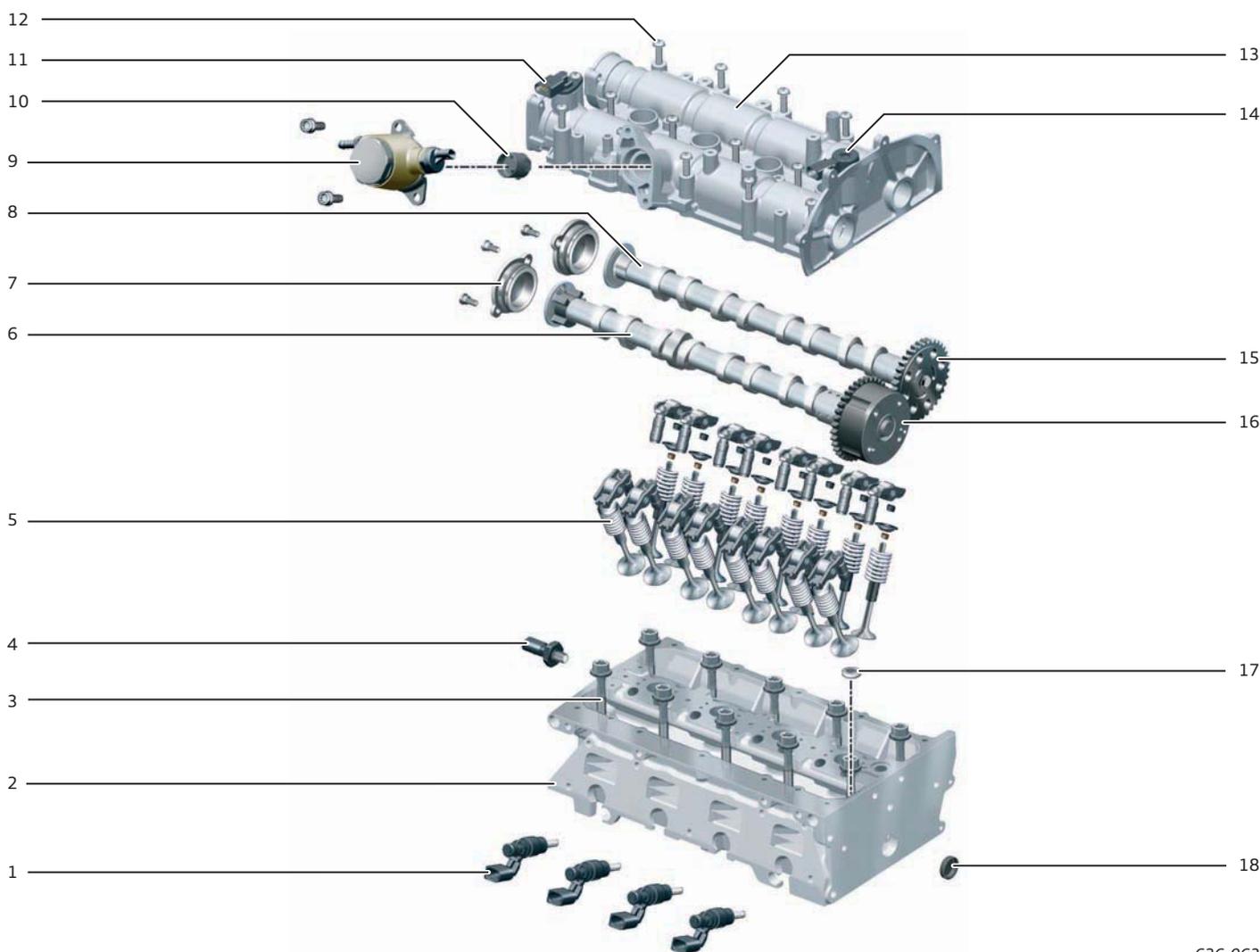


Классификация

Головки блока цилиндров могут подразделяться по следующим признакам:

- ▶ карбюраторные двигатели или двигатели с впрыском топлива;
- ▶ четырёхтактные двигатели (2, 4 или 5 клапанов на цилиндр);
- ▶ бензиновые двигатели (со свечами зажигания) и топливными форсунками;
- ▶ дизельные двигатели со свечами накаливания и форсунками;
- ▶ нижнее или верхнее расположение распредвала(-ов);
- ▶ один распредвал или два распредвала (отдельно для впускных и выпускных клапанов);
- ▶ ГБЦ с поперечным протоком ОЖ.

Детали и узлы головки блока цилиндров (на примере ГБЦ 4-цилиндрового двигателя FSI)



626_063

Условные обозначения:

- | | |
|--|--|
| <p>1 Форсунки N30-N33</p> <p>2 ГБЦ</p> <p>3 Болт крепления ГБЦ</p> <p>4 Датчик давления масла F1</p> <p>5 Привод клапанов</p> <p>6 Распредвал впускных клапанов</p> <p>7 Крышка</p> <p>8 Распредвал выпускных клапанов</p> <p>9 Топливный насос высокого давления</p> <p>10 Роликовый толкатель (привод насоса)</p> <p>11 Датчик Холла G40 (регистрация поворота распредвала для регулирования фаз газораспределения)</p> <p>12 Болты крепления клапанной крышки</p> <p>13 Клапанная крышка</p> | <p>14 Клапан 1 регулятора фаз газораспределения N205</p> <p>15 Звёздочка распредвала</p> <p>16 Регулятор фаз газораспределения</p> <p>17 Сетчатый масляный фильтр</p> <p>18 Заглушка (для защиты от замерзания)</p> |
|--|--|



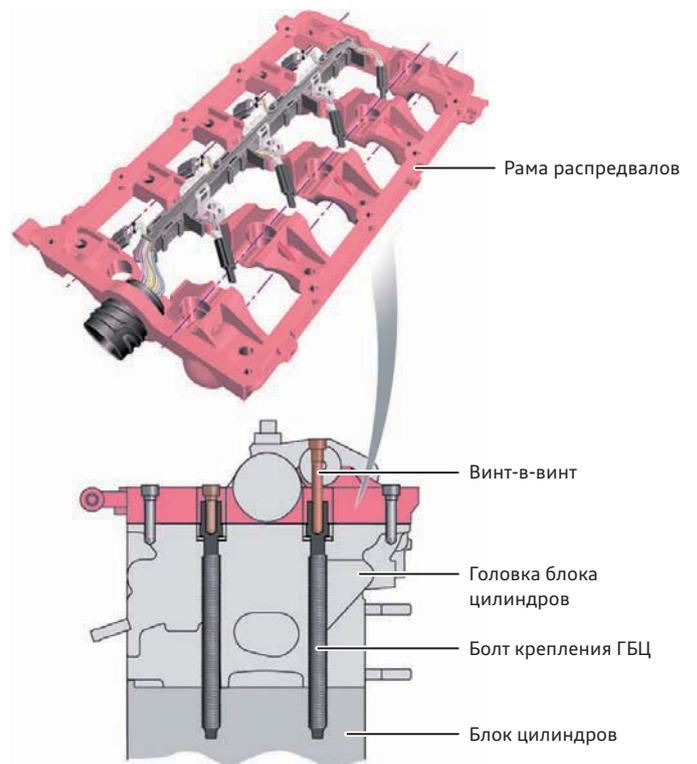
Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию об устройстве головки блока цилиндров.

Крепление головки блока цилиндров

Головка блока цилиндров всегда прикручивается непосредственно к блоку цилиндров достаточно большим количеством болтов по всему периметру. При этом используются растягивающиеся болты, которые затягиваются определённым крутящим моментом и доворотом на определённый угол.

Крепление «винт-в-винт» (см. рис.)

Болты обоих внутренних рядов крепления рамы распределов вкручиваются непосредственно в головки болтов крепления ГБЦ (так называемое крепление «винт-в-винт»). Такое решение обеспечивает существенную экономию места и позволяет располагать цилиндры очень близко друг к другу. Этот принцип реализуется, например, в 4-цилиндровых двигателях с насос-форсунками.

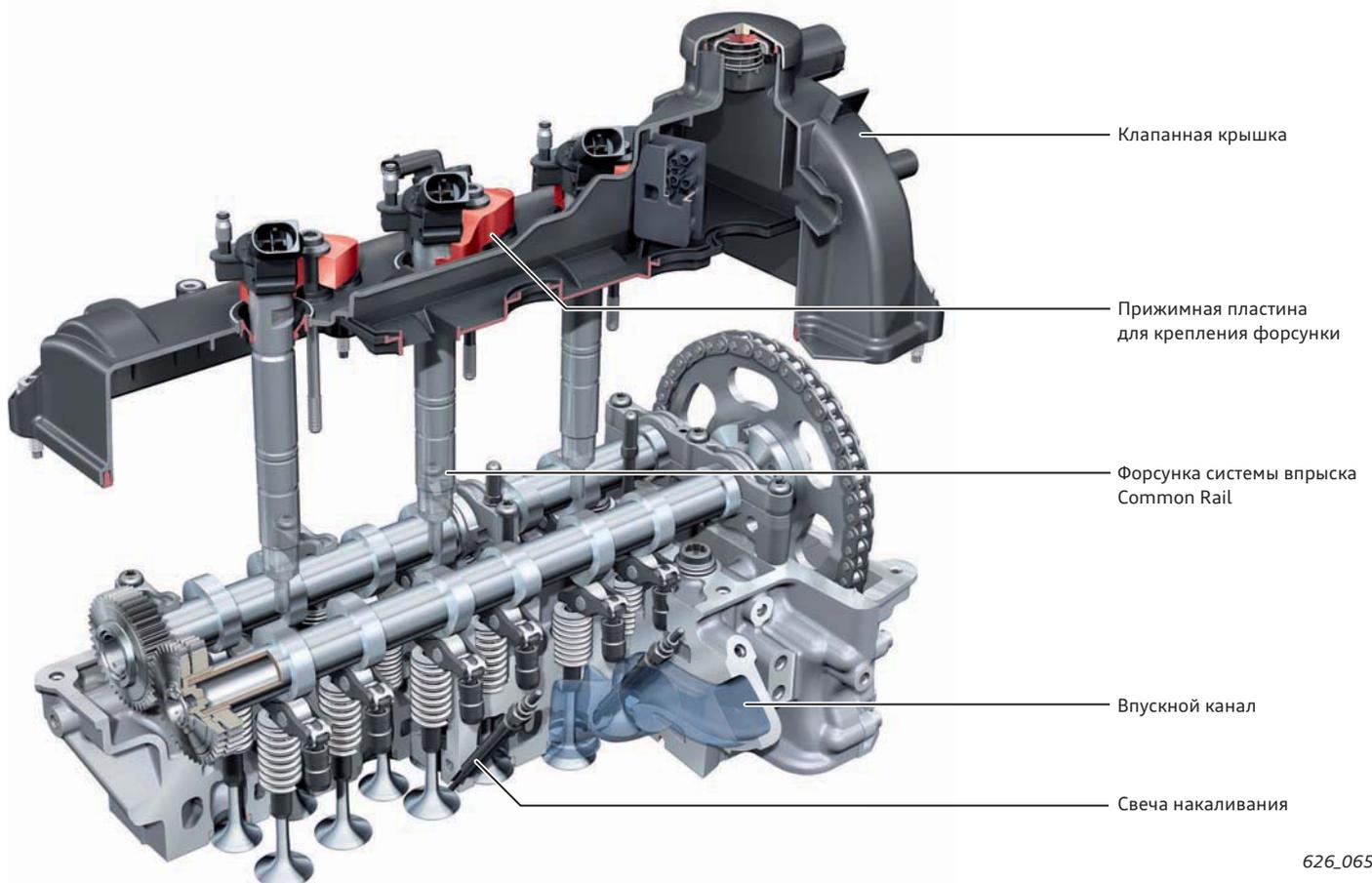


626_066

Головки блока цилиндров дизельных двигателей

Головки блока цилиндров дизельных двигателей имеют определённые отличия от головок блока цилиндров бензиновых двигателей. Так, например, на всех дизельных двигателях в головках блока цилиндров устанавливаются свечи накаливания.

На дизельных двигателях с системой впрыска Common Rail для крепления форсунок используются прижимные пластины, крепящиеся в головке блока цилиндров болтами. Кроме того, на головке блока цилиндров некоторых дизельных двигателей устанавливается вакуумный насос с механическим приводом, обеспечивающий подачу разрежения для других систем двигателя.



626_065

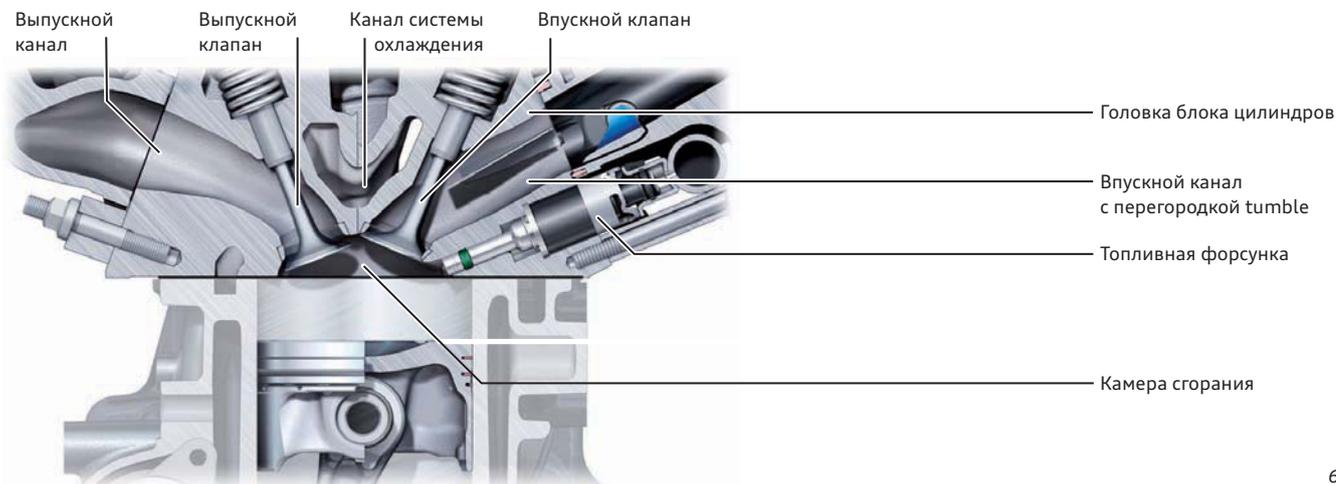
Встроенные узлы и системы

Цилиндры двигателя сверху закрываются головкой блока цилиндров, являющейся, таким образом, частью камеры сгорания. В этой области головки блока цилиндров находятся клапаны, обеспечивающие необходимый газообмен в цилиндрах, а также форсунки и — в соответствующих случаях — свечи зажигания.

Конструкция камеры сгорания определяется принципом действия двигателя и числом клапанов, поскольку они могут сильно различаться.

Внутри головки блока цилиндров находятся различные полости/каналы для эксплуатационных жидкостей и для обеспечения питания цилиндров. К ним относятся:

- ▶ каналы системы охлаждения;
- ▶ впускные и выпускные каналы;
- ▶ масляные каналы.

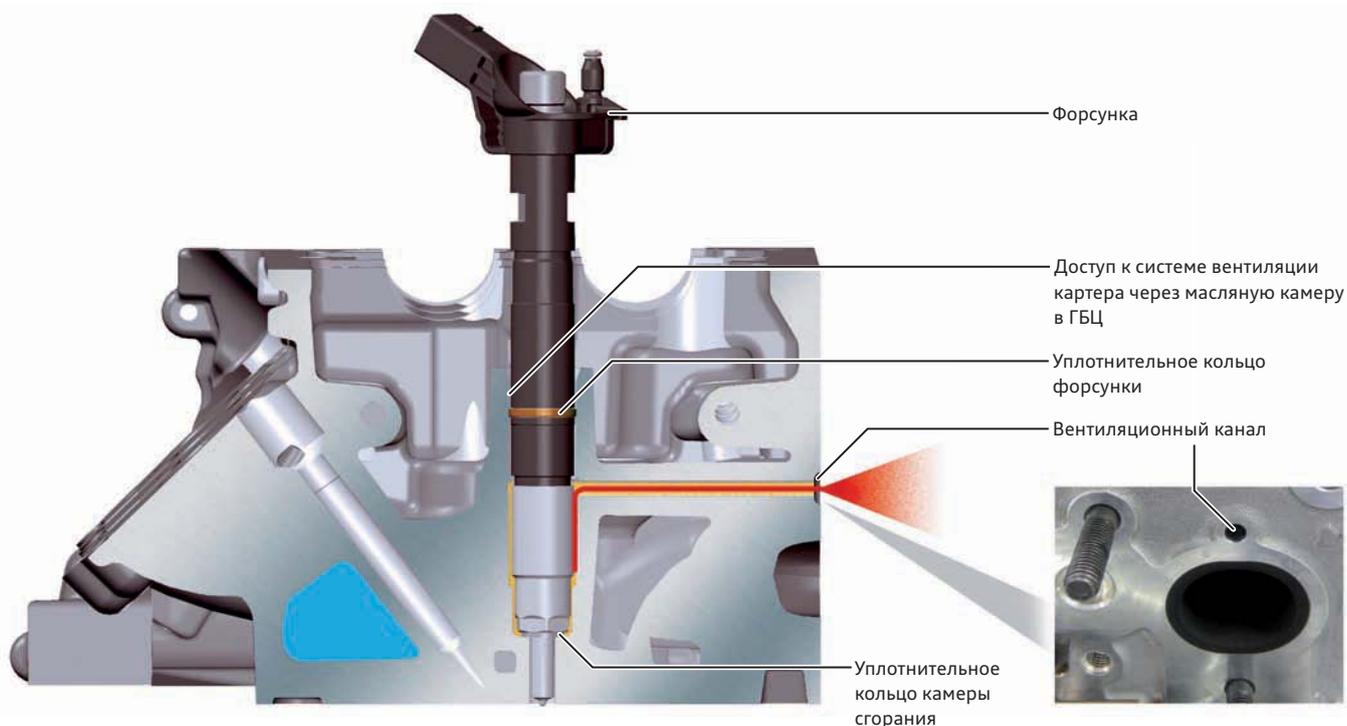


626_067

Вентиляционный канал в ГБЦ дизельных двигателей

Этот канал служит для отвода продуктов сгорания из ГБЦ в случае негерметичности в области медного уплотнительного кольца форсунки. Вентиляционный канал расположен в головке блока цилиндров над выпускным коллектором.

Он предотвращает попадание находящихся под давлением газов из камеры сгорания через систему вентиляции картера в насосную секцию турбокомпрессора, которое могло бы привести к нарушению работы турбокомпрессора и повреждению уплотнительных колец форсунок.



626_233



Указание

При негерметичности в вентиляционном канале сначала проверить и при необходимости заменить уплотнительное кольцо форсунки.

Каналы системы охлаждения

В головке блока цилиндров с жидкостным охлаждением предусмотрены многочисленные каналы для охлаждающей жидкости, прежде всего — в областях, прилегающих к очень горячим камерам сгорания и колодцам форсунок. Они соединяются с каналами в блоке цилиндров через прокладку головки блока цилиндров.

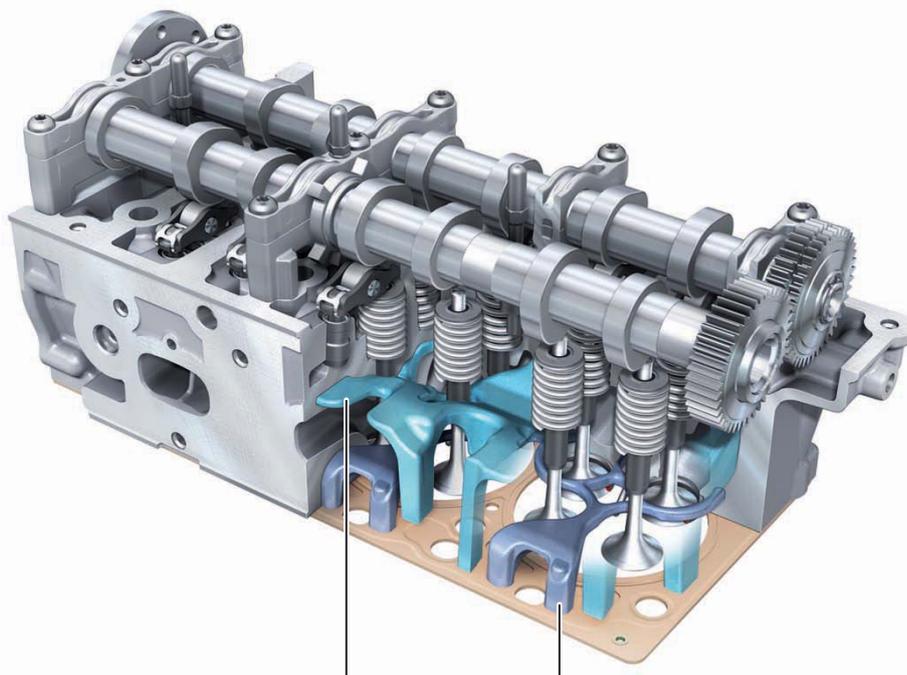
Для двигателя V6 Biturbo была разработана ГБЦ с двухканальным контуром циркуляции ОЖ, чтобы противодействовать повышенной термической нагрузке.

Такая схема охлаждения позволяет целенаправленно пропускать большой поток ОЖ через нижний канал контура циркуляции, который охлаждает область между клапанами и форсунками.

Принцип охлаждения поперечными потоками ОЖ сохранён, как и контролируемое системой терморегулирования охлаждение ГБЦ и блока цилиндров базового двигателя.

Контур циркуляции ОЖ разделён на верхний и нижний каналы циркуляции, причём верхний канал циркуляции ОЖ с помощью дросселирующего отверстия в прокладке ГБЦ настроен на меньший объёмный поток. Оба канала циркуляции ОЖ питаются от блока цилиндров по отдельным подающим магистралям.

Охлаждение перемычек между цилиндрами, как и в базовом двигателе, осуществляется из ГБЦ. Циркуляция ОЖ обеспечивается разницей давления между верхним и нижним каналом циркуляции ОЖ.



Верхний канал циркуляции ОЖ

Нижний канал циркуляции ОЖ

626_068

Поток ОЖ в верхнем канале циркуляции ограничивается дросселем.

В нижний канал циркуляции ОЖ охлаждающая жидкость поступает из рубашек цилиндров, обеспечивая эффективный теплоотвод от областей, наиболее близких к камерам сгорания.



626_234

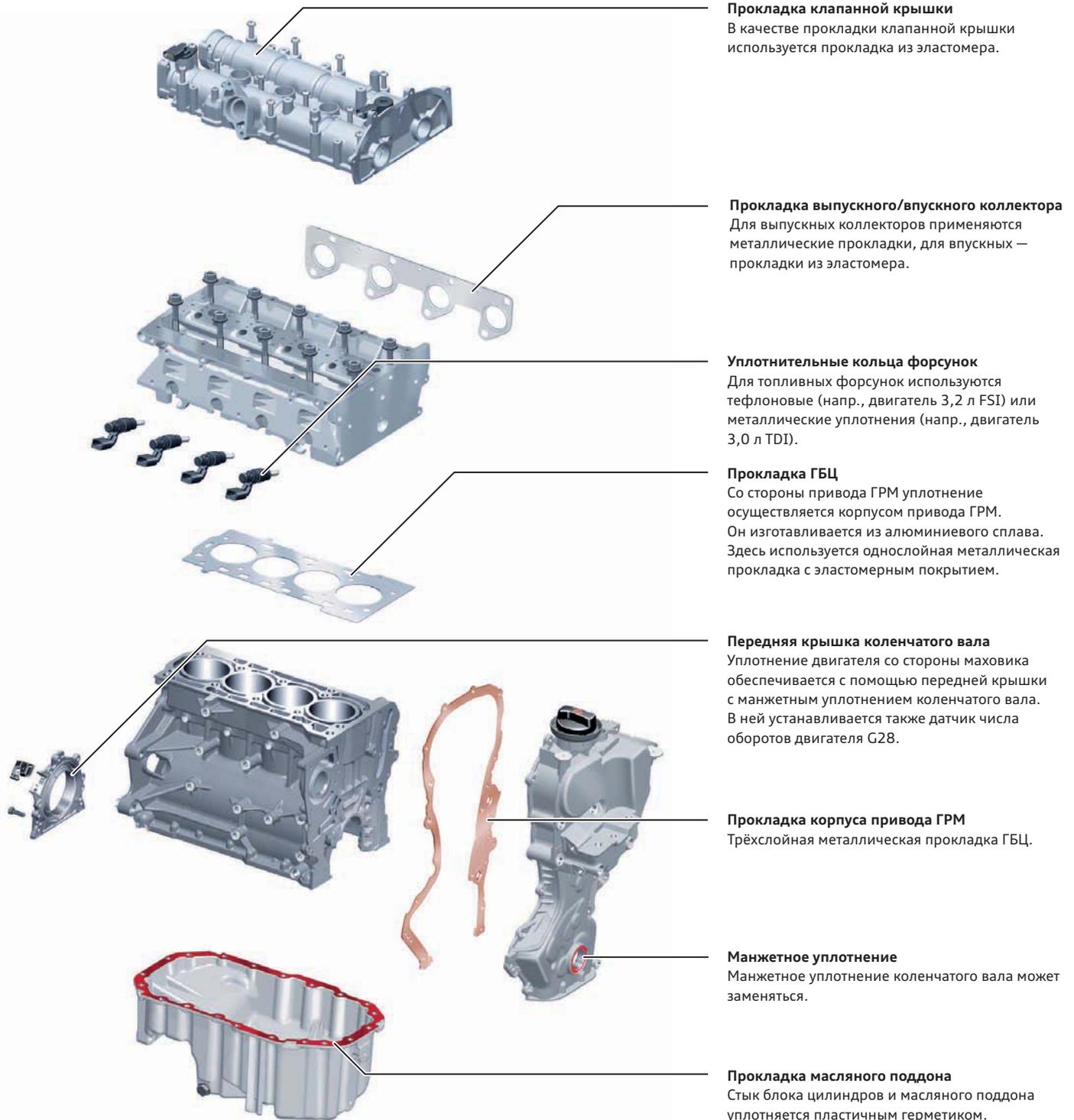
Уплотнения в двигателе

В двигателях внутреннего сгорания применяются различные уплотнения из разных комбинаций материалов. Главным назначением уплотнений является разделение каналов и зон различных сред, таких как газы, охлаждающая жидкость или масло, в двигателе, а также наружная герметизация систем двигателя. При этом уплотнения должны быть устойчивы к воздействию агрессивных сред, высоких давлений и температур в течение всего срока эксплуатации автомобиля.

Уплотнения могут, однако, также передавать усилия: например, прокладка ГБЦ между блоком цилиндров и ГБЦ оказывает существенное влияние на распределение усилий в системе блок цилиндров — ГБЦ и на вызываемые ими деформации деталей.

Обзор

(на примере двигателя 1,4 л TFSI, EA111)



Прокладка клапанной крышки

В качестве прокладки клапанной крышки используется прокладка из эластомера.

Прокладка выпускного/впускного коллектора

Для выпускных коллекторов применяются металлические прокладки, для впускных — прокладки из эластомера.

Уплотнительные кольца форсунок

Для топливных форсунок используются тефлоновые (напр., двигатель 3,2 л FSI) или металлические уплотнения (напр., двигатель 3,0 л TDI).

Прокладка ГБЦ

Со стороны привода ГРМ уплотнение осуществляется корпусом привода ГРМ. Он изготавливается из алюминиевого сплава. Здесь используется однослойная металлическая прокладка с эластомерным покрытием.

Передняя крышка коленчатого вала

Уплотнение двигателя со стороны маховика обеспечивается с помощью передней крышки с манжетным уплотнением коленчатого вала. В ней устанавливается также датчик числа оборотов двигателя G28.

Прокладка корпуса привода ГРМ

Трёхслойная металлическая прокладка ГБЦ.

Манжетное уплотнение

Манжетное уплотнение коленчатого вала может заменяться.

Прокладка масляного поддона

Стык блока цилиндров и масляного поддона уплотняется пластичным герметиком.

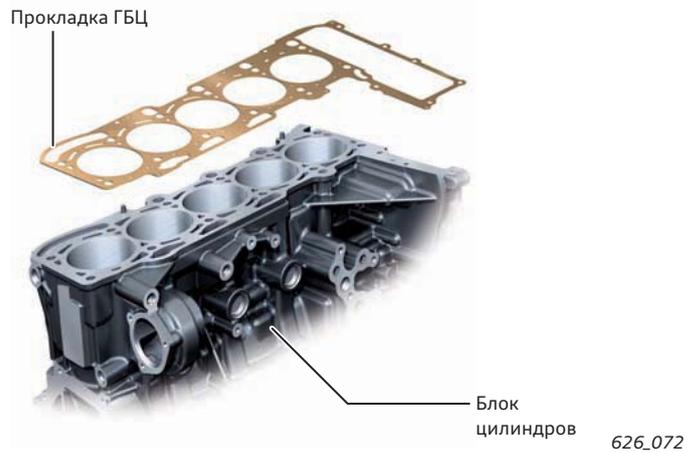
Прокладка ГБЦ

Прокладка ГБЦ размещается между блоком цилиндров и ГБЦ и герметизирует камеры сгорания, а также каналы систем охлаждения и смазки двигателя. На некоторых двигателях, помимо этого, прокладка ГБЦ оказывает также стабилизирующее воздействие.

Типы

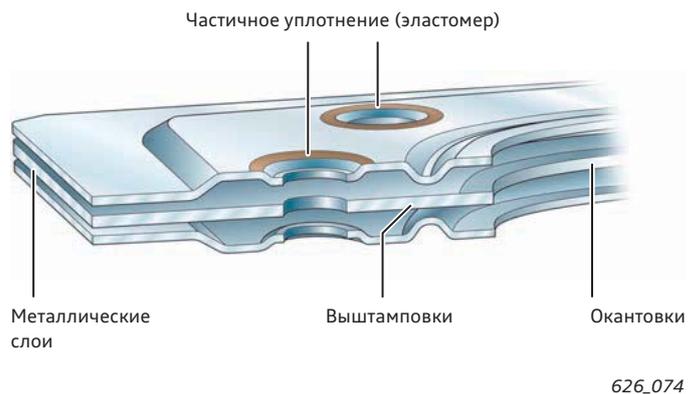
Прокладки из комбинации металла и мягкого материала

На некоторых двигателях используются прокладки из комбинации металла и мягкого материала. Их основой является несущая металлическая пластина. В ней делаются отверстия с выгнутыми краями (в обе стороны), играющие роль креплений для уплотняющего мягкого материала. При затяжке болтов ГБЦ материал прокладки деформируется, обеспечивая надёжную герметизацию. Недостаток такого решения: высокие температуры и вибрации могут приводить к ослаблению сжимающего усилия в области прокладки.



Многослойные металлические прокладки ГБЦ

Такие прокладки состоят из нескольких металлических слоёв, в которых сделаны профилирующие выштамповки и окантовки. Герметичность каналов эксплуатационных жидкостей обеспечивается нанесением в соответствующих местах эластомерного покрытия. Благодаря такому решению достигаются оптимальная герметизация и уплотнение при высоких нагрузках. В дизельных двигателях почти всегда используются такие прокладки, они также всё чаще применяются и на бензиновых двигателях.



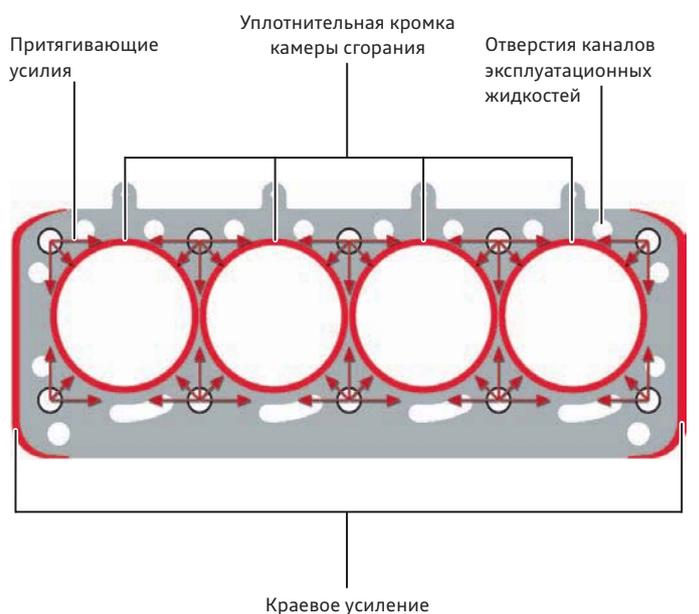
Отдельные зоны прокладки ГБЦ

Уплотнительная кромка камеры сгорания

Уплотнительная кромка камеры сгорания располагается вокруг отверстия цилиндра. Она имеет неодинаковую толщину по периметру отверстия. Это обеспечивает более равномерное распределение притягивающего усилия в области камер сгорания после затягивания болтов ГБЦ. За счёт этого уменьшаются колебания зазора между ГБЦ и блоком цилиндров при работе двигателя и деформации в области отверстий цилиндров.

Краевое усиление

Краевое усиление находится в области обоих крайних цилиндров. Оно обеспечивает более равномерное распределение притягивающих усилий внешних болтов ГБЦ в этих зонах. Тем самым уменьшаются прогиб головки блока цилиндров и деформация отверстий внешних цилиндров.



Распределительные валы

Привод клапанов осуществляется распредвалами. Угол поворота распредвалов определяет моменты открывания и закрывания клапанов. В большинстве двигателей распредвалы размещаются в головке блока цилиндров.

В качестве опор распредвалов используются разъемные подшипники скольжения, крышки которых объединены в так называемую раму распредвалов. Такое решение в значительной степени способствует увеличению жёсткости ГБЦ. Распредвалы могут изготавливаться литыми (вместе с кулачками) или составными.

Составные распредвалы



626_231



626_049

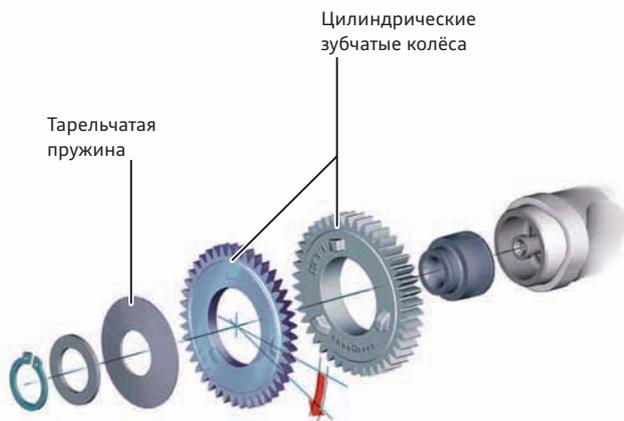
Профиль кулачка

Момент и характер открывания (плавно/резко и т. п.) клапана, а также высота подъёма определяются профилем кулачка, приводящего в действие данный клапан.

	Заостренный профиль	Профиль с резким подъемом	Асимметричный профиль
<p>Открывает клапан Закрывает клапан</p>			
Действие	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Клапан открывается и закрывается медленно. ▶ Клапан открыт полностью только очень короткое время. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Клапан открывается и закрывается быстро. ▶ Вентиль открыт полностью дольше. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Клапан открывается медленно, а закрывается быстро. ▶ Клапан открыт полностью только очень короткое время.
Использование	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Выпускной клапан. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Впускной клапан. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Выпускной клапан.
Результат	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Отработавшие газы расширяются равномерно, без резких пиков давления. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Сильное всасывающее действие во впускном канале. ▶ В цилиндр засасывается много воздуха. 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ За счёт медленного открывания обеспечивается плавное уменьшение давления. ▶ Быстрое закрывание предотвращает обратное перетекание газов.

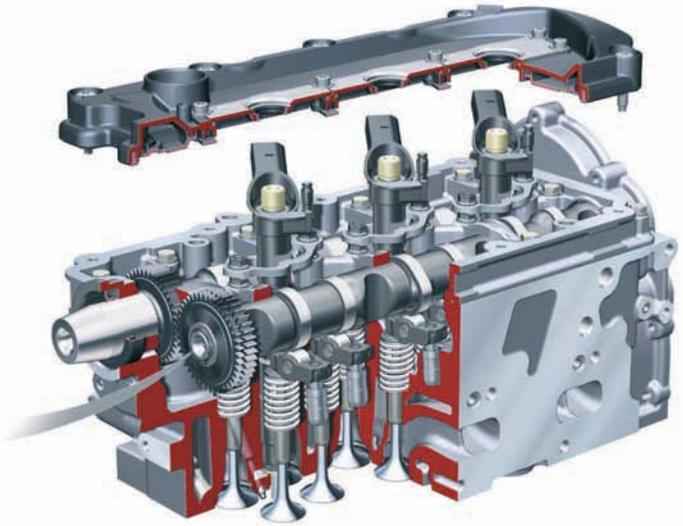
Компенсатор зазора между зубьями шестерён

Распредвалы впускных и выпускных клапанов соединены зубчатой передачей с цилиндрической шестернёй, имеющей встроенный компенсатор зазора между зубьями шестерён. При этом привод шестерни впускного распредвала осуществляется от шестерни выпускного распредвала. Компенсация боковых зазоров обеспечивает бесшумную работу зубчатой пары привода распредвала впускных клапанов.



Конструкция

Широкая часть цилиндрического зубчатого колеса запрессована на распределительный вал горячей запрессовкой и, таким образом, жёстко связана с ним (силами трения). В её передней части располагается несколько выступов с наклонной поверхностью. Более узкая (подвижная) часть цилиндрического зубчатого колеса может перемещаться в радиальном и осевом направлениях. На тыльной стороне узкого зубчатого колеса имеются углубления с профилем, ответным по отношению к выступам на неподвижном зубчатом колесе.

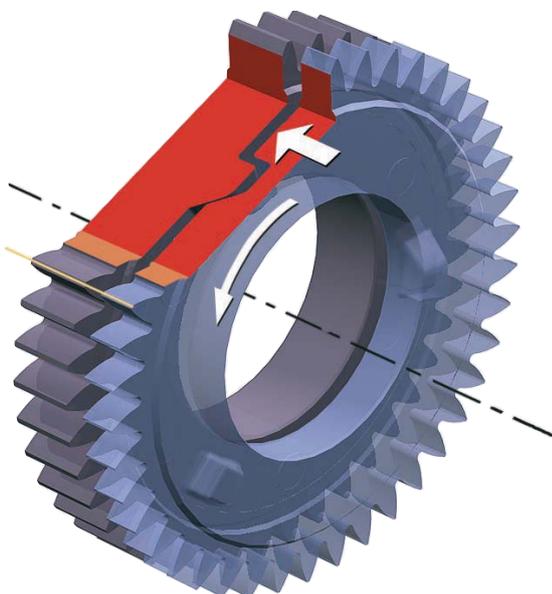


626_158

Действие

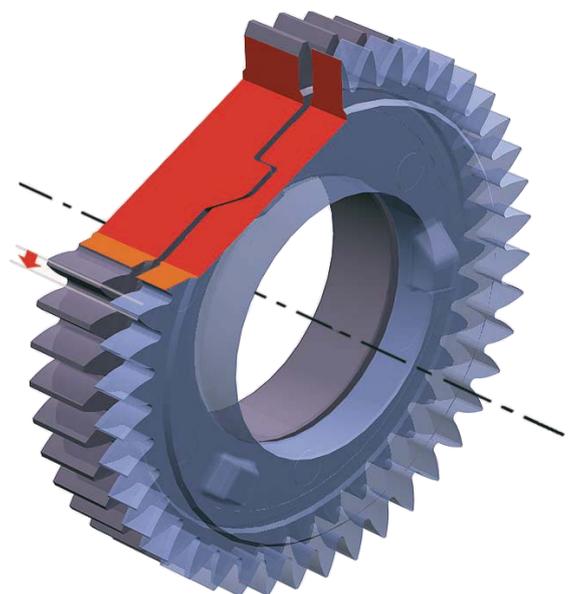
Тарельчатая пружина прижимает подвижную часть зубчатого колеса к неподвижной. Наклонные поверхности в парах выступ — выемка стремятся повернуть две части зубчатого колеса относительно друг друга. В результате зубья двух частей зубчатого колеса тоже сдвигаются относительно друг друга, компенсируя боковой зазор в зубчатом зацеплении.

Положение при установке



626_159

Компенсация зазора



626_160

Газораспределительный механизм и система смазки

Газораспределительный механизм

Газообмен в цилиндрах поршневого двигателя осуществляется через впускные и выпускные каналы, которые для этого должны открываться и перекрываться в соответствующие моменты времени. Для управления этими процессами в двигателе предусмотрен газораспределительный механизм, состоящий из различных узлов, размещающихся преимущественно в головке блока цилиндров. Многоклапанные двигатели, как правило, оснащаются двумя распредвалами в ГБЦ.

Такая схема ГРМ называется DOHC (от англ. «double overhead camshaft»). Открывание и закрывание отдельных клапанов осуществляется одним или двумя распредвалами. Распредвал выпускных клапанов задействует при этом выпускные клапаны.

Впускные клапаны приводятся в действие распредвалом впускных клапанов. Открывание клапана происходит через толкатель, коромысло или роликовый рычаг, в опору которых встроены гидрокомпенсаторы. Закрывание клапана происходит под воздействием пружины. Все клапаны подразделяются на впускные и выпускные.

Диаметр и величина подъёма клапана должны быть такими, чтобы они обеспечивали практически беспрепятственный газообмен. Диаметр выпускных клапанов, как правило, меньше, чем впускных, так как разница давлений по обе стороны выпускного клапана при его открывании больше, что обеспечивает быстрый выход ОГ из камеры сгорания.

Многоклапанные ГРМ

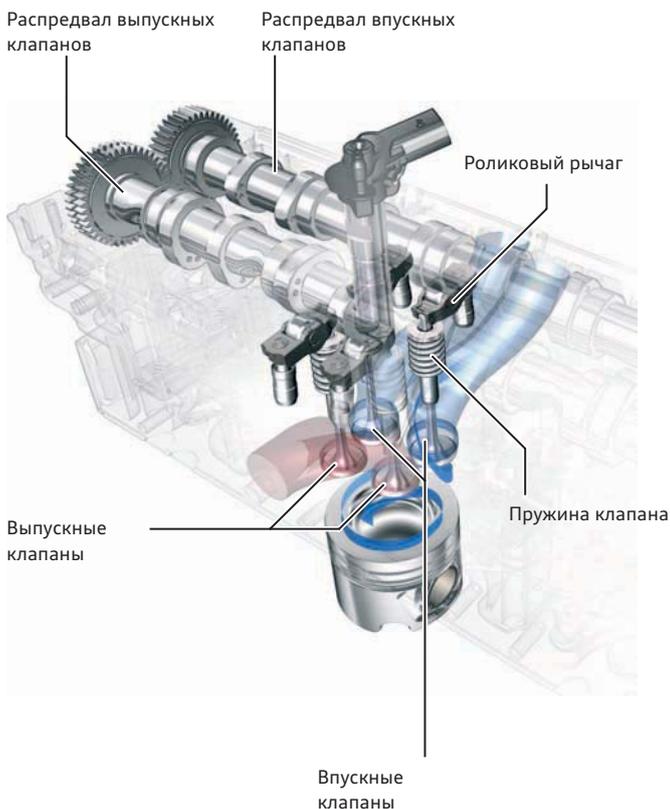
Конструкция газораспределительного механизма должна соответствовать числу клапанов, приходящихся на один цилиндр, которое определяется конструкцией двигателя.

По мере развития двигателестроения конструкторам удавалось постоянно увеличивать число клапанов, устанавливаемых на каждом цилиндре, обеспечивая тем самым улучшение газообмена.

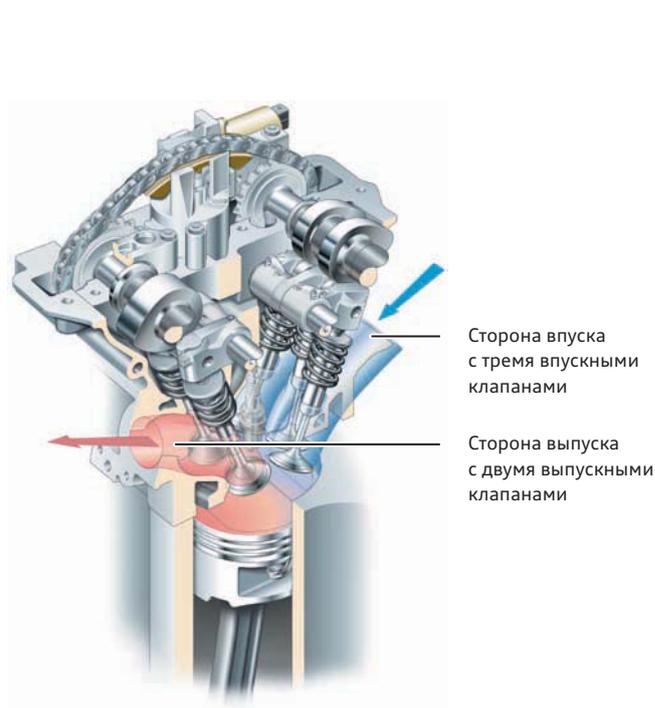
Если сначала на одном цилиндре устанавливалось по два клапана, сегодня есть двигатели уже с пятью клапанами на цилиндр.

С учётом оптимизации затрат на производство наибольшее распространение получила схема с четырьмя клапанами на цилиндр. В ней на каждый цилиндр приходится по два впускных и два выпускных клапана.

4 клапана на цилиндр



5 клапанов на цилиндр



Клапаны

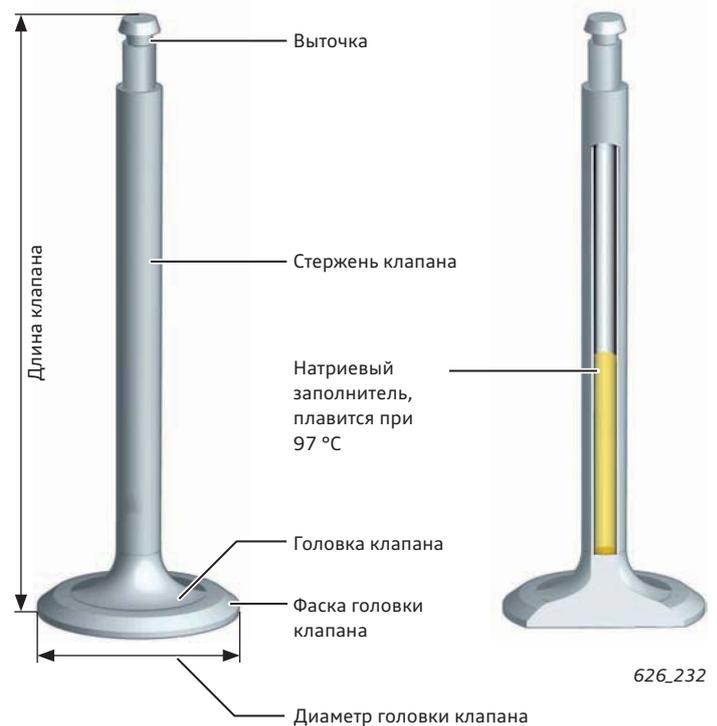
Клапаны двигателя внутреннего сгорания работают в очень тяжёлых условиях. Помимо высоких механических нагрузок при активации, клапаны подвергаются воздействию высоких температур и трения. Этим обусловлены жёсткие требования к конструкции и материалу клапанов. Некоторые клапаны, например, делают полыми и имеют натриевый наполнитель, чтобы улучшить отвод тепла при высоких температурах. Выпускные клапаны работают в существенно более тяжёлых температурных условиях, чем впускные, поскольку практически не контактируют с холодным воздухом, охлаждающим впускные клапаны. Тепло от нагретой до 700 °С головки выпускного клапана отводится преимущественно через седло клапана.

Конструкция



626_092

Части стержня, через которые также могло бы отводиться тепло, находятся слишком далеко. Натриевый наполнитель помогает преодолеть это расстояние и облегчить процесс теплоотвода. Внешне полые клапаны легко отличить по стержням заметно большего диаметра. Пространство внутри полого стержня заполнено почти на $\frac{2}{3}$ натрием. При нагревании до 97 °С натрий плавится и затем при открывании-закрывании клапанов механически перемещается по полости вверх и вниз. Коэффициент теплопроводности натрия существенно выше, чем у стали, что также способствует улучшению теплоотвода.



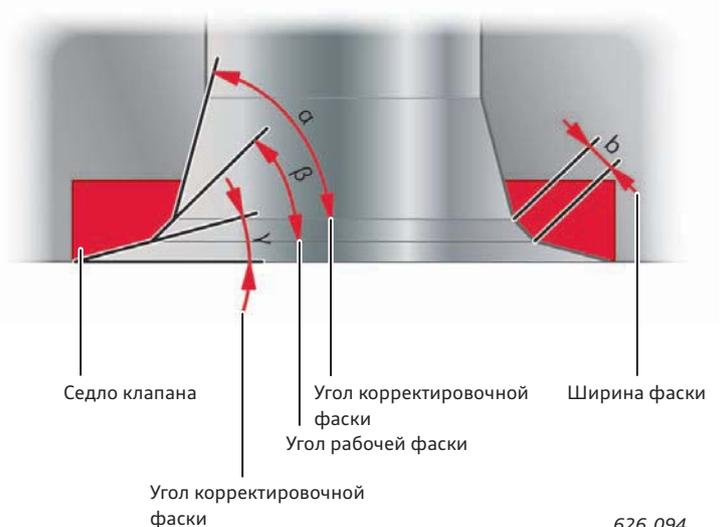
626_232

Притирка клапанов к седлам

Если клапаны при ремонте заменяются, необходимо выполнить их притирку к седлам в головке блока цилиндров до заданной ширины фаски.

Выбором того или иного контура седла клапана в ГБЦ при разработке двигателя конструкторы могут увеличить эффективную пропускную способность клапана или создать условия для завихрения всасываемого воздуха. В оригинальной ГБЦ контур седла определяется обычно тремя углами (см. рис.). Последовательность этих трёх углов придаёт седлу форму «раструба».

Более интенсивная обработка седел клапанов фрезерованием на современных двигателях больше не возможна, так как на них устанавливаются только упрочнённые седла клапанов.



626_094



Указание

При выполнении притирки клапанов к седлам в ГБЦ необходимо соблюдать указания, приведённые в действительном для данного двигателя руководстве по ремонту.

Компенсация зазора клапанов

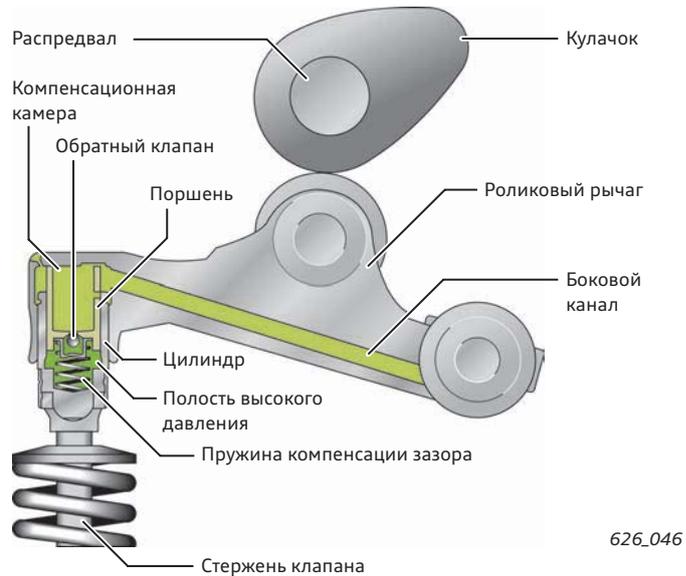
При работе двигателя клапаны удлиняются в зависимости от их температуры и материала, из которого они изготовлены. Чтобы обеспечить надёжное закрытие клапанов во всех режимах работы двигателя, между деталями механизма привода клапана предусматривается определённый зазор. Зазор выпускных клапанов при этом обычно больше, чем впускных, поскольку их детали при работе двигателя нагреваются до более высоких температур.

Компенсирующий элемент в роликовом рычаге

Действие на двигателях с насос-форсунками

Роликовые рычаги шарнирно закреплены на оси и приводятся находящимся над ними распредвалом. Компенсирующий элемент установлен непосредственно над стержнем клапана. Давление масла для работы компенсирующего элемента поступает по каналу в роликовом рычаге от оси рычагов. Внутри каждого компенсирующего элемента имеется по одному цилиндру и одному поршню, которые могут перемещаться относительно друг друга. При этом цилиндр и поршень разжимаются пружиной. Их смещение при разжатии пружины вызывает уменьшение зазора клапана и продолжается до тех пор, пока зазора между роликовым рычагом и распредвалом больше не будет. Заполнение и герметизация полости высокого давления регулируются обратным клапаном.

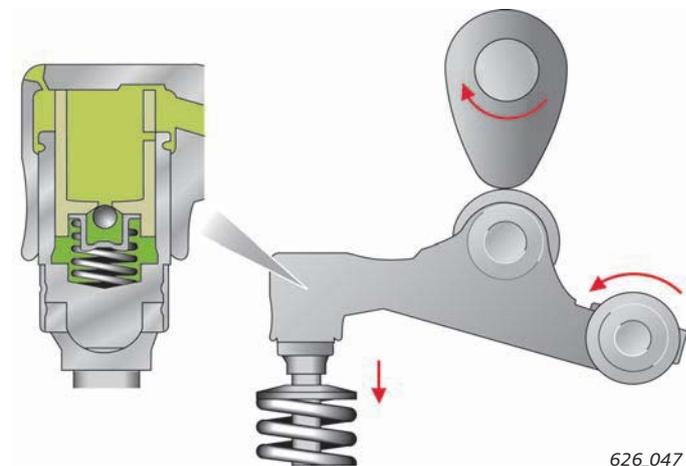
Передающие детали клапанного механизма по мере эксплуатации изнашиваются, в результате чего зазор клапанов увеличивается. Чтобы, несмотря на это, зазор клапанов оставался на требуемом уровне, современные двигатели оснащаются системами компенсации зазоров клапанов. С этой целью чаще всего сейчас используются две системы: с компенсирующим элементом в роликовом рычаге и с гидрокompенсаторами в опорах.



626_046

Движение кулачка

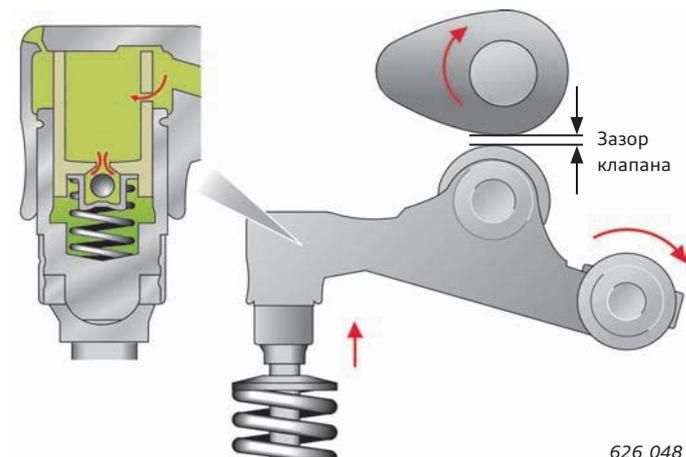
Поворачивающийся кулачок нажимает на роликовый рычаг, обратный клапан закрывается, и давление в полости высокого давления растёт. Поскольку масло теперь не может выходить из полости высокого давления и не может сжиматься, то при открывании впускного или выпускного клапана компенсирующий элемент работает как жёсткий. Лишнее масло может выходить через кольцевой зазор между нажимным пальцем и направляющей гильзой.



626_047

Компенсация зазора клапана

Кулачок распредвала не давит больше на роликовый рычаг, и впускной или выпускной клапан закрывается. Давление в полости высокого давления снижается. Пружина в цилиндре разжимает цилиндр и поршень в стороны до тех пор, пока между кулачком распредвала и роликовым рычагом не останется зазор. Обратный клапан открывается, и масло из компенсационной камеры перетекает в увеличивающийся объём полости высокого давления.



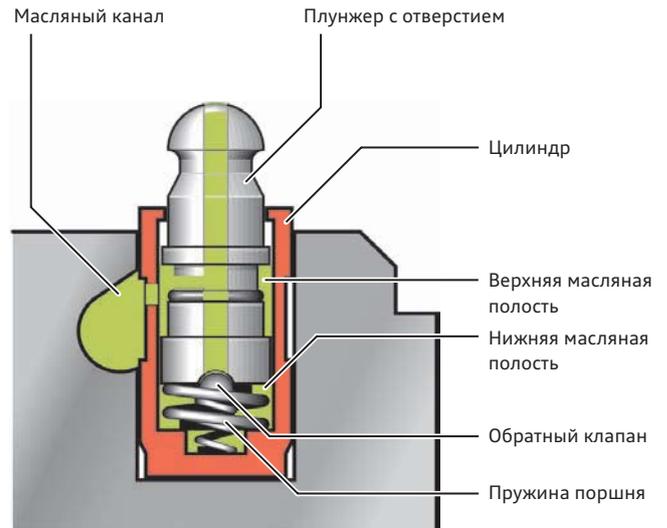
626_048

Опоры с гидрокомпенсаторами зазора клапанов

Эта система компенсирует изменения длины деталей клапанного механизма гидравлической активацией передающих элементов. Зазор клапанов при работе двигателя поддерживается нулевым.

Конструкция

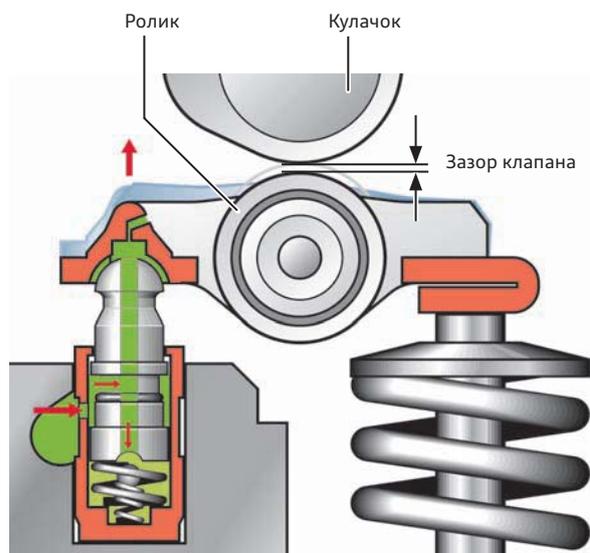
Опора с гидрокомпенсатором состоит из плунжера, цилиндра и пружины плунжера и постоянно соединена с масляным контуром двигателя. В подплунжерной полости, кроме того, установлен обратный клапан.



626_095

Компенсация зазора клапана

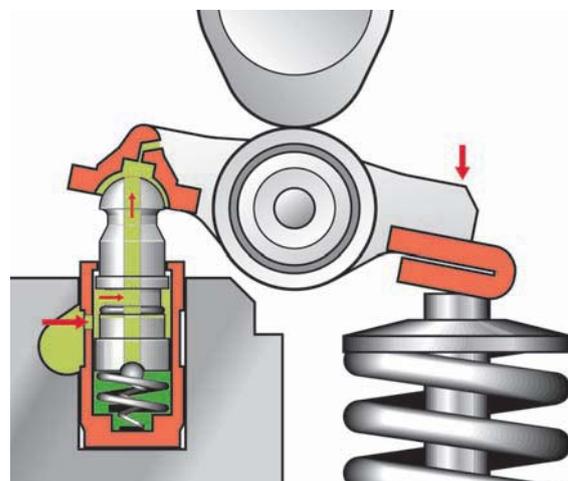
Если в приводе клапана появляется зазор, пружина выталкивает плунжер из его цилиндра до того момента, пока ролик рычага не упрётся в кулачок распредвала. При выталкивании уменьшается давление масла в подплунжерной полости. Обратный клапан открывается и пропускает в подплунжерную полость масло. Когда значения давления в надплунжерной и подплунжерной полости сравниваются, обратный клапан снова закрывается.



626_097

Движение кулачка

Когда рабочая часть кулачка распредвала находит на ролик рычага, возрастает давление в подплунжерной полости. Поскольку запорное в полости масло не может сжиматься, плунжер больше не вдавливаются в цилиндр. Гидрокомпенсатор в этот момент представляет собой практически жёсткий элемент, на который опирается роликовый рычаг. В результате соответствующий клапан открывается.



626_100

Регулирование фаз газораспределения

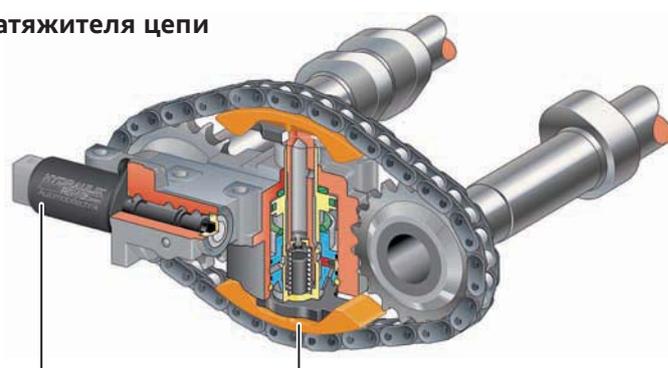
На двигателях без регулятора фаз газораспределения распредвалы жёстко связаны зубчато-ремённой или цепной передачей с коленчатым валом и вращаются полностью синхронно с ним с вдвое меньшим числом оборотов. Моменты открывания и закрывания клапанов на таких двигателях определяются самой конструкцией привода ГРМ. Поскольку моменты открывания и закрывания клапанов управляют распределением газов в цилиндрах, они называются фазами газораспределения. Время, в которое впускные и выпускные клапана одного цилиндра открыты одновременно, называется пересечением. Время пересечения существенно влияет на характеристики двигателя. Так, например, малое время пересечения приводит к высокому крутящему моменту при низких оборотах, а также к малой мощности при высоких оборотах.

Длительное время пересечения, напротив, ведёт к более высокой максимальной мощности, но за счёт крутящего момента при низких оборотах. Причина этого заключается в зависящих от числа оборотов потоковых процессах во время такта впуска. Точно рассчитанное изменение положения распредвалов (относительно коленчатого вала) или иное регулирование параметров работы клапанов позволяет подстраивать фазы газораспределения в зависимости от числа оборотов и нагрузки так, чтобы добиться максимально эффективного наполнения цилиндров во всех диапазонах оборотов. Технически это может быть реализовано различными путями, например:

- ▶ регулирование фаз газораспределения с помощью натяжителя цепи;
- ▶ регулирование фаз газораспределения с помощью гидродвигателей в ступицах звёздочек распредвалов;
- ▶ система регулирования подъёма клапанов Audi Valvelift.

Регулирование фаз газораспределения с помощью натяжителя цепи

Регулирование фаз газораспределения с помощью натяжителя цепи позволяет изменять положение только распредвала впускных клапанов. Одновременно с этим реализуются и функции натяжителя цепи. Изменение параметров обеспечивается гидравлическим электромагнитным клапаном. Для переключения из базового положения в положение крутящего момента натяжитель цепи отжимается вниз. В результате изменяется точка поворота цепи, распредвал впускных клапанов смещается в направлении «раньше».



Гидравлический электромагнитный клапан

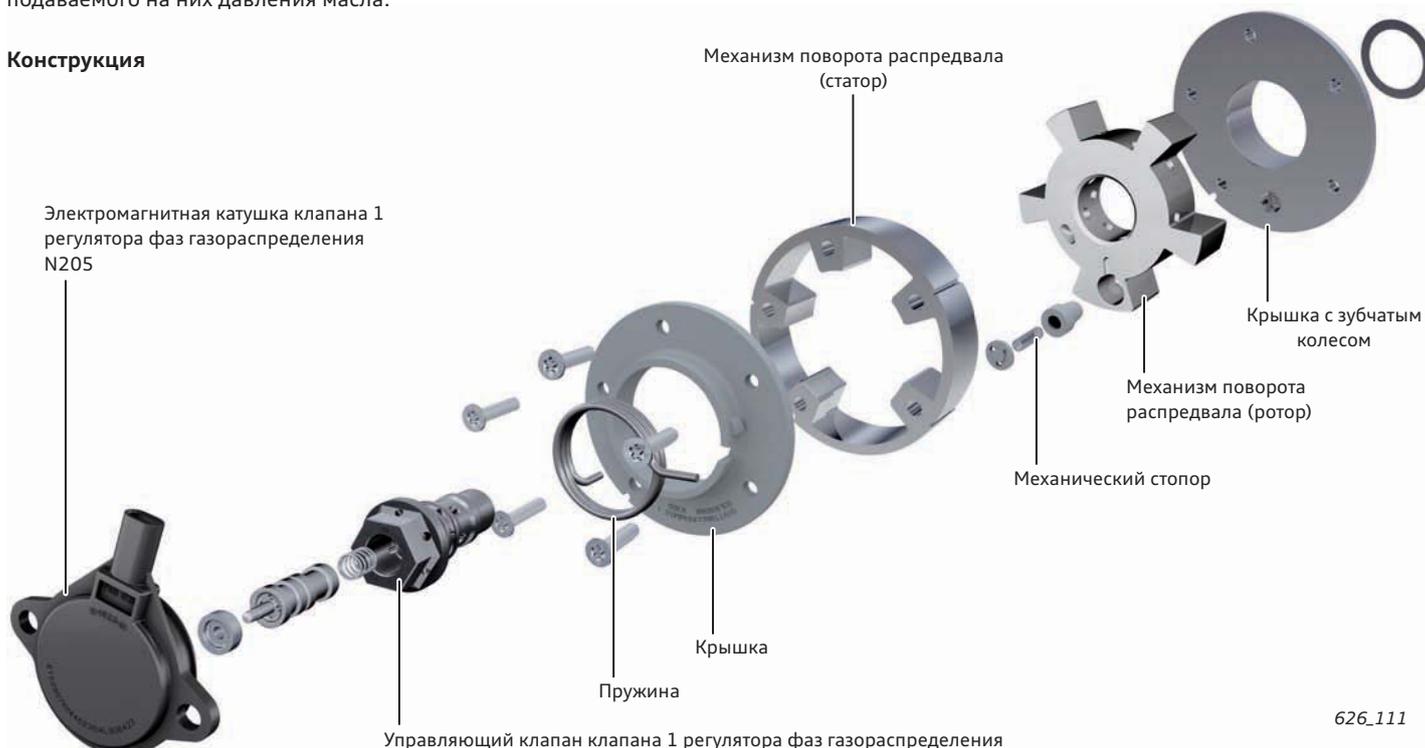
Управляемый регулятор натяжения

626_199

Регулирование фаз газораспределения с помощью гидродвигателей в ступицах звёздочек распредвалов

Эта система позволяет изменять положение обоих распредвалов независимо друг от друга. Угол относительного поворота каждого из двух распредвалов может быть различным. Перемещение распредвалов осуществляется с помощью роторов, поворачивающихся в зависимости от величины подаваемого на них давления масла.

Конструкция

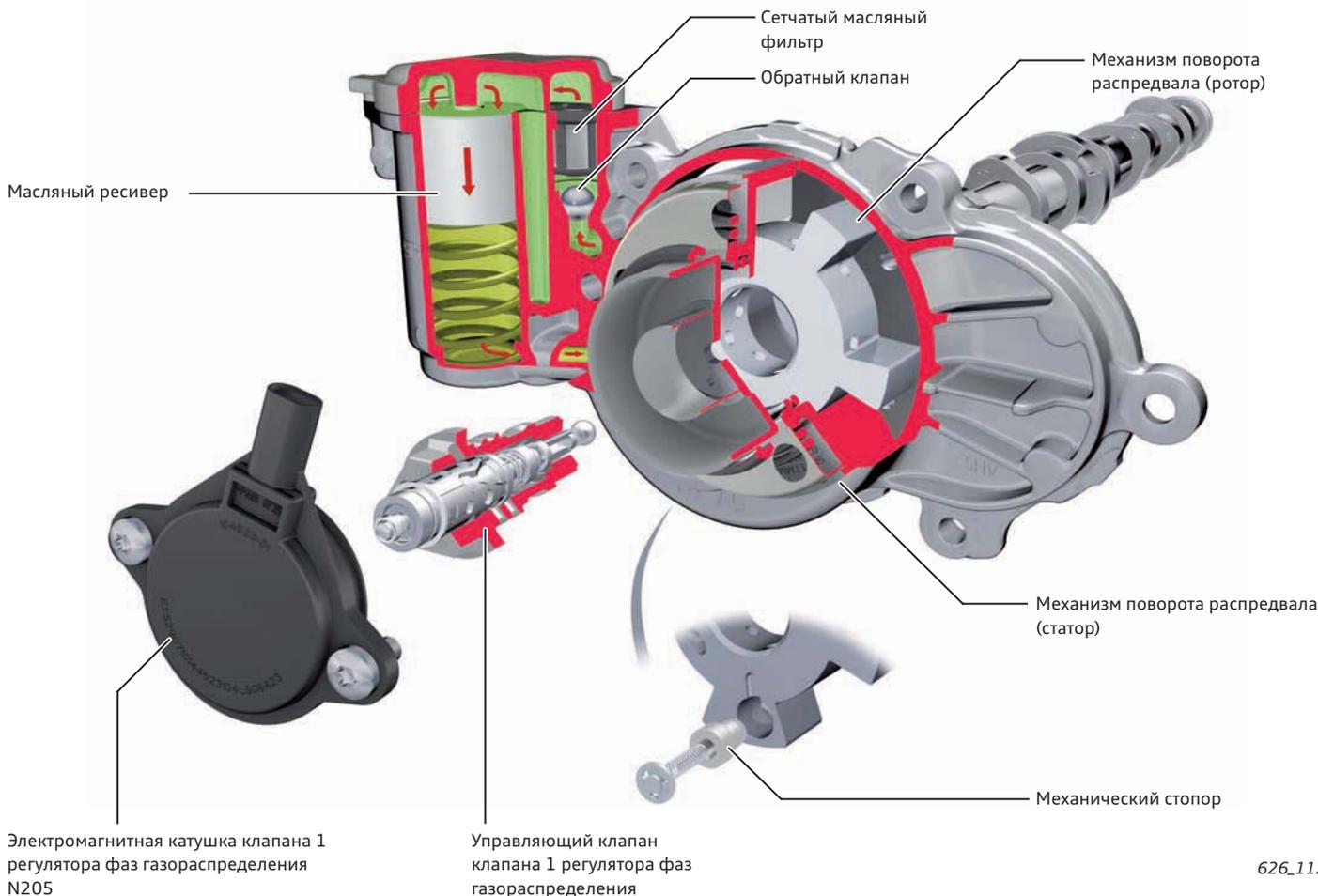


626_111

Действие

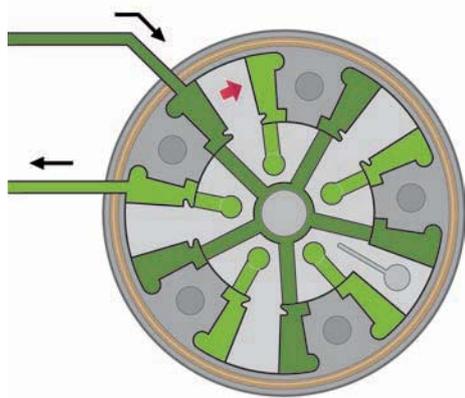
На механизм поворота распредвала по отдельному напорному каналу в ГБЦ подаётся давление масла от регулируемого масляного насоса. Поворотом распредвала управляет блок управления двигателя, который посылает ШИМ-сигнал на пропорциональный клапан 4/2. Внутреннее лопастное колесо (ротор) гидравлического механизма поворота соединено с распредвалом.

Наружное кольцо механизма поворота распредвала (статор) жёстко связано со звёздочкой привода соответствующего распредвала. Поворот (регулировка) распредвала относительно коленчатого вала достигается подачей масла в соответствующие рабочие камеры между ротором и статором. Для обеспечения быстрой реакции механизма поворота в системе предусмотрен масляный ресивер, запасающий давление масла.



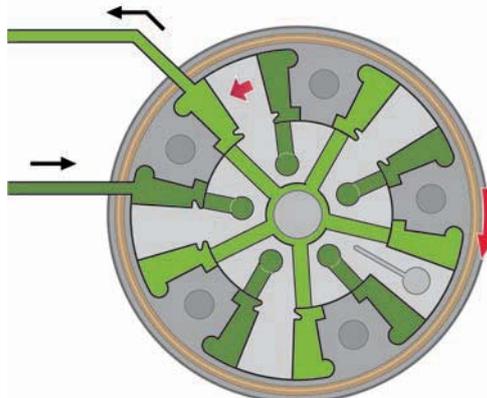
626_112

Перестановка в сторону «рано»



626_200

Перестановка в сторону «поздно»



626_201



Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию о регулировании фаз газораспределения с помощью поворотного гидродвигателя.

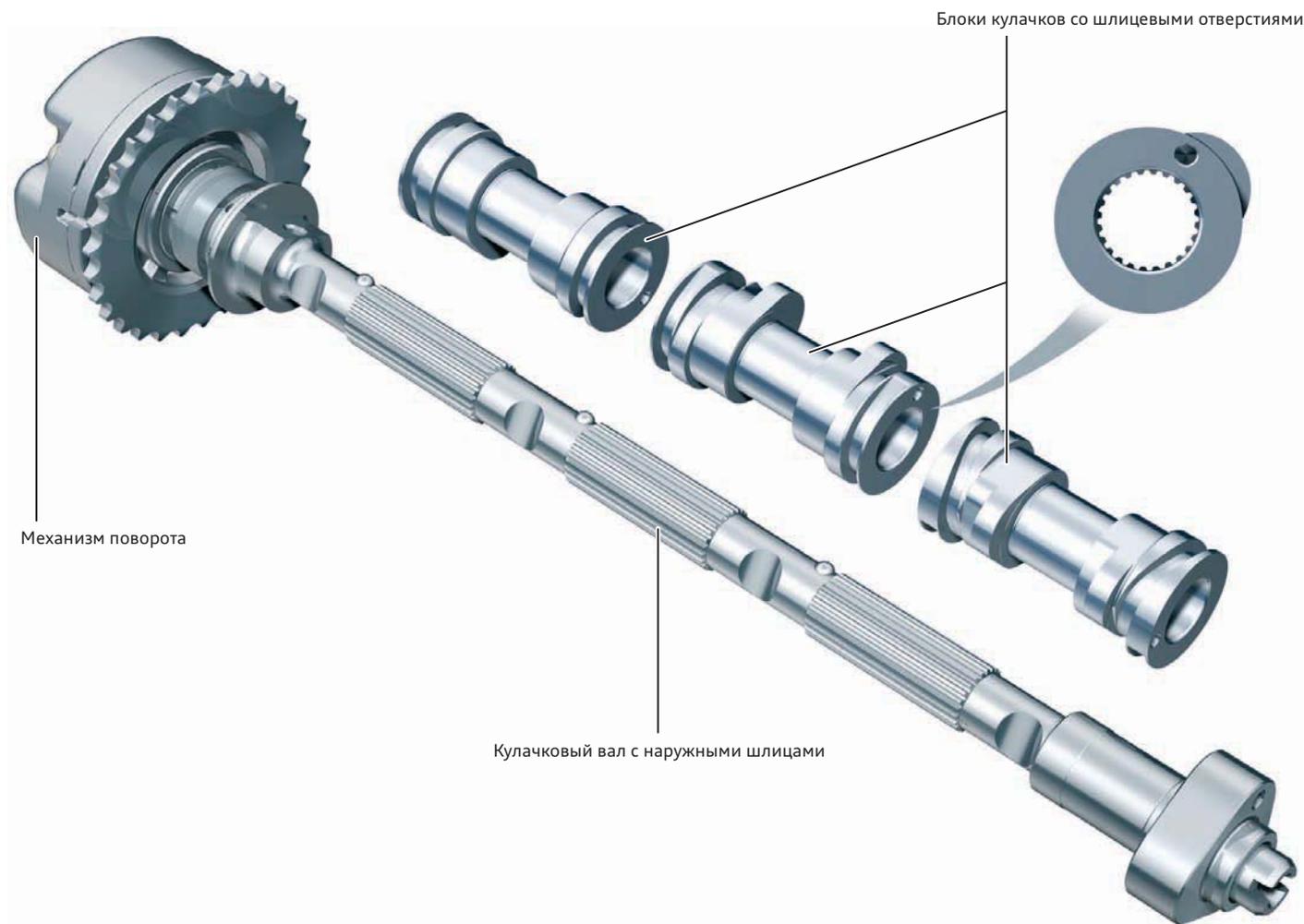
Система регулирования подъёма клапанов Audi Valvelift

Ещё одну возможность влиять на время пересечения клапанов даёт система регулирования подъёма клапанов Audi valvelift system. Принцип действия этой системы заключается в двухступенчатом управлении подъёмом клапанов. Система приводится в действие непосредственно на распредвале. Для этого на распредвале устанавливаются так называемые блоки кулачков, которые могут смещаться по распредвалу в осевом направлении. На блоках кулачков имеется по два различных профиля кулачков, расположенных рядом друг с другом.

Один из этих профилей обеспечивает малую высоту поднятия клапана, другой — большую. Сдвиг блока кулачков позволяет выбрать (в зависимости от нагрузки двигателя), какой из профилей будет использоваться для открывания клапана. Кроме того, на некоторых двигателях эта система применяется для отключения цилиндров так называемой системой Cylinder on demand.

Конструкция распредвала

На распредвалах имеются продольные шлицы, на которых установлены блоки кулачков. Эти цилиндрические втулки могут смещаться в осевом направлении на 7 мм и располагают двумя кулачковыми профилями.



626_117



Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию о системе Audi valvelift system.

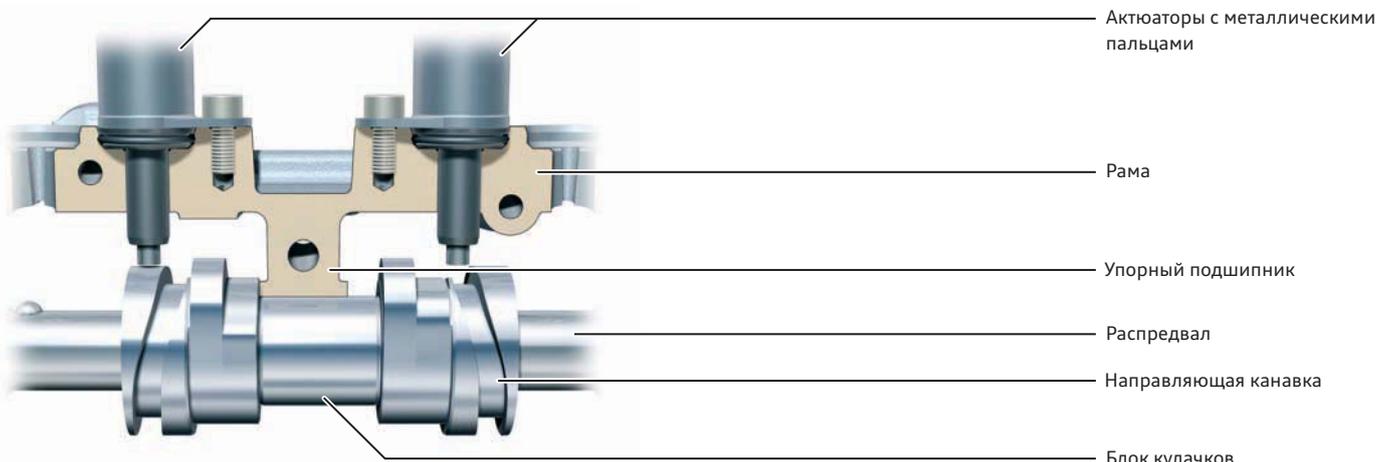


Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию об отключении цилиндров с помощью системы Audi valvelift system.

Перемещение блока кулачков

Осевое смещение блоков кулачков осуществляется за счёт двух металлических пальцев, которые установлены в головке блока цилиндров перпендикулярно к распредвалу и выдвигаются электромагнитными актуаторами. Пальцы опускаются в канавки кулачков, выполненные на блоках кулачков. Опущенный металлический палец устанавливается в спиральную регулировочную канавку кулачка на краю блока кулачков. Спиральная форма канавки вызывает смещение блока кулачков в осевом направлении при вращении распредвала.

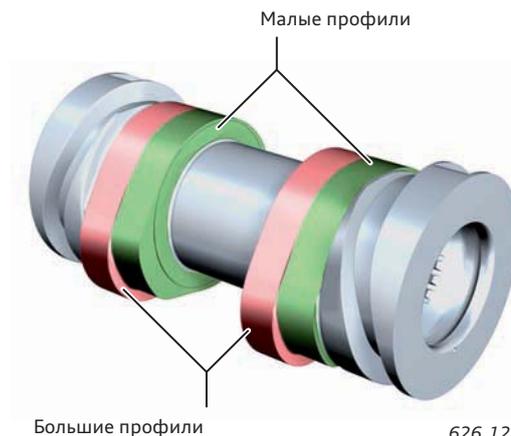
В конце смещения металлический штифт актуатора, питание которого отключено, благодаря соответствующему профилю дна канавки сдвигается в своё исходное положение. Теперь блок кулачков смещён и установлен вплотную к одной из сторон упорного подшипника. Перемещение блока кулачков в прежнее положение осуществляется с помощью второго металлического пальца и регулировочной канавки на противоположной стороне блока кулачков.



626_118

Профиль кулачка

На блоках кулачков для каждого клапана имеется по два разных кулачковых профиля. Задаваемые каждым из профилей фазы открытия клапанов соответствуют желаемым характеристикам двигателя. Малые профили обеспечивают величину подъёма клапана 6,35 мм. Длительность фазы открытия клапана составляет при этом 180° поворота коленчатого вала. Выпускной клапан закрывается через 2° после ВМТ. Полный подъём клапана большим профилем составляет 10 мм, фаза открытия клапана соответствует 215° поворота коленчатого вала. Выпускной клапан закрывается за 8° перед ВМТ.



626_121

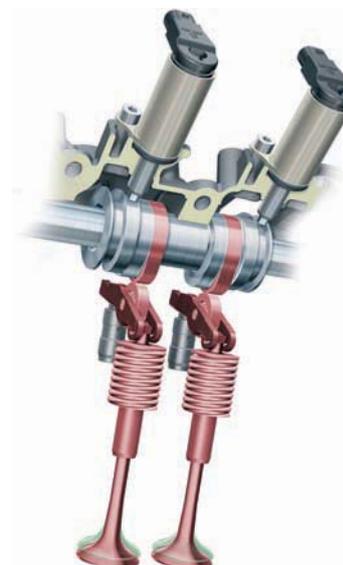
Подъём клапанов

Малые профили
(низкие обороты)



626_122

Большие профили
(высокие обороты)



626_123

Система смазки двигателя

В любом бензиновом или дизельном двигателе имеется большое число подвижных частей, таких как поршни, клапаны или коленчатый вал. При работе двигателя подвижные детали приходят в соприкосновение с другими (например, поршни со стенками цилиндра). Возникающее трение приводит к потерям энергии и износу деталей. При разработке двигателя стараются добиться, чтобы обе эти величины были как можно меньше.

Далее в качестве примера будет приведён обзор точек смазки и узлов/деталей системы смазки двигателя.

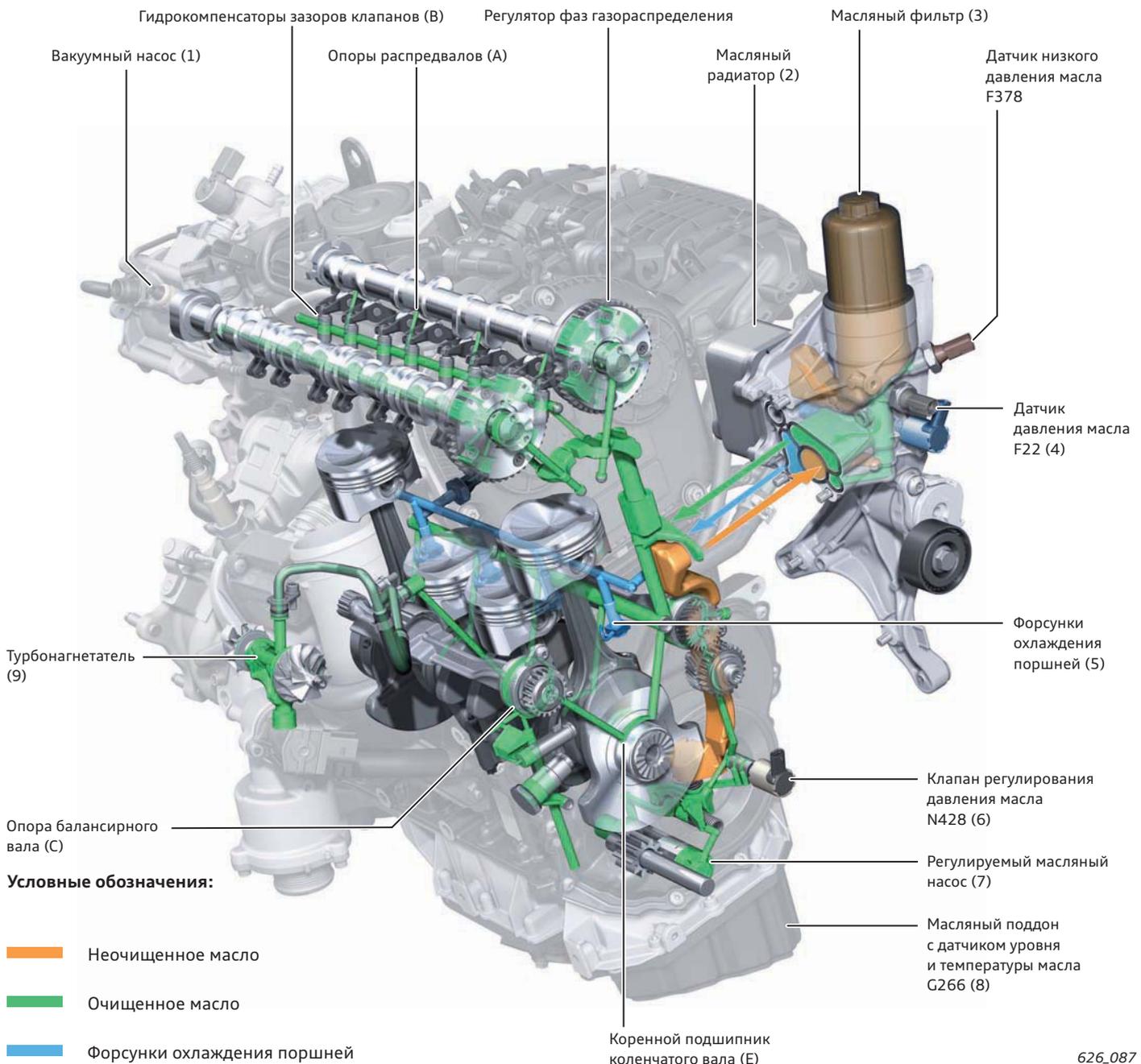
Снижение потерь на трение и износа обеспечивается системой смазки (контуром смазки), выполняющей следующие задачи:

- ▶ уменьшение потерь на трение;
- ▶ охлаждение трущихся поверхностей;
- ▶ дополнительное уплотнение;
- ▶ очистка трущихся поверхностей от продуктов износа;
- ▶ защита деталей от коррозии;
- ▶ уменьшение шумов и демпфирование ударных нагрузок;
- ▶ снижение расхода топлива;
- ▶ обеспечение долговечности или увеличение срока службы.

Очень важной задачей является обеспечение необходимой смазки в любых условиях работы двигателя. В противном случае очень быстро может начаться повышенный износ или произойти повреждение двигателя.

Точки смазки и детали/узлы системы смазки

На рисунке, помимо названий узлов/агрегатов, указаны также номера, соответствующие номерам на схеме системы на стр. 57.



Принудительная система смазки с мокрым картером

Большинство четырёхтактных двигателей, как бензиновых, так и дизельных, оснащаются в настоящее время принудительной системой смазки с мокрым картером.

Принцип действия

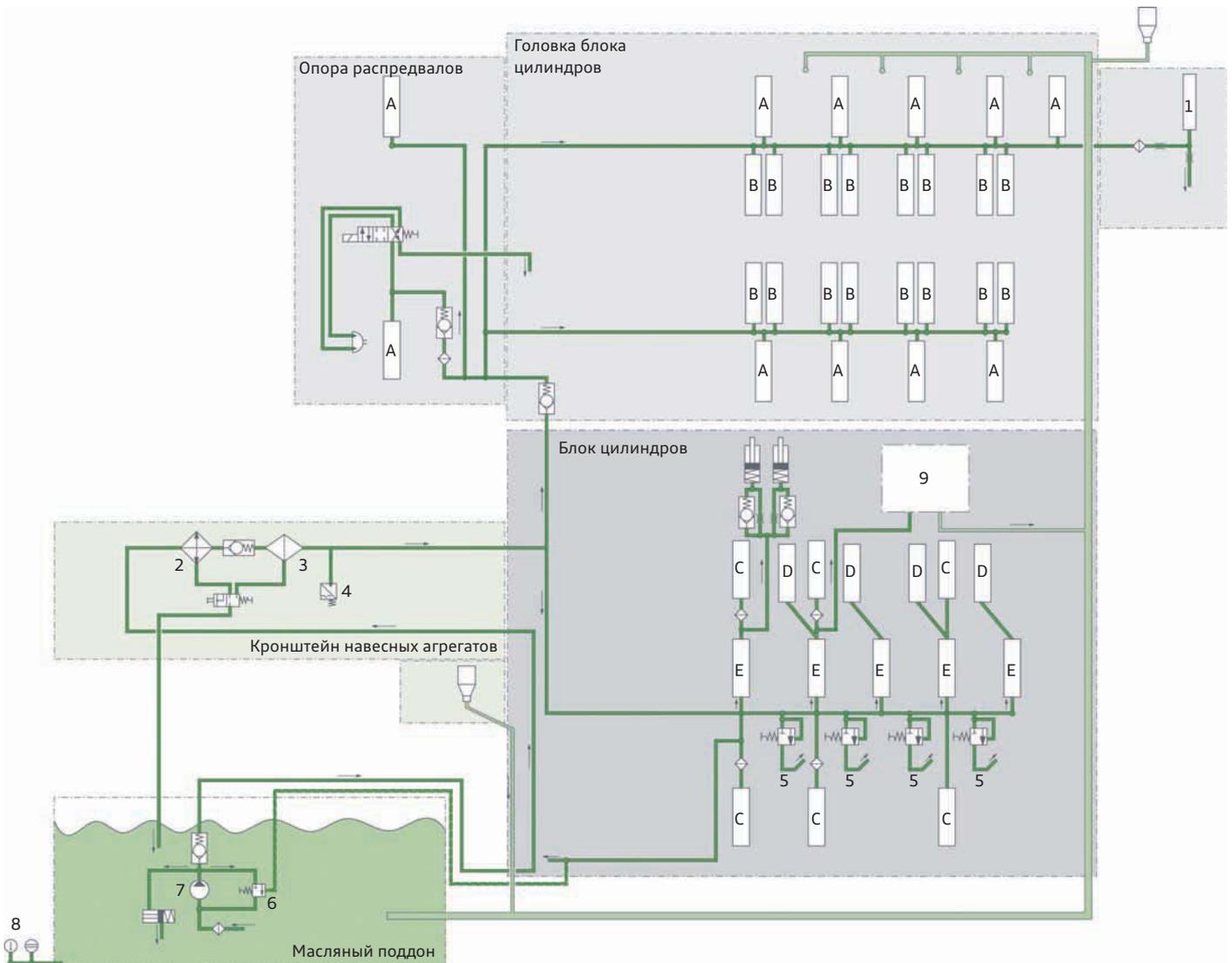
Насос засасывает масло через сетчатый фильтр из масляного поддона. Приводится он, как правило, от коленчатого вала цепной или зубчатой передачей. За насосом устанавливается клапан ограничения давления, ограничивающий давление масла в контуре, чтобы не допустить повреждений в системе. Масляный поддон находится в самой нижней точке двигателя и служит масляным резервуаром системы смазки. Масляный поддон выполняет также функцию охлаждения находящегося в нём масла. Иногда для этого на наружной части делают рёбра охлаждения. В масляном поддоне имеется датчик уровня и температуры масла.

На двигателях высокой мощности в контур системы смазки дополнительно включается масляный радиатор. Он может быть объединён в один узел с масляным фильтром или быть отдельным компонентом системы.

Важнейший принцип — как можно более короткий путь масла, то есть масло должно попадать к точкам смазки как можно быстрее.

На некоторых двигателях подвергающиеся большой температурной нагрузке детали, например днища цилиндров, дополнительно охлаждаются масляными форсунками. Масляный фильтр, часто с бумажным фильтрующим элементом, очищает масло перед подачей его к точкам смазки. Если фильтр засорён или если масло ещё очень холодное, сопротивление слишком велико и масло не может прокачиваться через фильтр. На этот случай в системе предусмотрен перепускной клапан. Масло в этом случае поступает к точкам смазки без фильтрации. Как правило, перепускной клапан встроено непосредственно в масляный фильтр.

По каналам и магистралям масло подаётся к точкам смазки в двигателе. Давление масла в системе регистрируется как минимум одним датчиком давления масла. Обратные клапаны предотвращают стекание масла обратно в масляный поддон при выключении двигателя.



Условные обозначения:

- Контур низкого давления
- Контур высокого давления

- А** Подшипник распредвала
- В** Гидрокомпенсаторы
- С** Подшипник балансирного вала
- D** Шатун
- Е** Коренной подшипник коленчатого вала

626_235

Масляные насосы

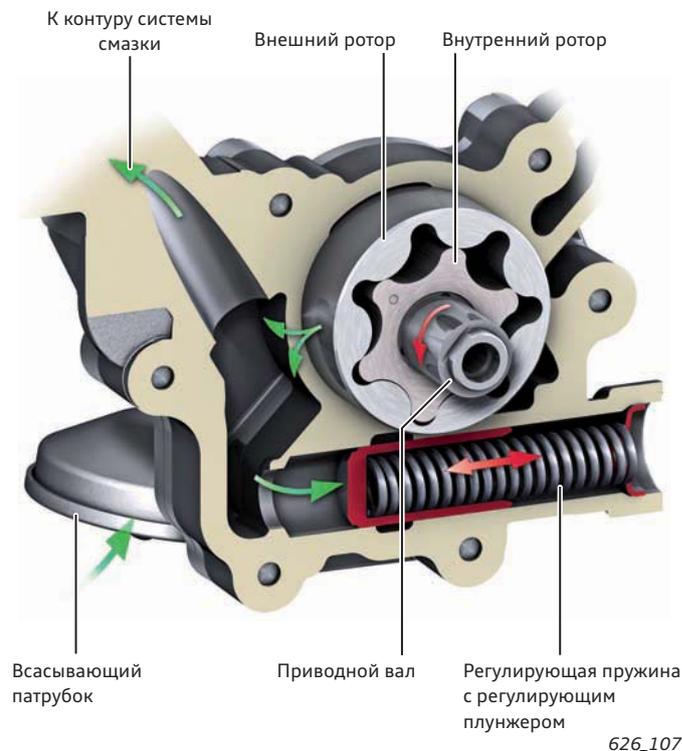
Масляный насос служит для подачи в масляный контур и тем самым ко всем точкам смазки необходимого количества масла или необходимого давления масла. На двигателях Audi для этого могут использоваться масляные насосы различных типов.

Насос Duocentric (на примере двигателя 1,4 л TFSI, CAVG, EA111)

Внутренний ротор приводится валом от звёздочки цепного привода и, в свою очередь, приводит наружный ротор. Внешний ротор вращается в регулирующем кольце. Оси вращения наружного и внутреннего роторов не совпадают. В результате зазоры между выступами роторов с одной стороны (сторона всасывания) при вращении роторов увеличиваются. Масло всасывается в межроторное пространство и перемещается вращающимися роторами к стороне нагнетания. На стороне нагнетания пространство между выступами роторов, наоборот, уменьшается, масло под давлением выталкивается в масляный контур.

Такой масляный насос Duocentric называют постоянным масляным насосом, то есть он подаёт всегда один и тот же объёмный поток масла. С помощью подпружиненного регулирующего плунжера в масляном насосе регулируется давление масла. Клапан регулирования давления открывается при давлении $4 \text{ бар} \pm 0,5 \text{ бар}$. Избыточное масло стекает обратно в масляный поддон.

Развитие масляных насосов направлено на достижение возможности регулировать их производительность по потребности, так чтобы масляный насос подавал не больше масла (и потреблял не больше энергии), чем это требуется двигателю в настоящий момент.



626_107

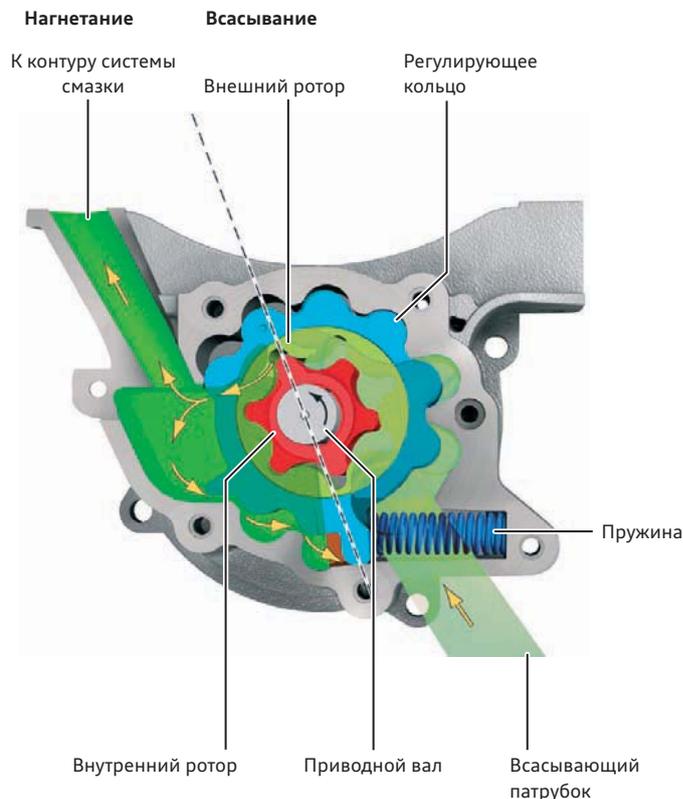
Регулируемый насос Duocentric (на примере 1,4 л TFSI, CAXC, EA111)

Общий принцип действия такой же, как и у обычного масляного насоса Duocentric. Отличие заключается только в наличии возможности регулировать производительность в зависимости от потребности двигателя в подаче масла в настоящий момент.

Процесс регулирования

При увеличении потребности в масле (в результате увеличения оборотов двигателя) давление в масляном контуре падает. Как следствие, пружина смещает регулирующее кольцо, так что расширяющиеся и сжимающиеся объёмы между роторами насоса становятся больше. Производительность насоса повышается.

При уменьшении оборотов двигателя и потребности двигателя в масле давление в масляном контуре растёт. Растущее давление смещает регулирующее кольцо в обратную сторону, сжимая пружину. Объёмы между роторами насоса уменьшаются. Тем самым снижается и производительность насоса.



626_114



Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию о насосе Duocentric.

Регулируемый шестерёнчатый масляный насос с наружным зацеплением (на примере двигателя 2,0 л TFSI, EA888)

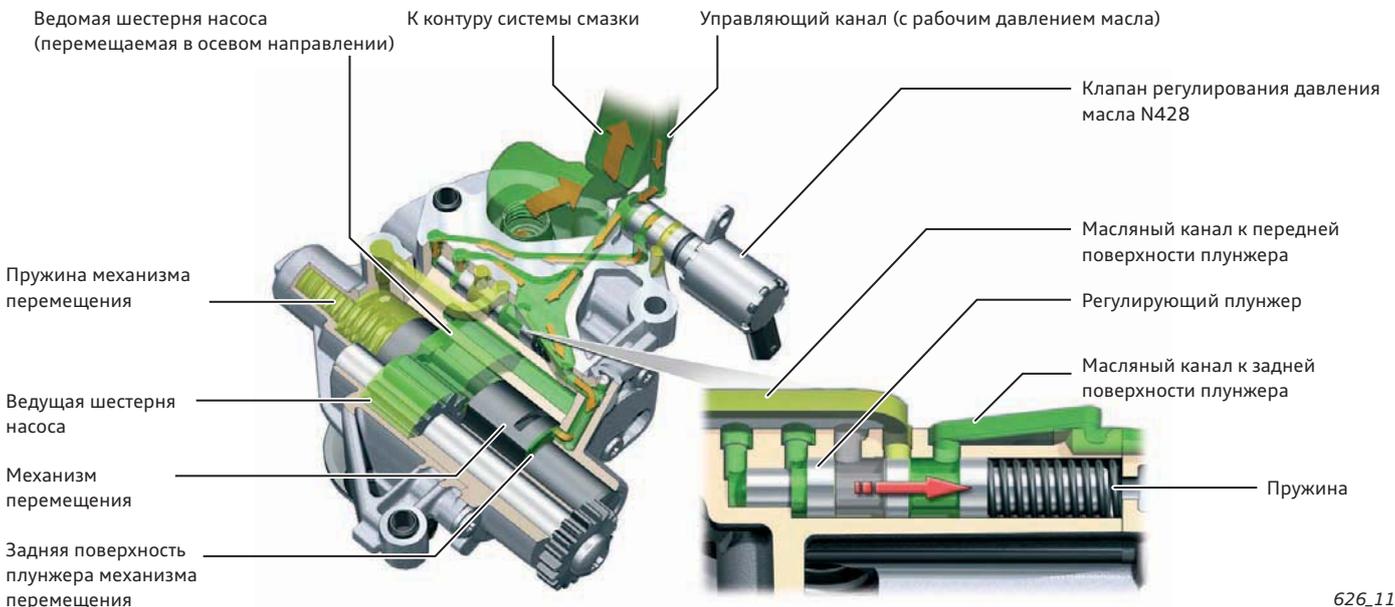
В шестерёнчатом масляном насосе с наружным зацеплением масло транспортируется в объёмах между стенкой корпуса и соседними зубьями каждой из двух находящихся в зацеплении шестерён, одна из которых приводится извне. На некоторых шестерёнчатых насосах с наружным зацеплением одна из шестерён может смещаться в осевом направлении (ведомая шестерня). Такое смещение позволяет целенаправленно влиять на подачу насоса и на давление в масляном контуре.

Для этого блок управления двигателя активирует клапан регулирования давления масла N428, открывая или закрывая управляющий масляный канал, так что давление масла подаётся к поверхностям управляющего плунжера в соответствии с режимом работы двигателя.

Концепция регулирования заключается в возможности реализации двух различных уровней давления масла. Регулирование давления осуществляется изменением подачи масла шестернями насоса. При этом насос подаёт столько масла, сколько требуется для создания нужного давления за масляным радиатором и масляным фильтром. Изменение производительности достигается осевым смещением механизма перемещения и тем самым подающих шестерён насоса относительно друг друга. Когда шестерни насоса стоят точно друг против друга, производительность насоса максимальна. При максимальном смещении шестерён относительно друг друга (наименьшей длине их пересечения) производительность минимальна (зубья шестерён входят в зацепление и вытесняют масло только на части длины шестерён).

Ступень низкого давления

При увеличении числа оборотов двигателя давление масла возрастает и обеспечивает смещение плунжера против усилия пружины. Вследствие этого напорный канал к передней поверхности плунжера механизма перемещения перекрывается, одновременно с этим открывается обратный канал (без давления масла) к масляному поддону. Теперь со стороны пружины действует только усилие пружины, которое меньше силы давления масла, действующей на противоположную плоскость механизма перемещения (напротив пружины). Таким образом, механизм перемещения сдвигается против усилия пружины. Ведомая шестерня насоса перемещается в осевом направлении относительно ведущей шестерни. Подача насоса уменьшается в соответствии с потребностью двигателя в масле. Вследствие адаптации производительности, давление масла остаётся на более или менее постоянном уровне.



626_110



Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию о регулировании давления масла в шестерёнчатом насосе с наружным зацеплением.

Переключение на ступень высокого давления

Начиная с числа оборотов 3500 об/мин осуществляется переключение на ступень высокого давления масла. Для этого на клапан регулирования давления масла N428 перестаёт подаваться напряжение. В результате перекрывается управляющий масляный канал и соединение с обратным каналом (без давления масла) к масляному поддону. Так как теперь давление на одну из поверхностей регулирующего плунжера не действует, он сдвигается под действием пружины настолько, что открывается канал к передней поверхности плунжера механизма перемещения. Действующие теперь на переднюю поверхность плунжера давление масла и усилие пружины отжимают механизм перемещения обратно, так что обе шестерни сразу же становятся почти точно напротив друг друга и насос работает с максимальной производительностью.

626_115

Шиберный насос

(на примере двигателя 2,0 л TDI, EA288)

Конструкция шиберного насоса позволяет ему работать с двумя уровнями давления. Кроме того, производительность насоса постоянно адаптируется к текущей потребности двигателя в масле (на обоих уровнях давления).

Для этого наружная часть рабочего объёма насоса выполнена как управляющее кольцо, которое может поворачиваться относительно оси, не совпадающей с осью вращения насоса. В результате поворота управляющего кольца изменяются соотношения размеров в рабочей камере насоса и его производительность или — после переключения — давление в системе.

Повышение числа оборотов вызывает увеличение расхода масла потребителями в двигателе и, соответственно, падение давления в системе. В результате пружина перемещает управляющее кольцо так, что рабочая камера насоса увеличивается. В результате повышается и производительность насоса.

При уменьшении числа оборотов двигателя и потребности двигателя в масле давление в масляном контуре растёт. Увеличивающееся давление действует на управляющую поверхность кольца и смещает его так, что рабочая камера насоса уменьшается. Производительность насоса понижается.



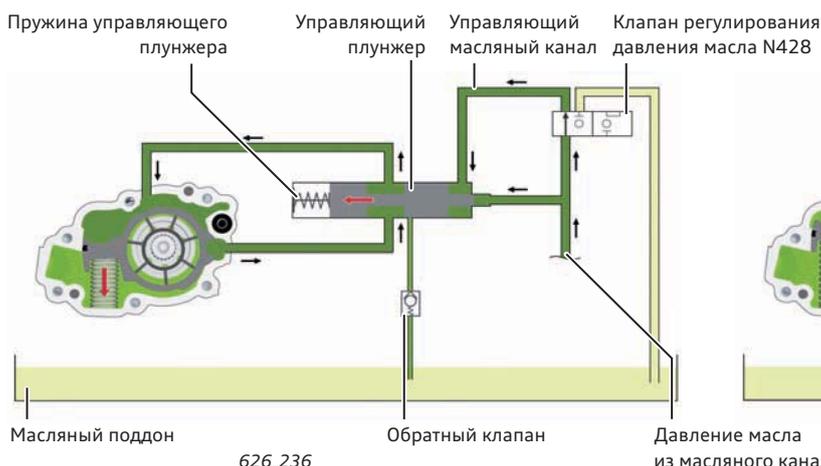
626_203

Регулирование давления масла

Низкий уровень давления (малая производительность)

При низких оборотах двигателя находящийся под напряжением электромагнитный клапан регулирования давления масла N428 подключается блоком управления двигателя J623 к массе и открывает канал управляющего давления масла к управляющему плунжеру. Теперь давление масла действует на обе поверхности управляющего плунжера, смещает его, преодолевая сопротивление пружины, и открывает канал к управляющей поверхности регулирующего кольца. Давление масла действует на управляющую поверхность. Сила давления масла на управляющую поверхность превышает усилие пружины и отклоняет управляющее кольцо против часовой стрелки, ближе к центру камеры насоса, так что перекачиваемый объём масла между лопастями насоса (т. е. производительность насоса) уменьшается. Нижняя ступень давления включается в зависимости от следующих параметров (благодаря чему снижается мощность, затрачиваемая на привод масляного насоса):

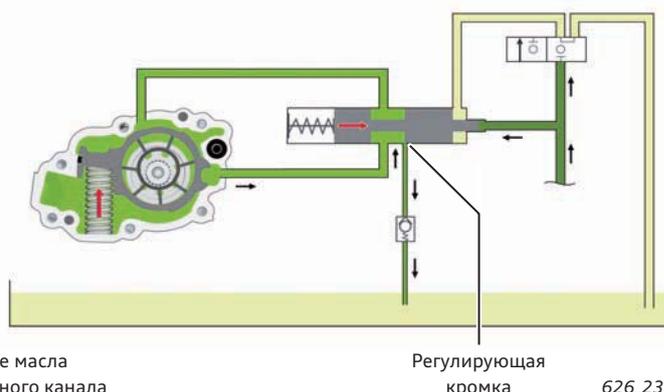
- ▶ нагрузка на двигатель;
- ▶ число оборотов двигателя;
- ▶ температура масла;
- ▶ другие параметры.



626_236

Высокий уровень давления (большая производительность)

При высоких оборотах или высокой нагрузке (разгон при полном нажатии педали акселератора) блок управления двигателя J623 разрывает соединение клапана регулирования давления масла N428 с массой, сбрасывая давление в управляющем канале. Давление масла на оставшуюся часть площади управляющего плунжера меньше усилия пружины плунжера, так что канал подачи масла к управляющей поверхности регулирующего кольца перекрывается. Без давления масла пружина поворачивает регулирующее кольцо вокруг опоры по часовой стрелке. Регулирующее кольцо отклоняется от центра, и перекачиваемый объём масла между пластинами (лопастями) насоса увеличивается. В результате этого повышается производительность насоса. Из-за увеличения объёмного расхода масла возрастает сопротивление, создаваемое каналами смазки и зазорами подшипников коленчатого вала, что приводит к увеличению давления. Таким образом функционирует насос регулируемой производительности с двумя уровнями давления.



626_237

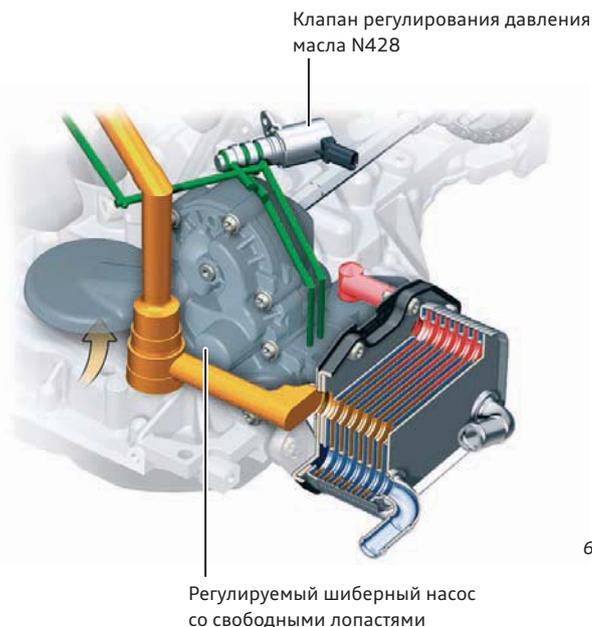
Регулируемый шиберный насос со свободными лопастями (на примере двигателя 3,2 л FSI)

Так называемый регулируемый шиберный насос со свободными лопастями требует для своего привода существенно меньшей мощности, чем его предшественники.

Насос с уменьшенной на 30 % подачей работает с регулируемой производительностью и, таким образом, в соответствии с потребностью двигателя в смазке. Это уменьшает расход автомобилем топлива. Электромагнитный клапан регулирования давления масла N428 установлен в блоке цилиндров над масляным насосом.



Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию о регулируемом шиберном насосе со свободными лопастями.



626_108

Конструкция

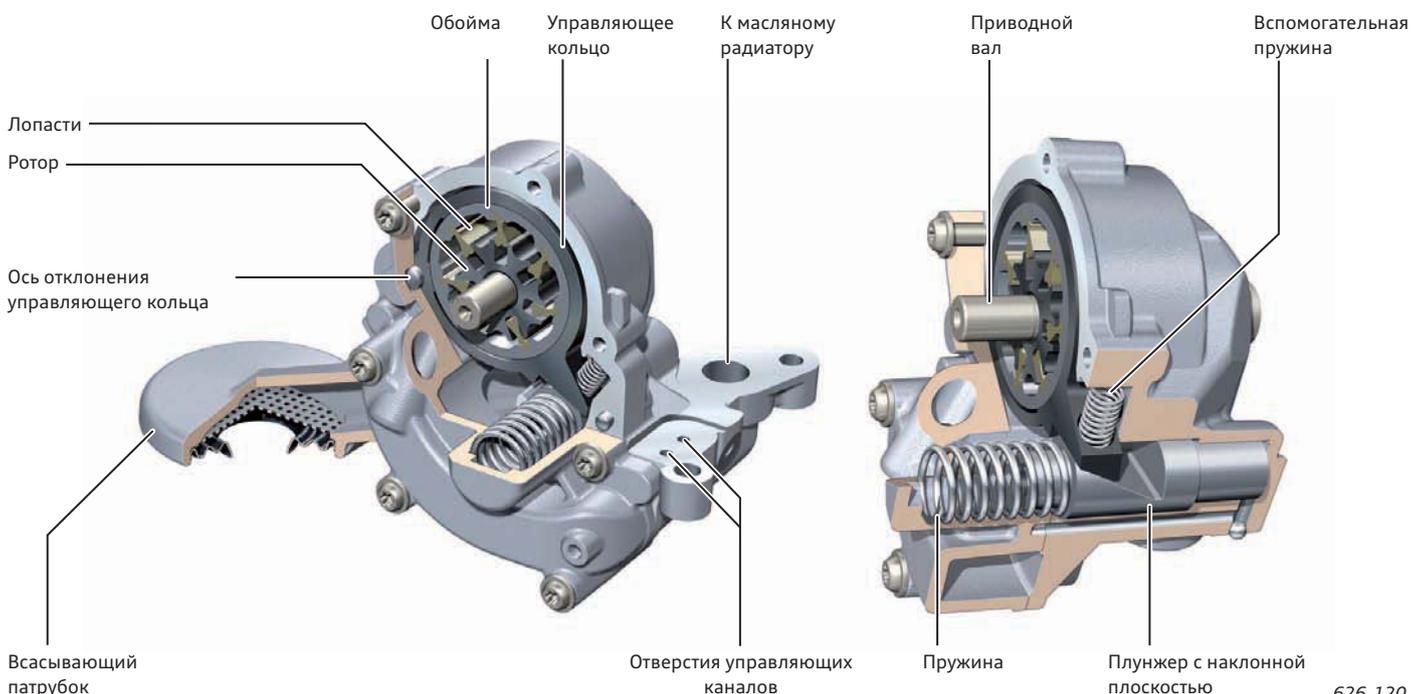
Насос приводится валом от зубчатой передачи (см. обзор зубчатой передачи). На валу жёстко закреплён ротор. Ротор входит в зацепление с обоймой через семь лопастей, которые не связаны с ротором жёстко, а могут свободно ходить в нём в радиальных пазах. Ротор, лопасти и обойма вращаются вместе в управляющем кольце, выполняющем для обоймы функцию подшипника скольжения. Оси вращения ротора и обоймы не совпадают. В результате при вращении объём отдельных ячеек, как и в обычном шиберном насосе, периодически изменяется.

Особенность состоит в том, что управляющее кольцо закреплено в корпусе насоса на оси и может отклоняться, преодолевая сопротивление пружины. Отдельная ячейка образуется между двумя лопастями, ротором, обоймой и боковыми крышками насоса.

Действие

При вращении насоса объём отдельных ячеек в области всасывания увеличивается. Тем самым в них возникает разрежение, масло через сетчатый фильтр засасывается из масляного поддона в масляный насос. По мере вращения насоса ячейки перемещаются к стороне нагнетания. Там их объём начинает уменьшаться, и масло выдавливается из них в напорный канал. Подача насоса регулируется в зависимости от потребности.

Функция регулирования использует давление в главной масляной магистрали в качестве управляющего. Для этого давление масла от главной магистрали подаётся через управляющий канал и клапан регулирования давления масла N428 обратно к масляному насосу.



626_120

Масляный фильтр

Все бензиновые и дизельные двигатели оснащаются масляным фильтром, в большинстве случаев — полнопоточным. Фильтр нужен для очистки масла от продуктов износа деталей двигателя, а также от нагара и других возможных загрязнений. Используется два разных решения:

- ▶ вкручиваемый фильтр-патрон (сменный фильтр);
- ▶ фильтр с постоянным корпусом (сменный фильтрующий элемент).

Тогда как сменный фильтр при каждой замене должен заменяться полностью, фильтр с постоянным корпусом требует замены только внутренней части, то есть фильтрующего элемента.

Модуль масляного фильтра

Часто масляный фильтр входит в состав отдельного модуля. Помимо удобства при производстве, такое решение даёт возможность включить в состав модуля многие другие компоненты. Это могут быть, например, различные датчики, исполнительные механизмы или даже масляный радиатор. На практике модули масляного фильтра могут иметь сменный фильтр, а также фильтр с постоянным корпусом.

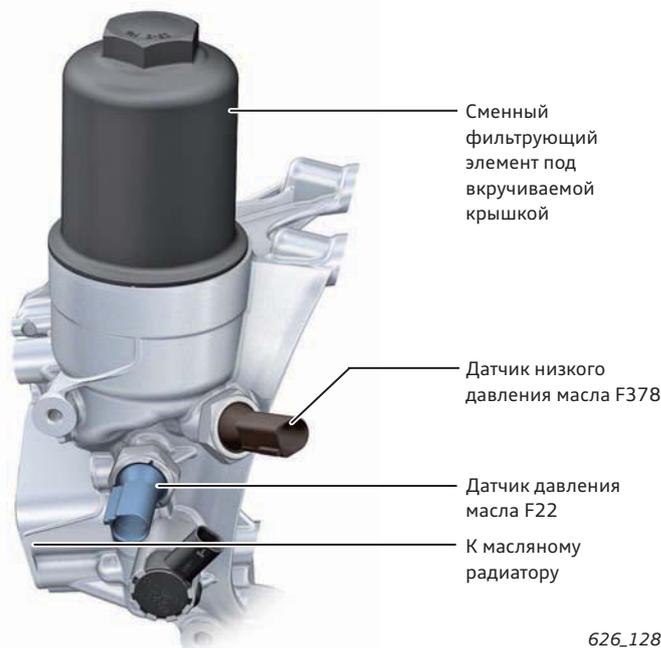
Фильтр с постоянным корпусом
(сменный фильтрующий элемент)



Вкручиваемый фильтр-патрон
(сменный фильтр)



626_124

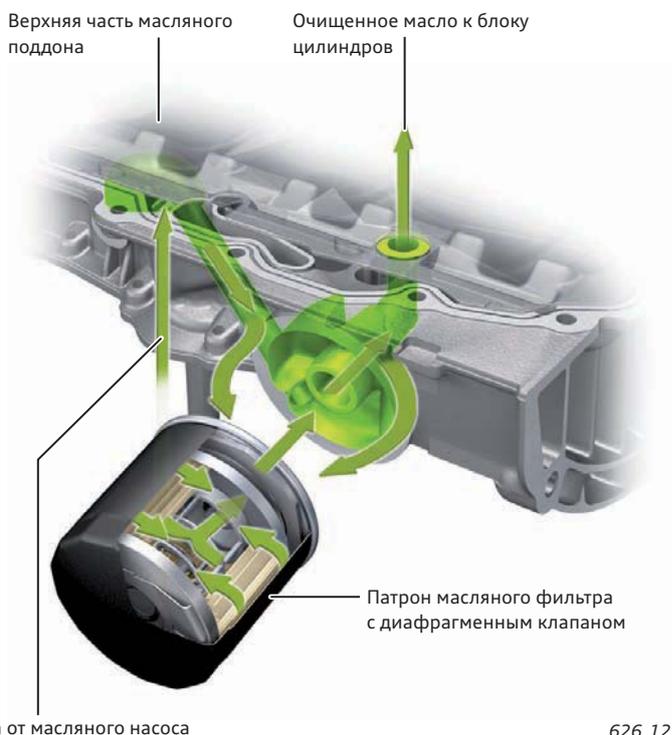


626_128

Патрон масляного фильтра непосредственно на двигателе (на примере двигателя 1,4 л TFSI, EA211)

Патрон масляного фильтра вкручивается в верхнюю часть масляного поддона. Во время работы масло от масляного насоса по каналу поступает к масляному фильтру. После фильтра масло по вертикальной магистрали направляется в блок цилиндров, а затем — в масляный радиатор. После этого масло разводится по отдельным точкам смазки.

В масляном фильтре имеется диафрагменный клапан, предотвращающий вытекание масла из масляного фильтра при остановке двигателя.



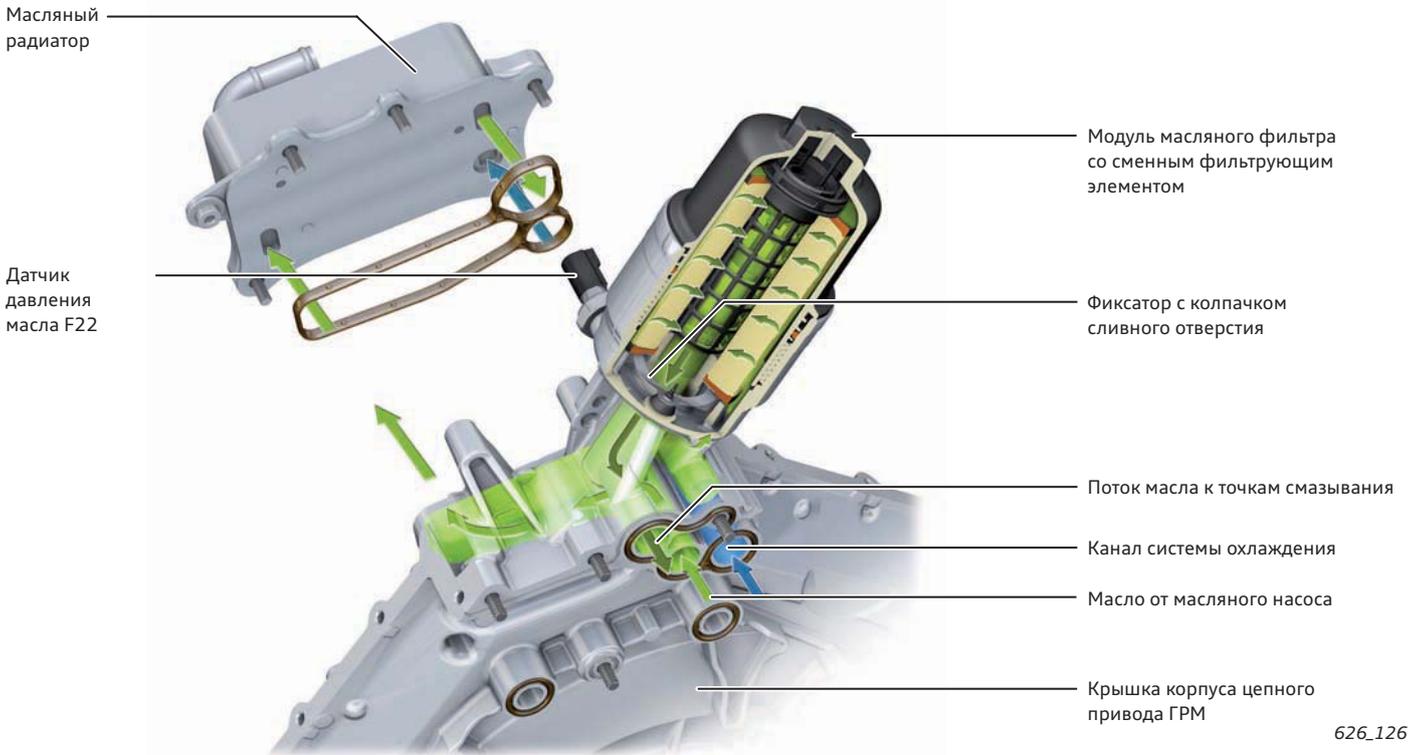
626_125

Модуль масляного фильтра со сменным фильтрующим элементом (на примере двигателя 3,0 л TFSI, EA837)

Модуль масляного фильтра выполнен как часть крышки (корпуса цепного привода ГРМ) на обратной стороне двигателя.

Принципиальное устройство аналогично другим «стоящим» модулям масляного фильтра (например, на двигателях EA888). Отсутствует только запорный стержень, который открывал/закрывал сток масла из модуля масляного фильтра.

Его функции выполняет теперь фиксатор, в который встроены герметизирующий колпачок. Поступающее от масляного насоса масло проходит через фильтрующий элемент, после чего охлаждается в масляном радиаторе. После этого масло направляется к точкам смазки в двигателе.

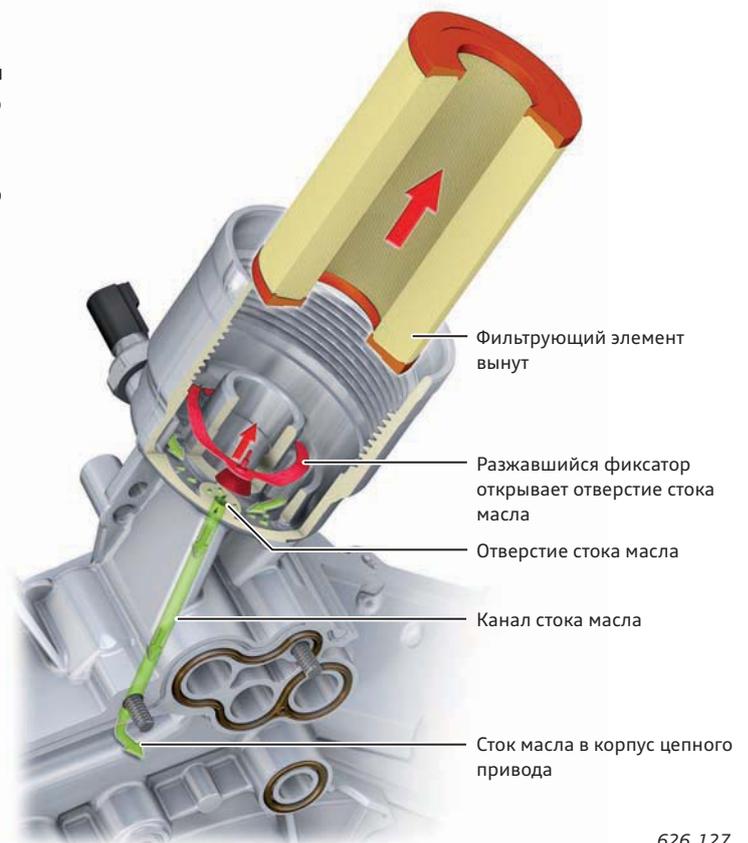


626_126

Сток масла при замене масла

При извлечении фильтрующего элемента фиксатор разжимается и открывает сливное отверстие. Оставшееся в модуле масляного фильтра масло может стекать в сток.

При замене масляного фильтра, то есть перед установкой нового фильтрующего элемента, необходимо проверить, находится ли фиксатор в правильном положении, и, если нет, привести его в правильное положение. Если фиксатор не будет надлежащим образом перекрывать сливное отверстие, в системе не будет создаваться давление масла.



626_127



Указание

При замене масла следует соблюдать указания по снятию и установке фильтрующего элемента, в особенности указания по обращению с фиксатором.

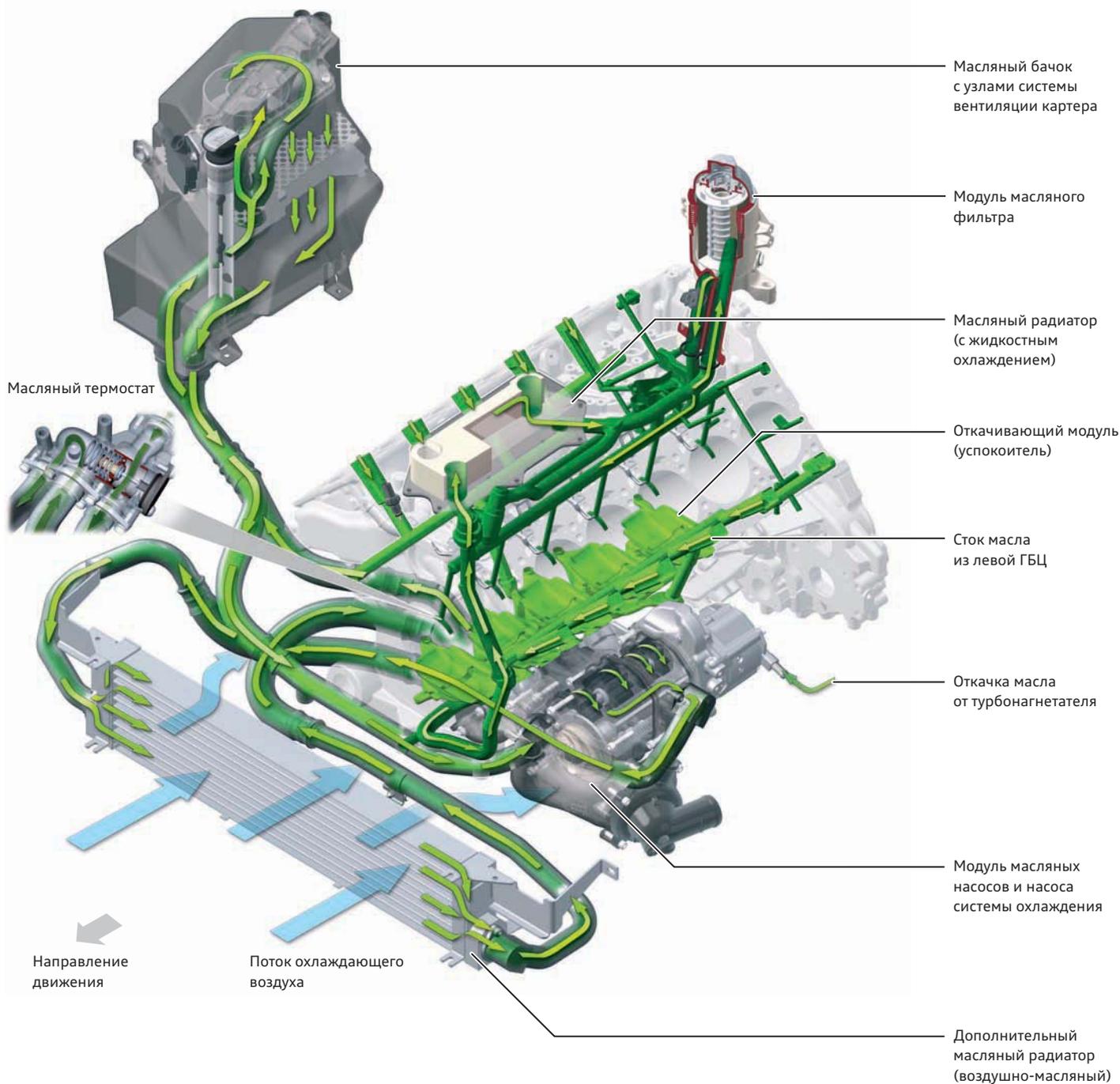
Система смазки с сухим картером (на примере двигателя 5,0 л V10 TFSI в Audi RS6, модель 4F)

Для бесперебойной подачи масла в двигателях спортивных автомобилей в любых условиях движения, например при прохождении поворотов с высокой скоростью, применяется система смазки с сухим картером.

На двигателе с системой смазки с сухим картером вместо масляного поддона устанавливается откачивающий модуль, через который всё стекающее из подшипников, головок блока цилиндров и из корпуса цепного привода ГРМ масло

перекачивается модулем масляных насосов через масляный термостат в масляный бачок. Оттуда масло снова откачивается модулем масляных насосов и под давлением подаётся в контур системы смазки. Масляный термостат направляет перекачиваемое масло, в зависимости от его температуры, в масляный бачок или непосредственно, или через дополнительный масляный радиатор (воздушно-масляный теплообменник). При смене масла нужно обязательно открывать все отверстия для слива масла.

Общая схема системы

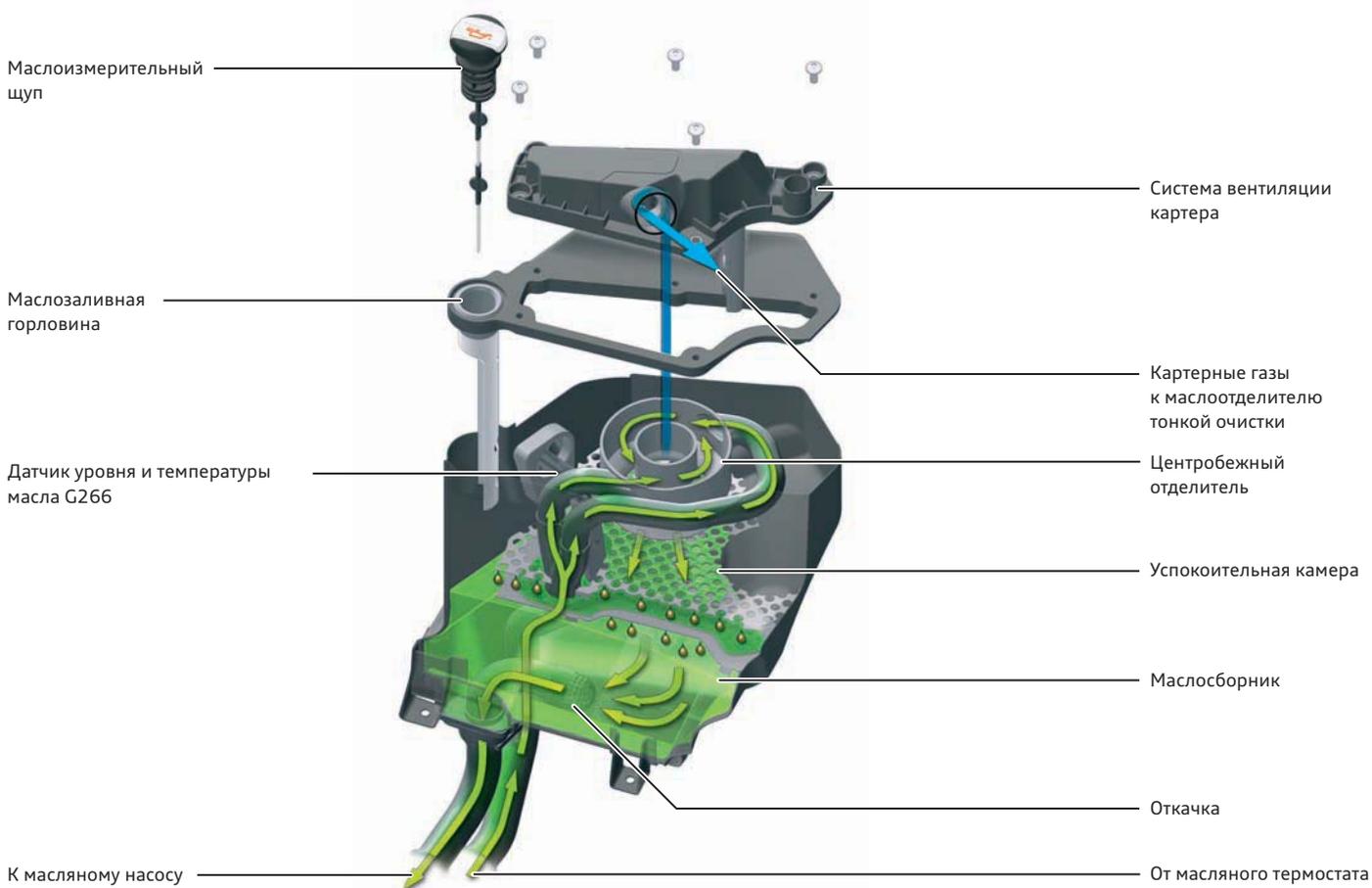


Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию о работе системы смазки с сухим картером.

Масляный бачок

Перекачиваемое модулем масляных насосов масло попадает в масляном бачке сначала в двухпоточный маслопровод, завершающийся центробежным отделителем. В центробежном отделителе масло приводится во вращение, в результате чего от него отделяются газы. При сливе в масляный бачок масло попадает на успокоители, в которых оно успокаивается и в которых осаждается пена.

Поднимающиеся картерные газы попадают в маслоотделитель в верхней части масляного бачка. В масляном бачке установлены маслосливная горловина, маслоизмерительный щуп и датчик уровня и температуры масла G266.

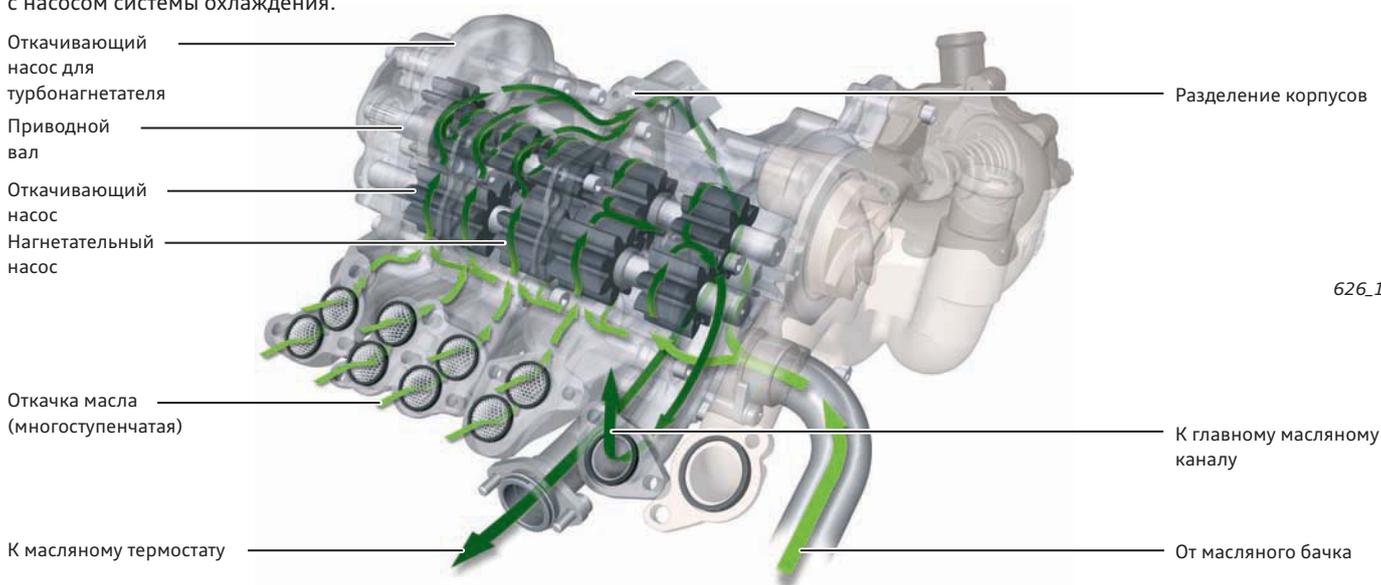


626_130

Модуль масляных насосов

Модуль масляных насосов установлен вне двигателя и приводится цепной передачей. Он состоит из откачивающего и перекачивающего насоса для заполнения масляного бачка, откачивающего и нагнетательного насоса для подачи масла в контур смазки двигателя и откачивающего насоса для масла от турбонагнетателя. Масляный насос образует единый узел с насосом системы охлаждения.

Откачивающий насос через откачивающий модуль собирает стекающее от точек смазки масло и подаёт его в масляный бачок. Нагнетательный насос откачивает охлаждённое масло из масляного бачка и направляет его в контур смазки двигателя.



626_131

Распознавание уровня масла на последних моделях Audi (на примере Audi A4, модель 8K)

Электронный индикатор уровня масла появился на Audi A4 (модель 8K) и стал с тех пор применяться и на многих других моделях Audi. Вся необходимая клиенту информация отображается в этом случае в комбинации приборов или в меню Автомобиль в MMI.

При оснащении электронным указателем уровня масла маслоизмерительный щуп не устанавливается. Для сервисных предприятий разработан сервисный щуп для проверки индикатора уровня масла T40178. Подробный порядок проверки уровня масла см. в ELSA (Инспекционный сервис и уход) и в руководстве по эксплуатации автомобиля.

Возможная индикация в комбинации приборов



626_135



626_134



626_136



626_137

Электронный индикатор уровня масла

Для расчёта уровня масла используется два метода измерения. Динамическое измерение выполняется во время движения автомобиля. Важные параметры:

- ▶ число оборотов двигателя;
- ▶ продольное и поперечное ускорение от БУ ESP;
- ▶ концевой выключатель капота (капот должен быть закрыт);
- ▶ температура двигателя (двигатель должен быть прогрет до рабочей температуры);
- ▶ движение с момента последнего сигнала концевой выключателя капота >50 км;
- ▶ в пределах цикла движения должно быть выполнено определённое количество измерений.

Динамическое измерение является более точным и потому предпочтительным. Но его применение возможно не всегда.

Измерение прерывается, если:

- ▶ ускорение превышает 3 м/с²;
- ▶ температура масла >140 °С;
- ▶ выключатель капота F266 приведён в действие.

Статическое измерение выполняется в том случае, если:

- ▶ включено зажигание (чтобы получить результат измерения как можно быстрее, процесс измерения запускается уже при открывании двери водителя);
- ▶ температура масла двигателя превышает 40 °С;
- ▶ двигатель не работает больше 60 секунд.

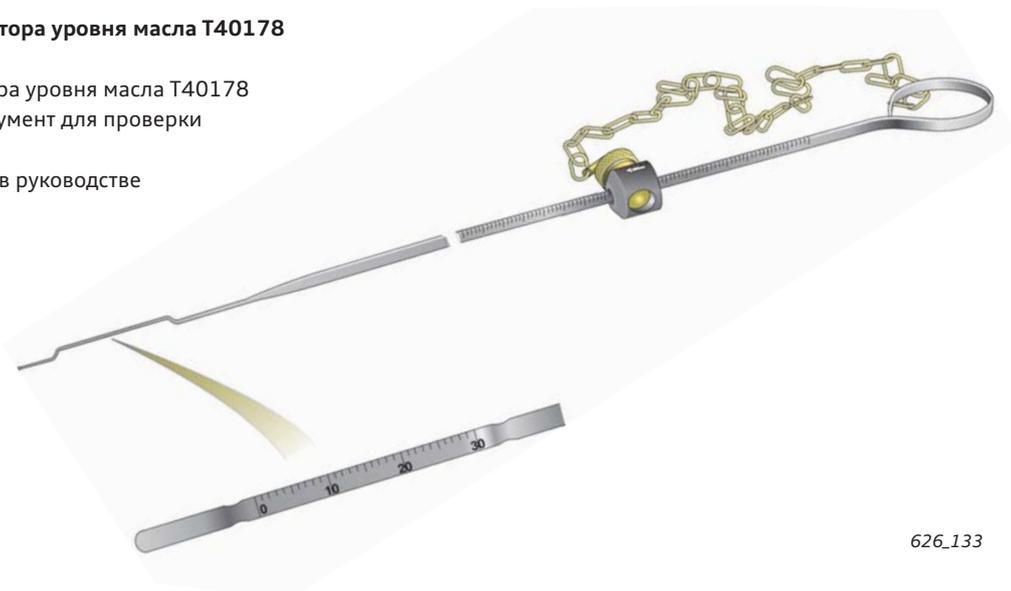
При статическом измерении дополнительно учитываются значения ускорения, получаемые от ESP (автомобиль стоит с наклоном). Кроме того, используется также сигнал стояночного тормоза.

При достижении уровня масла, который может привести к повреждению двигателя, выдаётся предупреждение о слишком низком или слишком высоком уровне масла.

Сервисный щуп для проверки индикатора уровня масла T40178

Сервисный щуп для проверки индикатора уровня масла T40178 представляет собой специальный инструмент для проверки индикатора уровня масла.

Точный порядок использования описан в руководстве по ремонту.

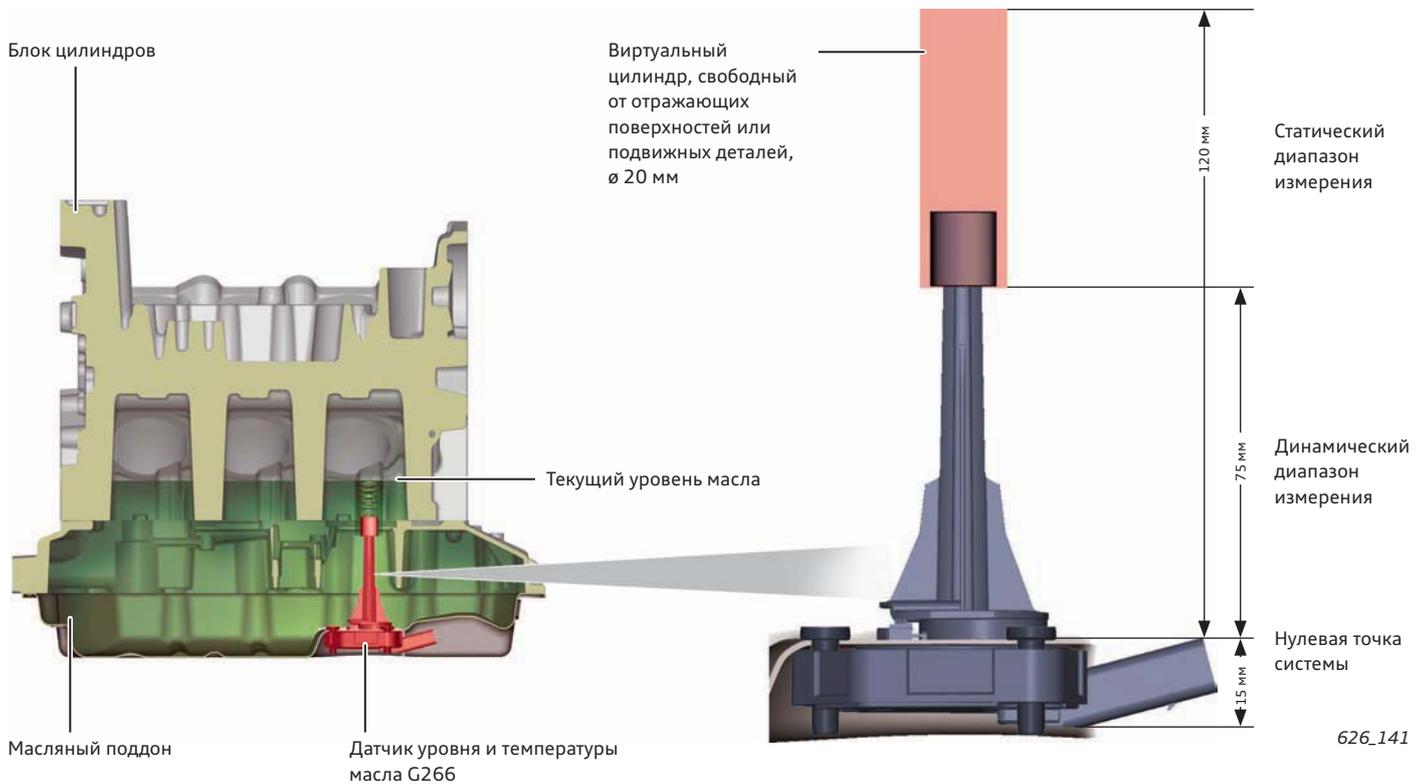


626_133

Датчик уровня и температуры масла G266 (датчик уровня масла PULS)

Датчик крепится винтами в масляном поддоне и работает по ультразвуковому принципу. Аббревиатура PULS расшифровывается как Packaged Ultrasonic Level Sensor. Излучаемые датчиком ультразвуковые импульсы отражаются границей раздела «масло — воздух». Уровень масла определяется по разности времени между излучаемыми и отражёнными импульсами с учётом скорости звука.

Датчик уровня масла PULS делает возможным реалистичный расчёт уровня масла и контроль уровня масла только по индикации в комбинации приборов или в MMI. Эта система впервые была использована в Audi A5 (модель 8T) с двигателем 3,2 л FSI. Применявшийся ранее маслоизмерительный щуп больше не устанавливается.



Смена масла на последних моделях Audi (на примере Audi A4, модель 8K)

В соответствии с сервисными предписаниями, в рамках инспекционного сервиса выполняется откачка масла. Соответствующий объём работ учтён в данных по рабочему времени.

Откачка масла

Разрежение в баке приспособления для откачки масла создаётся с помощью эжекционного насоса и трубопровода сжатого воздуха. В наличии имеются зонды для откачки масла различного диаметра (5–8 мм). Чтобы масло из двигателя можно было откачать полностью, на нижнем конце откачного трубопровода устанавливается специальный пластмассовый наконечник, направляющий откачной зонд. В результате откачной зонд можно довести до дна масляного поддона.

Кроме того, на некоторых двигателях в днище масляного поддона имеется специальное углубление для откачного зонда. Благодаря этому углублению, откачной зонд устанавливается в самом глубоком месте масляного поддона.



Указание

При смене масла необходимо соблюдать указания в руководстве «Инспекционный сервис и уход», касающиеся допустимости откачки масла.

Моторные масла

В работающем двигателе имеется большая разница температур. Она ни в коем случае не должна приводить к разрушению масляной плёнки. Другие химические и механические воздействия, а также разжижение масла топливом ведут к старению или загрязнению смазочного материала, ухудшая тем самым его смазывающее действие.

Компоненты моторного масла

Современные смазочные материалы состоят из базового масла (большая часть) и присадок. Базовые масла подразделяются на три основных группы:

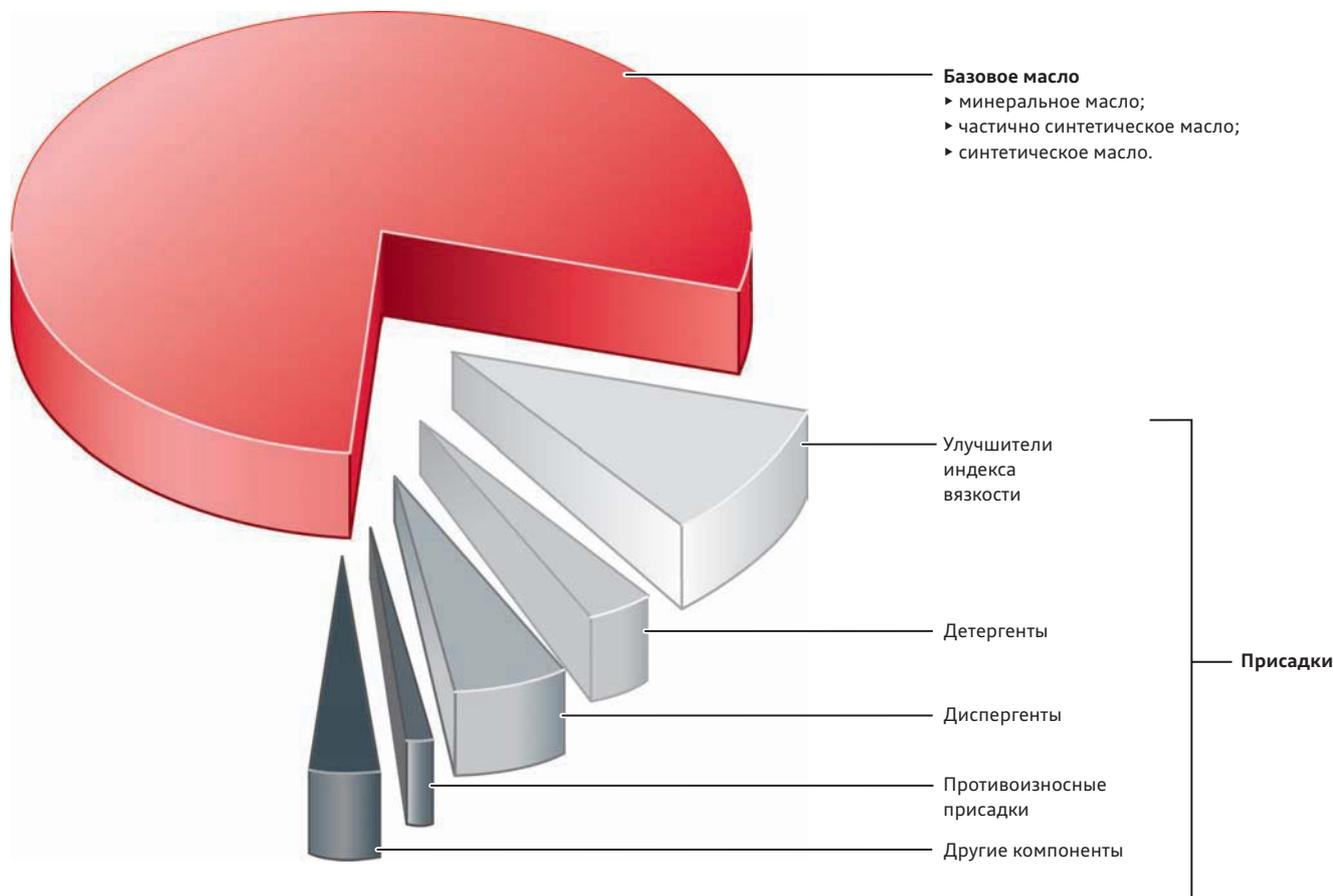
- ▶ **Минеральные масла:** минеральные масла являются не чем иным, как различными соединениями углеводородов. Они получают в ходе перегонки исходного продукта — сырой нефти. Их характерным признаком является неравномерное расположение молекул углеводородов.
- ▶ **Частично синтетические масла:** вторую группу образуют частично синтетические масла. Упрощённо можно сказать, что они являются усовершенствованными минеральными маслами с улучшенными свойствами.
- ▶ **Синтетические масла:** синтетические масла изготавливаются на основе первичного бензина. В них возникают, в отличие от минеральных масел, упорядоченные молекулярные цепи.

Из этого следует, что к качествам моторного масла предъявляются высокие требования.

Присадки

Для улучшения рабочих свойств базовые масла смешивают с маслорастворимыми добавками и действующими веществами, так называемыми присадками, как, например:

- ▶ Детергенты, способствующие растворению загрязнений.
- ▶ Диспергенты, поддерживающие нерастворимые в масле продукты во взвешенном состоянии.
- ▶ Улучшители индекса вязкости
- ▶ Противоизносные присадки, способствующие предотвращению износа деталей.
- ▶ Антиокислительные присадки, замедляющие старение.
- ▶ Антикоррозионные присадки, предотвращающие коррозию.



Вязкость

Важным параметром всех базовых масел является их вязкость. Вязкость зависит от температуры. Это означает, что при низких температурах масло является более вязким, а при высоких — менее вязким. Точно это соотношение выражается индексом вязкости. Он показывает, какие характеристики вязкости (текучести) имеет конкретное масло при той или иной температуре. Вязкость масла определяется специальным измерителем вязкости. Индекс вязкости же является цифровым значением, устанавливаемым путём расчёта.

Диаграмма вязкость — температура

Масло с постоянной вязкостью имеет при любой температуре одну и ту же вязкость (красная линия). На практике это невозможно.

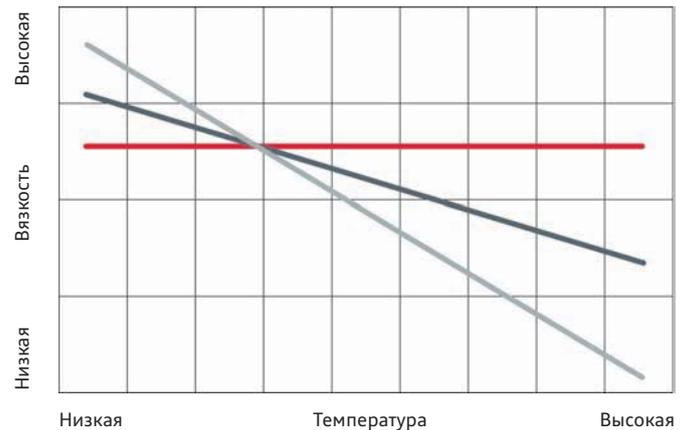
Масло с плохой характеристикой вязкости (светло-серая линия) при низкой температуре слишком вязкое, а при высокой — чрезмерно текучее. Поэтому его можно применять только в очень узком диапазоне температур, поскольку только в нём оно будет надёжно образовывать смазывающую плёнку.

Масло с хорошей характеристикой вязкости (тёмно-серая линия) в холодную погоду будет быстрее попадать к трущимся поверхностям, чем масло с плохой характеристикой вязкости. И при высоких температурах оно ещё не будет выжиматься под давлением трущихся деталей и будет надёжно образовывать смазывающую плёнку.

Индекс вязкости

- ▶ **Синтетические масла:** 120–150.
- ▶ **Минеральные масла:** 90–100.

Характер изменения вязкости при изменении температуры хорошо виден на графике вязкость — температура. Числовое значение говорит об угле наклона линии характеристики, и оно тем больше, чем более горизонтально она проходит. Индекс вязкости используется для классификации в системе SAE. Для минеральных масел индекс вязкости находится в диапазоне примерно от 90 до 100. Синтетически изготовленные масла демонстрируют заметно более высокий индекс — в диапазоне примерно от 120 до 150.



- Идеальная характеристика вязкости
- Плохая характеристика вязкости
- Хорошая характеристика вязкости

626_098

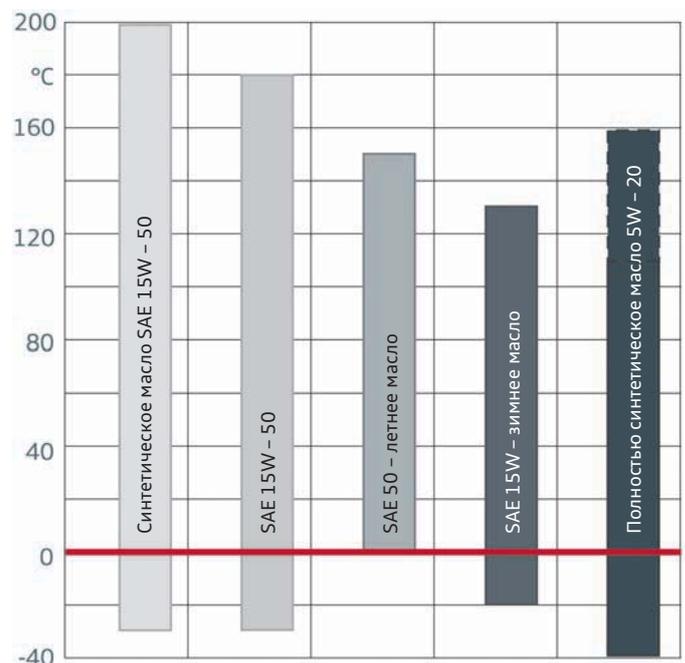
Система SAE

Вязкость была взята за основу первой классификации по системе SAE (SAE = Society of Automotive Engineers). Она облегчает выбор моторных и трансмиссионных масел для различных температурных диапазонов. Так, бывают специализированные односезонные масла, например зимнее SAE 15W и летнее SAE 50.

Классы вязкости по SAE начинаются с 0W и заканчиваются на 60. Поскольку моторные масла применяются независимо от сезонных колебаний температуры, их обозначение состоит из двух частей. Это так называемые всесезонные масла, покрывающие сразу несколько классов вязкости. Первое число означает характеристику текучести в холодном состоянии и обозначается поэтому буквой W (от Winter — зима). Чем меньше это число, тем лучше характеристики масла при низких температурах.

Другое число характеризует минимальную вязкость масла при температуре 100 °С, то есть в диапазоне больших механических нагрузок, например при высоких оборотах. Чем выше этот индекс, тем более вязким остаётся масло при высоких температурах.

Система SAE практически никак не характеризует качество масла, потому что вязкость — только одно из очень многих его свойств.



626_099

Регламенты масла

Свойства масел фиксируются во многочисленных регламентах на моторные масла. Во всём мире распространена американская классификация API. В Европе стандарты качества определяются Европейским союзом автопроизводителей (ACEA). Он описывает минимальные требования к моторным маслам и задаёт стандарт, действующий во всём мире. Однако в последнее время появились и другие, иногда очень специализированные, регламенты.

Примеры критериев для определения регламентов на моторные масла:

- ▶ стойкость к окислению;
- ▶ износ;
- ▶ высокотемпературные отложения;
- ▶ расход масла;
- ▶ экономия топлива.

Гибкие межсервисные интервалы

Многие модели Audi обслуживаются по системе гибких (не фиксированных жёстко по времени или пробегу) межсервисных интервалов. Срок необходимого следующего обращения на сервисное предприятие указывается в комбинации приборов. Для этого блок управления оценивает различные параметры работы двигателя и рассчитывает на их основании теоретический срок службы масла двигателя. Вследствие более длительного срока использования масла в двигателе, оно в большей степени подвержено различным проявлениям старения, например сгущению или образованию шлама. Для компенсации этого применяются особо текучие масла с высоким содержанием присадок. В результате такие автомобили могут эксплуатироваться на одной смене масла существенно дольше.

Поэтому при техническом обслуживании таких моделей необходимо проверять соответствующие данные конкретного автомобиля. Если данный автомобиль обслуживается по гибким межсервисным интервалам, для него можно использовать только специально допущенные для таких случаев сорта масла.

Применять эти масла для более старых автомобилей, не рассчитанных на гибкие межсервисные интервалы, запрещается, так как это может привести к повреждению двигателя.

Определение срока следующего ТО



626_103



Дополнительная информация

Информацию по действующим регламентам моторных масел и список производителей масел, а также предлагаемых ими сортов масла см. в сети Audi Service Net (Справочник по организации сервиса (HSO), раздел 6.2).

Системы двигателя

Система вентиляции картера

Во время работы в картере двигателя может создаваться избыточное давление из-за прорыва газов (продуктов сгорания) через поршневые кольца.

Принцип действия

По отдельному каналу картерные газы отсасываются из картера двигателя с использованием разрежения во впускном тракте. В канал картерных газов встроен маслоотделитель грубой очистки. Он отделяет взвешенную жидкую составляющую картерных газов от газообразной. Отделённое масло улавливается и возвращается по обратному каналу непосредственно в масляный поддон.

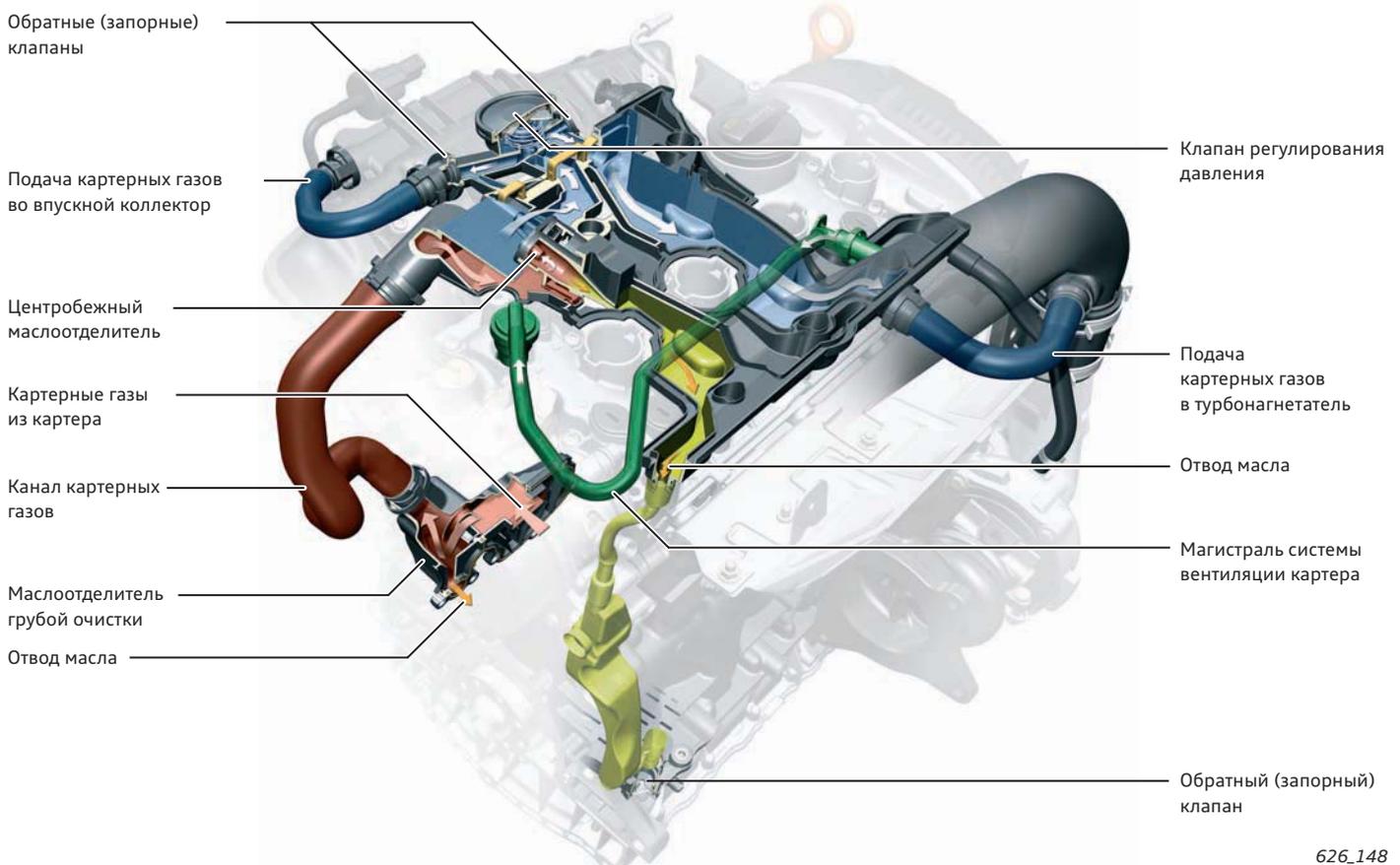
Такие газы называют картерными. Их необходимо отводить из картера и подавать снова во впускной тракт и далее в цилиндры двигателя. Эту задачу выполняет система вентиляции картера.

После грубой очистки газы направляются в маслоотделитель тонкой очистки. Там оставшиеся мельчайшие частицы взвеси масла отделяются от картерных газов и тоже возвращаются в масляный поддон. Газообразные составляющие подаются во впускной коллектор, откуда попадают непосредственно в цилиндры и сгорают. Чтобы в картере не создавалось разрежение, система активной вентиляции картера (PCV) подаёт в него очищенный атмосферный воздух.

Устройство и принцип действия (на примере двигателя 1,8 л TFSI, EA888)

На двигателях EA888 система вентиляции картера расположена над блоком цилиндров. Для этого под насосом системы охлаждения установлен маслоотделитель, в котором картерные газы пропускаются через лабиринтный канал. Этот маслоотделитель грубой очистки является двухступенчатым и работает по инерционно-ударному принципу. Отделённое масло по обратному масляному каналу стекает в масляный поддон. Предварительно очищенные газы направляются к декоративному кожуху двигателя, где расположен маслоотделитель тонкой очистки. Он представляет собой одноступенчатый центробежный отделитель с параллельным перепускным клапаном и отфильтровывает ещё остающиеся в газах мельчайшие частицы (взвесь) масла. Отделённое в нём масло направляется в головку блока цилиндров.

По обратному масляному каналу двигателя стекающее масло поступает в масляный поддон. Чтобы предотвратить засасывание масла из масляного поддона, в нём установлен обратный клапан. Очищенные картерные газы направляются теперь в двухступенчатый клапан регулирования давления. Этим предотвращается образование слишком большого разрежения в картере двигателя. Клапан регулирования давления установлен в одном корпусе вместе с двумя обратными (запорными) клапанами. Эти клапаны определяют, в какой части впускного тракта в него будут вводиться картерные газы. При разрежении во впускном коллекторе картерные газы отводятся непосредственно во впускной коллектор. Если во впускном коллекторе создаётся (турбонагнетателем) избыточное давление, картерные газы направляются на сторону всасывания турбонагнетателя.

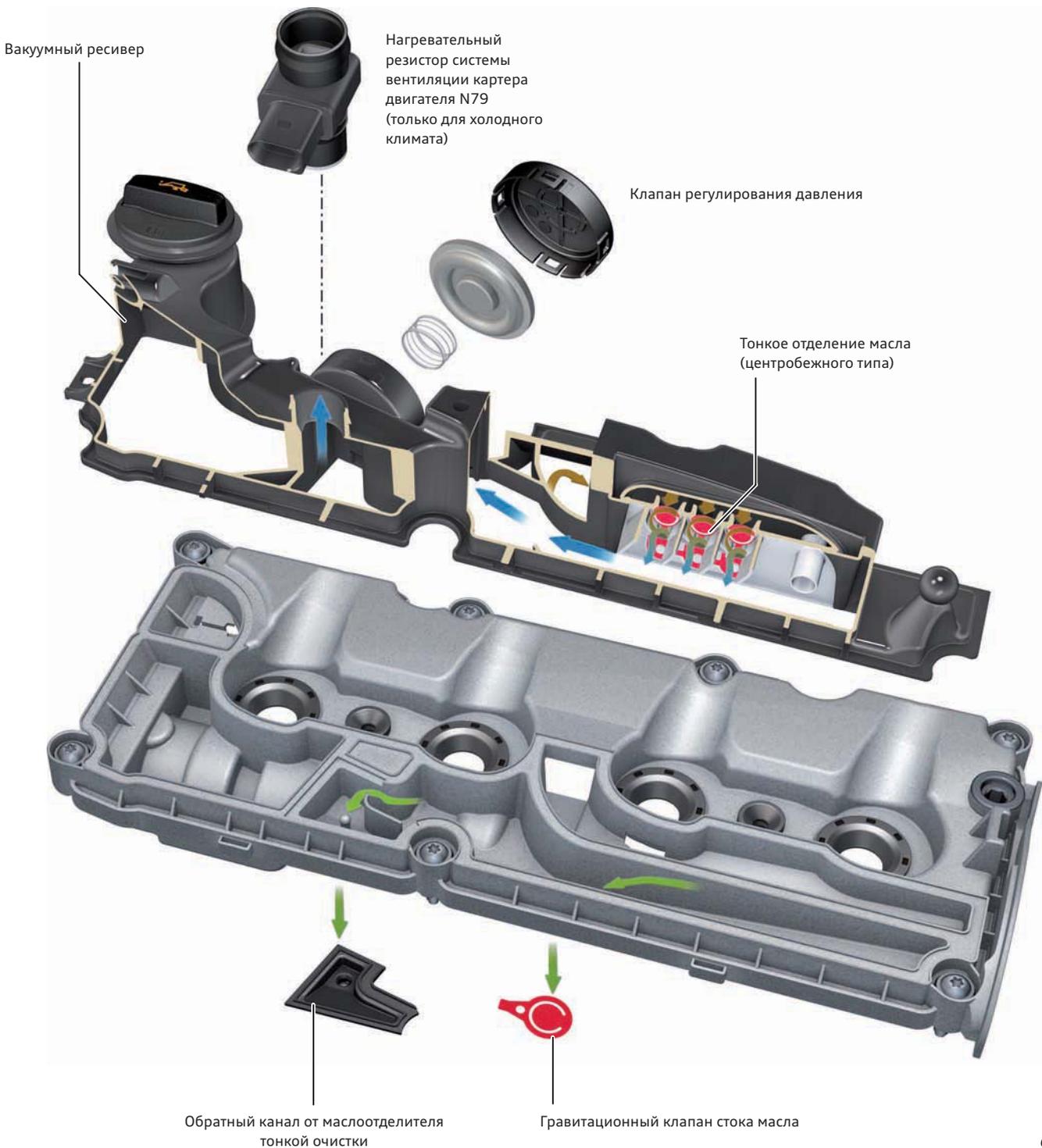


Устройство и принцип действия (на примере двигателя 2,0 л TDI, EA288)

Клапанная крышка изготавливается из полиамида. Основное назначение клапанной крышки — герметично закрывать головку блока цилиндров и служить вакуумным ресивером.

В ней также размещаются и другие компоненты, например маслоотделители грубой и тонкой очистки, а также регулятор давления в картере. Картерные газы из картера через небольшие отверстия попадают в маслоотделитель грубой очистки, а из него — в центробежные маслоотделители.

Там происходит тонкая очистка. За центробежными маслоотделителями установлен клапан регулирования давления. Пройдя его, картерные газы подаются во впускной коллектор и далее в цилиндры двигателя.



Система охлаждения двигателя

Двигатели внутреннего сгорания преобразуют только часть энергии сгорания топлива в полезную механическую работу, остальная часть преобразуется в теплоту. Главные источники теплоты в двигателе — это, прежде всего, процессы сгорания топлива, а также трение между деталями двигателя. Чтобы предотвратить повышенный износ и возможное разрушение деталей, двигатель необходимо охлаждать. Эта задача решается специальной системой охлаждения, оказывающей непосредственное воздействие на следующие рабочие характеристики двигателя (а тем самым и на его экономичность):

- ▶ наполнение цилиндров;
- ▶ расход топлива;
- ▶ склонность к детонации (только бензиновый двигатель);
- ▶ степень сжатия.

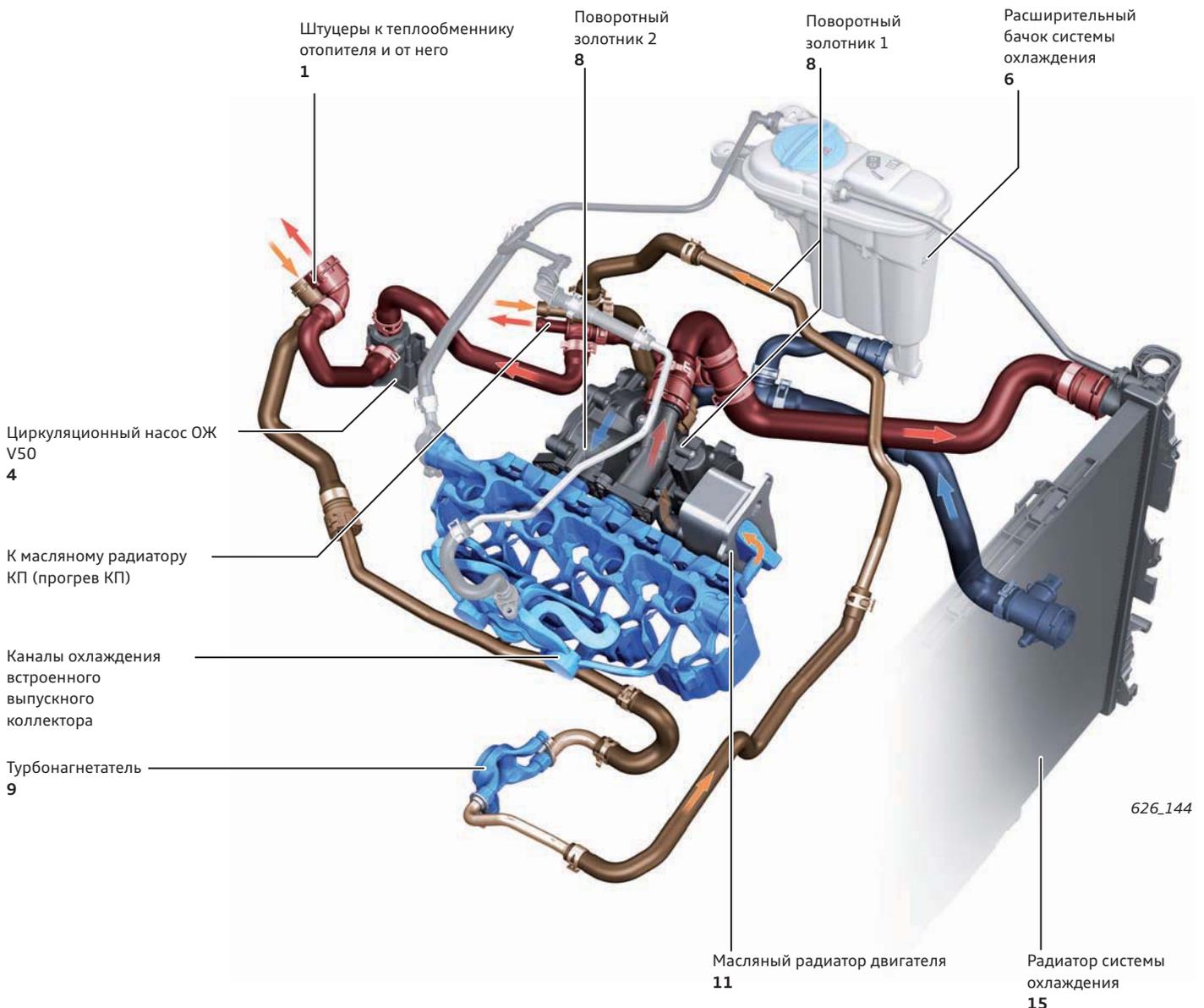
Компоненты контура системы охлаждения

На рисунке приводится пример устройства системы охлаждения с компонентами. Устройство контура системы охлаждения определяется следующими факторами:

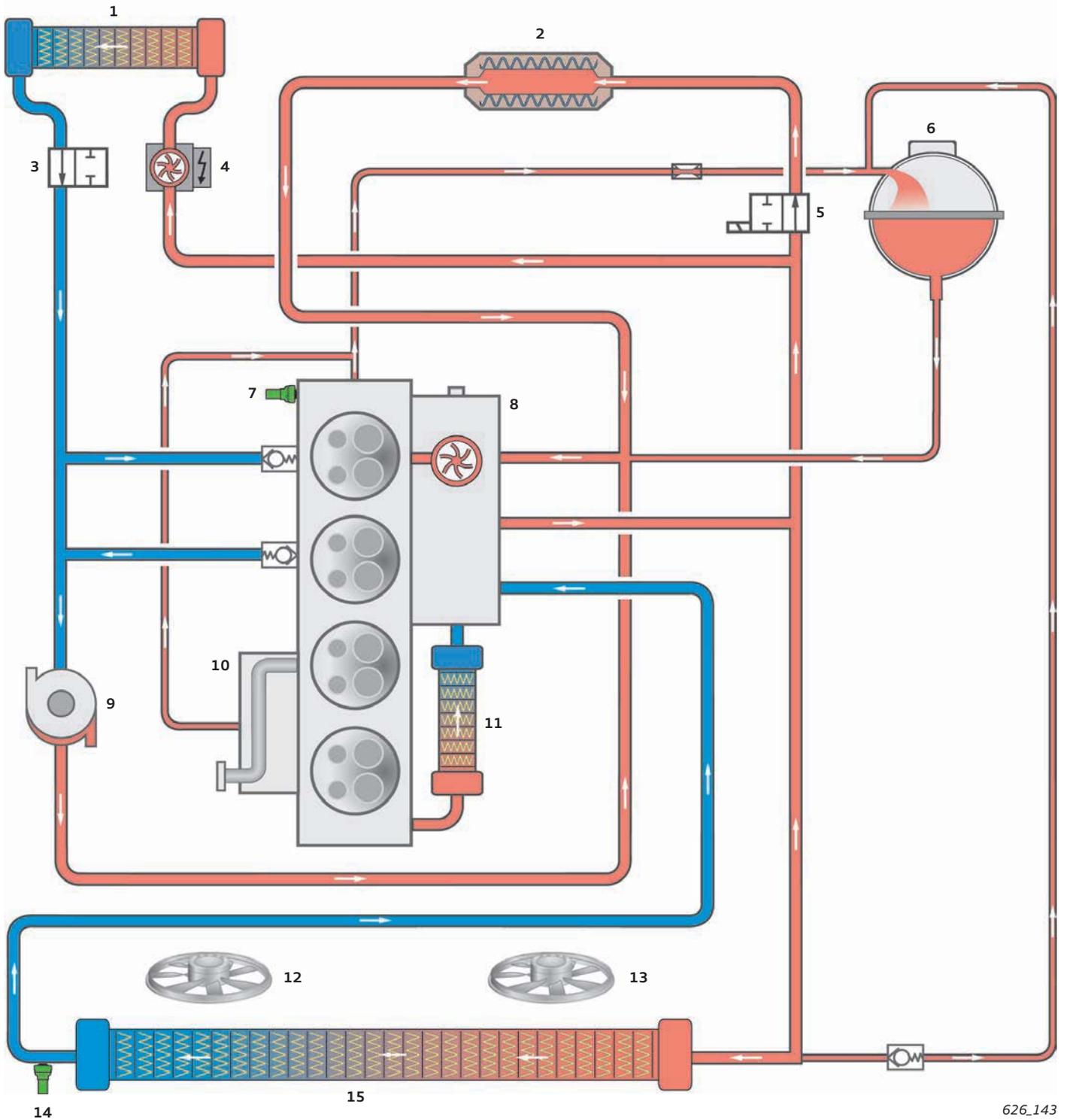
- ▶ размер и тип двигателя;
- ▶ тип и устройство системы наддува;
- ▶ наличие дополнительного оборудования, например автономного отопителя;
- ▶ размеры автомобиля (число теплообменников).

Этим обусловлены многочисленные требования, предъявляемые к системе охлаждения. Она должна быть лёгкой и компактной и при этом иметь хорошую охлаждающую способность. Кроме того, она должна обязательно обеспечивать надлежащее охлаждение всех соответствующих деталей и узлов двигателя.

На рисунке показан контур системы охлаждения автомобиля с двигателем 1,8 л TFSI, EA888 поколения 3 с механической коробкой передач и без автономного отопителя. На рисунке, помимо названий узлов/агрегатов, указаны также номера, соответствующие номерам на схеме системы на следующей странице.



Общая схема системы



█ Охлаждённая ОЖ

█ Нагретая ОЖ

Условные обозначения:

- 1 Теплообменник отопителя
- 2 Масляный радиатор КП
- 3 Запорный клапан ОЖ климатической установки Climatronic N422
- 4 Циркуляционный насос ОЖ V50
- 5 Клапан контура ОЖ коробки передач N488
- 6 Расширительный бачок системы охлаждения
- 7 Датчик температуры ОЖ G62

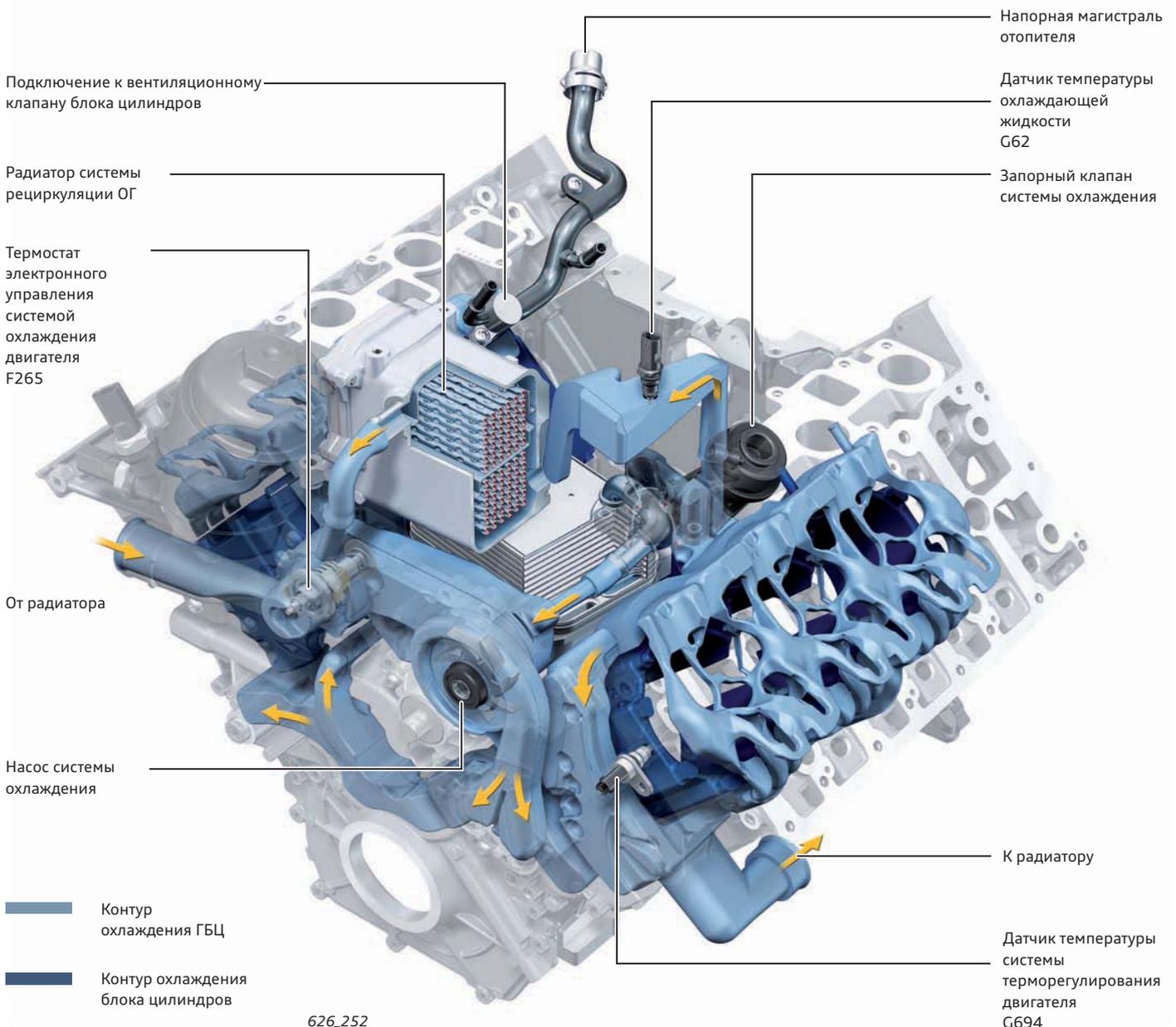
- 8 Насос системы охлаждения с исполнительным механизмом системы терморегулирования двигателя N493 (поворотные золотники 1 и 2)
- 9 Турбонагнетатель
- 10 Встроенный выпускной коллектор (IACK)
- 11 Масляный радиатор (двигателя)
- 12 Вентилятор радиатора V7
- 13 Вентилятор радиатора 2 V177
- 14 Датчик температуры ОЖ на выходе из радиатора G83
- 15 Радиатор системы охлаждения

Двухконтурная система охлаждения

Системы охлаждения постоянно совершенствуются с целью снижения трения между деталями двигателя и уменьшения вредных выбросов. Одним из направлений этого развития стали двигатели с системой охлаждения, состоящей из двух независимых друг от друга контуров.

Например, в двигателе Audi V6 TDI система охлаждения выполнена по двухконтурной схеме, т. е. охлаждающая жидкость протекает через блок цилиндров и головки блока цилиндров по двум отдельным параллельным контурам. Постоянно включённый насос системы охлаждения расположен в передней части развала двигателя и подаёт охлаждающую жидкость в каждый из блоков цилиндров со стороны выпуска. Там охлаждающая жидкость разделяется на поток к ГБЦ и поток к блоку цилиндров и после полного прохождения этих двух подконтуров возвращается обратно к всасывающей стороне насоса системы охлаждения. Вход ОЖ в контур охлаждения ГБЦ с выпускной стороны каждого из блоков цилиндров происходит через обратный клапан. Эти обратные клапаны нужны для предотвращения обратных потоков ОЖ между обоими блоками цилиндров и связанного с ними оттока тепла из блока цилиндров.

Компоненты на двигателе (на примере двигателя 3,0 л V6 TDI)



626_252

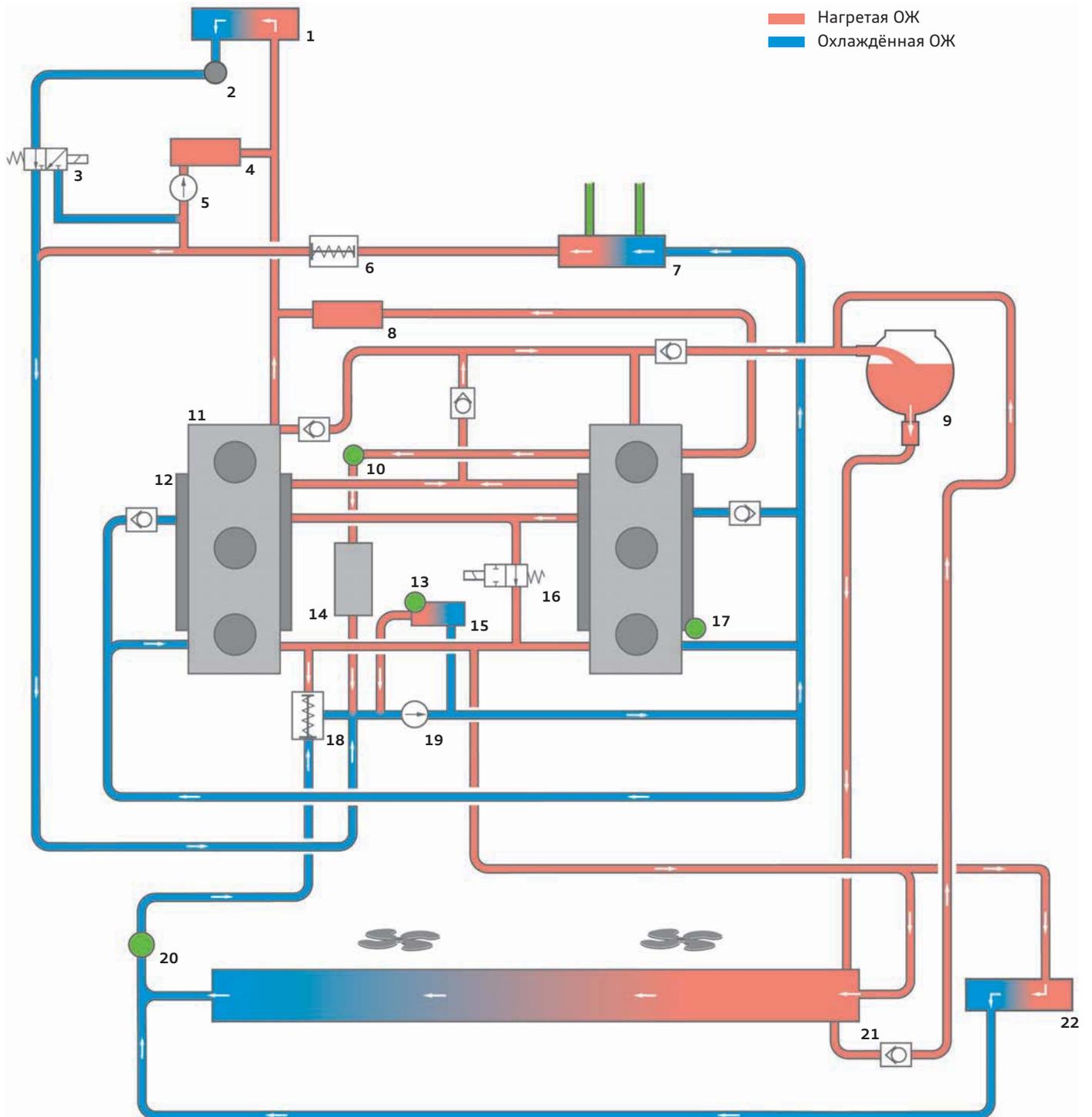
Контур охлаждения блока цилиндров

Во время прогрева двигателя контур охлаждения блока цилиндров перекрывается стоящим на его выходе шаровым клапаном (управляемый с помощью вакуумного привода) — циркуляции ОЖ через него, таким образом, не происходит. Это делается для ускорения прогрева двигателя и снижения потерь на трение. После того как двигатель полностью прогреется, температура в контуре охлаждения блока цилиндров поддерживается на уровне прим. 105 °С с помощью шарового клапана с вакуумным приводом. Это позволяет шатунно-поршневой группе работать в оптимальном температурном диапазоне с точки зрения минимизации потерь на трение. Для управления температурой шаровой клапан открывается и закрывается клапаном контура ОЖ головки блока цилиндров N489 с определённой скважностью.

Контур охлаждения ГБЦ

Необходимый уровень температуры в контуре системы охлаждения в ГБЦ поддерживается с помощью электронного термостата (с нагреваемым термостатическим элементом с восковым наполнителем). При прогреве двигателя напряжение на термостат не подаётся, и он открывается при 90 °С. Таким образом, до достижения этой температуры передача тепла в радиатор системы охлаждения не происходит. Подача напряжения на электронно управляемый термостат позволяет понизить — в рамках физических возможностей радиатора — уровень температуры в контуре охлаждения ГБЦ.

Общая схема системы



— Нагретая ОЖ
— Охлаждённая ОЖ

626_253

Условные обозначения:

- | | |
|--|--|
| <p>1 Теплообменник отопителя</p> <p>2 Штуцер для удаления воздуха</p> <p>3 Запорный клапан ОЖ отопителя N279</p> <p>4 Дополнительный отопитель</p> <p>5 Циркуляционный насос ОЖ V50</p> <p>6 Термостат контура охлаждения ATF</p> <p>7 Радиатор охлаждения ATF</p> <p>8 Модуль турбонагнетателя</p> <p>9 Расширительный бачок системы охлаждения</p> <p>10 Датчик температуры ОЖ G62</p> <p>11 ГБЦ</p> | <p>12 Блок цилиндров</p> <p>13 Датчик температуры масла G8</p> <p>14 Радиатор системы рециркуляции ОГ</p> <p>15 Масляный радиатор двигателя</p> <p>16 Запорный клапан системы охлаждения</p> <p>17 Датчик температуры системы терморегулирования двигателя G694</p> <p>18 Термостат системы охлаждения двигателя с электронным управлением F265</p> <p>19 Насос системы охлаждения</p> <p>20 Датчик температуры ОЖ на выходе из радиатора G83</p> <p>21 Радиатор системы охлаждения</p> <p>22 Дополнительный радиатор ОЖ</p> |
|--|--|

Насос системы охлаждения

В контуре жидкостной системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания (ДВС) циркуляция охлаждающей жидкости (ОЖ) происходит принудительно, то есть обеспечивается насосом. В зависимости от двигателя, могут использоваться насосы с различными крыльчатками. Насос системы охлаждения приводится в движение или приводом ГРМ, или ремённой передачей двигателя, то есть при работающем двигателе подача охлаждающей жидкости происходит постоянно.

Отключаемый насос системы охлаждения

На крыльчатку насоса с помощью гидравлического привода может надвигаться закрывающая её задвижка, так что подача охлаждающей жидкости в этом случае прекращается. В крыльчатку при её формовке устанавливается диск из нержавеющей стали, работающий как качающаяся шайба.

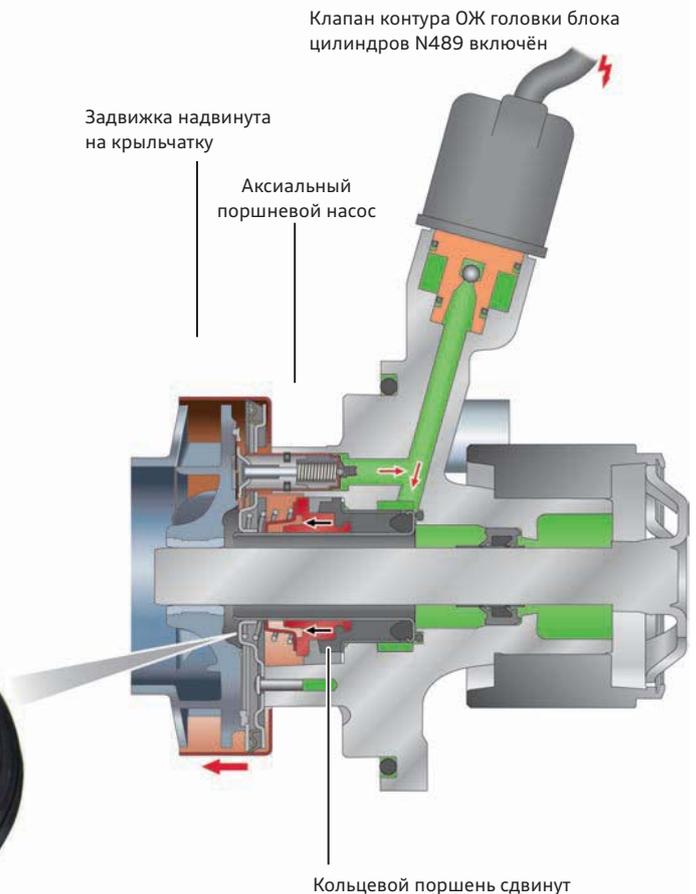
Неподвижная охлаждающая жидкость (отсутствие циркуляции)

В корпусе насоса ОЖ установлен аксиальный поршневой насос, приводимый этой качающейся шайбой. Под действием вращающейся качающейся шайбы аксиальный поршневой насос подаёт ОЖ через клапан ОЖ для ГБЦ N489 обратно в контур системы охлаждения.

При подаче напряжения на электромагнитный клапан последний закрывает обратный канал к контуру системы охлаждения. Поскольку аксиальный поршневой насос продолжает подавать ОЖ, на кольцевом поршне создаётся гидравлическое давление. Задвижка, преодолевая усилие пружины, надвигается на крыльчатку насоса ОЖ и отсекает её от блока цилиндров. Циркуляция ОЖ больше не происходит.

Крыльчатка

Качающаяся шайба с дорожкой для аксиального поршневого насоса



Циркуляция охлаждающей жидкости

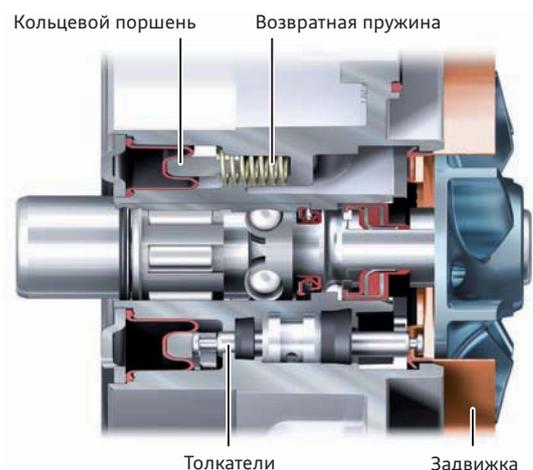
Когда подача напряжения на электромагнитный клапан прекращается, он открывает обратный канал к контуру системы охлаждения, кольцевой поршень смещается под действием пружины назад и возвращает кольцевую задвижку в исходное положение.

Вариант с пневматическим приводом

При откачивании воздуха из камеры («подаче вакуума») кольцевой поршень смещается под действием атмосферного давления, через толкатели сдвигает, сжимая пружины, задвижку до упора (в блок цилиндров) и закрывает крыльчатку. Тем самым подача давления на выход насоса прекращается. Три размещённых по периметру пружины гарантируют, что в случае возникновения неисправностей в вакуумной системе насос будет работать в режиме полной производительности.

При температуре ОЖ ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ отключение насоса не выполняется, поскольку при этом могут быть повреждены уплотнения и мембрана привода. Отключение насоса не происходит также при запуске уже прогретого двигателя.

Крыльчатка снова свободна, начинается циркуляция охлаждающей жидкости. Аксиальный поршневой насос работает всё время, пока включён двигатель.



626_256

626_151

Термостат (клапан 3/2)

Термостат, в зависимости от исполнения, может содержать в себе один или два отдельных термостата и активируется термостатическим элементом с восковым наполнителем.

Как правило, термостат устанавливается непосредственно на двигателе. В некоторых случаях термостат дополнительно может быть установлен в корпусе насоса системы охлаждения.

Малый контур системы охлаждения (микроконтур)



626_255

Большой контур системы охлаждения (высокотемпературный контур, регулируемый)



626_254

Термостат электронного управления системой охлаждения двигателя F265

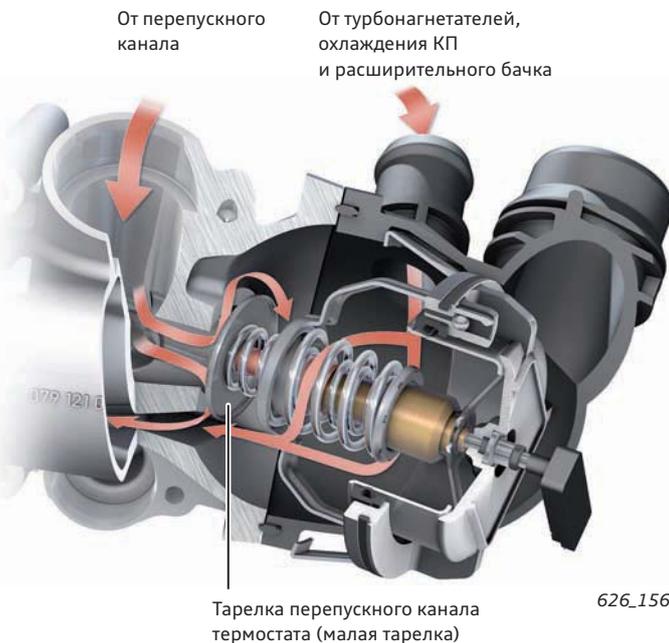
Для повышения КПД двигателя температура охлаждающей жидкости электронно регулируется по заложенной в блоке управления характеристике. Регулирование температуры следует рассматривать как систему. Реализация номинальной (требуемой) температуры ОЖ осуществляется с помощью термостата электронного управления системой охлаждения двигателя F265 и гидравлического вентилятора с регулируемой частотой вращения. Номинальная температура ОЖ рассчитывается исходя из таких параметров, как число оборотов двигателя, нагрузка двигателя, наружная температура и температура масла двигателя.

Помимо этого, на выбор номинальной температуры ОЖ на бензиновых двигателях влияет также регулирование по детонации. При наличии детонационного сгорания номинальная температура ОЖ снижается, насколько это возможно. Номинальная температура ОЖ является определяющим параметром регулирования для термостата F265.

Термостат в данном примере (двигатель 4,0 л V8 TFSI) расположен на стороне всасывания насоса системы охлаждения. Он открывается под действием воскового элемента при достижении определённой температуры. Температуру ОЖ, при которой открывается термостат, можно также снизить посредством активации нагревательного элемента в термостате. Такая активация осуществляется блоком управления двигателя, в котором заложена соответствующая характеристика.

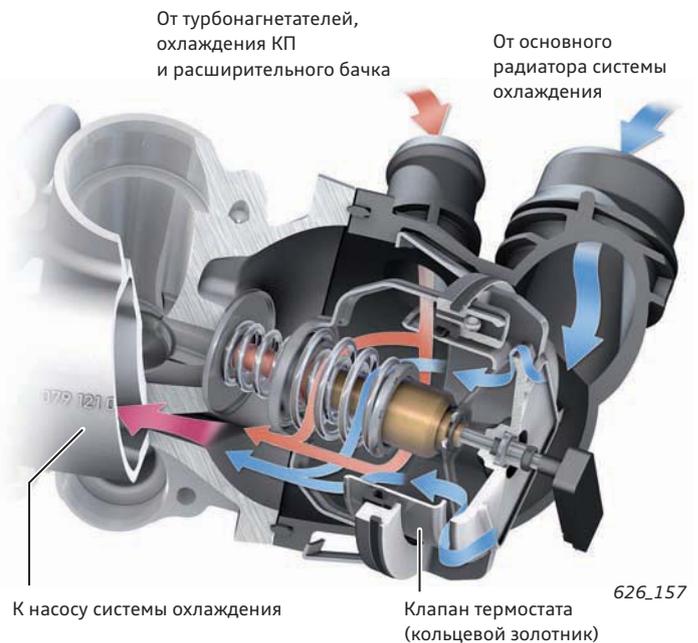
В качестве исходных параметров для расчёта блок управления использует температуру воздуха, нагрузку двигателя, скорость движения и температуру ОЖ. С их помощью он рассчитывает величину электрического нагрева воскового элемента в термостате (бесступенчато). Механическая часть термостата соответствует термостату кольцевого золотника.

Термостат закрыт (перепускной канал открыт)



626_156

Термостат открыт (перепускной канал закрыт)



626_157

Инновационная система терморегулирования (ITM)

ITM является подсистемой блока управления двигателя. Другие подсистемы передают в ITM данные о своём «состоянии» (напр., необходимость отопления, отсутствие потребности в тепле и т. п.).

Функция ITM оценивает и сравнивает потребности, решает, какой потребитель обладает более высоким приоритетом и после этого рассчитывает необходимые действия исполнительных механизмов. ITM передаёт сформированные запросы соответствующим подсистемам, которые приводят в действие нужные исполнительные механизмы.

Процесс прогрева силового агрегата состоит из двух фаз:

- ▶ Фаза 1: отсутствие циркуляции охлаждающей жидкости обеспечивает быстрое увеличение температуры двигателя. Тем самым сокращаются потери на трение. Процесс впрыска также может быть оптимизирован.
- ▶ Фаза 2: теперь нагретая охлаждающая жидкость используется для ускорения нагрева масла в коробке передач (через специальный теплообменник). Перенаправление потока тепла осуществляется с помощью электромагнитного переключающего клапана, включаемого блоком управления двигателя. Чтобы избежать сильных термических напряжений в результате резкой замены нагретой ОЖ в двигателе холодной (в результате чего потери на трение в двигателе снова возросли бы), переход происходит через промежуточную фазу, в ходе которой переключающий клапан открывается с определённой скважностью.

Отопление салона

При необходимости максимально быстрого прогрева салона (т. е. при выборе водителем или пассажиром соответствующих настроек органов управления) вырабатываемое двигателем тепло как можно быстрее направляется к теплообменнику отопителя. Система охлаждения при этом работает с циркуляцией ОЖ.

Охлаждение/нагрев масла коробки передач

Масло в коробке передач может не только нагреваться. При необходимости оно может также охлаждаться. Поскольку отдельный контур охлаждения для этого не предусмотрен, охлаждение происходит до уровня температуры в контуре охлаждения двигателя.

Когда температура коробки передач находится в оптимальном диапазоне, переключающий клапан перекрывает поток ОЖ к радиатору КП.

Техническое оснащение инновационной системы терморегулирования на двигателях V6 Audi

2,8 л V6 FSI	3,0 л V6 TFSI	3,0 л V6 TDI
▶ Отключаемый насос системы охлаждения.	▶ Отключаемый насос системы охлаждения.	▶ Клапан контура ОЖ ГБЦ N489.
▶ 2 датчика: ▶ датчик температуры системы терморегулирования двигателя G694; ▶ датчик температуры ОЖ G62.	▶ 2 датчика: ▶ датчик температуры системы терморегулирования двигателя G694; ▶ датчик температуры ОЖ G62.	▶ 3 датчика: ▶ датчик температуры системы терморегулирования двигателя G694; ▶ датчик температуры ОЖ на выходе из радиатора G83; ▶ датчик температуры ОЖ G62.
▶ Нагрев/охлаждение масла КП.	▶ Нагрев/охлаждение масла КП.	▶ Нагрев/охлаждение масла КП.
▶ Отключение отопителя.	▶ Отключение отопителя.	▶ Отключение отопителя.
▶ Термостат открывается с 95 °С.	▶ Термостат открывается с 87 °С.	▶ Термостат электронного управления системой охлаждения двигателя (65–90 °С). ▶ Обводной канал масляного радиатора с термостатом.

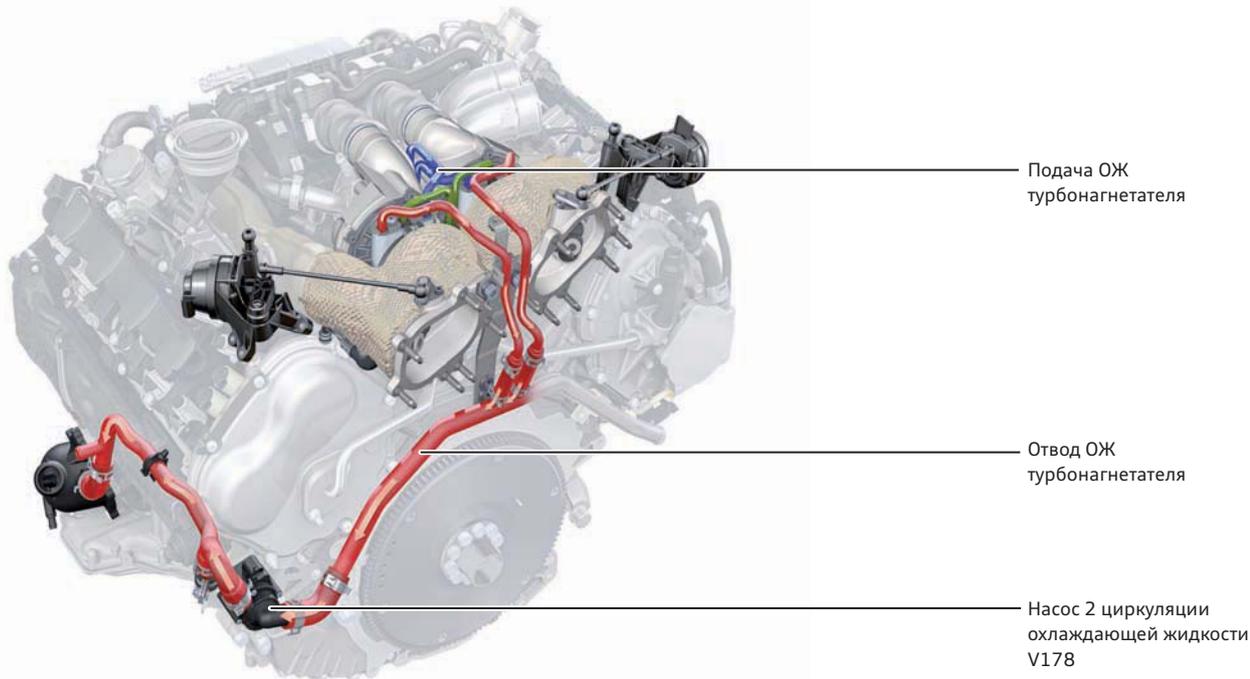


Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию о системе терморегулирования двигателя V6 TDI.

Электрические насосы охлаждающей жидкости

Помимо механического насоса системы охлаждения, подающего ОЖ постоянно, используются и насосы ОЖ с электрическим приводом. Это позволяет при необходимости задействовать другие системы, например охлаждение наддувочного воздуха, охлаждение турбоагнетателя или обогрев салона.

Кроме того, это даёт возможность осуществлять циркуляцию ОЖ после выключения двигателя, чтобы не допустить перегрева определённых узлов двигателя, например турбоагнетателя, в результате резкого прекращения теплоотвода. Для этого электрические насосы ОЖ при необходимости включаются блоком управления двигателя. На рисунке в качестве примера показан дополнительный контур охлаждения обоих турбоагнетателей на двигателе 4,0 л V8 TFSI.



626_152

Датчик температуры системы терморегулирования двигателя G694

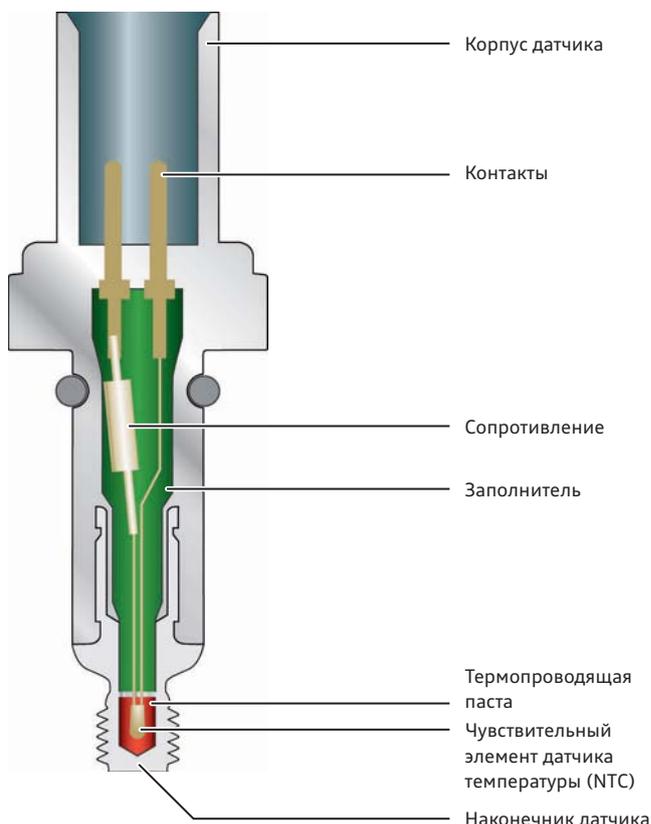
В некоторых автомобилях с бензиновыми двигателями используется теперь модифицированный датчик для фиксации температуры двигателя. Особенностью конструкции датчиков такого типа является специальная резьба в области чувствительного элемента, увеличивающая площадь поверхности, через которую происходит теплообмен (более быстрый нагрев и охлаждение). Датчик температуры G694 устанавливается в головке блока цилиндров, т. е. в месте, в котором раньше всего можно ожидать возникновения критических температур.

Назначение нового датчика температуры G694 заключается прежде всего в эффективной защите деталей двигателя от перегрева. Другими словами, он является своего рода «предохранителем» на случай обрыва ремня привода насоса ОЖ или неожиданно возникшей сильной (или же, наоборот, медленной и незаметной) утечки ОЖ. Обычный датчик температуры ОЖ в этих случаях окажется «в воздухе» и не сможет передавать системе управления данные о текущей температуре двигателя.

Кроме того, новый датчик позволяет раньше распознавать случаи «закипания» ОЖ, поскольку имеет меньшее время реакции и располагается непосредственно в критической в плане температуры точке.

Инновационная система управления температурой (ITM) выполняет следующие функции:

- ▶ управление режимом прогрева двигателя при отсутствии циркуляции ОЖ;
- ▶ управление исполнительным механизмом (напр., отключаемым насосом ОЖ);
- ▶ отопление, ОЖ;
- ▶ вентилятор радиатора, ОЖ;
- ▶ защита от закипания ОЖ.



626_149

Подача воздуха

Для полного сгорания топлива и надёжной работы двигателя топливо-воздушная смесь должна быть гомогенной. Наполнение цилиндров двигателя достаточным количеством воздуха происходит с помощью так называемого впускного коллектора. Основа впускного коллектора изготавливается из полиамида. Она состоит из двух полуоболочек, которые соединяются вместе сваркой.

Дроссельная заслонка во впускном коллекторе

Дроссельная заслонка управляет потоком воздуха, поступающего во впускной коллектор. Параллельно с управлением количеством поступающего в цилиндры топлива это даёт возможность активно управлять числом оборотов и тем самым мощностью двигателя. Определяющим фактором для управления положением дроссельной заслонки является положение педали акселератора, хотя связь между ними не прямая. Вместо этого информация о положении педали акселератора регистрируется датчиком и передаётся в блок управления двигателя, который и управляет затем степенью открытия дроссельной заслонки. Блок управления двигателя определяет также скорость, с которой дроссельная заслонка открывается или закрывается. Из соображений резервирования (безопасность) в системе используется два датчика угла поворота с противоположными характеристиками сопротивления. При отказе одного из датчиков остающийся в аварийном режиме обеспечивает работоспособность так называемой электронной педали акселератора.

Контакты для датчика угла поворота



В зависимости от варианта двигателя, впускной коллектор может оснащаться различным оборудованием:

- ▶ Дроссельная заслонка во впускном коллекторе.
- ▶ Заслонки впускного коллектора:
 - ▶ заслонки, завихряющие поток относительно вертикальной оси (drall), на дизельных двигателях;
 - ▶ заслонки, завихряющие поток относительно горизонтальной оси (tumble), на бензиновых двигателях;
 - ▶ комбинированные завихряющие заслонки (drumble).
- ▶ Изменение геометрии впускного коллектора.

Блок дроссельной заслонки J338 включает в себя следующие компоненты:

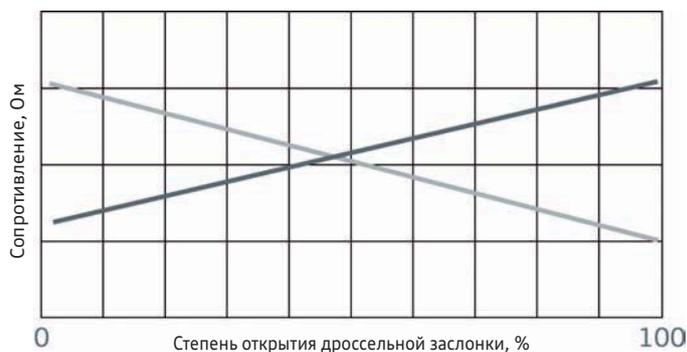
- ▶ электропривод дроссельной заслонки G186;
- ▶ датчик угла поворота 1 электропривода дроссельной заслонки G187;
- ▶ датчик угла поворота 2 электропривода дроссельной заслонки G188.



626_264

Сигналы датчиков угла поворота

В качестве датчиков угла поворота используется два магниторезистивных датчика. Информация о положении дроссельной заслонки передаётся в блок управления двигателя в виде аналогового сигнала напряжения, см. график. Характеристики обоих датчиков обратны по отношению друг к другу.



Условные обозначения:

- Датчик угла поворота 1 G187
- Датчик угла поворота 2 G188

626_265



Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию о системе впуска двигателя V8 TFSI.

Заслонки впускного коллектора tumble

Завихряющие заслонки tumble применяются на бензиновых двигателях с непосредственным впрыском топлива. Они устанавливаются во впускных каналах непосредственно перед клапанами. Такие заслонки позволяют завихрять поступающий в камеру сгорания воздух относительно горизонтальной оси (параллельной днищу поршня).

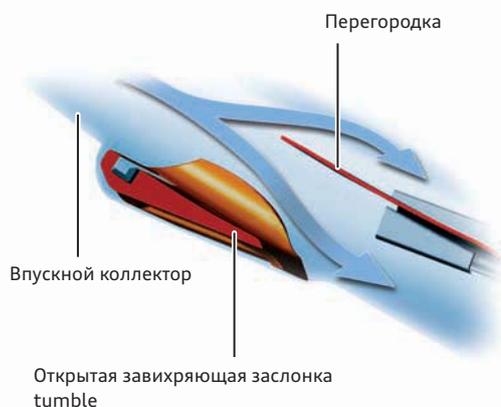
Действие

Для завихрения потока поступающего воздуха впускной канал разделён горизонтальной перегородкой на две половины: верхнюю и нижнюю. В нижней половине впускного канала каждого из цилиндров установлена завихряющая заслонка tumble. Когда эта заслонка закрыта, засасываемый в цилиндр воздух целиком проходит по верхней части впускного канала и, соответственно, входит в цилиндр только по верхней части впускных клапанов. В результате поступающий в цилиндр воздух завихряется в виде «валика».

В двигателях более старых типов завихряющие заслонки tumble устанавливаются для реализации так называемого послойного смешивания.

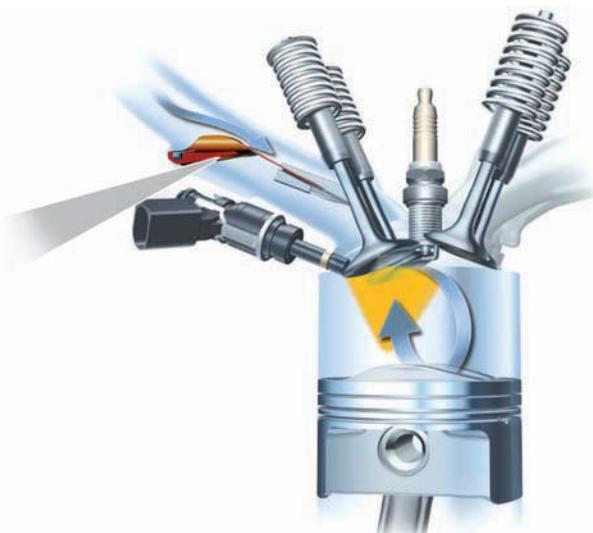
Вместе со специальной формой днища поршня это способствует концентрации воздуха в центре свечи зажигания. Именно в эту область из форсунки впрыскивается топливо, после чего топливо-воздушная смесь загорается. В зонах по краям камеры сгорания находится в это время чистый воздух. Действуя как изолятор, он уменьшает потери тепла. При высоких оборотах и большой нагрузке заслонки впускных каналов tumble открываются, чтобы улучшить наполнение цилиндров.

Завихряющая заслонка tumble открыта



626_168

Завихряющая заслонка tumble закрыта



626_169

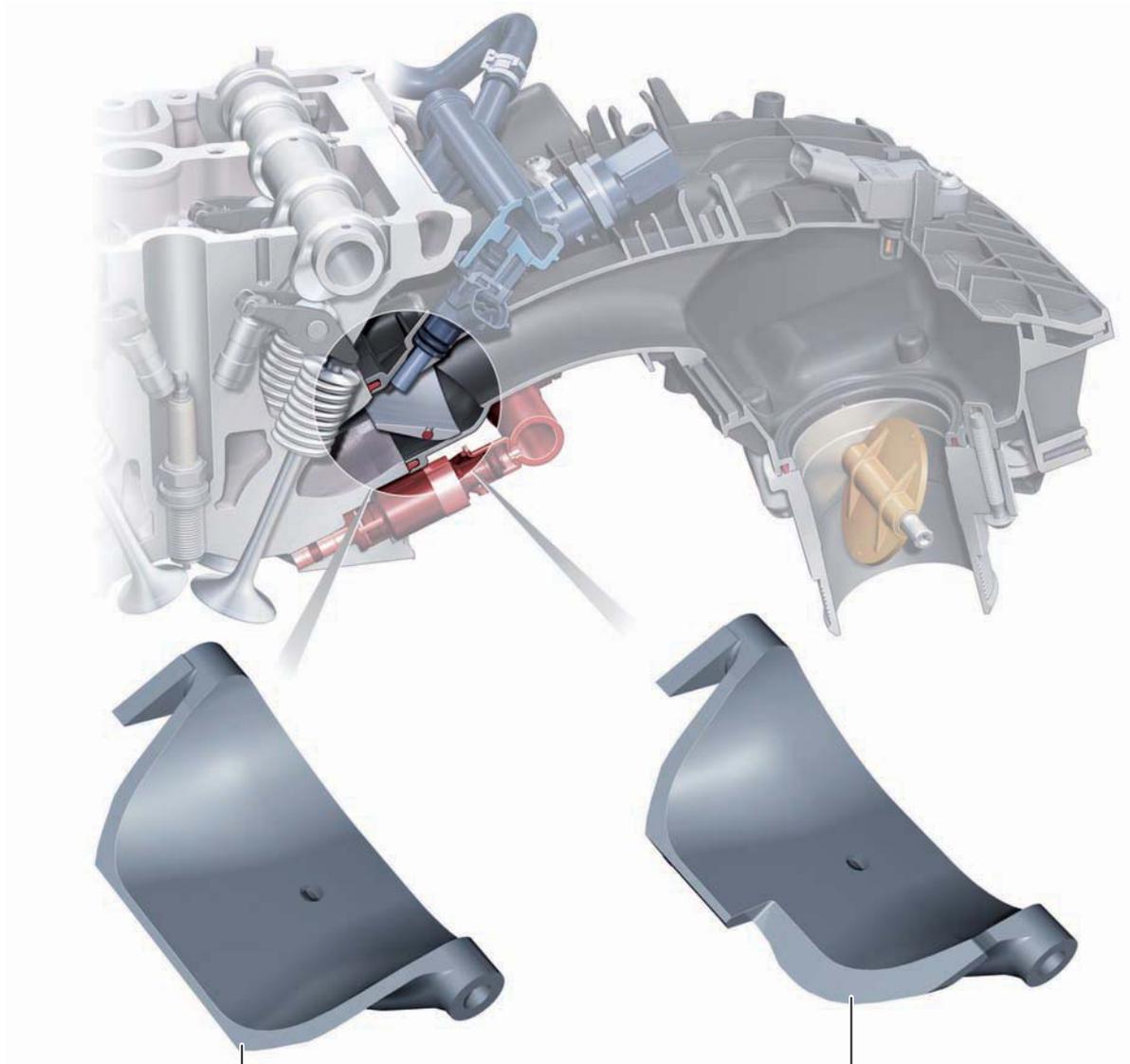


Считайте QR-код, чтобы получить дополнительную информацию о работе завихряющих заслонок.

Комбинированные завихряющие заслонки (drumble)

Степень завихрения воздушного потока при закрытых заслонках впускных каналов на разных исполнениях двигателя, отличающихся рабочим объёмом, оказывается различной. Чтобы получить для таких двигателей одинаковые результаты, нужно было бы на каждом исполнении устанавливать свой впускной коллектор, оптимизированный именно для данного рабочего объёма. Избежать этого можно за счёт использования модифицированных заслонок впускных каналов.

Одним из решений являются так называемые заслонки впускных каналов drumble — своего рода комбинация из заслонок drall и tumble. Такие заслонки позволяют асимметрично перекрывать нижнюю часть впускного канала («канал tumble»), так что поток воздуха получает как бы комбинированное завихрение относительно вертикальной и горизонтальной осей, drall и tumble.



Завихряющая заслонка tumble

Комбинированная завихряющая заслонка drumble

626_171

Заслонки впускных каналов drall

Заслонки впускных каналов drall применяются исключительно в дизельных двигателях и устанавливаются во впускном коллекторе. По своему устройству и принципу действия они похожи на дроссельные заслонки, но действуют только на один впускной канал (к одному из впускных клапанов) каждого из цилиндров. Закрывание этих заслонок обеспечивает интенсивное завихрение поступающего в цилиндр воздуха вокруг вертикальной оси (параллельной оси цилиндра).

Заслонки drall закрыты

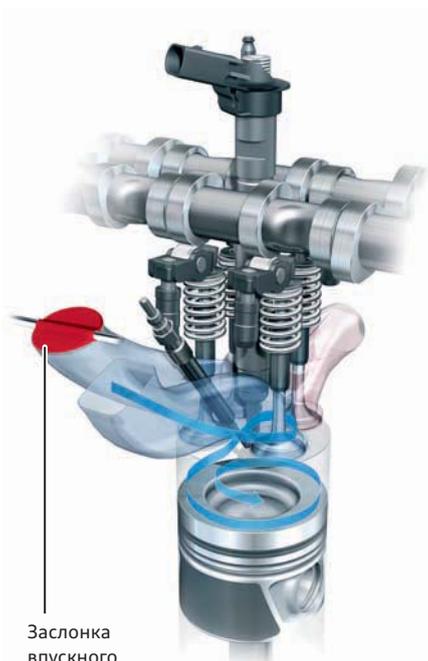
На холостом ходу и при низких оборотах двигателя заслонки впускных каналов drall закрыты. Этим достигается высокая степень завихрения воздуха, что обеспечивает хорошее смесеобразование.

Действие

Поток воздуха поступает в каждый цилиндр по двум каналам во впускном коллекторе, в одном из них установлена завихряющая заслонка drall, которая может этот канал полностью перекрывать. Канал без заслонки называют завихряющим, с заслонкой — наполняющим. При закрывании заслонки воздух с большей скоростью поступает в цилиндр только по одному каналу и при этом интенсивно завихряется, что заметно улучшает образование топливо-воздушной смеси в диапазоне низких оборотов. В результате снижаются расход топлива и вредные выбросы двигателя. В диапазоне высоких оборотов заслонки открываются и воздух поступает в каждый цилиндр по двум каналам.

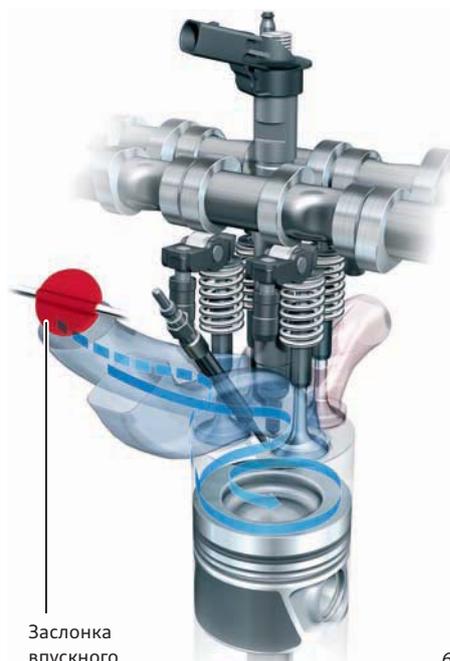
Заслонки drall в промежуточном положении

При движении автомобиля положение заслонок впускных каналов бесступенчато регулируется в зависимости от нагрузки двигателя и числа оборотов. Благодаря этому, в каждом режиме работы двигателя в камере сгорания обеспечивается оптимальное движение воздуха.



Заслонка впускного канала drall

626_164

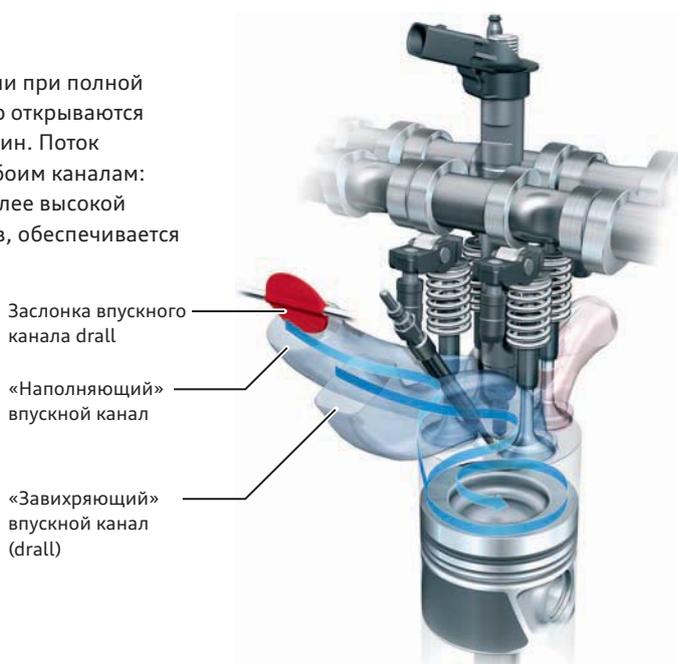


Заслонка впускного канала drall

626_165

Заслонки drall открыты

При запуске двигателя, в аварийном режиме или при полной нагрузке заслонки впускных каналов полностью открываются начиная с оборотов двигателя прим. 3000 об/мин. Поток воздуха может теперь попадать в цилиндр по обоим каналам: завихряющему и наполняющему. Благодаря более высокой пропускной способности двух впускных каналов, обеспечивается оптимальное наполнение цилиндра.



Заслонка впускного канала drall
«Наполняющий» впускной канал
«Завихряющий» впускной канал (drall)

626_166

Впускной коллектор с изменяемой геометрией

Действие впускного коллектора с изменяемой геометрией основано на принципе резонансного наддува. Этот принцип заключается в использовании волн сжатия и разрежения воздуха во впускном коллекторе для улучшения наполнения цилиндра.

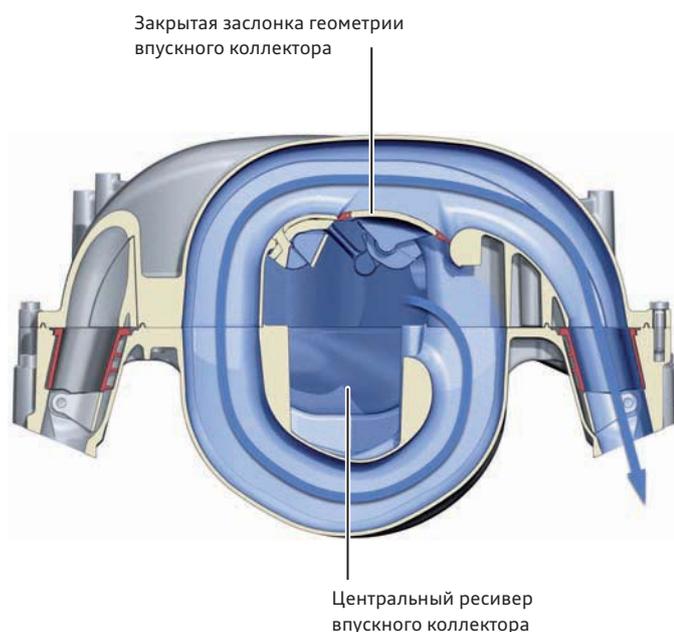
Действие

При открывании впускного клапана поршень движется вниз. В цилиндре и в области впускного клапана создаётся разрежение, которое распространяется в виде волны разрежения по впускному каналу, пока не доходит до ресивера во впускном коллекторе. В ресивере волна разрежения воздействует на имеющийся там большой объём воздуха, вызывая его засасывание во впускной канал. Теперь воздух начинает течь по впускному каналу в направлении впускного клапана цилиндра. Образующаяся в результате волна давления имеет примерно ту же величину, что и волна разрежения на её месте. Воздух протекает теперь по впускному каналу и поступает в цилиндр через открытый впускной клапан, причём до тех пор, пока давление в цилиндре не сравняется с давлением во впускном канале.

Тем самым в цилиндре окажется больше воздуха, чем в него поместилось бы при атмосферном давлении. Это явление называют также «внутренним наддувом». Закрывание впускного клапана предотвращает перетекание «избыточного» воздуха обратно во впускной коллектор. Поскольку обе волны (разрежения и сжатия) перемещаются всегда с одной и той же скоростью, время, необходимое для цикла этого процесса, всегда будет оставаться одним и тем же. Время же открытия впускного клапана, с другой стороны, будет изменяться в зависимости от оборотов двигателя. При увеличении числа оборотов время, в течение которого впускной клапан остаётся открытым, будет уменьшаться. В результате при высоких оборотах масса воздуха, который может поступить в цилиндр, уменьшается. Сохранить эффект внутреннего наддува можно за счёт адаптации длины впускного канала во впускном коллекторе к числу оборотов двигателя. Такие впускные коллекторы называют впускными коллекторами с изменяемой геометрией. При этом действуют следующие соотношения:

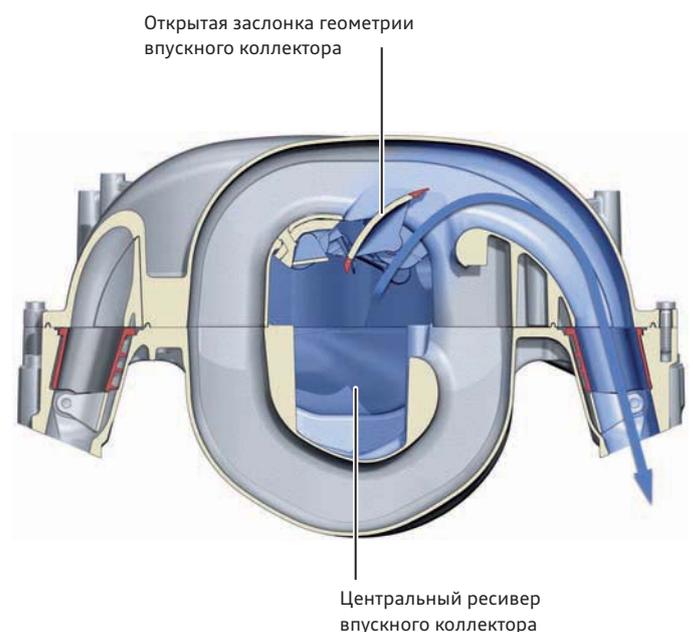
Диапазоны оборотов	Положение впускного коллектора	Длина впускного канала
Низкие и средние обороты	Положение крутящего момента	Длинный впускной канал
Высокие обороты	Положение мощности	Короткий впускной канал

Впускной коллектор с изменяемой геометрией в положении крутящего момента (на примере двигателя 5,2 л FSI)



626_177

Впускной коллектор с изменяемой геометрией в положении мощности (на примере двигателя 5,2 л FSI)

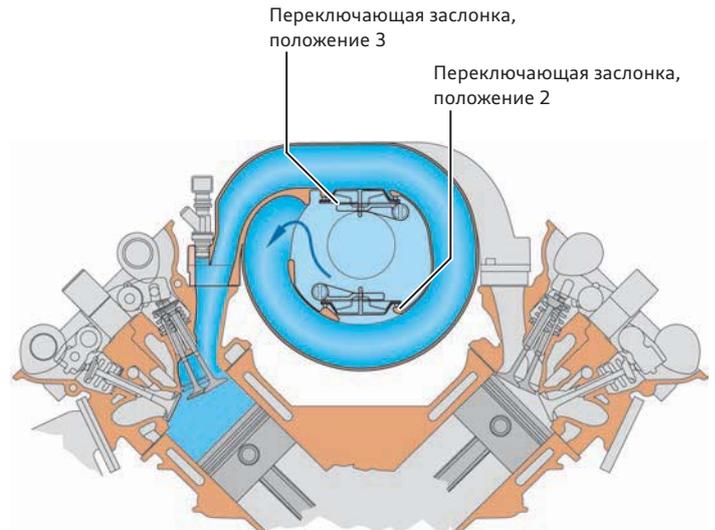


626_178

Впускной коллектор с изменяемой геометрией с тремя положениями

Положение 1: диапазон низких оборотов

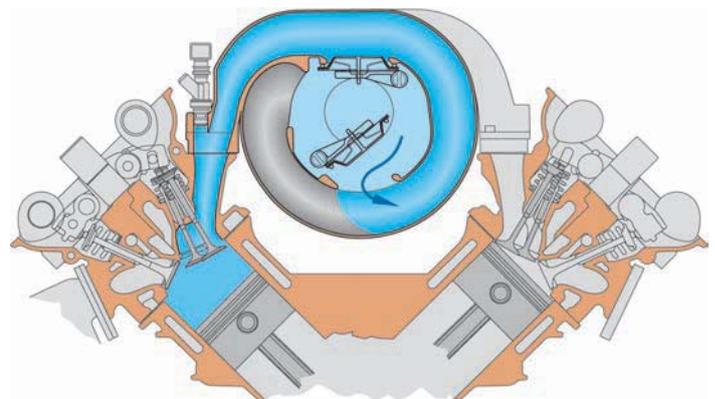
Когда двигатель не работает, обе заслонки открыты. При работе двигателя на холостом ходу в оба вакуумных привода подаётся разрежение от соответствующих электромагнитных клапанов изменения геометрии впускного коллектора. Таким образом, начиная с оборотов холостого хода и до оборотов переключения переключательные заслонки закрыты.



626_248

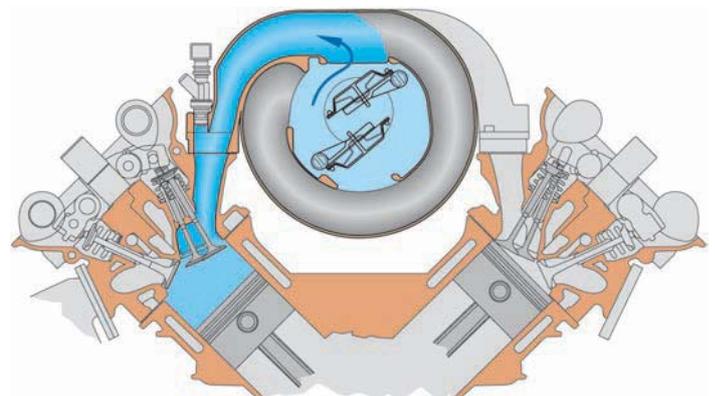
Положение 2: диапазон средних оборотов

В диапазоне средних оборотов электромагнитный клапан изменения геометрии впускного коллектора N156 подаёт в вакуумный привод переключательной заслонки положения 2 атмосферное давление. Переключательная заслонка положения 2 открывается, и путь впуска воздуха уменьшается.



Положение 3: диапазон высоких оборотов

В диапазоне высоких оборотов дополнительно открывается переключательная заслонка положения 3. Всасываемый воздух попадает в цилиндры по самому короткому пути.



Переключение впускного коллектора с изменяемой геометрией

Вал переключения заслонок геометрии впускного коллектора может, в зависимости от варианта двигателя, поворачиваться или электронно управляемым электродвигателем, или вакуумным приводом. При повороте вала с помощью вакуумного привода управление осуществляется электромагнитным клапаном изменения геометрии впускного коллектора.

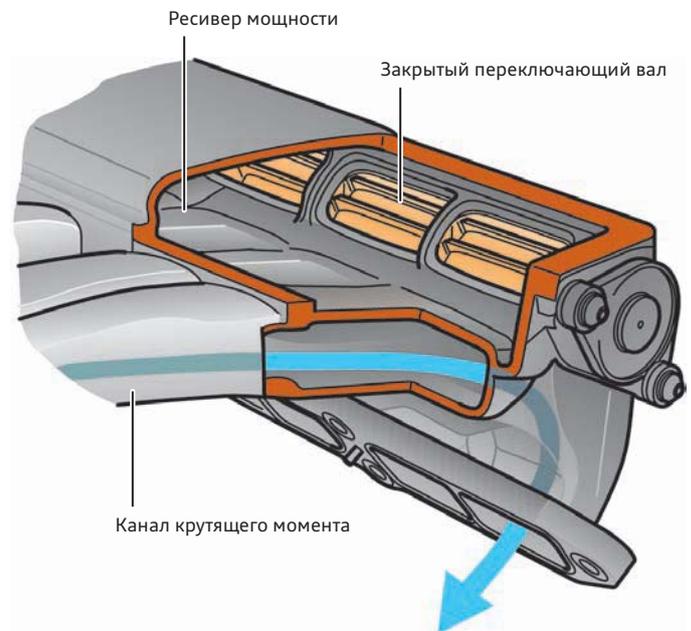


626_180

Положение крутящего момента

При достижении числа оборотов 1100 об/мин активируется электромагнитный клапан изменения геометрии впускного коллектора и срабатывает вакуумный привод. В результате вал переключающих заслонок поворачивается на 90°, перекрывая каналы мощности.

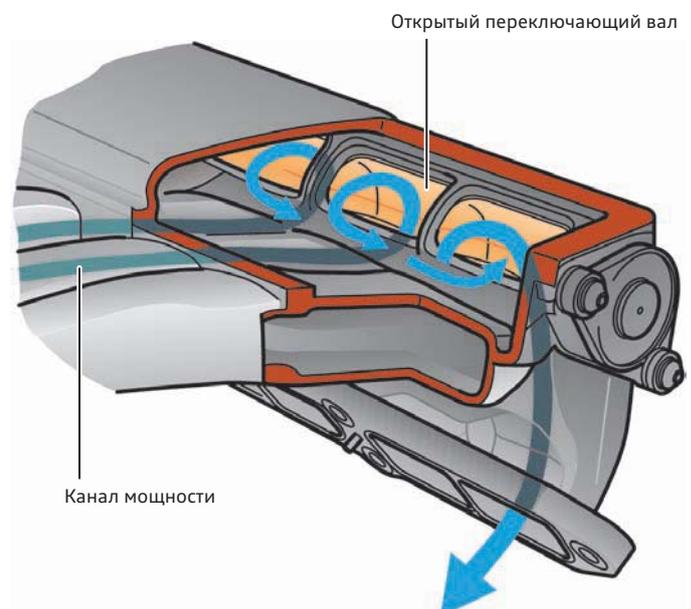
Цилиндр, в котором в данный момент происходит такт впуска, всасывает воздух через длинные впускные каналы непосредственно из главного ресивера.



626_181

Положение мощности

В диапазоне оборотов выше 4100 об/мин электромагнитный клапан изменения геометрии впускного коллектора больше не используется, в вакуумный привод подаётся атмосферное давление. Пружина переключающего вала поворачивает его на 90° обратно в исходное положение. Цилиндр всасывает теперь воздух по короткому впускному каналу из ресивера мощности. Воздух в ресивер мощности поступает по впускным каналам других цилиндров, в которых такт впуска в данный момент не происходит.



626_182

Наддув

Системы наддува дают возможность повысить степень наполнения цилиндров. Для этого впускаемый воздух предварительно сжимается. В результате достигается более высокая удельная мощность и КПД. Теоретически для этого могут применяться различные системы наддува.

На двигателях Audi, помимо широко распространённых систем турбонаддува, используются также приводные нагнетатели типа Рутс. На обеих системах могут применяться и различные дополнительные узлы для регулирования давления наддува.

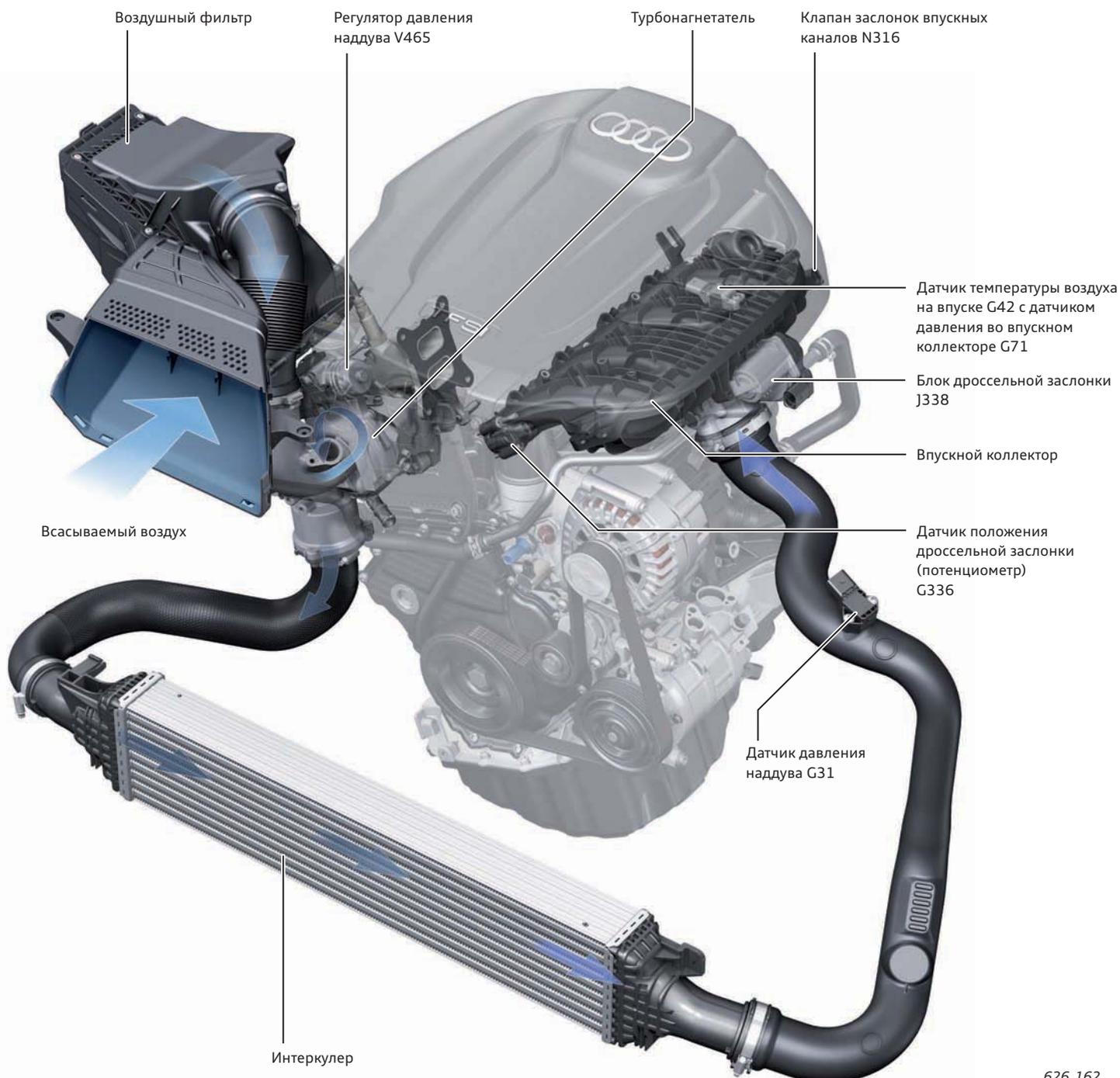
Турбонагнетатель

Принцип действия турбонагнетателя заключается в использовании кинетической энергии отработавших газов для предварительного сжатия поступающего в цилиндры воздуха. При работе двигателя поток ОГ приводит в движение турбинное колесо, связанное валом с насосным, которое сжимает всасываемый воздух.

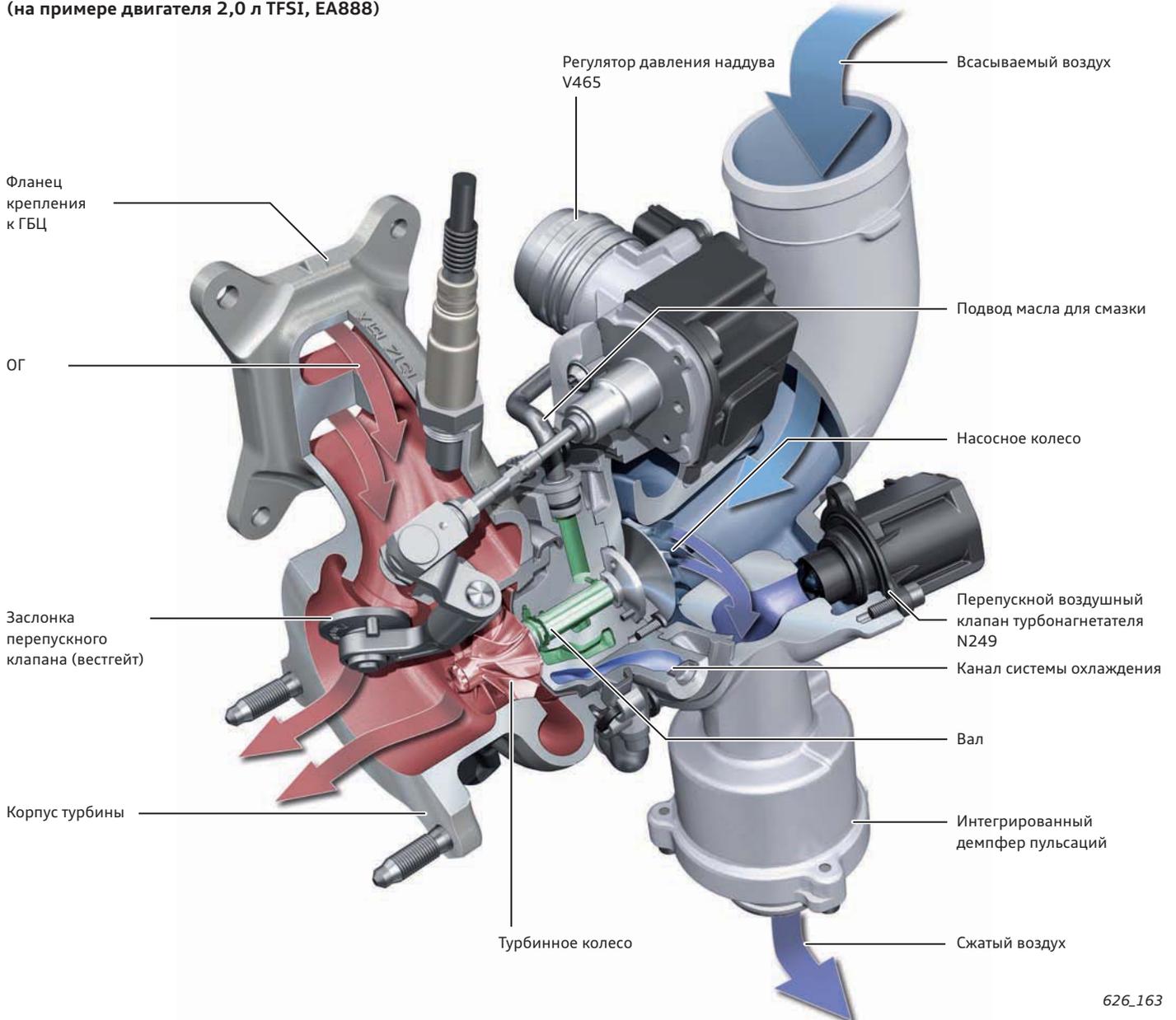


Считайте QR-код, чтобы увидеть турбонагнетатель в действии.

Компоненты системы на двигателе (на примере двигателя 2,0 л TFSI, EA888)



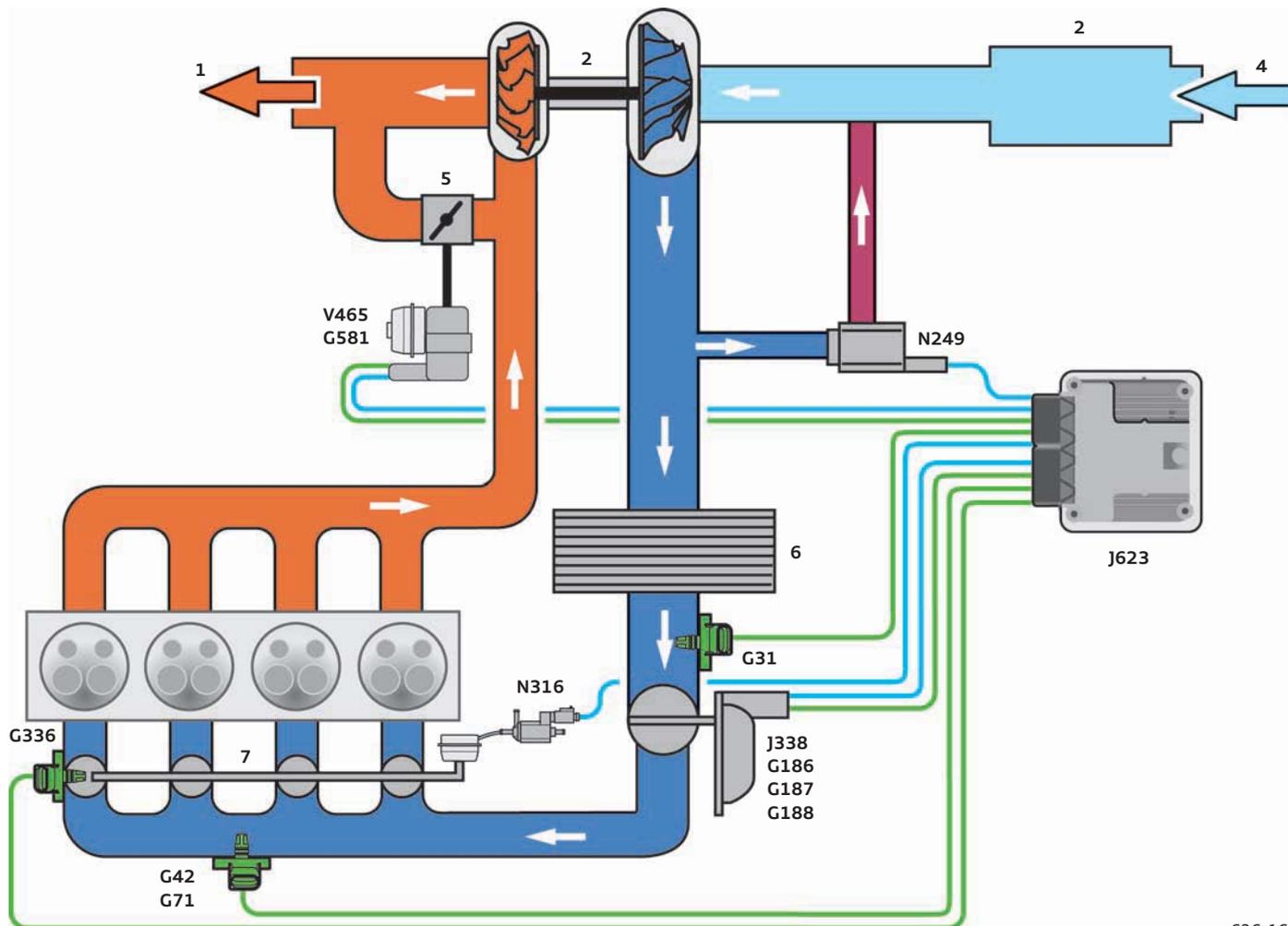
Устройство турбонагнетателя
(на примере двигателя 2,0 л TFSI, EA888)



626_163

Узел	Особенности
Корпус нагнетателя и насосное колесо	Корпус насосной части (нагнетателя) литой, из алюминиевого сплава. В нём вращается насосное колесо, связанное валом с турбинным колесом.
Корпус турбины и турбинное колесо	Корпус турбинной части в связи с высокими температурами ОГ изготавливается литым из стального сплава. Турбинное колесо выполнено по комбинированной, радиально-осевой схеме (Mixed-Flow-Turbine).
Регулятор давления наддува V465	Электрический привод перепускного клапана (вестгейта), активируемый блоком управления двигателя для регулирования с помощью вестгейта давления наддува. По сравнению с электропневматическим приводом, обладает более быстрой и точной реакцией на управляющие воздействия. Кроме того, он может работать независимо от наличия давления наддува.
Заслонка перепускного клапана (вестгейт)	Открывает или закрывает перепускной канал. Заслонка приводится в действие тягой от регулятора давления наддува V465, на других двигателях — также с помощью пневматического элемента и электромагнитного клапана ограничения давления наддува N75.
Перепускной воздушный клапан турбонагнетателя N249	При закрывании дроссельной заслонки в результате продолжающегося вращения насосного колеса в тракте наддувочного воздуха накапливается давление. Перепускной воздушный клапан турбонагнетателя N249 активируется в этой ситуации блоком управления двигателя и открывает воздушный перепускной канал, соединяющий сторону нагнетания нагнетателя со стороной всасывания.
Фланец крепления к ГБЦ	Чтобы обеспечить отсутствие интерференции между тактами выпуска ОГ различных цилиндров, применена двухпоточная схема выпуска со слиянием двух каналов в один незадолго до колеса турбины. Крепление к ГБЦ осуществляется с помощью шпилек и гаек.
Подвод масла для смазки	Ввиду высокой частоты вращения вала турбонагнетателя, ему необходима смазка, которая поступает через этот штуцер от системы смазки двигателя.

Схема системы
(на примере двигателя 2,0 л TFSI, EA888)



626_167

Условные обозначения:

- 1 Поток ОГ
- 2 Турбоагнетатель
- 3 Воздушный фильтр
- 4 Всасываемый воздух
- 5 Перепускная заслонка (вестгейт)
- 6 Интеркулер
- 7 Заслонки впускного коллектора

- Провод датчика
- Провод исполнительного механизма
- ОГ
- Всасываемый воздух (разрежение)
- Наддувочный воздух (давление наддува)
- Перепускной канал принудительного холостого хода (давление наддува)

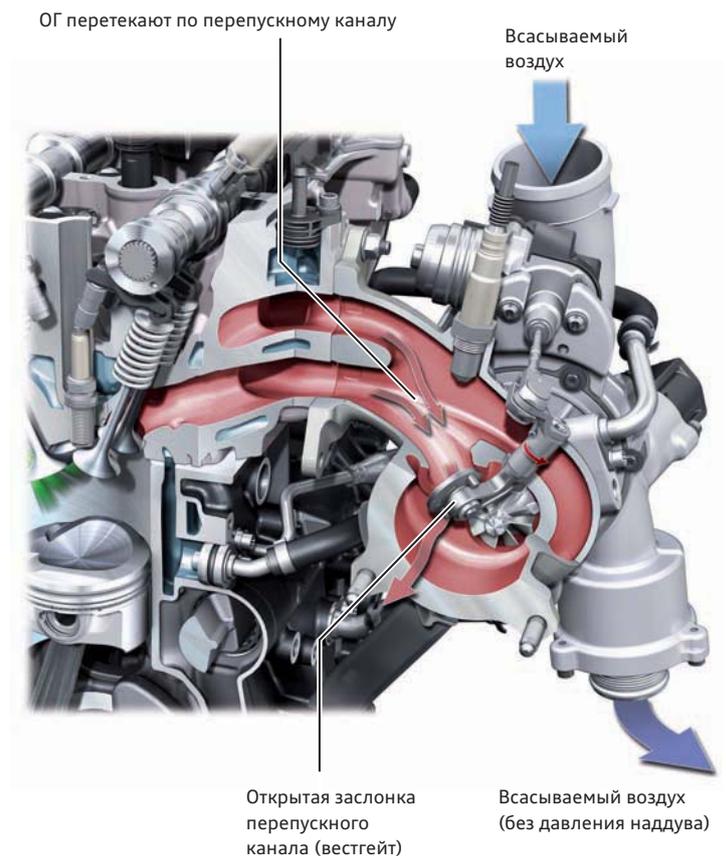
- G31** Датчик давления наддува
- G42** Датчик температуры воздуха на впуске
- G71** Датчик давления во впускном коллекторе
- G186** Электропривод дроссельной заслонки
- G187** Датчик угла поворота 1 электропривода дроссельной заслонки
- G188** Датчик угла поворота 2 электропривода дроссельной заслонки
- G336** Датчик положения заслонок воздушных каналов (потенциометр)
- G581** Датчик положения направляющего аппарата турбоагнетателя
- J338** Блок дроссельной заслонки
- J623** БУ двигателя
- N249** Перепускной воздушный клапан турбоагнетателя
- N316** Клапан заслонок впускных каналов
- V465** Регулятор давления наддува

Регулирование давления наддува (на примере двигателя 2,0 л TFSI, EA888)

Не во всех режимах работы двигателя требуется давление наддува: например, оно не нужно на холостом ходу или при торможении двигателем.

Когда давление наддува не требуется или необходимо только минимальное давление наддува, блок управления двигателя активирует регулятор давления наддува V465. Регулятор давления наддува через тягу открывает заслонку перепускного канала (вестгейт). Отработавшие газы проходят теперь по перепускному каналу мимо турбинного колеса, не отдавая свою энергию. Вращение вала турбины замедляется, и давление наддува уменьшается, что распознаётся датчиком давления наддува G31.

Когда давление наддува опустится до соответствующего значения или когда снова нужно более высокое давление наддува, регулятор давления наддува V465 закрывает заслонку вестгейта и отработавшие газы снова подаются на турбинное колесо.

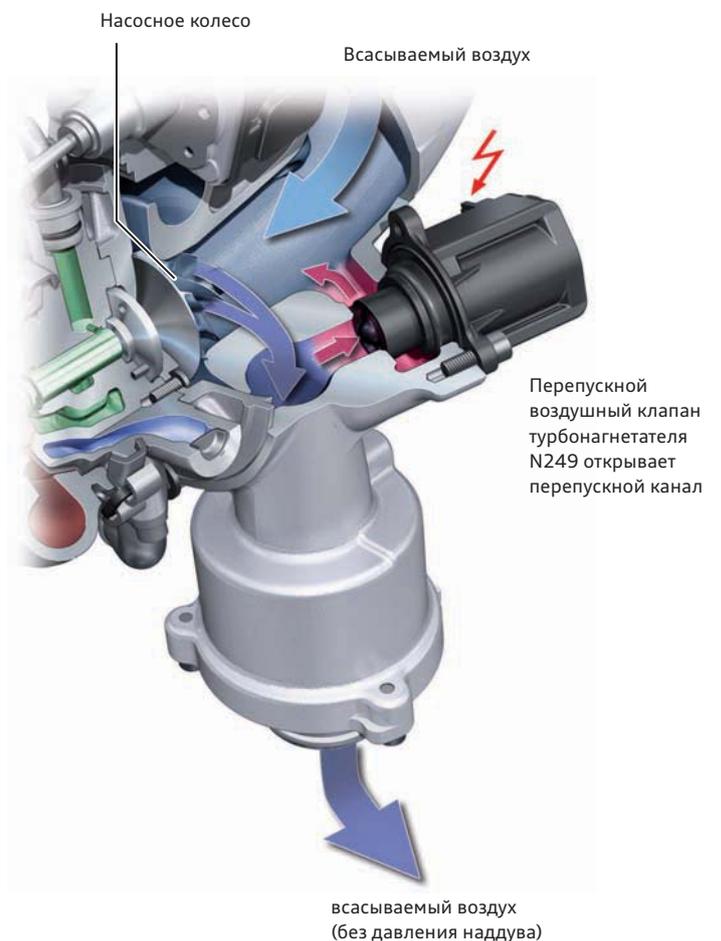


626_170

Регулировка наддува в режиме принудительного холостого хода

При закрывании дроссельной заслонки (например, при переходе в режим принудительного холостого хода) в результате продолжающегося вращения насосного колеса в тракте наддувочного воздуха накапливается давление. Насосное колесо турбоагнетателя при этом интенсивно затормаживается. При последующем открывании дроссельной заслонки турбоагнетателю в этом случае придётся сначала снова набирать обороты.

Открытие перепускного воздушного клапана предотвращает сильное затормаживание турбоагнетателя и тем самым возникновение так называемой турбоямы. Перепускной воздушный клапан турбоагнетателя N249 электромагнитный, он приводится в действие блоком управления двигателя.



626_172

Турбоагнетатель с изменяемой геометрией турбины на дизельных двигателях

Изменяемая геометрия турбины (VTG)

Регулирование давления наддува имеет большое значение для системы турбонаддува. Помимо перепускного канала с заслонкой вестгейт, на некоторых турбоагнетателях давление наддува регулируется изменением геометрии турбины.

Такое решение позволяет более эффективно управлять характером работы турбоагнетателя и используется преимущественно на дизельных двигателях Audi.

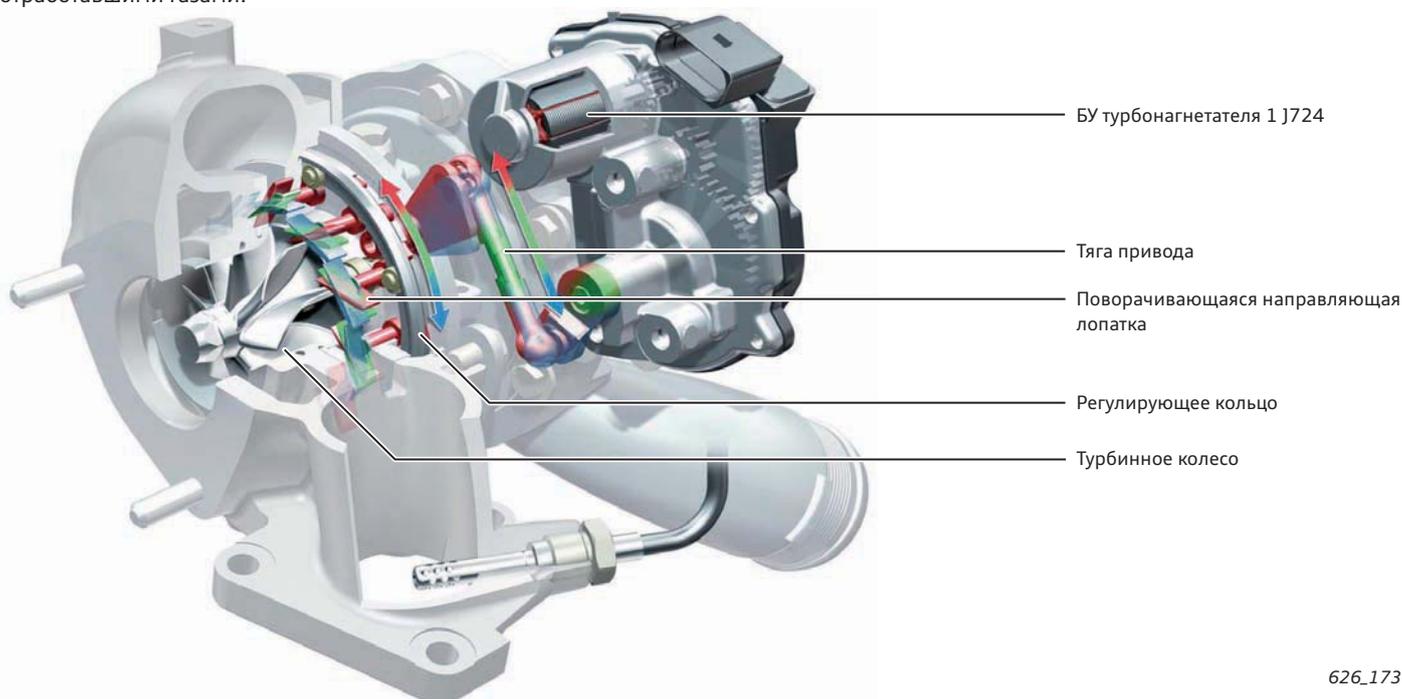
Конструкция

(на примере двигателя 3,0 л TDI)

Вокруг турбинного колеса размещены по кругу поворотные направляющие лопатки. Поворот лопаток осуществляется за счёт поворота управляющего кольца. Исполнительный привод для турбоагнетателя перемещает управляющее кольцо через тягу. Направляющие лопатки, профиль которых аналогичен профилю крыла, изменяют характер обтекания турбины отработавшими газами.



Считайте QR-код, чтобы увидеть турбоагнетатель с изменяемой геометрией турбины (VTG) в действии.



626_173

Действие

При повороте направляющих лопаток пространство между ними сужается. Отработавшие газы протекают по ним с большей скоростью — эффект, аналогичный эффекту трубки Вентури в карбюраторе. Датчик во впускном коллекторе постоянно сообщает блоку управления двигателя актуальные значения давления наддува.

Когда давление наддува достигает определённого значения, направляющие лопатки поворачиваются обратно, так чтобы пространство между ними стало более широким. В результате скорость отработавших газов уменьшается и турбина вращается медленнее, то есть давление наддува падает.



626_174

Направляющие лопатки повёрнуты плоско, малое сечение для прохода ОГ



626_175

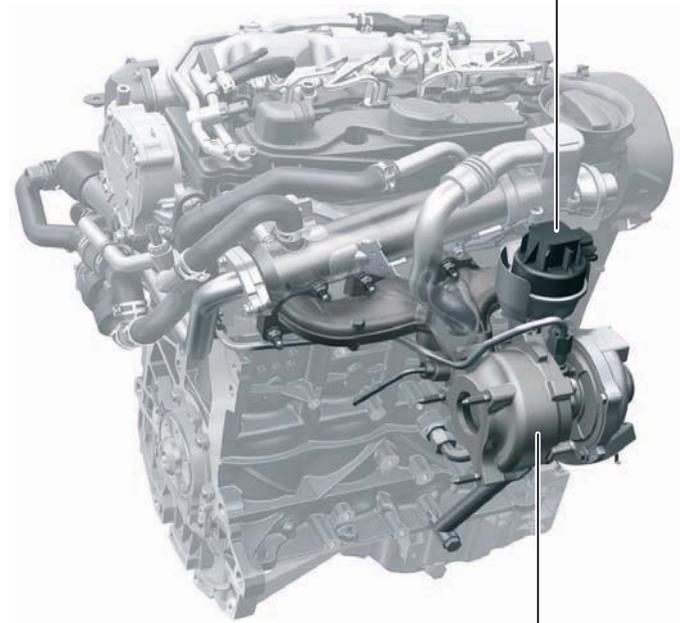
Направляющие лопатки повёрнуты под большим углом, большое сечение для прохода ОГ

Поворот направляющих лопаток

Поворот лопаток осуществляется на одних двигателях блоком управления турбоагнетателя J724 с электроприводом, а на других — вакуумным приводом. Вакуумный привод активируется электромагнитным клапаном ограничения давления наддува N75, который управляется непосредственно блоком управления двигателя.

В вакуумный привод встроен также датчик положения направляющего аппарата турбоагнетателя G581.

Вакуумный привод с датчиком положения направляющего аппарата турбоагнетателя G581



626_176

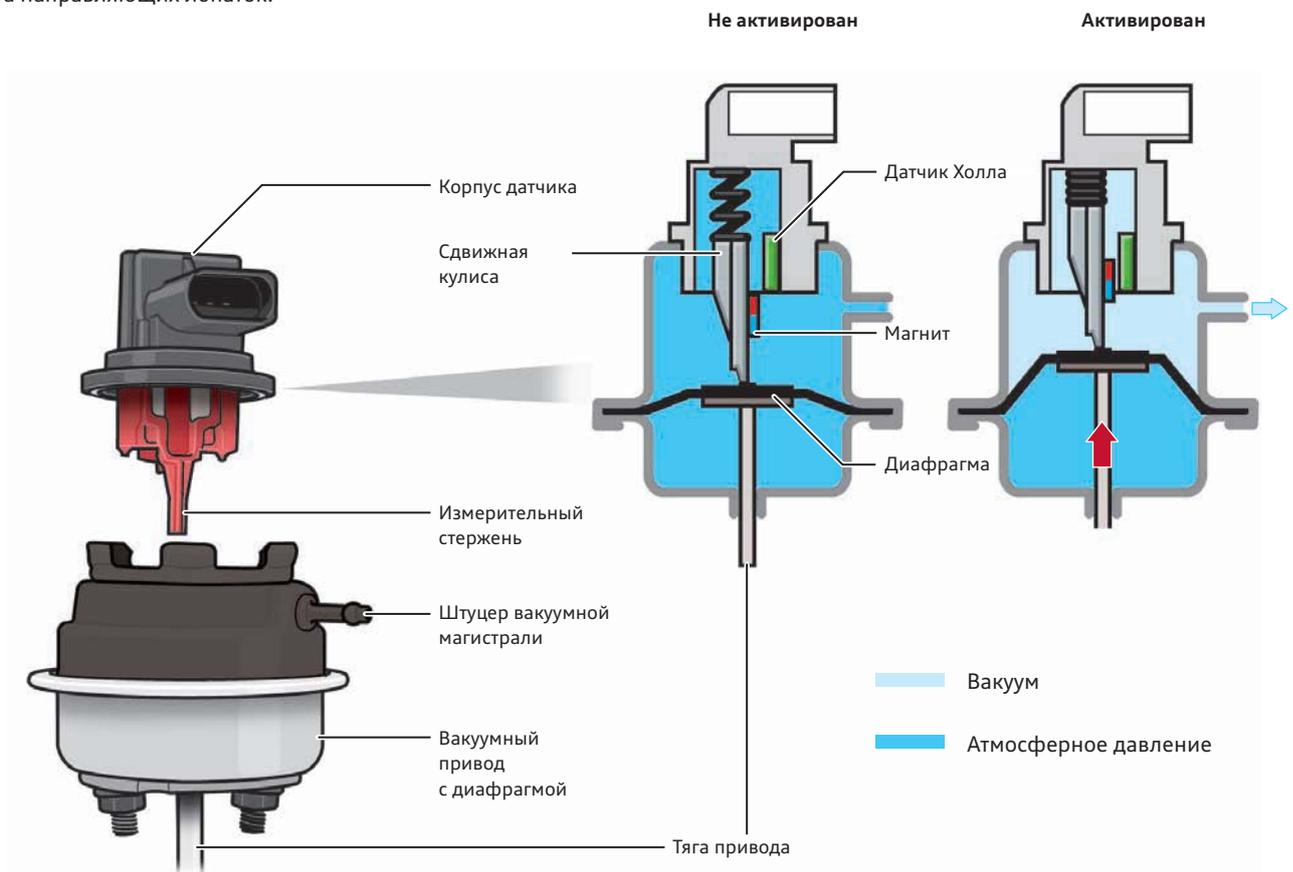
Турбоагнетатель с изменяемой геометрией турбины (VTG)

Датчик положения регулятора давления наддува G581

Датчик регистрирует перемещение тяги привода бесконтактно и способствует точности регулирования.

Датчик положения регулятора давления наддува G581 встроен в вакуумный привод турбоагнетателя. Измерительный стержень отслеживает перемещения диафрагмы вакуумного привода при повороте направляющих лопаток. Положение стержня и диафрагмы, таким образом, прямо связано с углом поворота направляющих лопаток.

Датчик Холла имеет функцию самодиагностики. Система может распознавать короткое замыкание на плюс или на массу, а также разрыв цепи. При выходе датчика из строя регулирование по подменной характеристике **не осуществляется**, вместо этого функция регулирования отключается полностью.



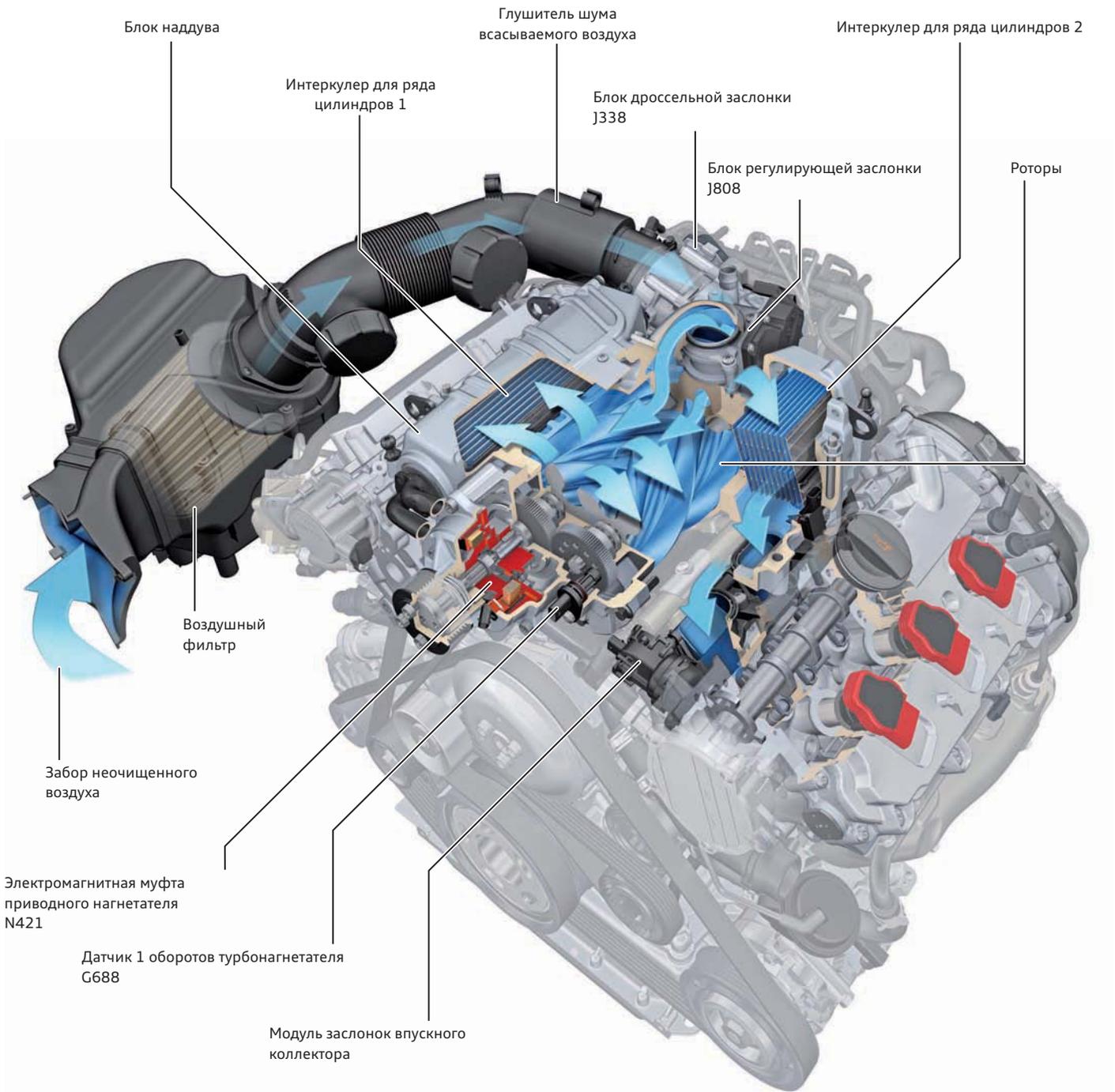
626_179

Блок приводного нагнетателя (типа Рутс)

Центральной частью системы подачи воздуха в цилиндры двигателя является установленный в развале цилиндров блок приводного нагнетателя. В него входят нагнетатель типа Рутс и интеркулеры, на некоторых двигателях — также управляемый перепускной канал.

Название этого типа нагнетателей происходит от изобретателей братьев Рутс, запатентовавших принцип его действия ещё в 1860 году. Нагнетатель типа Рутс является вариантом роторно-поршневой машины. Он относится к объёмным нагнетателям и работает без внутренних уплотнений.

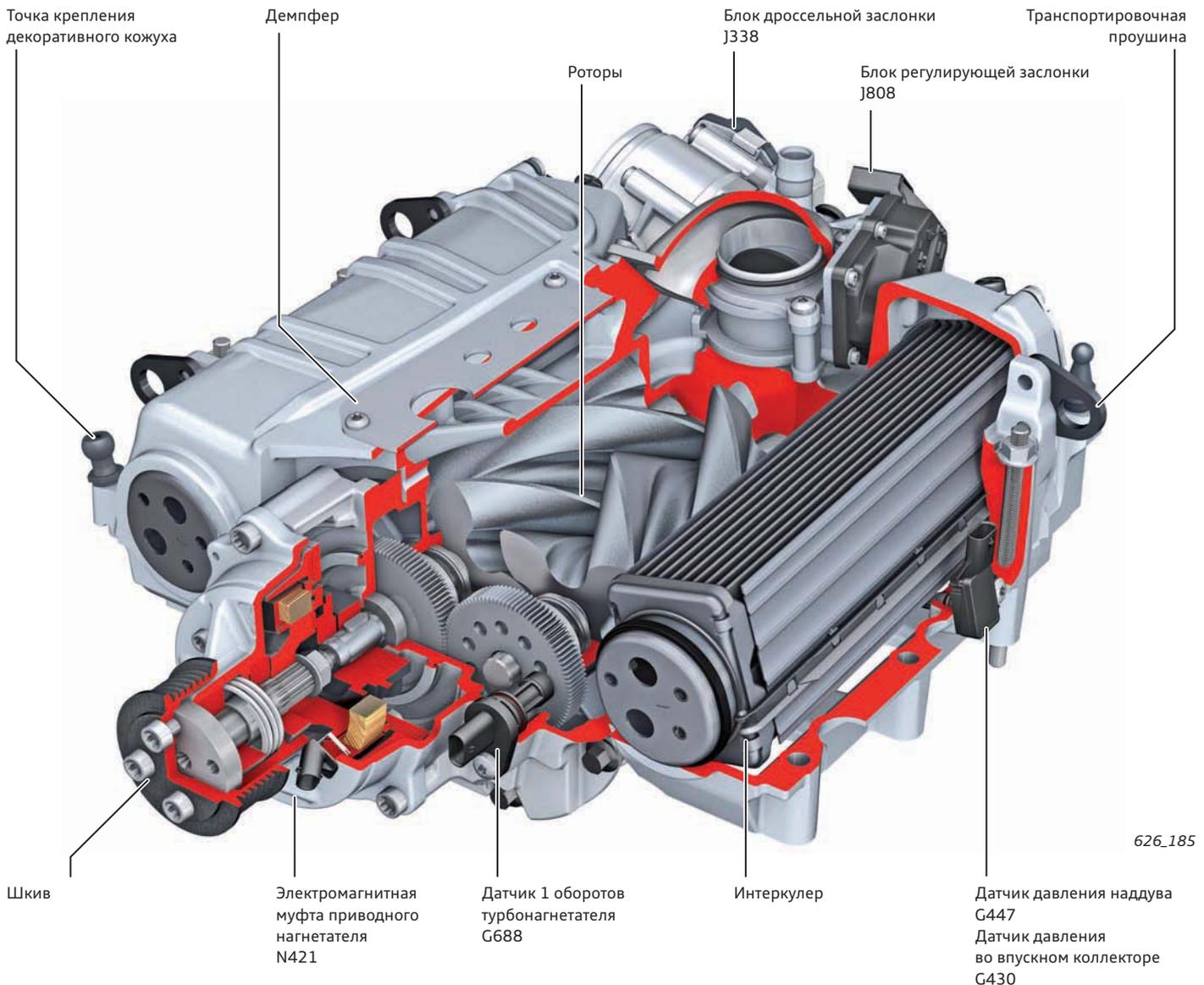
Обзор системы



Конструкция

Блок приводного нагнетателя состоит из корпуса, в котором вращаются два ротора. В данном нагнетателе используются 4-лопастные роторы. Каждая из лопастей обоих роторов закручена по длине ротора на 160°. Этим обеспечивается непрерывная подача воздуха с минимальной пульсацией давления. Оба ротора приводятся механически — например, ремённым приводом от коленчатого вала. Роторы связаны между собой зубчатой парой (находящейся за пределами корпуса), так что они вращаются синхронно, но в противоположных направлениях.

Таким образом, лопасти обоих роторов постоянно «проходят» между друг другом. При конструировании нагнетателя такого типа исключительно важно обеспечить минимальные зазоры между роторами и стенками и между самими роторами. При этом необходимо по возможности предотвратить соприкосновение этих деталей и трение между ними. Принцип действия нагнетателя заключается в том, что при вращении роторов воздух на входе (сторона всасывания) захватывается между лопастями роторов и стенками и подаётся образовавшимися «камерами» к выходу (сторона нагнетания). Увеличение давления происходит в таком нагнетателе за счёт обратного потока.



Механический приводной нагнетатель в сравнении с турбонагнетателем

Преимущества:

- ▶ Давление наддува при необходимости обеспечивается сразу же, оно подаётся постоянно и повышается с увеличением числа оборотов.
- ▶ Более быстрый, динамичный рост крутящего момента; более раннее достижение максимального крутящего момента, отсюда — хорошие характеристики при трогании/разгоне.
- ▶ Очень короткие пути наддувочного воздуха до цилиндров.
- ▶ Меньшая токсичность ОГ; причина: катализатор быстрее достигает своей рабочей температуры. В двигателе с турбонагнетателем часть тепловой энергии ОГ теряется на привод турбонагнетателя.

Недостатки:

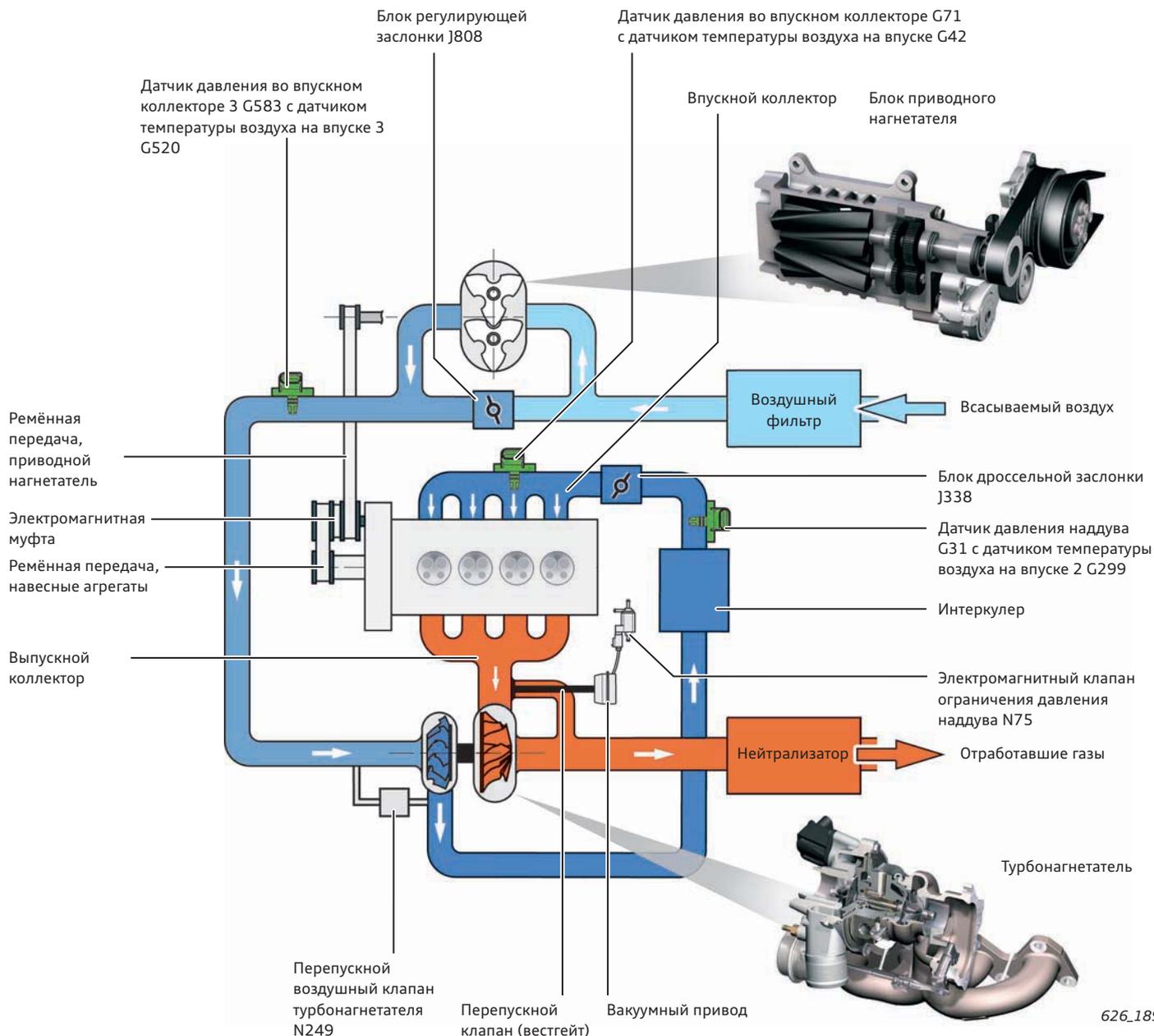
- ▶ Очень сложен в производстве вследствие очень строгих допусков (для роторов к стенкам и роторов между собой).
- ▶ Более чувствителен к попаданию посторонних объектов в контур чистого воздуха.
- ▶ Более высокие затраты на шумоподавление.
- ▶ Часть мощности двигателя теряется на привод нагнетателя.

Система наддува с двумя нагнетателями (на примере двигателя 1,4 л TFSI с двойным наддувом)

На некоторых двигателях применяется комбинация из приводного нагнетателя и турбоагнетателя. Это означает, что, в зависимости от потребности в крутящем моменте, в создании давления наддува, помимо турбоагнетателя, может дополнительно участвовать и механический приводной нагнетатель. Всасываемый воздух проходит сначала через воздушный фильтр.

Положение заслонки в блоке регулировочной заслонки определяет, будет ли всасываемый воздух проходить через приводной нагнетатель или же он будет сразу направляться к турбоагнетателю. После турбоагнетателя воздух через интеркулер и через блок воздушной заслонки подаётся во впускной коллектор. Давление наддува регулируется (ограничивается) электромагнитным клапаном ограничения давления наддува N75.

Общая схема системы



626_189

Рабочие диапазоны

В зависимости от требуемого крутящего момента, блок управления двигателем определяет, требуется ли создавать давление наддува и, если да, как именно оно будет создаваться. В диапазоне низких оборотов энергии ОГ недостаточно для создания необходимого давления наддува. Начиная с определённого минимального значения требуемого крутящего момента и до оборотов двигателя 2400 об/мин приводной нагнетатель включён постоянно. Давление наддува, создаваемое приводным нагнетателем, управляется посредством блока регулировочной заслонки.

При оборотах двигателя до 3500 об/мин приводной нагнетатель может подключаться при необходимости. Такая необходимость возникает, например, при резком разгоне после движения в данном диапазоне оборотов с постоянной скоростью. Ввиду некоторой инертности турбоагнетателя, при его одиночной работе ускорение наступало бы с задержкой (турбояма). Поэтому при таком режиме дополнительно подключается приводной нагнетатель, чтобы максимально быстро выйти на требуемое давление наддува.

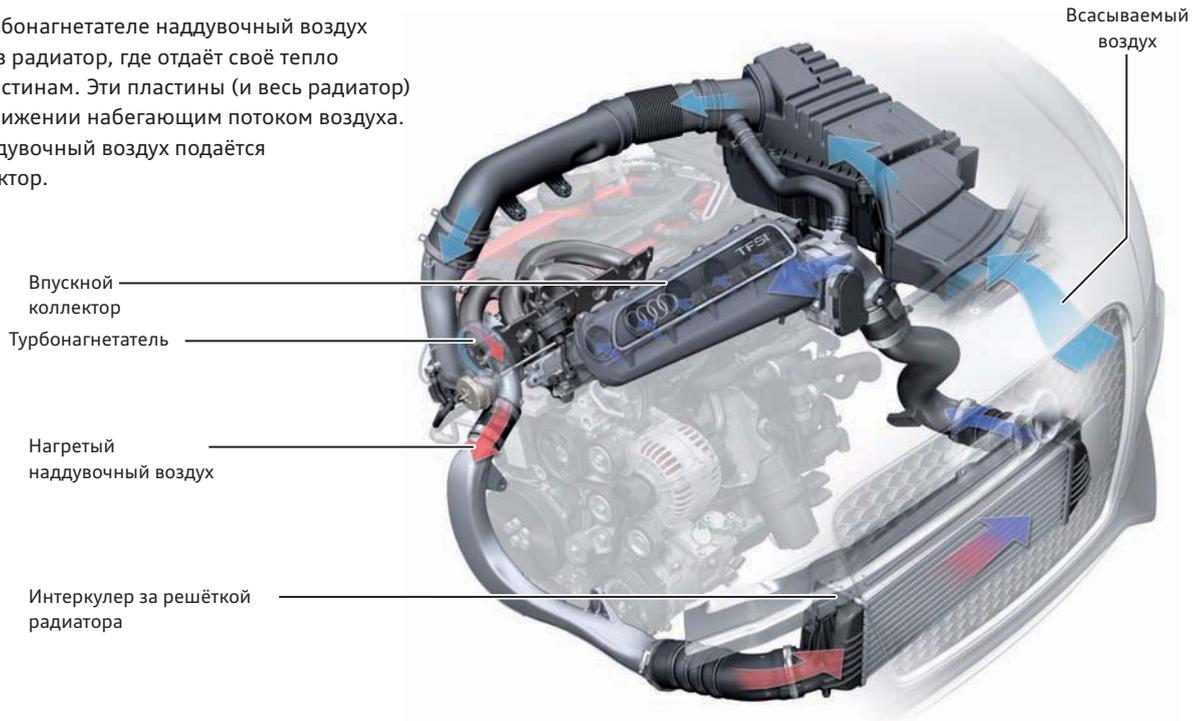
Охлаждение наддувочного воздуха

Охлаждение наддувочного воздуха позволяет повысить эффективность работы двигателей с наддувом и улучшить их внешние характеристики (крутящий момент/мощность). Когда горячий турбонагнетатель сжимает всасываемый воздух, воздух нагревается и при этом расширяется. Преимущественно за счёт сжатия, а также за счёт очень высокой температуры деталей турбонагнетателя всасываемый воздух может нагреваться вплоть до 200 °С. Это противодействует желаемому эффекту наддува.

В холодном воздухе содержится больше молекул кислорода, чем в горячем (при одинаковом объёме и давлении). Тем самым улучшается наполнение цилиндров и увеличивается отдаваемая двигателем мощность. При установке между турбонагнетателем и впускным коллектором интеркулера уменьшение температуры наддувочного воздуха может достигать до 50 °С. Кроме того, охлаждение снижает склонность к детонации (у бензиновых двигателей) и к образованию оксидов азота.

Интеркулер с воздушным охлаждением (на примере двигателя 2,5 л R5 TFSI)

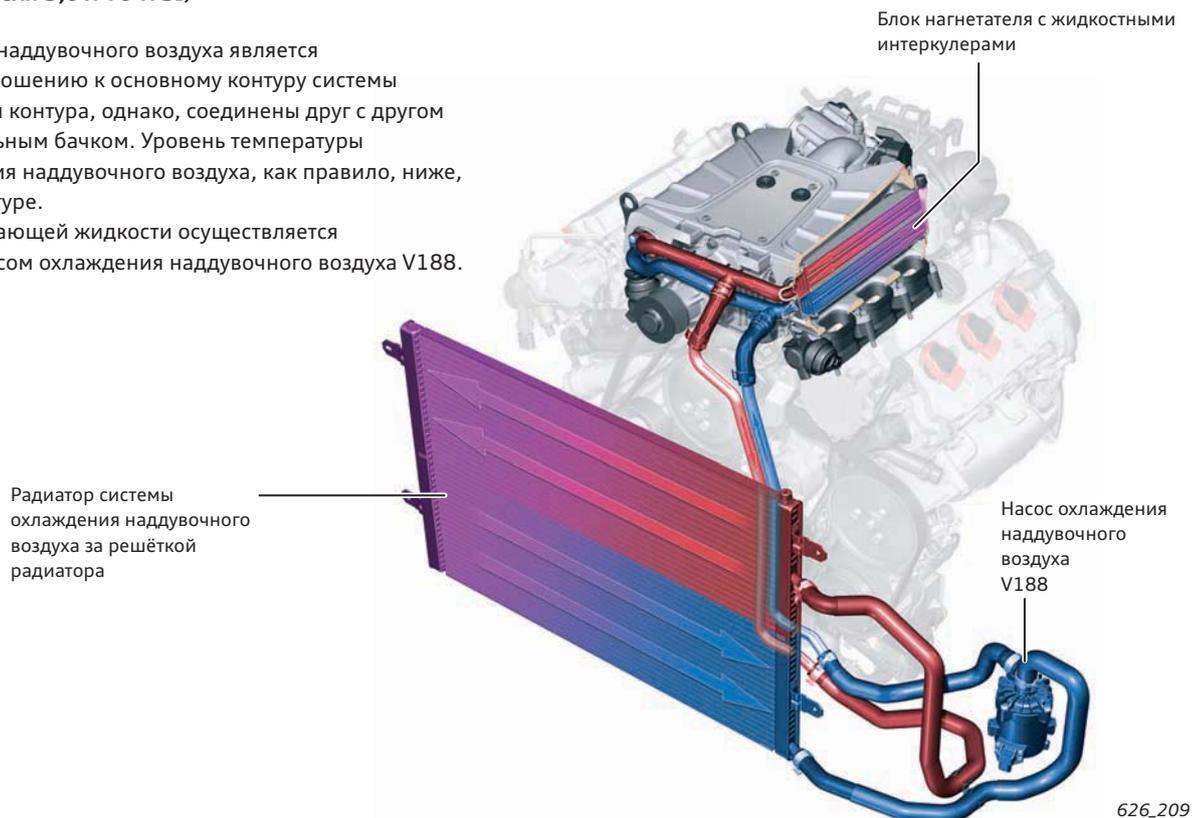
Нагретый в турбонагнетателе наддувочный воздух пропускается через радиатор, где отдаёт своё тепло алюминиевым пластинам. Эти пластины (и весь радиатор) обдуваются при движении набегающим потоком воздуха. Охлаждённый наддувочный воздух подаётся во впускной коллектор.



626_208

Интеркулер с жидкостным охлаждением (на примере двигателя 3,0 л V6 TFSI)

Контур охлаждения наддувочного воздуха является независимым по отношению к основному контуру системы охлаждения. Оба эти контура, однако, соединены друг с другом общим расширительным бачком. Уровень температуры в контуре охлаждения наддувочного воздуха, как правило, ниже, чем в основном контуре. Циркуляция охлаждающей жидкости осуществляется электрическим насосом охлаждения наддувочного воздуха V188.



626_209

Рециркуляция ОГ

В процессе сгорания при высоких температурах и с избытком воздуха в камерах сгорания любого ДВС образуются вредные оксиды азота. Рециркуляция ОГ позволяет существенно уменьшить их количество. Система рециркуляции ОГ направляет часть ОГ снова в цилиндры. Доля рециркулируемых ОГ различается для разных двигателей и может достигать до 20 % от общего наполнения цилиндров.

Тем самым уменьшается количество поступающего в цилиндры воздуха, что замедляет происходящие в камере сгорания химические реакции. Температура сгорания понижается, в результате чего образуется существенно меньше оксидов азота (NO_x). В зависимости от точки отбора ОГ в выпускном тракте, рециркуляция ОГ может быть внешней или внутренней.

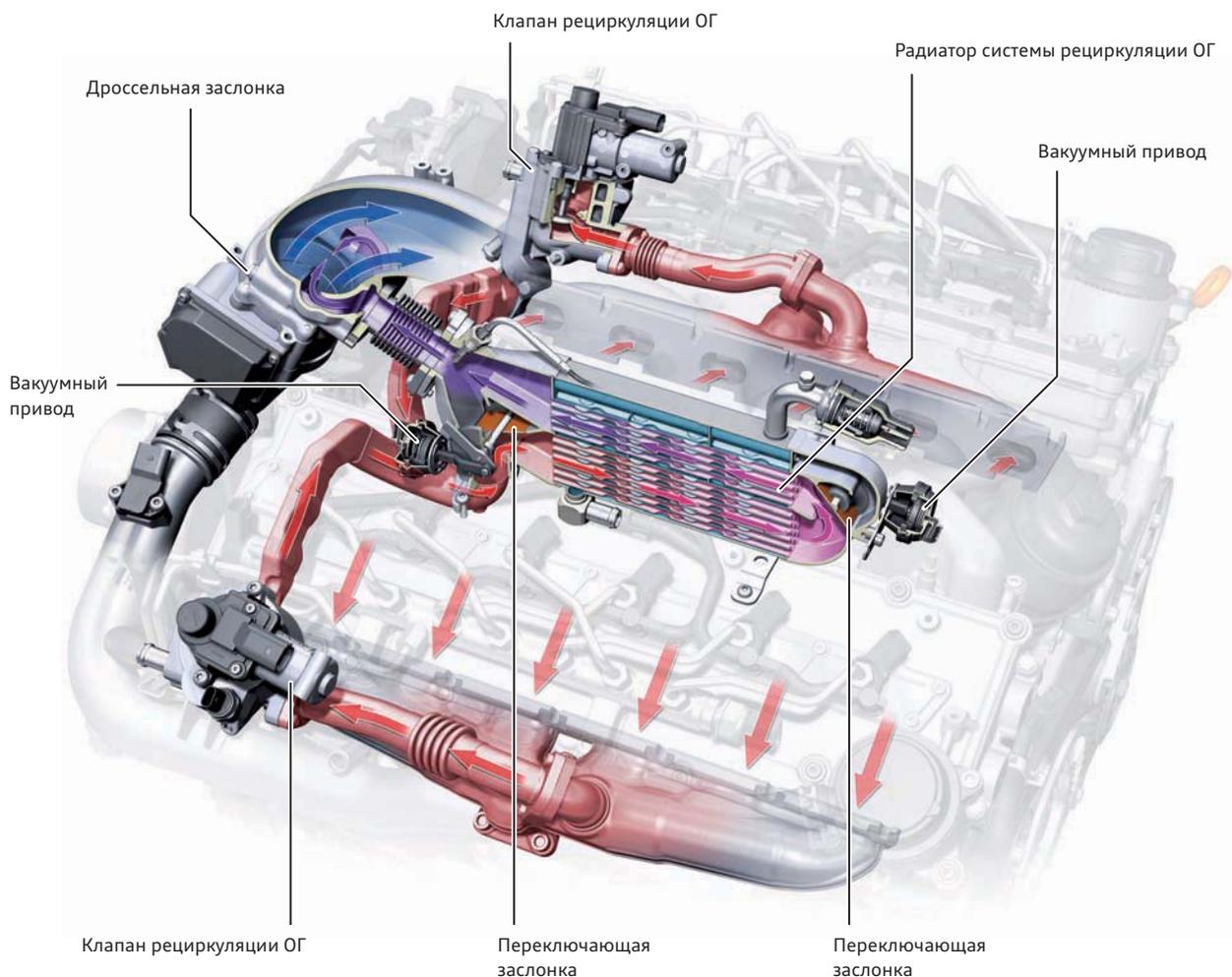
Внешняя рециркуляция ОГ

При внешней рециркуляции отработавшие газы отбираются из выпускного коллектора и по отдельному контуру подаются снова во впускной тракт (и затем в цилиндры двигателя). Чтобы ещё более уменьшить количество образующихся оксидов азота, на современных двигателях отработавшие газы при внешней рециркуляции ОГ дополнительно охлаждаются.

Для этого ОГ после отбора из выпускного коллектора пропускаются через радиатор с жидкостным охлаждением. Этот процесс контролируется системой управления двигателя. Охлаждение способствует увеличению количества ОГ, которые можно рециркулировать, и, кроме того, снижает температуру в камере сгорания.

Устройство

(на примере двигателя V12 TDI)



626_183



Считайте QR-код, чтобы увидеть внешнюю систему рециркуляции ОГ в действии.

Отключаемый радиатор системы рециркуляции ОГ

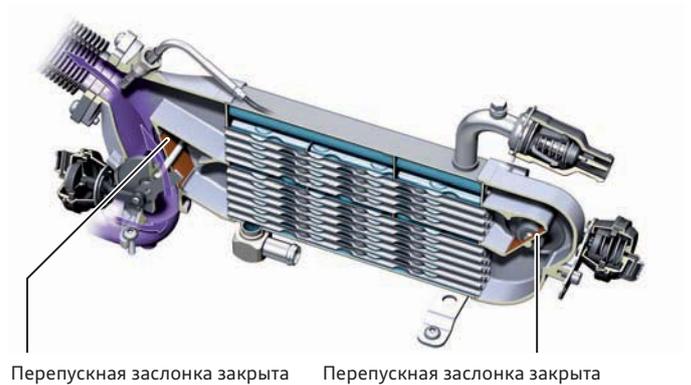
Современные двигатели оснащаются отключаемым радиатором охлаждения рециркулируемых ОГ, через который ОГ пропускаются, прежде чем снова попасть в цилиндры. Для достижения как можно более низкой температуры рециркулируемых ОГ радиатор системы рециркуляции ОГ подключён к отдельному низкотемпературному контуру охлаждения. Охлаждающая жидкость для него отбирается непосредственно на выходе из основного радиатора системы охлаждения и подаётся электрическим насосом к радиатору рециркуляции ОГ.

Радиатор рециркуляции ОГ — поток по перепускному каналу

Ступень 1 — открыт перепускной канал

- ▶ Перепускная заслонка на входе радиатора рециркуляции ОГ закрыта.
- ▶ ОГ при холодном двигателе и низких температурах воздуха проходят во впускной коллектор напрямую.

В зависимости от рабочей температуры, активное охлаждение в радиаторе рециркуляции ОГ может включаться или выключаться. Это позволяет ещё более снизить выбросы оксидов азота. На холодном двигателе горячие ОГ перед подачей в цилиндры проходят через радиатор по перепускному каналу. Это способствует ускорению прогрева нейтрализатора и охлаждающей жидкости. На иллюстрациях далее показано 3-ступенчатое регулирование в двигателе 6,0 л V12 TDI.

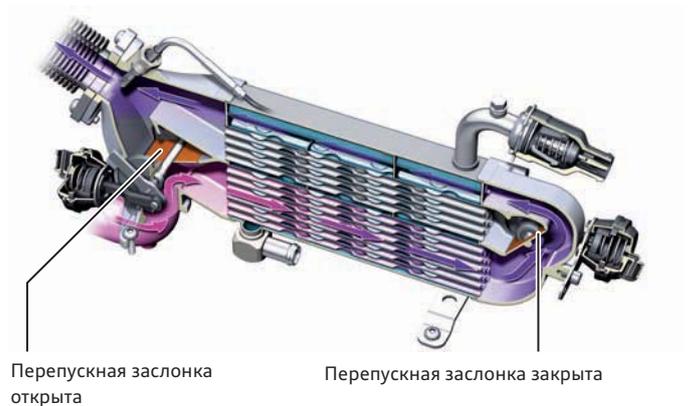


626_257

Радиатор рециркуляции ОГ — поток через половину радиатора

Ступень 2 — среднее охлаждение

- ▶ Режим охлаждения 1.
- ▶ Перепускная заслонка на входе радиатора рециркуляции ОГ открыта.
- ▶ Перепускная заслонка в радиаторе рециркуляции ОГ закрыта.
- ▶ ОГ проходят ко впускному коллектору по нижней части радиатора системы рециркуляции ОГ.

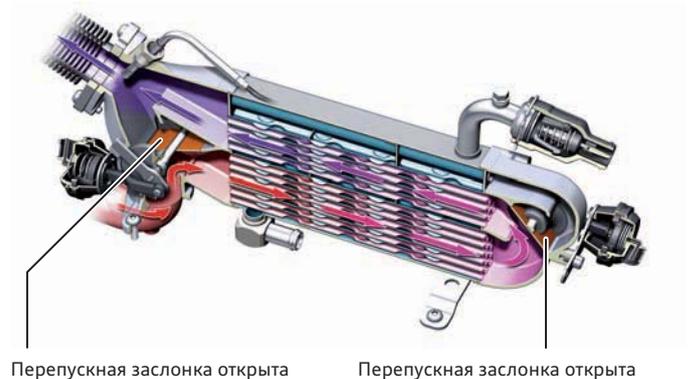


626_258

Радиатор рециркуляции ОГ — поток через весь радиатор

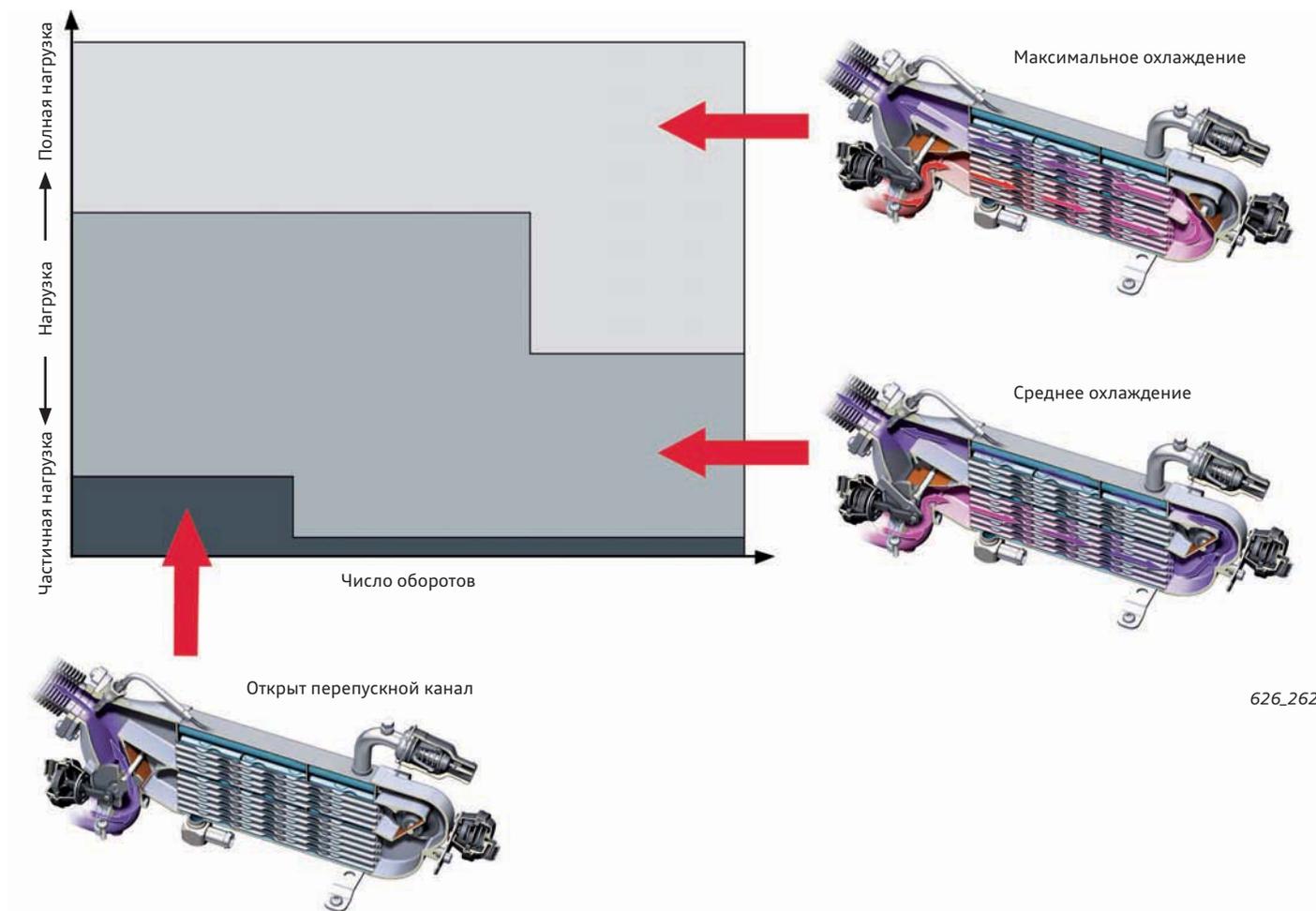
Ступень 3 — максимальное охлаждение

- ▶ Режим охлаждения 2.
- ▶ Двигатель работает с нагрузкой.
- ▶ Высокие наружные температуры.
- ▶ Перепускная заслонка на входе радиатора рециркуляции ОГ открыта.
- ▶ Перепускная заслонка в радиаторе рециркуляции ОГ открыта.
- ▶ ОГ проходят ко впускному коллектору по всем каналам радиатора системы рециркуляции ОГ.



626_259

Диаграмма работы системы внешней рециркуляции ОГ

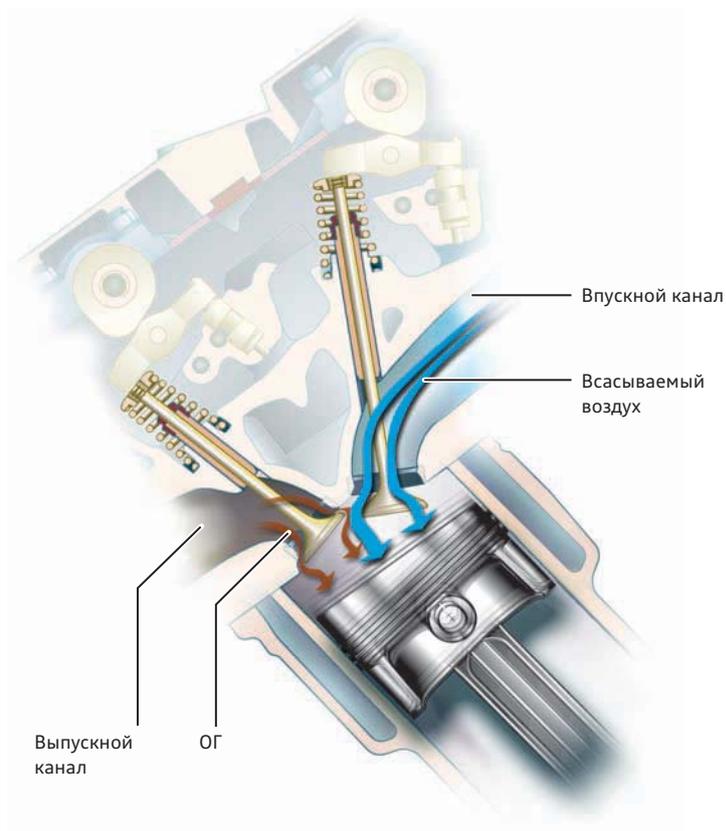


Внутренняя рециркуляция ОГ на бензиновых двигателях

При внутренней рециркуляции ОГ в цилиндры также подаются отработавшие газы для уменьшения образования и выбросов оксидов азота. Но, в отличие от внешней рециркуляции ОГ, отработавшие газы в этом случае не отводятся из выпускного тракта по отдельному каналу.

Внутренняя рециркуляция ОГ может быть реализована только на двигателях с регуляторами фаз газораспределения.

При внутренней рециркуляции ОГ часть отработавших газов засасывается обратно в цилиндр непосредственно из выпускного канала сразу же после сгорания. Для этого распределительный вал выпускных клапанов поворачивается (относительно коленчатого вала) таким образом, что выпускные клапаны закрываются несколько позже, чем обычно. В результате часть только что вышедших в выпускной канал ОГ снова всасывается в цилиндр (когда поршень начинает движение вниз) и смешивается там с поступающим в цилиндр через впускной клапан чистым воздухом и впрыскиваемым топливом.

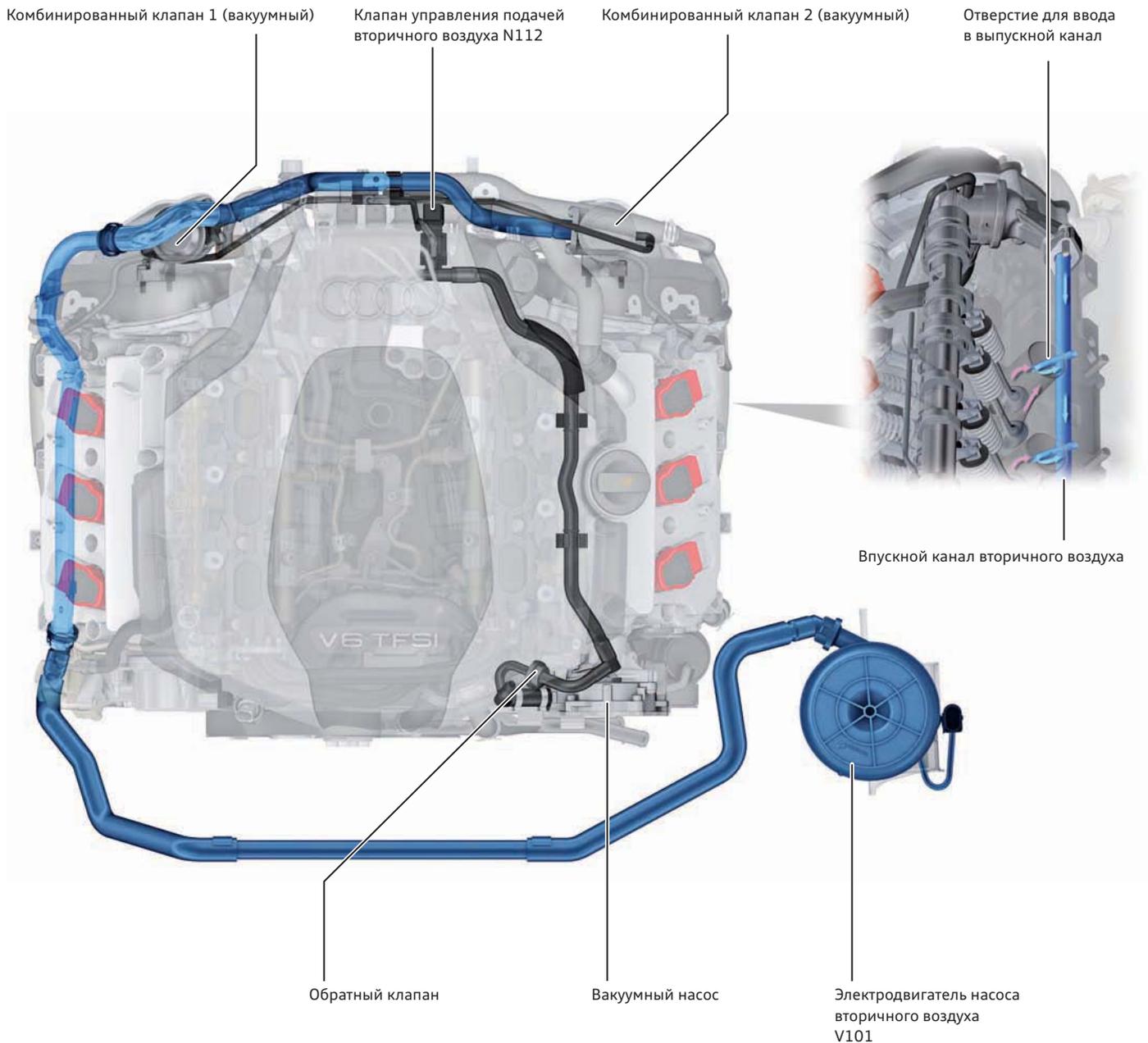


Система подачи вторичного воздуха, бензиновые двигатели

Из-за сильного обогащения рабочей смеси во время холодного пуска двигателя и при его прогреве в этих режимах работы в ОГ двигателя содержится особенно много несгоревших углеводородов.

В таких условиях каталитический нейтрализатор не может выполнять свои функции, так как:

- ▶ Нейтрализатор ещё не вышел на свою рабочую температуру.
- ▶ Для полной нейтрализации состав смеси должен быть стехиометрическим ($\lambda = 1$).



626_266

Действие

Подача воздуха в выпускной канал (так называемый вторичный воздух) обогащает ОГ кислородом, в результате чего происходит доокисление («догорание») углеводородов и монооксида азота. Выделяющееся при этом тепло дополнительно нагревает нейтрализатор и позволяет ему быстрее выйти на рабочую температуру.

Система подачи вторичного воздуха включает в себя:

- ▶ насос вторичного воздуха V101;
- ▶ 2 комбинированных клапана;
- ▶ клапан управления подачей вторичного воздуха N112.

Выпускной коллектор

Назначение выпускного коллектора состоит в том, чтобы собирать вместе отработавшие газы отдельных цилиндров и подавать их в систему выпуска ОГ. Выпускной коллектор может быть отдельным, крепящимся к двигателю болтами, встроенным в двигатель или быть частью единого блока выпускной коллектор — турбонагнетатель.

Внешний выпускной коллектор

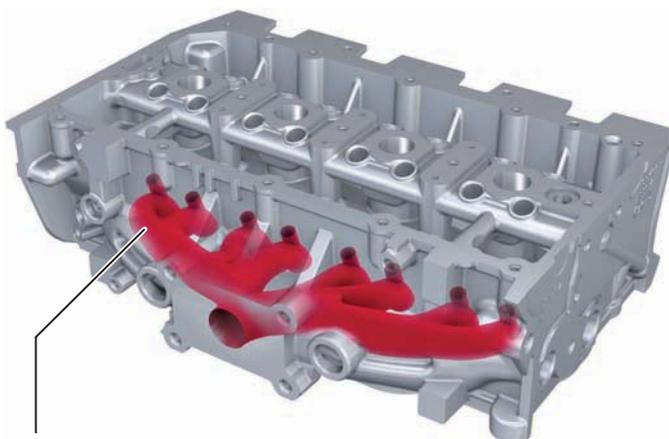
Внешний выпускной коллектор представляет собой отдельный узел, крепящийся на двигателе (блок цилиндров/ГБЦ) болтами. Недосток такого решения состоит в том, что включённый в выпускной тракт за коллектором нейтрализатор не может размещаться вплотную к двигателю. Нейтрализатор находится, таким образом, вне зоны теплового излучения двигателя и требует больше времени для выхода на рабочую температуру. Этот эффект можно в определённой степени компенсировать дополнительной воздушной изоляцией выпускного коллектора. В этом случае выпускной коллектор заключается в дополнительную металлическую оболочку. Воздух в пространстве между этой оболочкой и выпускным коллектором играет для последнего роль изолятора. В результате ОГ меньше охлаждаются в выпускном коллекторе и имеют при попадании в нейтрализатор более высокую температуру, что ускоряет прогрев нейтрализатора.



626_194

Встроенный выпускной коллектор

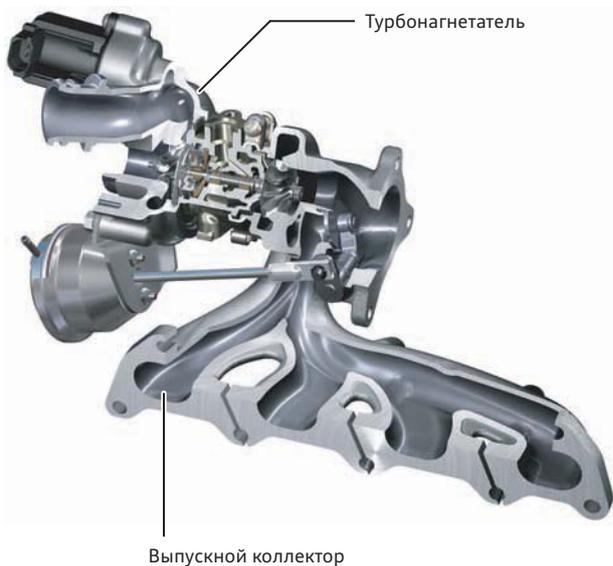
Встроенный выпускной коллектор представляет собой выпускные каналы, которые выполнены внутри ГБЦ и внутри ГБЦ же сходятся к одному центральному фланцу. Непосредственно к этому фланцу привинчивается нейтрализатор. Помимо экономии топлива и термических преимуществ, такое решение обеспечивает также уменьшение массы по сравнению с обычным выпускным коллектором.



626_204

Блок выпускной коллектор — турбонагнетатель

В этом варианте выпускной коллектор и турбонагнетатель объединены в один общий узел. Преимущества такого компактного решения: снижение массы, отказ от одного требующего герметизации стыка и уменьшение числа деталей. Существенный недостаток: при выходе из строя одного из компонентов требуется замена всего узла в сборе.



626_205

Система выпуска ОГ

Система выпуска ОГ размещается в большинстве случаев на днище автомобиля. Она состоит из многих отдельных узлов и выполняет целый ряд функций:

- ▶ Снижение пульсации давления ОГ, вырывающихся из камер сгорания, и подавление шума от них таким образом, чтобы не был превышен определённый уровень шума снаружи. Потери мощности в результате этого должны быть сведены к минимуму.
- ▶ Надёжный отвод ОГ, так чтобы они не могли попадать внутрь автомобиля, например в салон.
- ▶ Снижение содержания токсичных веществ в ОГ до предписанных уровней.
- ▶ Соблюдение требований по шумности, а также придание шуму двигателя желаемой окраски.

Устройство и принцип действия (на примере Audi TT RS с 5-цилиндровым двигателем TFSI)

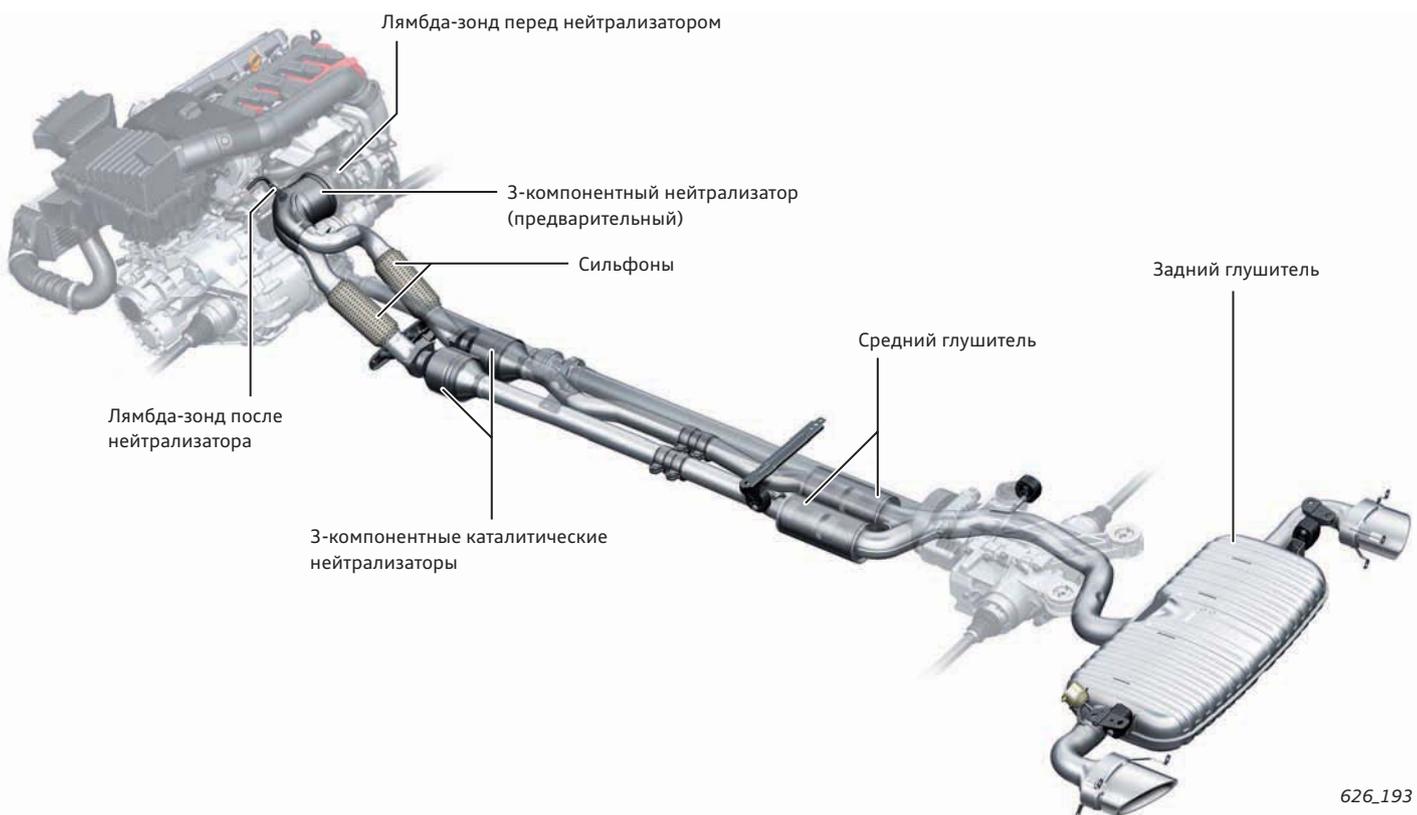
Выходящие из цилиндров отработавшие газы проходят по блоку выпускной коллектор — турбонагнетатель. Собранные теперь в один поток, они проходят сначала через нейтрализатор, отфильтровывающий частицы токсичных веществ. Расположенный очень близко к двигателю нейтрализатор после пуска быстро прогревается до своей рабочей температуры. Перед и за нейтрализатором установлены лямбда-зонды. Зонд перед нейтрализатором проверяет содержание кислорода в ОГ для определения его базового значения. Зонд за нейтрализатором также фиксирует параметры ОГ и сравнивает их с базовым значением для контроля работы нейтрализатора.

Компоненты

В состав систем выпуска могут входить следующие компоненты:

- ▶ Трубы системы выпуска ОГ.
- ▶ Выпускной коллектор:
 - ▶ внешний выпускной коллектор;
 - ▶ встроенный выпускной коллектор;
 - ▶ блок выпускной коллектор — турбонагнетатель.
- ▶ Каталитические нейтрализаторы:
 - ▶ 3-компонентный каталитический нейтрализатор для бензиновых двигателей;
 - ▶ окислительный нейтрализатор для дизельных двигателей;
 - ▶ сажевый фильтр для дизельных двигателей;
 - ▶ система нейтрализации ОГ SCR для дизельных двигателей.
- ▶ Сильфоны.
- ▶ Глушители:
 - ▶ глушитель резонансного типа;
 - ▶ глушитель поглощающего типа;
 - ▶ заслонки ОГ.

Далее ОГ проходят через гибкие элементы, так называемые сильфоны. Они предотвращают передачу вибраций двигателя в остальную часть системы выпуска ОГ и на кузов. На некоторых моделях или вариантах автомобилей в системе выпуска могут быть установлены дополнительные нейтрализаторы. В последней секции системы выпуска отработавшие газы проходят через один или несколько глушителей, которые приводят звуковую атмосферу автомобиля в соответствие с предписанными значениями. Отдельные компоненты системы выпуска соединяются стальными трубами с алюминиевым покрытием.



Каталитические нейтрализаторы

Каталитические нейтрализаторы служат для нейтрализации (уменьшения токсичности) образующихся при сгорании топлива газов. Задача нейтрализатора при этом — преобразовать содержащиеся в ОГ токсичные вещества в безвредные, полностью или частично. На разных двигателях для этого могут использоваться разные системы.

3-компонентный каталитический нейтрализатор для бензиновых двигателей

На бензиновых двигателях для нейтрализации ОГ применяются так называемые 3-компонентные нейтрализаторы, которые могут одновременно преобразовывать 3 разных типа токсичных соединений. Управляет нейтрализацией блок управления двигателя, который получает от лямбда-зонда информацию о содержании кислорода в ОГ и настраивает по ней стехиометрическое соотношение рабочей смеси ($\lambda = 1$).

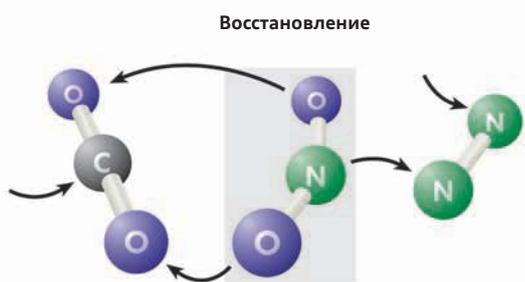
Очищающее действие нейтрализатора может проявляться только начиная с момента достижения им температуры прим. 300 °С, то есть после холодного пуска нейтрализатору требуется некоторое время для прогрева. Чтобы сократить это время и начать нейтрализацию ОГ быстрее, в современных системах выпуска ОГ устанавливаются предварительные нейтрализаторы. Эти предварительные нейтрализаторы, как правило, меньше размером и размещаются очень близко к выпускному коллектору, за счёт чего быстрее прогреваются до рабочей температуры.

Процесс каталитической нейтрализации

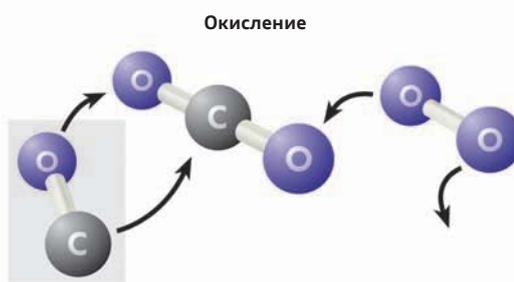
В основе процесса каталитической нейтрализации лежат два типа химических реакций:

Химическая реакция	Характеристика
Восстановление	В ходе реакций восстановления из компонентов ОГ выделяется кислород.
Окисление	В ходе реакций окисления компоненты ОГ соединяются (реагируют) с кислородом.

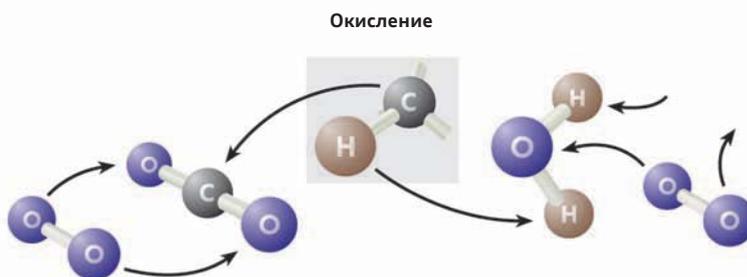
С помощью химических реакций этих двух типов 3-компонентный нейтрализатор одновременно преобразует 3 разных вида соединений следующим образом:



Оксиды азота NO_x восстанавливаются до диоксида углерода CO_2 и азота N_2 .



Монооксид углерода CO окисляется до диоксида углерода CO_2 .



Углеводород HC окисляется до диоксида углерода CO_2 и воды H_2O .

Каталитические нейтрализаторы для дизельных двигателей

Дизельные двигатели работают с избытком кислорода в топливо-воздушной смеси ($\lambda > 1$), что означает высокое содержание кислорода в ОГ. По этой причине для работы нейтрализатора не требуется регулирование содержания кислорода с помощью лямбда-зондов.

С целью преобразования различных токсичных соединений в дизельных двигателях используется несколько нейтрализаторов, выполняющих разные функции.

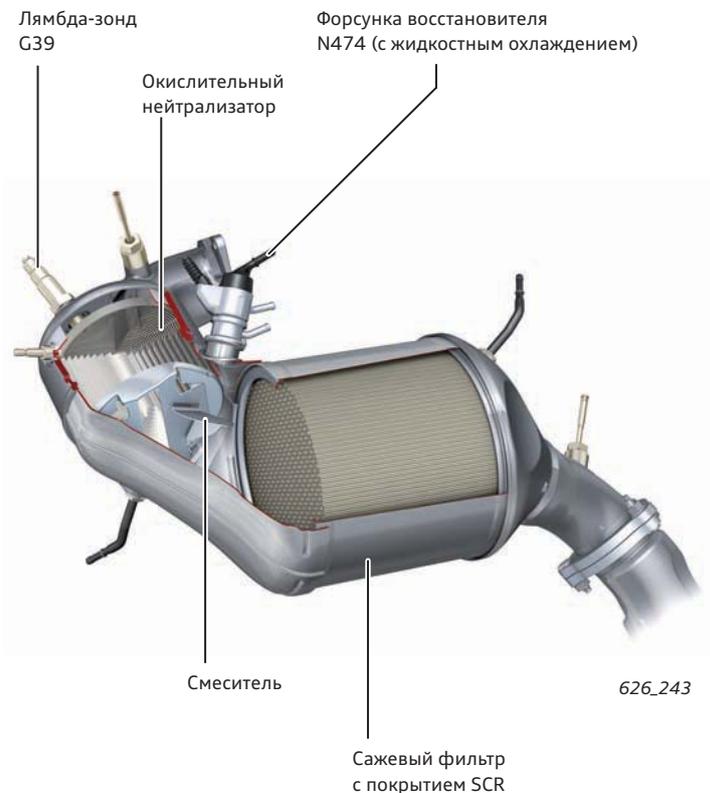
Окислительный нейтрализатор

Окислительный нейтрализатор использует для своей работы высокое содержание кислорода в ОГ. При этом данный нейтрализатор может преобразовывать только те составляющие ОГ, которые могут подвергаться окислению. Реакции окисления протекают в этом случае так же, как и в 3-компонентном нейтрализаторе. Ввиду низкой температуры ОГ, окислительные нейтрализаторы для дизельных двигателей устанавливаются, как правило, в непосредственной близости от выпускного коллектора. В качестве активного катализатора в нейтрализаторе используются платина и палладий.

Сажевый фильтр

Сажевый фильтр устанавливается в выпускном тракте за окислительным нейтрализатором и служит для улавливания из ОГ сажевых частиц. Чтобы сажевый фильтр не забивался частицами сажи и не терял своих качеств, его нужно регулярно регенерировать. В ходе такой регенерации частицы сажи путём химической реакции с диоксидом азота превращаются в диоксид углерода (окисляются).

Регенерация сажевого фильтра происходит на следующих ступенях:



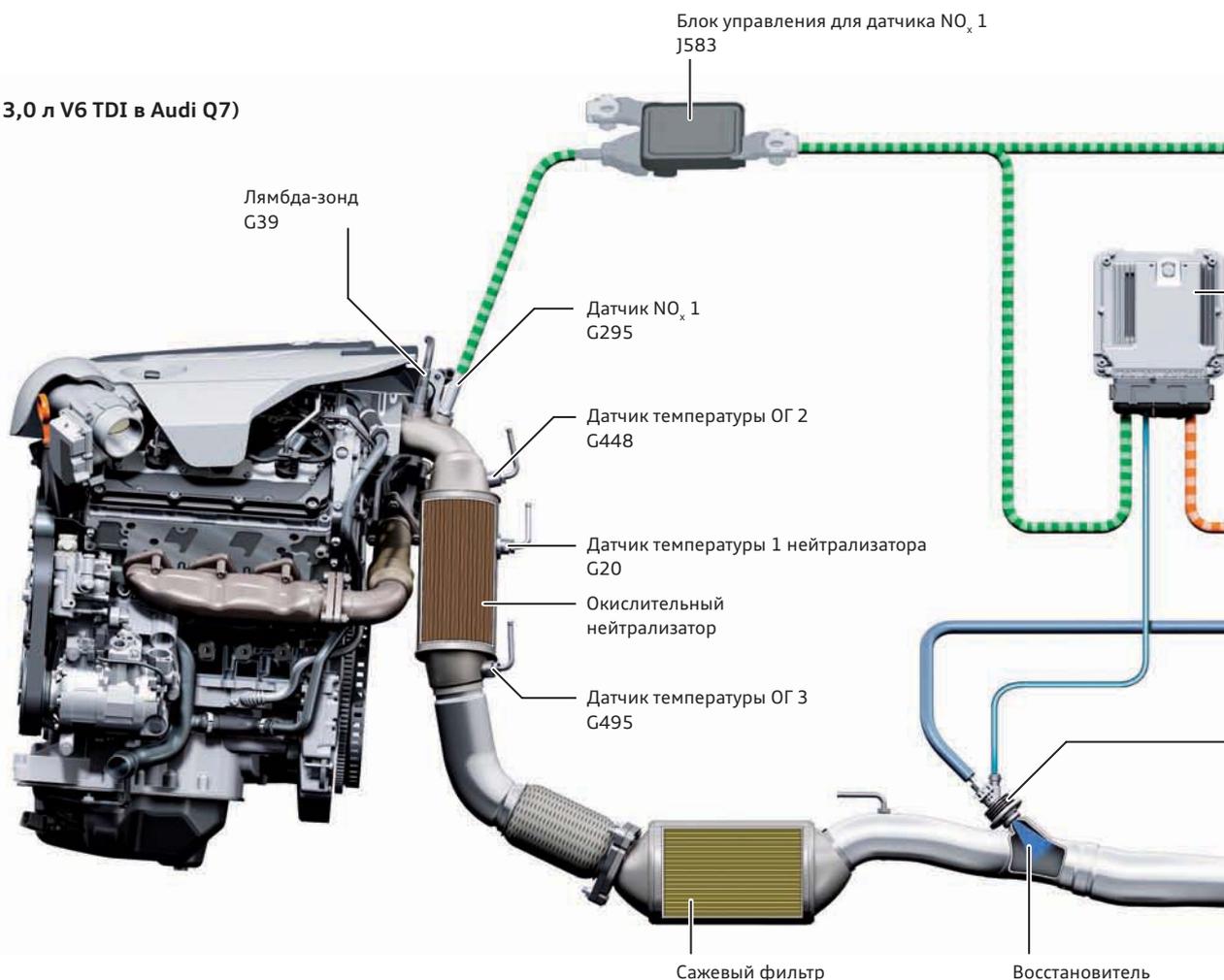
Ступень регенерации	Устройство
Пассивная регенерация	При пассивной регенерации частицы сажи периодически сжигаются «сами», то есть без активных действий со стороны системы управления двигателем. Это происходит преимущественно тогда, когда двигатель работает с высокой нагрузкой (например, при движении по скоростной магистрали) при температурах ОГ 350–500 °С.
Активная регенерация	При частом использовании автомобиля в городских условиях температуры ОГ оказываются слишком низкими для пассивной регенерации. Сажевый фильтр в этом случае постепенно заполняется. Когда в фильтре накапливается определённое количество сажи, система управления двигателем запускает процедуру активной регенерации. Для этого температура ОГ специально поднимается до 750 °С, в результате чего скопившиеся в фильтре частицы сажи надёжно сгорают.
Регенерация в ходе специальной регенерационной поездки, выполняемой клиентом	При использовании автомобиля исключительно для очень коротких поездок ОГ никогда не достигают температуры, необходимой для регенерации сажевого фильтра. Когда заполнение фильтра сажей превышает определённое граничное значение, контрольная лампа в комбинации приборов информирует водителя о том, что ему необходимо выполнить специальную регенерационную поездку. В ходе такой поездки автомобиль должен в течение короткого промежутка времени ехать с повышенной скоростью, чтобы температура ОГ поднялась на достаточно высокий уровень и стала возможной регенерация сажевого фильтра.
Регенерация в условиях сервиса	Если регенерационная поездка не будет выполнена надлежащим образом и освободить фильтр от накопившейся сажи не удастся, то необходимо обратиться на сервисное предприятие для выполнения на нём сервисной регенерации. Водитель в этом случае предупреждается контрольными лампами или сообщениями в комбинации приборов о том, что ему необходимо обратиться на сервисное предприятие.

Система селективной каталитической нейтрализации SCR (Selective Catalytic Reduction)

Она является частью более общей системы нейтрализации ОГ. В ней оксиды азота, не обрабатываемые окислительным нейтрализатором и сажевым фильтром, с помощью восстановительного (DeNO_x) нейтрализатора и реагента-восстановителя связываются и восстанавливаются до азота и воды.

Устройство

(на примере двигателя 3,0 л V6 TDI в Audi Q7)



В качестве реагента используется очень чистый, прозрачный водный раствор мочевины 32,5 %, распространяемый в Европе под маркой AdBlue®, а в США под наименованием Diesel Exhaust Fluid AdBlue®.

Действие

Через несколько минут после пуска двигателя восстановительный (DeNO_x) нейтрализатор прогревается до рабочей температуры 180 °С. По получении блоком управления двигателя J623 этой информации от датчика температуры ОГ 4 G648 перед восстановительным нейтрализатором система может начинать впрыск (дозирование) восстановителя. На отрезке от форсунки N474 до восстановительного нейтрализатора и внутри него происходят различные химические реакции.

При впрыскивании восстановителя в горячий поток газов сначала из него испаряется вода. После этого происходит реакция термоллиза, в ходе которой мочевина в реагенте разлагается на изоциановую кислоту и аммиак.

Аммиак задерживается в восстановительном нейтрализаторе и вступает с монооксидом азота (NO) и диоксидом азота (NO₂) из потока ОГ в химическую реакцию, продуктами которой являются азот (N₂) и вода (H₂O).

При наличии горячих поверхностей изоциановая кислота может подвергаться гидролизу и в результате преобразовываться в диоксид углерода и ещё одну молекулу аммиака.

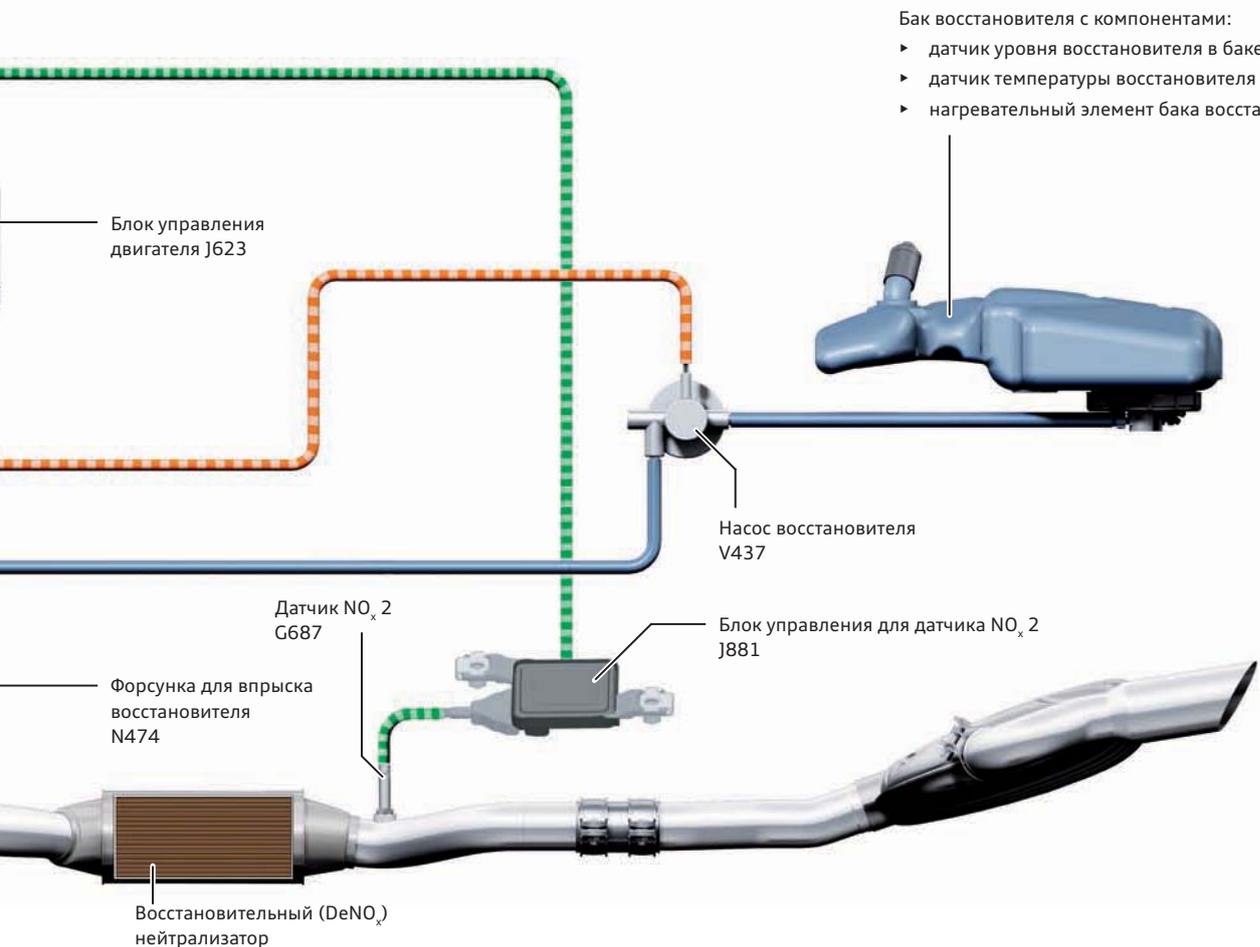
Необходимая для этой реакции вода имеется в потоке ОГ как один из продуктов сгорания топлива в цилиндрах двигателя. В результате этих процессов из одной молекулы мочевины могут быть получены и использованы в дальнейших реакциях в восстановительном нейтрализаторе две молекулы аммиака.

Термоллиз = реакция разложения химических соединений при нагревании.

Гидролиз = реакция разложения химических соединений при взаимодействии с водой.



Считайте QR-код, чтобы увидеть внешнюю систему нейтрализации ОГ SCR в действии.



626_210



626_212

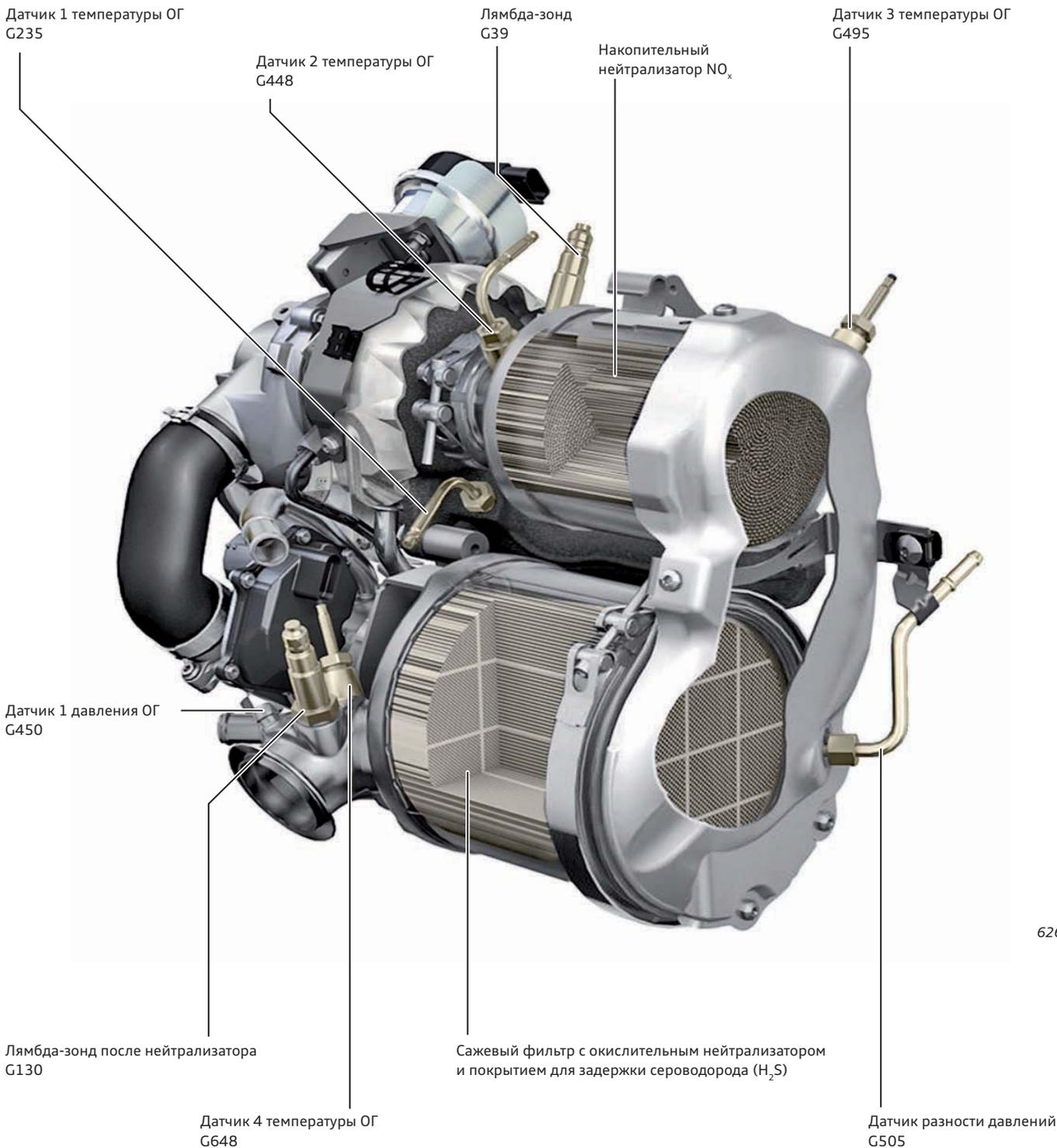


626_213

Модуль нейтрализации ОГ для дизельных двигателей

На некоторых дизельных двигателях используется так называемый модуль нейтрализации ОГ. Этот модуль объединяет в одном узле окислительный нейтрализатор и сажевый фильтр так, что оба эти компонента могут быть установлены в непосредственной близости от двигателя. В результате модуль нейтрализации ОГ может быстрее нагреться до своей рабочей температуры. Для накопления оксидов азота из ОГ окислительный нейтрализатор выполняется как накопительный катализатор NO_x .

Управление накоплением и регенерацией оксидов азота в накопительном нейтрализаторе NO_x осуществляется с помощью математической модели в блоке управления двигателя. В качестве параметров этой модели используются данные от датчиков температуры и лямбда-зондов. Сажевый фильтр выполняет также функцию нейтрализатора для сероводорода (H_2S), образующегося при удалении серы из накопительного нейтрализатора NO_x . Для этого в сажевом фильтре имеется покрытие из металлического оксида.

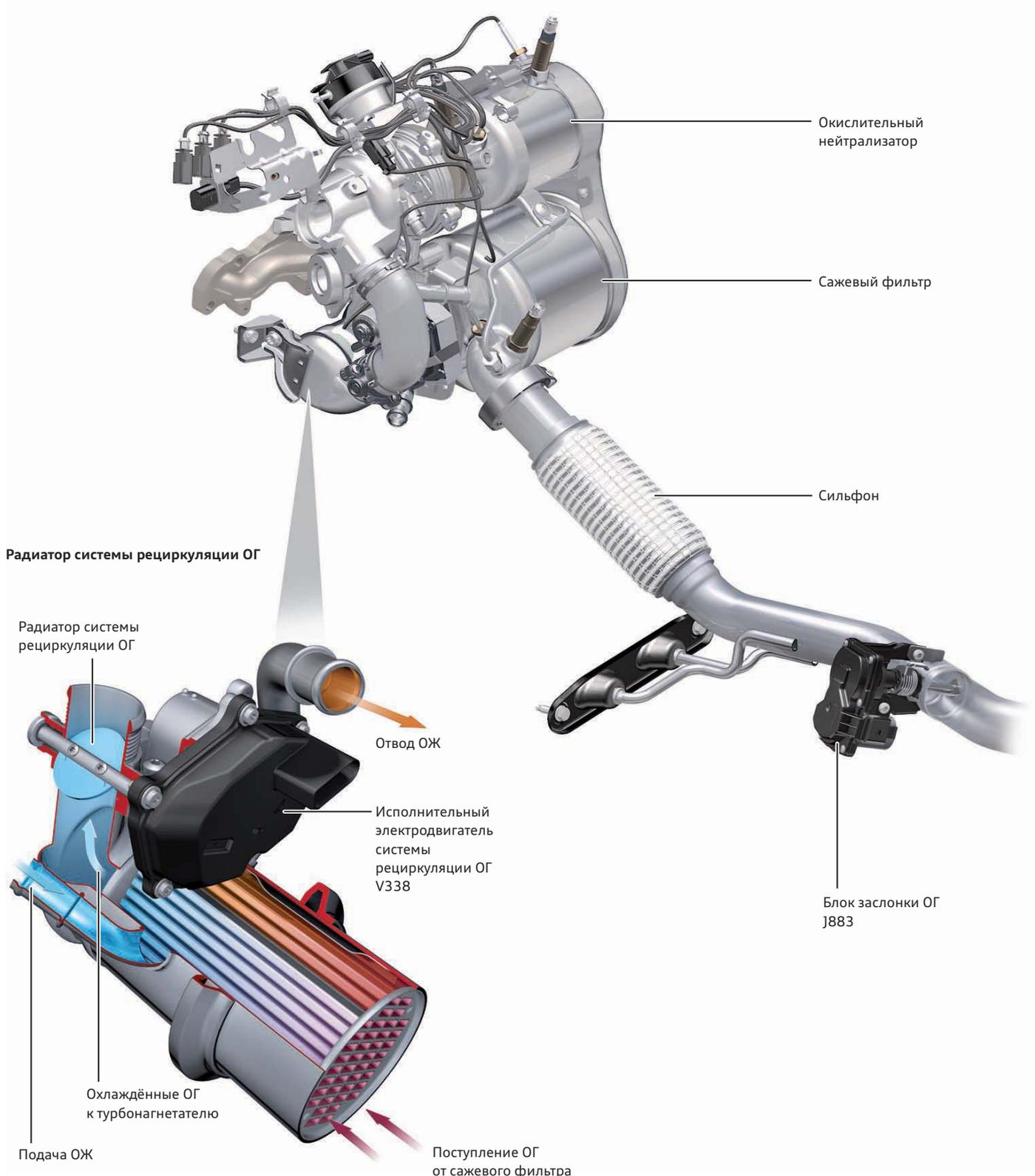


Двигатели, соответствующие экологическому классу Евро 6, без системы SCR

Чтоб систему рециркуляции ОГ низкого давления можно было использовать во всём диапазоне режимов, весь поток ОГ из сажевого фильтра определённым образом дросселируется с заслонки ОГ с электроприводом. В результате давление ОГ за сажевым фильтром прим. на 30–40 мбар превышает давление за заслонкой ОГ.

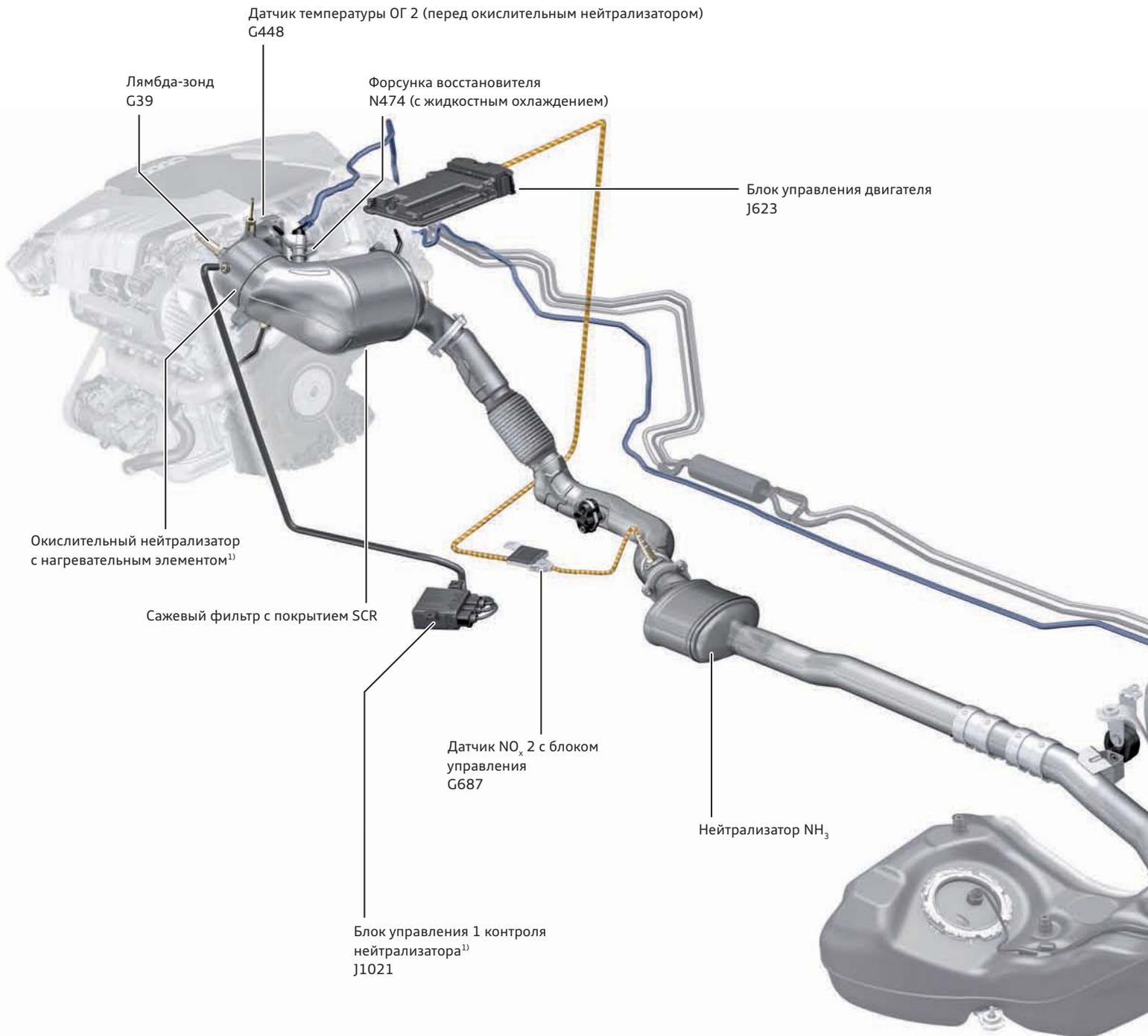
Это избыточное давление создаёт положительную разницу давлений как в радиаторе, так и в находящемся за ним клапане рециркуляции ОГ. Количество рециркулируемых ОГ регулируется клапаном рециркуляции ОГ.

Общая схема системы



Устройство

(на примере двигателя 3,0 л V6 TDI в Audi A8, модель 4H)



Компоненты

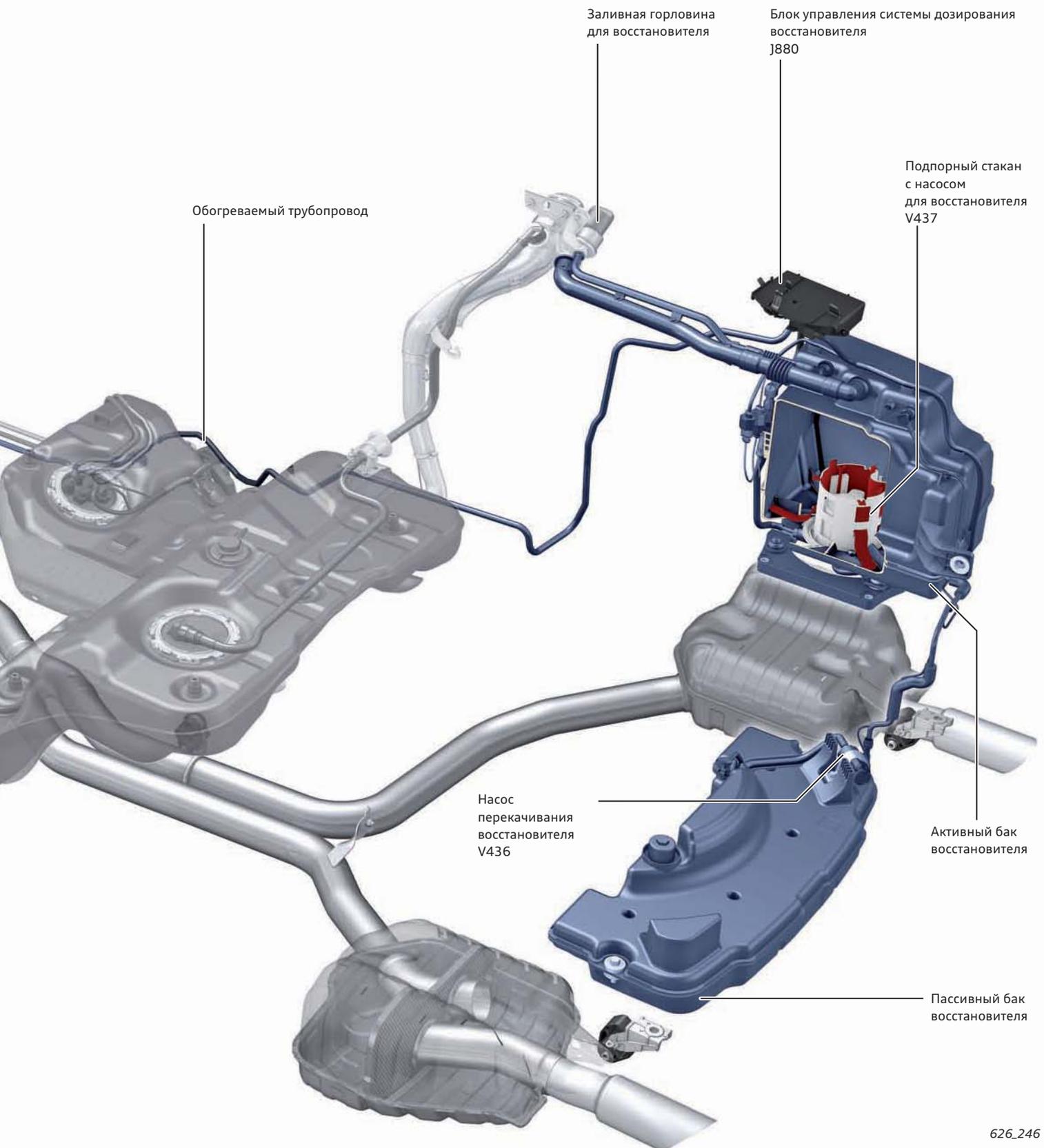
Система нейтрализации ОГ состоит из системы бака восстановителя с форсункой для впрыска восстановителя с жидкостным охлаждением, расположенного вплотную к двигателю обогреваемого нейтрализатора¹⁾, сажевого фильтра с покрытием SCR и нейтрализатора NH₃ перед основными глушителями.

В выпускном тракте установлен ряд датчиков температуры (до и после турбоагнетателя, окислительного нейтрализатора и сажевого фильтра), а также лямбда-зонд и датчик NO_x. Эти датчики помогают контролировать ход процесса нейтрализации ОГ.

¹⁾ Устанавливается только на отдельных моделях автомобилей.

После того как вредные выбросы и расход топлива были снижены за счёт мер по уменьшению внутреннего трения в двигателе, система нейтрализации ОГ позволяет свести токсичность ОГ к минимуму.

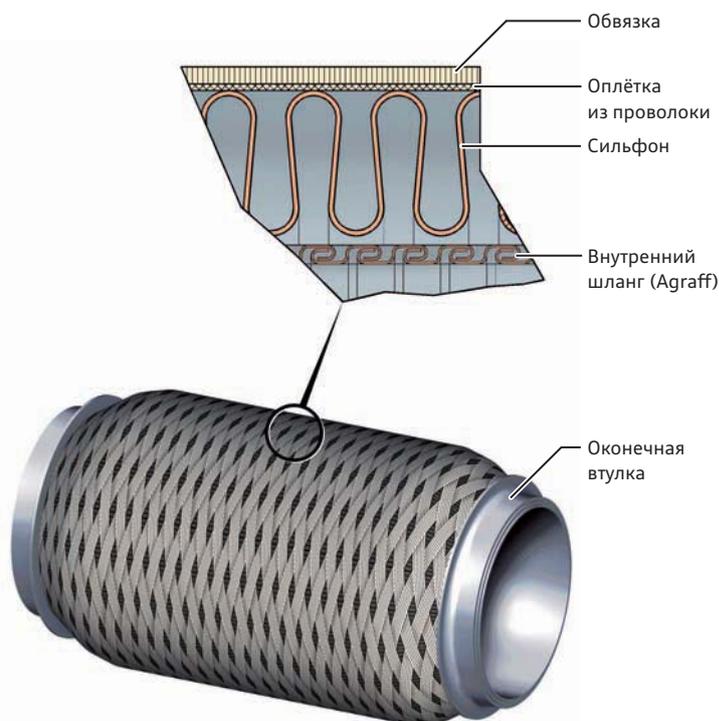
Для соблюдения предельных значений Евро 6, помимо уже известного восстановителя AdBlue®, предусматриваются также новые компоненты, датчики и исполнительные механизмы, позволяющие уменьшить содержание оксидов азота в отработавших газах.



Сильфон

С жёсткой системой выпуска ОГ без сильфонов колебания и вибрации двигателя передавались бы в систему вплоть до концевой трубы. Это приводило бы к возникновению нежелательных шумов. Кроме того, сильно нагруженные соединения частей системы с выпускной трубой могли бы достаточно быстро разрушиться. Сильфон позволяет предотвратить не только большие перемещения системы выпуска ОГ, но и малые по амплитуде вибрации двигателя. Без такой развязки колебания передавались бы в виде акустических импульсов в салон автомобиля и вследствие большого резонансного объёма даже усиливались бы.

При замене системы выпуска необходимо соблюдать указания по установке в соответствующем руководстве по ремонту. Ненадлежащее обращение или установка могут привести к повреждениям сильфона, которые вскоре снова приведут к выходу из строя. Поэтому больших углов изгиба сильфона (гибкого трубчатого соединителя) на выпускной трубе необходимо избегать.

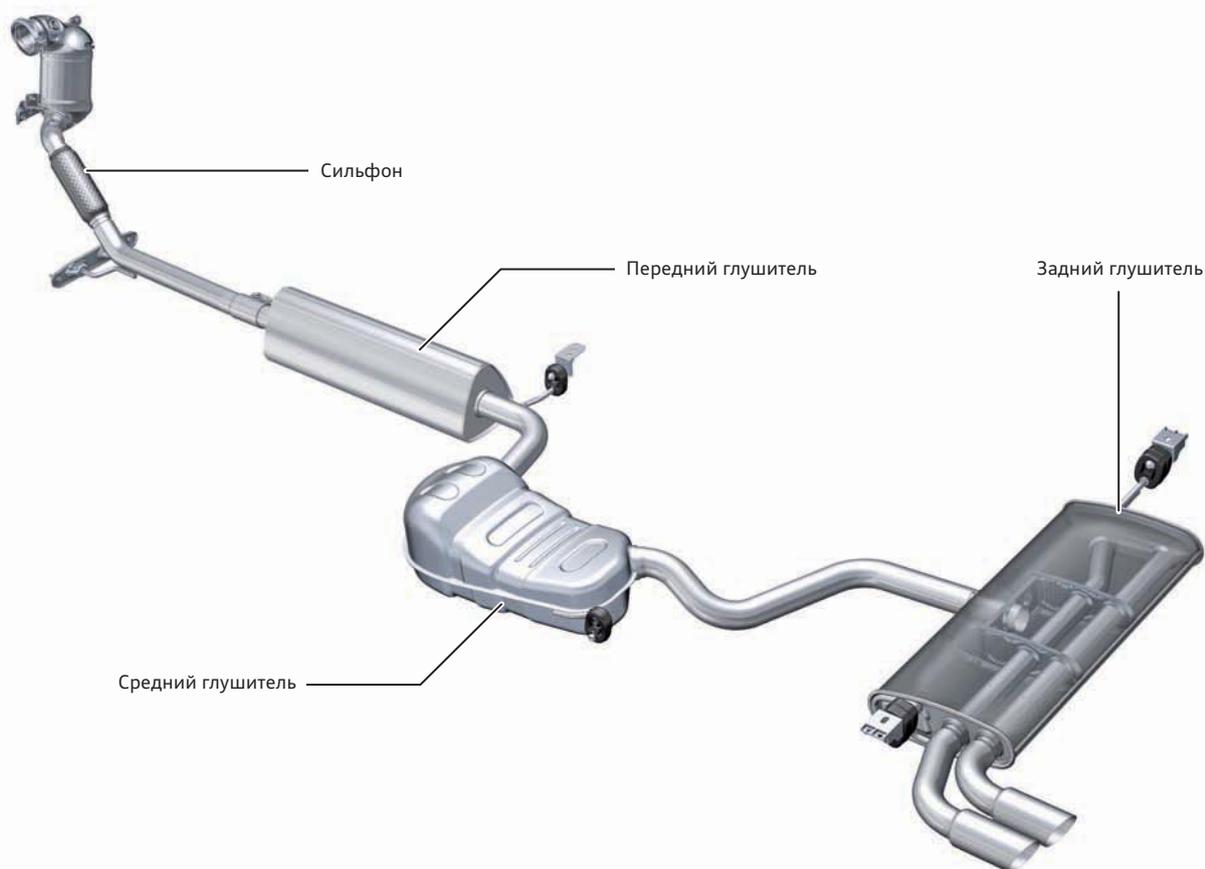


626_218

Глушители

В задней и средней частях системы выпуска ОГ устанавливается один или несколько глушителей. Глушители служат для уменьшения шума выпуска ОГ. На разных автомобилях могут применяться глушители различных типов. Различия в форме и во внутренней конструкции объясняются адаптацией глушителя к специфической звуковой картине того или иного двигателя.

На более мощных двигателях системы выпуска ОГ часто являются двухпоточными, а значит, имеют удвоенное число глушителей. Толщину стенок глушителей с учётом облегчённой конструкции удалось оптимизировать без снижения коррозионной стойкости благодаря высококачественной нержавеющей стали.



626_219

Глушитель резонансного типа

Внутри глушитель разделён на несколько камер (как правило, на четыре камеры), чтобы использовать для погашения звуковых волн эффект их отражения. Прохождение звуковых волн по многим путям различной длины приводит к размыванию пиков колебаний и тем самым к уменьшению их эффективной амплитуды.

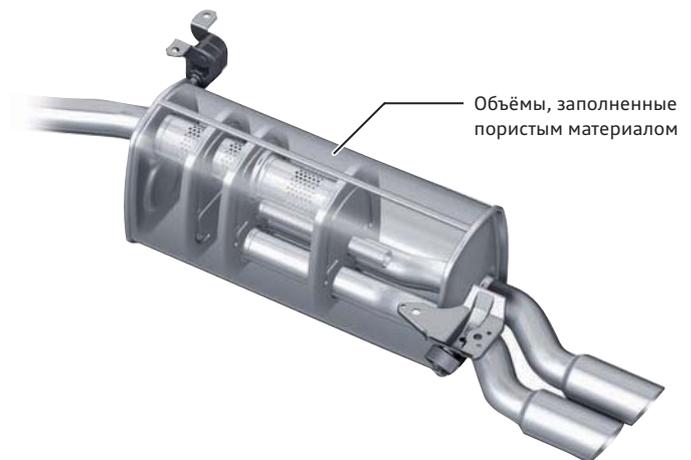
Отражение звуковых волн в глушителе обеспечивается с помощью дополнительных стенок, а также расширений и сужений акустического канала. При этом, однако, в зависимости от конкретной конструкции увеличивается противодавление ОГ. За счёт отражения волн в глушителе уменьшается в основном интенсивность низких частот.



626_220

Глушители поглощающего типа

В камере глушителя поглощающего типа содержится пористый наполнитель (обычно это стекловолокно, стекловата или минеральная вата), который частично поглощает энергию звуковых колебаний, т. е. преобразует её в тепло. Эффект поглощения усиливается за счёт многократного отражения звуковых волн. Благодаря этому, шум выпуска ОГ можно уменьшить на 50 дБ(А), что соответствует снижению звукового давления в 300 раз. За счёт поглощения энергии звуковых волн в глушителе приглушаются в основном высокие частоты. Как правило, в системе выпуска ОГ комбинируются оба способа уменьшения шума выпуска. При этом различные способы поглощения могут быть реализованы в разных глушителях (напр., среднем и заднем) или быть объединены в одном комбинированном глушителе. Так можно покрыть наиболее широкий спектр частот.



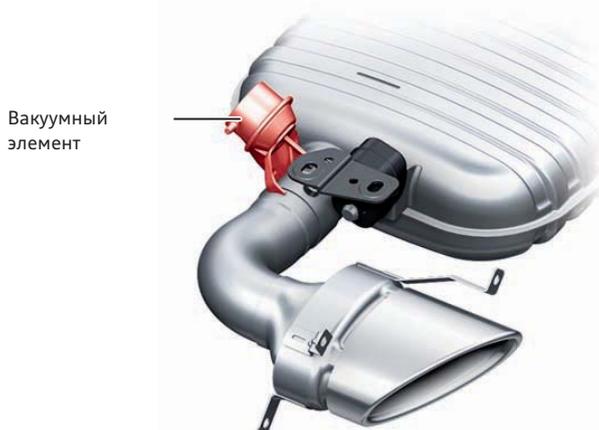
626_221

Поворотная заслонка ОГ

Автомобиль должен соответствовать всем требованиям по шумности. Это достигается введением в конструкцию переключающих элементов в виде заслонок ОГ. В концевых секциях труб за некоторыми задними глушителями устанавливаются заслонки ОГ, влияющие на уровень шумов.

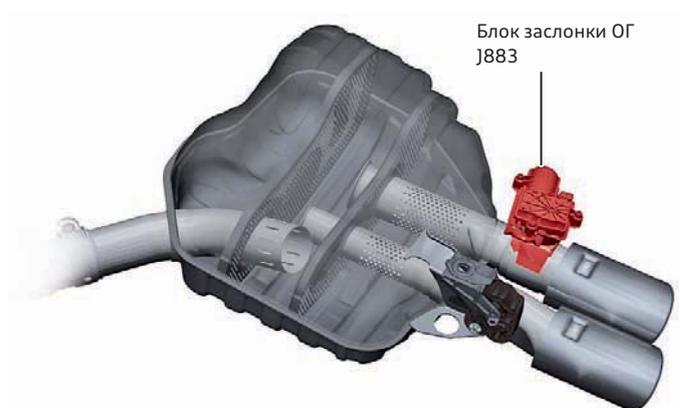
На автомобилях Audi заслонки ОГ перемещаются пневматически (вакуумным элементом) или электрически (исполнительным электроприводом). Открытие и закрывание рассчитывается блоком управления двигателя на базе сохранённой в нём характеристики.

Пневматический привод



626_222

Электрический привод



626_223

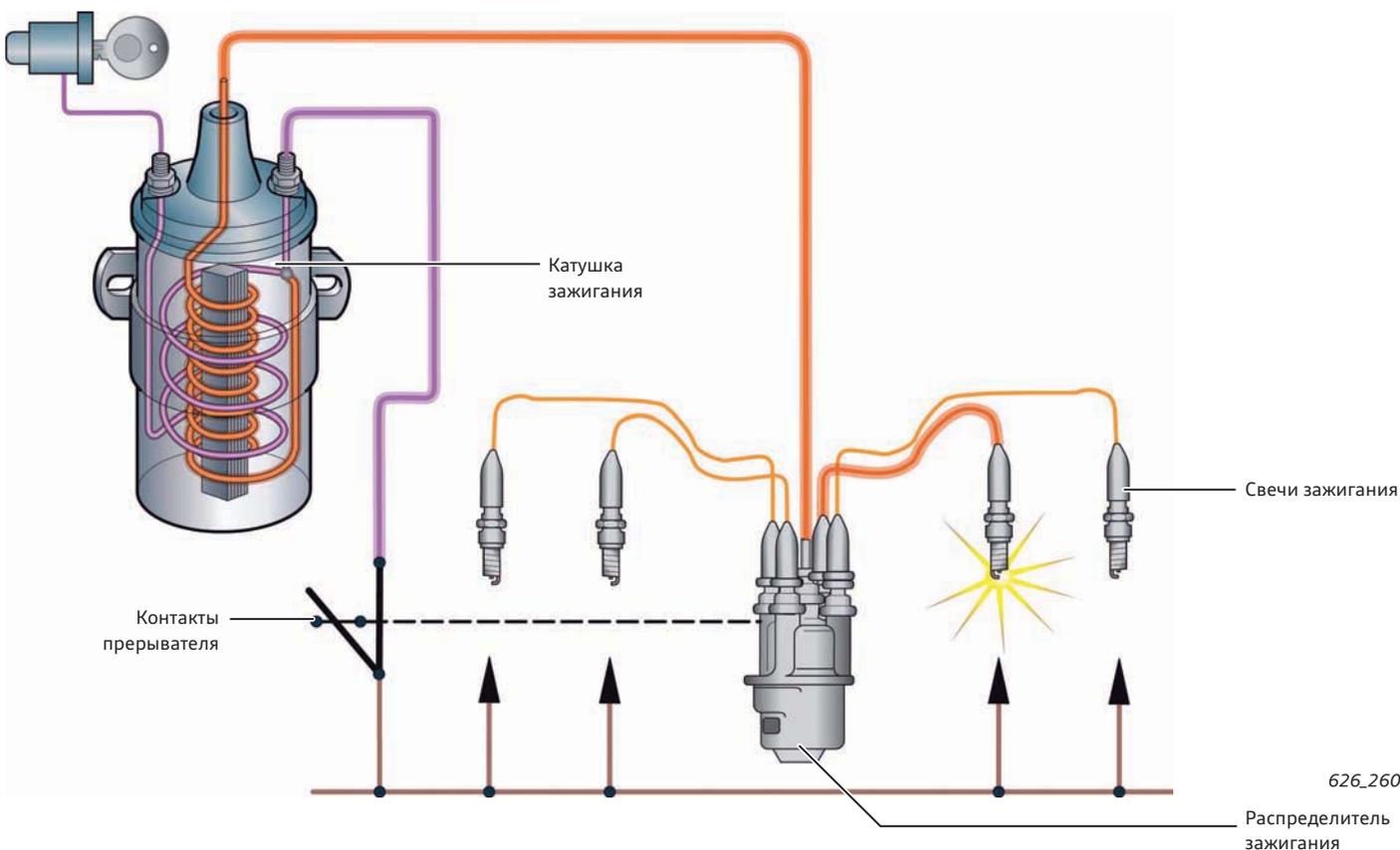
Система зажигания

Бензиновым двигателям, использующим принудительное воспламенение топливо-воздушной смеси, требуется для этого отдельная система зажигания. Системы зажигания автомобильных двигателей претерпели быстрое развитие. Строгие экологические нормы и связанная с ними необходимость снижения токсичности ОГ потребовали более точных систем.

В своей основе система зажигания состоит из следующих узлов:

Узел	Назначение и принцип действия
Катушка зажигания	Состоит из толстой первичной и тонкой вторичной обмоток, намотанных на сердечник из ламинированных железных пластин. Катушка зажигания преобразует низкое напряжение бортовой сети (как правило, 12 В) в высокое (несколько тысяч вольт), необходимое для надёжного пробоя воздушного зазора между электродами свечи зажигания.
Распределитель зажигания	Распределитель зажигания выполняет несколько функций. Он распределяет импульсы высокого напряжения по отдельным цилиндрам, а также содержит контакты прерывателя, конденсатор и центробежный/вакуумный регулятор опережения зажигания.
Высоковольтные провода и свечи зажигания	Высоковольтные провода представляют собой специальные провода, способные передавать напряжение в несколько тысяч вольт к отдельным свечам зажигания или между распределителем зажигания и катушкой зажигания (вывод № 4). Свечи зажигания вворачиваются в головку блока цилиндров и служат для поджигания сжатой в камере сгорания топливо-воздушной смеси искрой, образующейся между их электродами.
Контакты прерывателя	Контакты прерывателя служат для создания или прерывания в необходимый момент тока в первичной обмотке катушки зажигания. На старых системах зажигания контакты размыкаются посредством вращающегося на валу распределителя зажигания кулачка.
Конденсатор	Конденсатор предназначен для предотвращения появления электрической дуги между контактами прерывателя при их размыкании и увеличения за счёт этого срока службы контактов.

Устройство



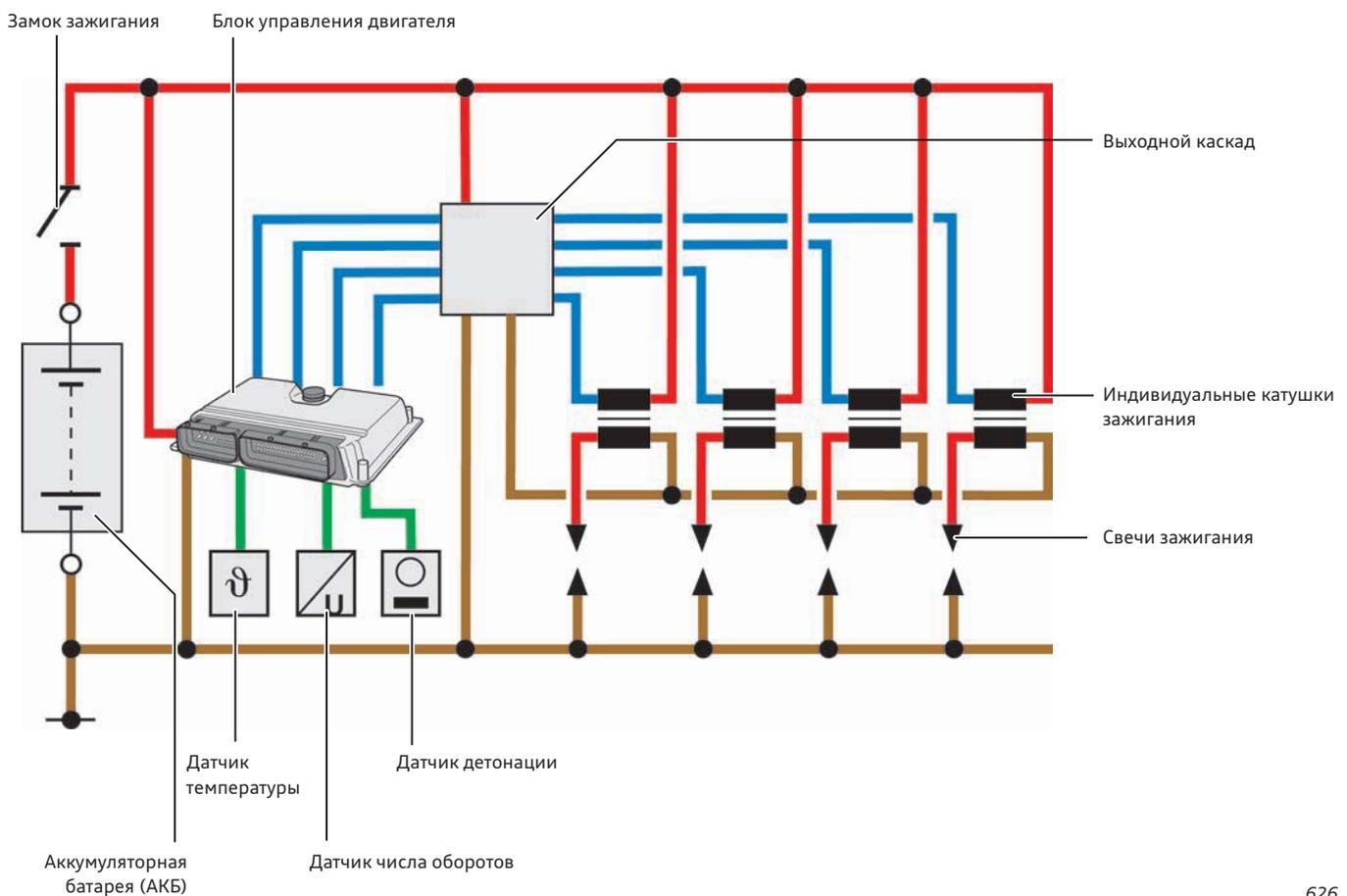
Полностью электронная система зажигания

В современных автомобилях используются полностью электронные системы зажигания. В такой системе зажигания нет подвижных частей и вращающегося распределителя, распределяющего искру зажигания по отдельным свечам.

Оптимальный момент зажигания рассчитывается блоком управления двигателя, в большинстве случаев управляющим также впрыском топлива, по сохранённой в нём 3D-характеристике на основании сигналов от следующих датчиков:

- ▶ числа оборотов двигателя;
- ▶ нагрузки на двигатель;
- ▶ температуры двигателя;
- ▶ детонации (в соответствующих случаях).

Эта характеристика оптимизирована для высокой мощности, малого расхода топлива и низких выбросов токсичных веществ. На случай выхода одного из датчиков из строя предусмотрена аварийная программа. Обычно каждый цилиндр оснащается отдельной катушкой зажигания, которая установлена непосредственно на свече зажигания и управляется блоком управления.



626_261

Преимущества:

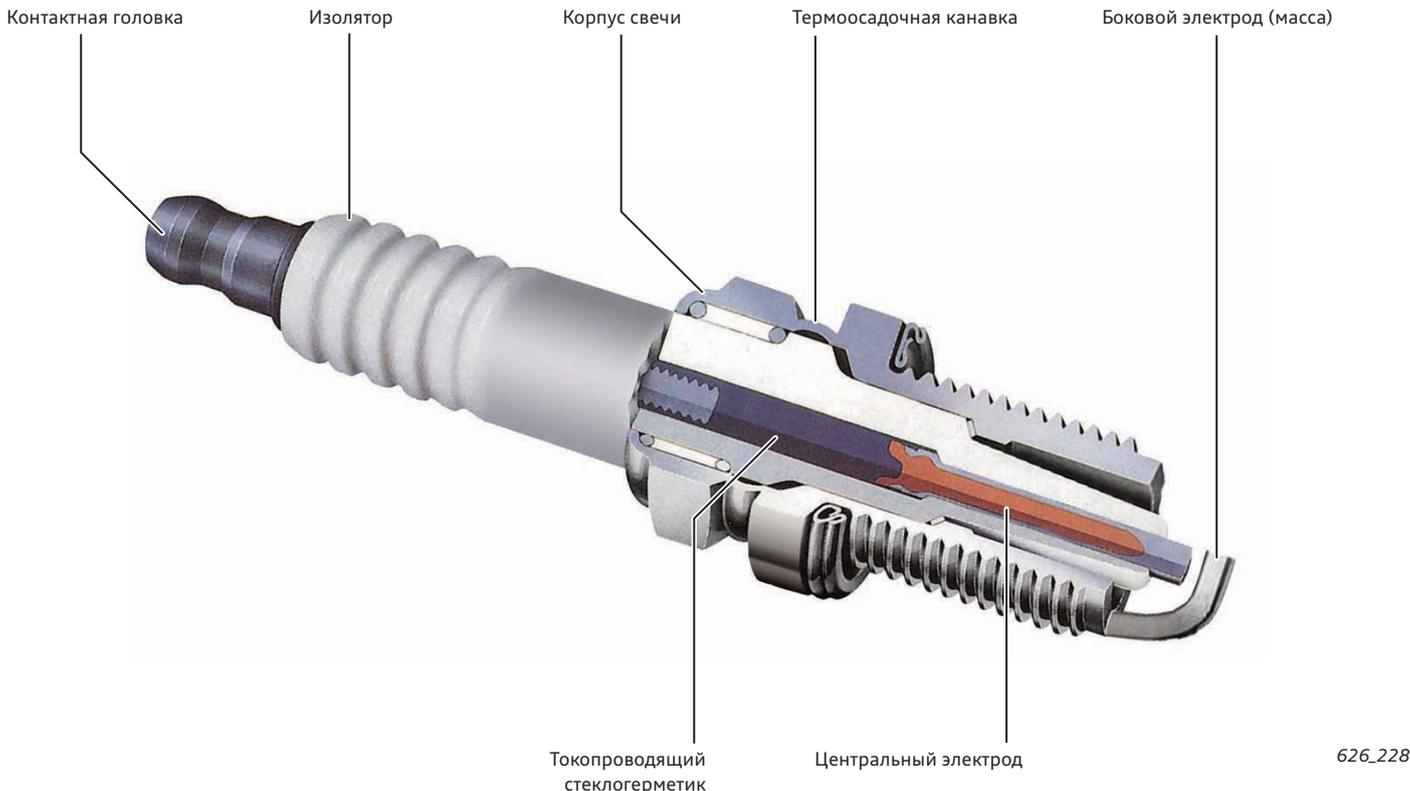
- ▶ отсутствие движущихся частей и механического износа;
- ▶ высокая точность момента искрообразования во всех режимах работы двигателя;
- ▶ равномерность и надёжность работы двигателя;
- ▶ увеличение мощности двигателя;
- ▶ уменьшение токсичности ОГ;
- ▶ снижение расхода топлива;
- ▶ низкие помехи, так как больше нет электрических искр между контактами крышки распределителя и ротором;
- ▶ высокая энергия искрообразования;
- ▶ регулирование оборотов холостого хода.

Свечи зажигания

Свеча зажигания инициирует такт рабочего хода, поджигая сжатую в цилиндре двигателя топливо-воздушную смесь. Для этого к контактной головке свечи подводится высокое напряжение (примерно 30–40 кВ). Возникающий при этом ток проходит в зазоре между центральным и боковым электродами в виде искры. Для хорошего искрообразования очень важна величина зазора между электродами свечи.

Поэтому производитель предписывает для этого зазора точные значения. При слишком большом зазоре искра не будет возникать и рабочая смесь в цилиндре не будет воспламеняться. Если зазор, напротив, слишком мал, искра часто тоже очень мала. В этой ситуации фронт пламени может оказаться недостаточным для полного воспламенения топливо-воздушной смеси.

Конструкция



Варианты

Не все свечи имеют конфигурацию электродов с одним боковым электродом, расположенным над центральным. Всё большее распространение получают, например, свечи с несколькими боковыми электродами, каждый из которых находится сбоку от центрального. Возможны также «гибридные» комбинации, когда один боковой электрод находится над центральным, а остальные — сбоку.

Свечи зажигания с четырьмя или тремя электродами приобрели за последнее время широкое распространение. Их преимущество заключается в распределении термической нагрузки на несколько боковых электродов, что заметно увеличивает надёжность и срок службы.



Один боковой электрод, расположенный над центральным



Несколько боковых электродов, расположенных сбоку от центрального



Гибридное расположение боковых электродов



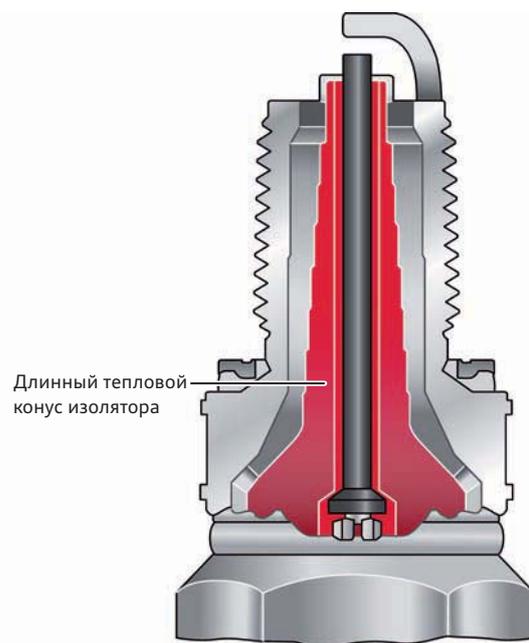
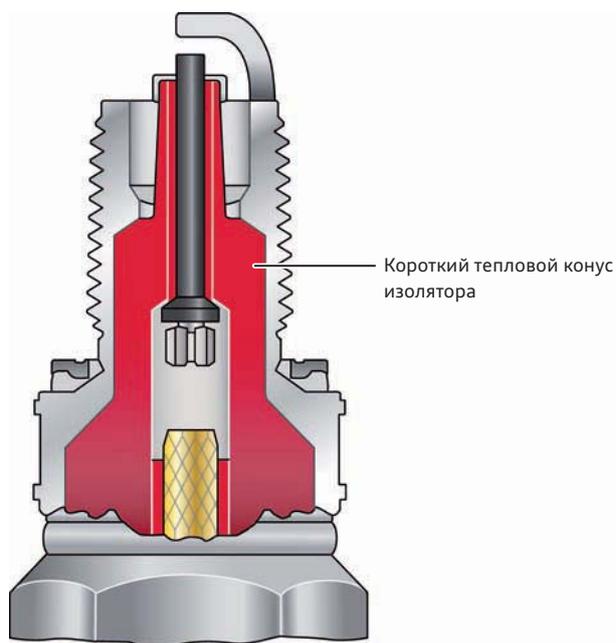
626_229

Калильное число

Свеча зажигания имеет правильное калильное число, если при работе двигателя она быстро достигает температуры 450 °С, а при полной нагрузке её температура никогда не превышает 850 °С. Калильное число указывает рабочий диапазон свечи. Более низкие температуры на свече зажигания будут вести к её загрязнению (отсутствует эффект самоочистения), слишком высокие — к калильному зажиганию. Калильное зажигание происходит, например, когда температура теплового конуса изолятора превышает 850 °С. Топливо-воздушная смесь может в этом случае воспламениться сама и разрушить двигатель. Свечи зажигания с низким калильным числом часто называют «холодными». Они имеют, как правило, изолятор с коротким тепловым конусом. Это даёт им возможность быстро отводить воспринимаемое тепло, так как благодаря малой площади поверхности теплового конуса такие свечи воспринимают сравнительно мало тепла. Свеча остаётся, таким образом, холодной и поэтому имеет низкое калильное число. Такие свечи зажигания применяются главным образом на двигателях высокой мощности (например, на спортивных автомобилях).

Свечи зажигания с высоким калильным числом, так называемые «горячие», имеют, как правило, изолятор с более длинным тепловым конусом. Теплоотвод в этом случае происходит заметно медленнее, так как из-за большой площади поверхности теплового конуса такие свечи воспринимают много тепла. Такая свеча будет более «горячей» и потому имеет более высокое калильное число.

Эти свечи устанавливаются в основном на низкооборотных двигателях. Современные свечи зажигания обладают широким диапазоном калильного числа. Это означает, что они быстро нагреваются до рабочей температуры (что очень важно при коротких поездках), но не вызывают калильного зажигания и при высоких нагрузках. Такого результата удастся добиться за счёт использования современных материалов, а также улучшения конструкции свечей зажигания.



626_230



Указание

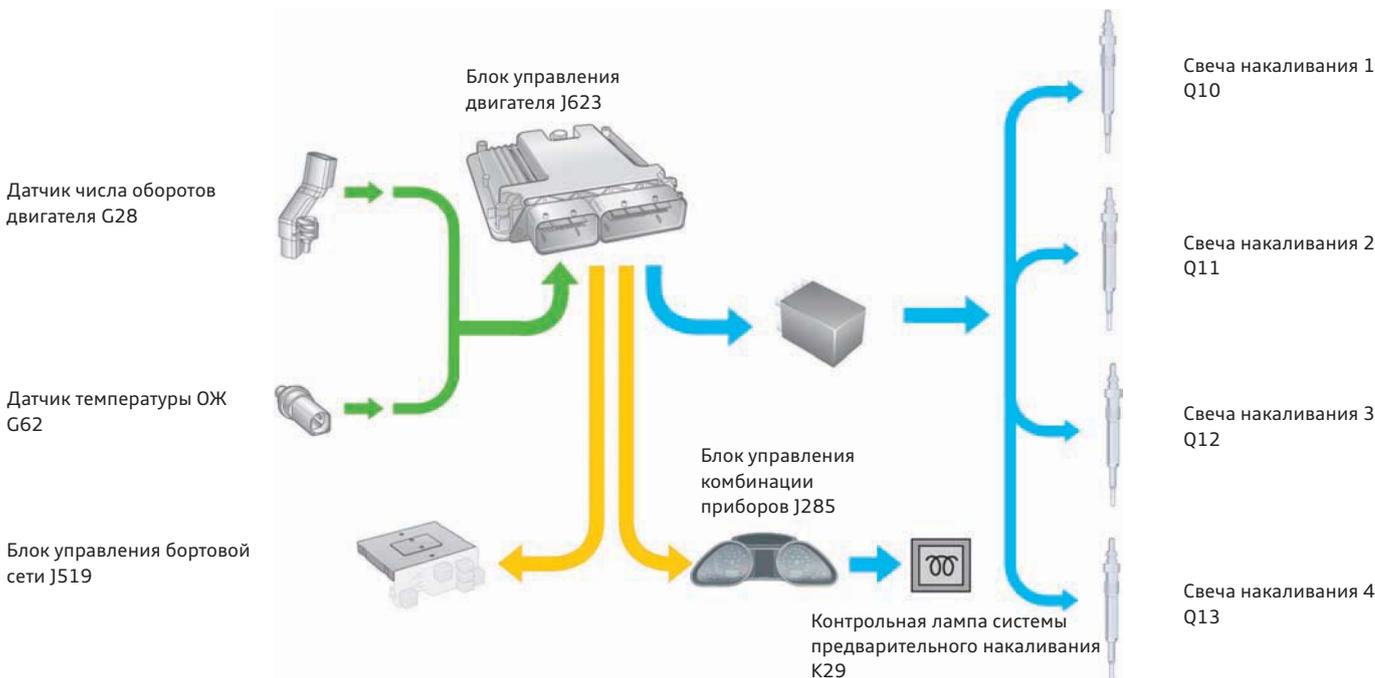
При замене свечей зажигания нужно обязательно соблюдать указания в сервисной литературе, в особенности те, которые касаются периодичности замены и правильных номеров деталей.

Система предварительного накаливания

Система предварительного накаливания обеспечивает немедленный запуск дизельного двигателя при любых климатических условиях.

Длительное время ожидания, пока завершится предварительное накаливание, ушло в прошлое, процесс пуска теперь практически не отличается от пуска бензинового двигателя.

Схема системы (на примере 4-цилиндрового двигателя TDI)



626_214

Предварительное накаливание

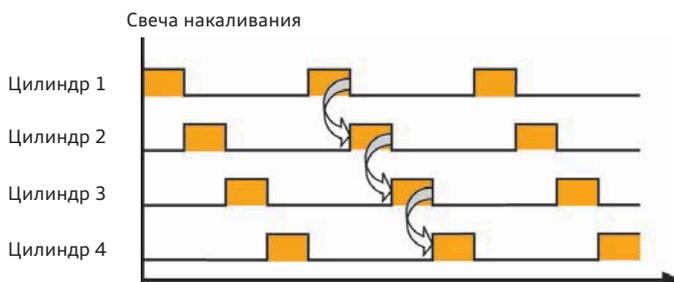
Стальные свечи накаливания активируются блоком управления двигателя через блок управления свечей накаливания J179 посредством сигнала с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) и с разнесением по времени. При этом напряжение на отдельной свече регулируется скважностью ШИМ-сигнала. Максимальное напряжение для быстрого пуска холодного двигателя при наружной температуре ниже 24 °C составляет 11,5 В. При таком напряжении обеспечивается быстрый прогрев свечи накаливания (менее чем за 2 с) до температуры свыше 1000 °C. Это уменьшает общее время предварительного накаливания при пуске двигателя.

Накаливание после пуска

При накаливании после пуска скважность ШИМ-сигнала с напряжением бортовой сети устанавливается таким образом, чтобы эффективное напряжение составляло 4,4 В. После пуска двигателя свечи накаливания продолжают работать до достижения температуры охлаждающей жидкости 24 °C, но не более 5 минут. Послепусковое накаливание способствует снижению шумности двигателя во время прогрева и выброса несгоревших углеводородов.

Активация свечей накаливания с разнесением по времени

Чтобы не перегружать бортовую сеть, нагрев свечей накаливания осуществляется с разнесением по времени. При этом задний фронт сигнала для одной из свечей запускает импульс для нагрева следующей свечи.



626_217

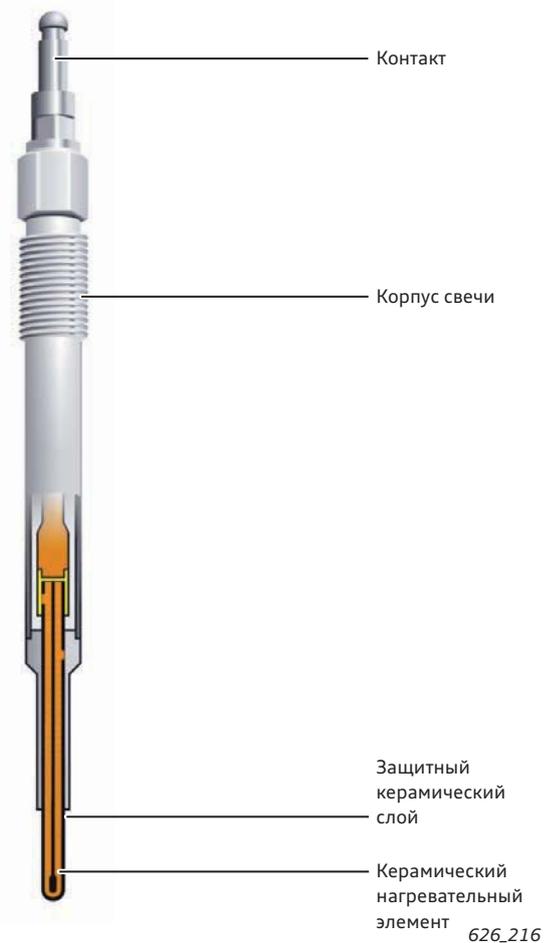
Устройство керамической свечи накаливания

Керамические свечи накаливания практически не подвержены старению и поэтому имеют длительный срок службы. Их преимуществами также являются улучшение пуска двигателя и уменьшение токсичности ОГ.

Керамическая свеча накаливания состоит из корпуса, контакта и керамического нагревательного стержня. Нагревательный стержень состоит из изолирующего защитного керамического слоя и внутреннего керамического нагревательного элемента, заменяющего собой нагревательную и регулировочную спираль обычных металлических свечей накаливания.

Последствия отказа

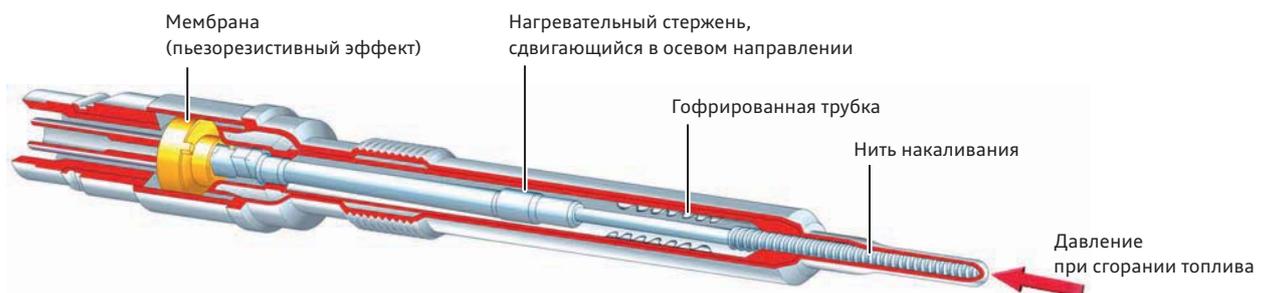
Если при включённых свечах накаливания блок управления свечей накаливания J179 регистрирует слишком высокий потребляемый ток или слишком большое сопротивление, то соответствующие свечи накаливания больше не включаются.



Датчик давления в камере сгорания

Для точного регулирования систем впрыска топлива и подачи воздуха блок управления двигателя учитывает изменение давления в цилиндре в ходе сгорания. Данные о фактической картине давления в цилиндре блок управления двигателя получает от датчика давления в камере сгорания цилиндра 3 G679. Этот датчик установлен в корпусе свечи накаливания цилиндра 3. Данные о давлении в цилиндре во время сгорания дают системе управления возможность адаптировать момент впрыска топлива в зависимости от интенсивности рециркуляции ОГ, качества топлива и допусков (износа) деталей в течение всей эксплуатации двигателя.

На основании сигналов датчика давления в камере сгорания цилиндра 3 и датчика числа оборотов двигателя G28 блок управления двигателя по цифровой модели рассчитывает картину давления в каждом из цилиндров. Исходя из разницы номинальных и фактических значений определяются корректирующие значения для момента и продолжительности впрыска.



Система питания

Бензиновый двигатель

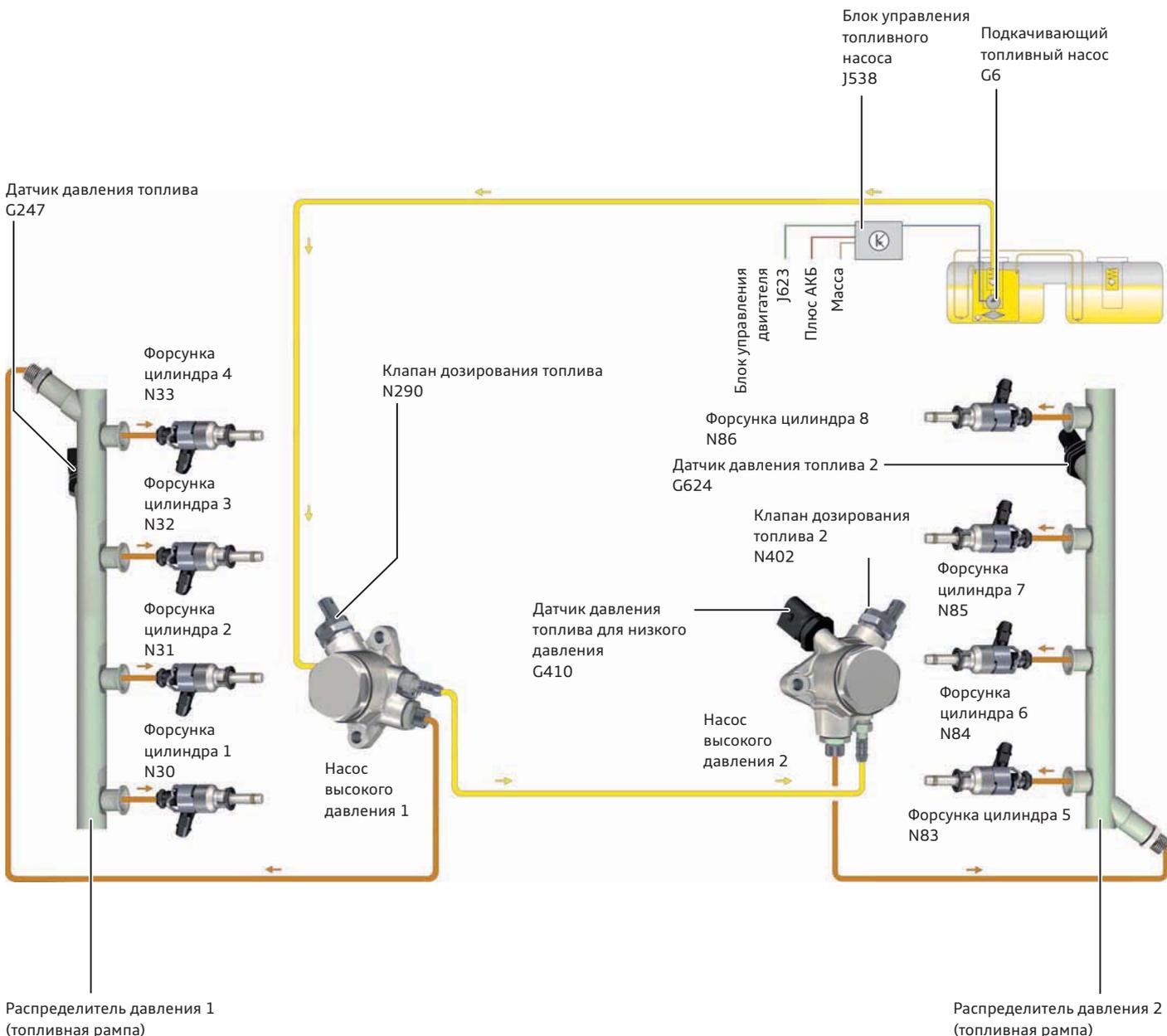
подавляющее большинство современных бензиновых двигателей оснащаются системами непосредственного впрыска топлива. На некоторых двигателях эта система комбинируется с дополнительным впрыском во впускной коллектор.

Система питания подразделяется на контур высокого и контур низкого давления. Оба контура работают с регулируемой по потребности производительностью, без обратных магистралей.

Подкачивающий топливный насос G6 в топливном баке подключён к блоку управления топливного насоса J538. В модуле подачи топлива в топливном баке установлен не требующий обслуживания топливный фильтр.

Топливо к насосу высокого давления ряда цилиндров 2 подаётся от насоса высокого давления ряда цилиндров 1. Давление в контуре низкого давления может быть разным, в диапазоне от 5 до 6,5 бар (относительное). Общая тенденция состоит в том, чтобы делать давление как можно более низким. Давление в контуре высокого давления поддерживается в диапазоне от 20 до 120 бар. Механический редуцирующий клапан открывается при давлении 145 бар.

Каждый из двух рядов цилиндров имеет отдельный контур высокого давления.



Volkswagen Technical Site: <http://vwts.ru> <http://vwts.info>

огромный архив документации по автомобилям Volkswagen, Skoda, Seat, Audi

Высокое давление топлива (20–120 бар)

Низкое давление топлива (5–6,5 бар, относительное)

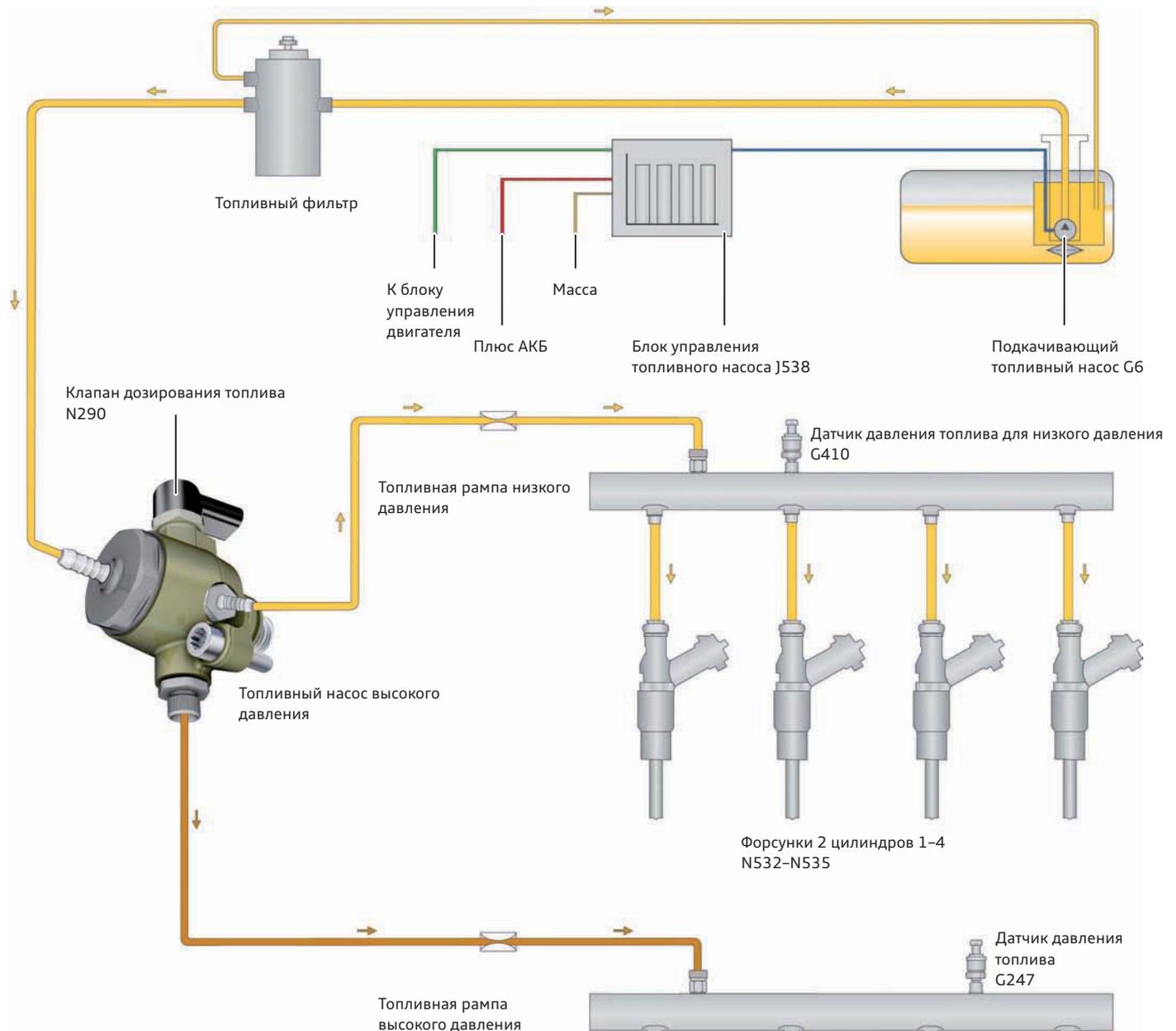
Двойная система впрыска

В связи со всё активнее ведущимися дискуссиями о том, что бензиновые двигатели с непосредственным впрыском выбрасывают в атмосферу до десяти раз больше мелких сажевых частиц, чем современные дизельные двигатели, была разработана двойная система впрыска.

Система впрыска во впускной коллектор (MPI)

В состав системы впрыска во впускной коллектор (MPI) входит отдельный датчик давления — датчик низкого давления топлива G410.

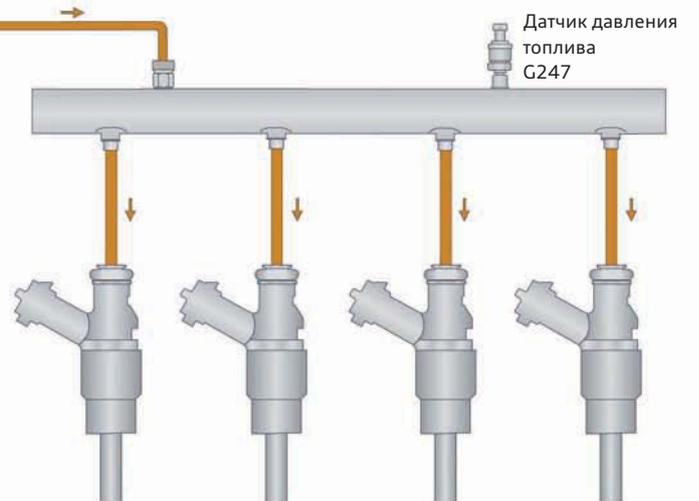
Подача топлива осуществляется подкачивающим топливным насосом G6 в топливном баке и регулируется по потребности. Подкачивающий топливный насос G6 подключён к блоку управления топливного насоса J538 и управляется через него блоком управления двигателя. Топливная рампа (MPI) изготовлена из пластмассы. Форсунки MPI (N532–N535) установлены в пластмассовом впускном коллекторе в положении, обеспечивающем оптимальное направление впрыска топлива.



Система впрыска высокого давления

Для работы при давлении топлива до 200 бар все части контура высокого давления были модернизированы. С целью снижения уровня шума форсунки устанавливаются теперь в головку блока цилиндров с использованием подпружиненных металлических шайб.

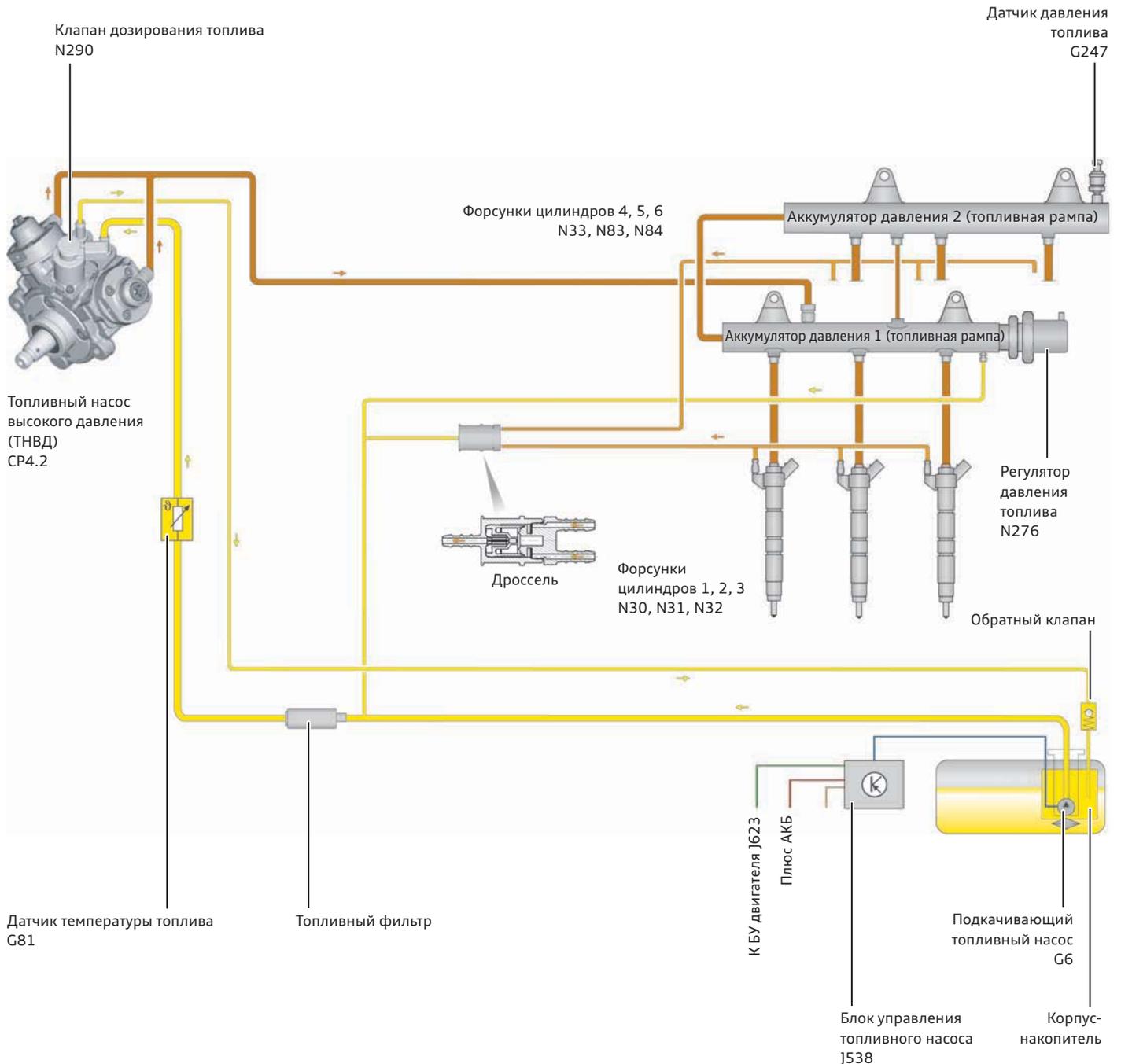
Топливная рампа высокого давления также развязана от впускного коллектора и крепится болтами к головке блока цилиндров. Место расположения форсунок высокого давления слегка смещено назад. За счёт этого улучшается гомогенизация топливо-воздушной смеси, а также уменьшается термическая нагрузка на форсунки.



Дизельный двигатель

Система впрыска Common Rail представляет из себя систему впрыска топлива для дизельных двигателей с аккумулятором высокого давления. Английское выражение «Common Rail» буквально означает «общая балка/рампа» и подразумевает, что топливо к каждой из форсунок подаётся из одного общего аккумулятора высокого давления. В данной системе процесс впрыска отделён от процесса создания высокого давления. Необходимое для системы впрыска высокое давление создаётся с помощью отдельного топливного насоса высокого давления (ТНВД). Топливо, находящееся под высоким давлением, накапливается в аккумуляторе давления (топливной рампе) и через короткие топливопроводы высокого давления подаётся к форсункам.

В качестве форсунок могут использоваться пьезофорсунки или форсунки с электромагнитными клапанами. Управление системой впрыска Common Rail осуществляется системой управления двигателя Bosch EDC 17. В зависимости от мощности и типа двигателя, максимальное давление топлива в рампе составляет 1800 или 2000 бар, при этом система комплектуется форсунками с соответствующими давлению распылителями. Это давление создаётся топливным насосом высокого давления с алюминиевым корпусом — CP4.1 или CP4.2 (одно-/двухплунжерный).



- Высокое давление топлива (до 2000 бар)
- Низкое давление топлива (до 5 бар, по потребности)

Приложение

Информация по кодам QR

Для лучшего усвоения данной программы самообучения предлагаются дополнительные мультимедийные материалы для воспроизведения на мобильных устройствах (анимации, видеоролики или обучающие мини-программы Mini-WBT). В тексте программы самообучения приведены ссылки на эти материалы в виде так называемых кодов QR (квадратные штрих-коды, состоящие из точек). Чтобы открыть такой материал на экране мобильного устройства (планшета или смартфона), нужно считать им соответствующий код QR и перейти по содержащемуся в нём Интернет-адресу. Мобильное устройство при этом должно быть подключено к Интернету.

На мобильном устройстве должно быть установлено приложение для считывания кодов QR (QR-сканер), которое можно скачать в магазине приложений App Store для устройств Apple® или Google Play для устройств Android (Google®).

Для воспроизведения некоторых мультимедийных материалов могут также потребоваться дополнительные приложения (плеер).

Для просмотра мультимедийных материалов на настольном компьютере или ноутбуке нужно кликнуть на соответствующий код QR в pdf-документе программы самообучения (код QR в pdf-документе представляет собой гиперссылку) — и материал после выполнения входа в GTO будет открыт онлайн.

Все мультимедийные материалы управляются платформой учебных материалов Group Training Online (GTO). Для её использования требуется регистрация на портале GTO. При считывании кода QR перед просмотром первого материала нужно будет также выполнить вход в систему. На iPhone, iPad и многочисленных устройствах Android регистрационные данные для входа можно сохранить в мобильном браузере устройства. Это облегчает последующие входы в систему. Обязательно включите в своём устройстве его блокировку кодом PIN, чтобы предотвратить несанкционированное использование.

Пожалуйста, учитывайте, что скачивание мультимедийных материалов в мобильных сетях может привести к очень существенным расходам. Точный размер таких расходов может стать понятен только позже, в особенности при пользовании Интернетом в роуминге за границей. Ответственность за эти расходы полностью лежит на вас. Оптимальным вариантом является скачивание мультимедийных материалов через подключение по WLAN (Wi-Fi).

*Apple® является зарегистрированной маркой Apple® Inc.
Google® является зарегистрированной маркой Google® Inc.*