

Двигатели Audi 2,0 л TFSI семейства EA888

Четырёхцилиндровым двигателем TFSI марка Audi завершает следующий этап развития, основу которого составляют силовые агрегаты 3-го поколения. Новый двигатель имеет рабочий объём 2 л и предлагается в двух классах мощности. Один из них заменяет прежний двигатель 1,8 л 3-го поколения 1-го класса мощности (от 125 до 147 кВт).

Целью дальнейших разработок было снижение выбросов CO₂, а также, вследствие законодательных требований, микрочастиц сажи. Двигатель 2,0 л BZ 3-го поколения показывает, что и при увеличении рабочего объёма можно уменьшить расход топлива. Сокращение «BZ» означает В-цикл, термодинамический цикл Миллера, усовершенствованный маркой Audi.

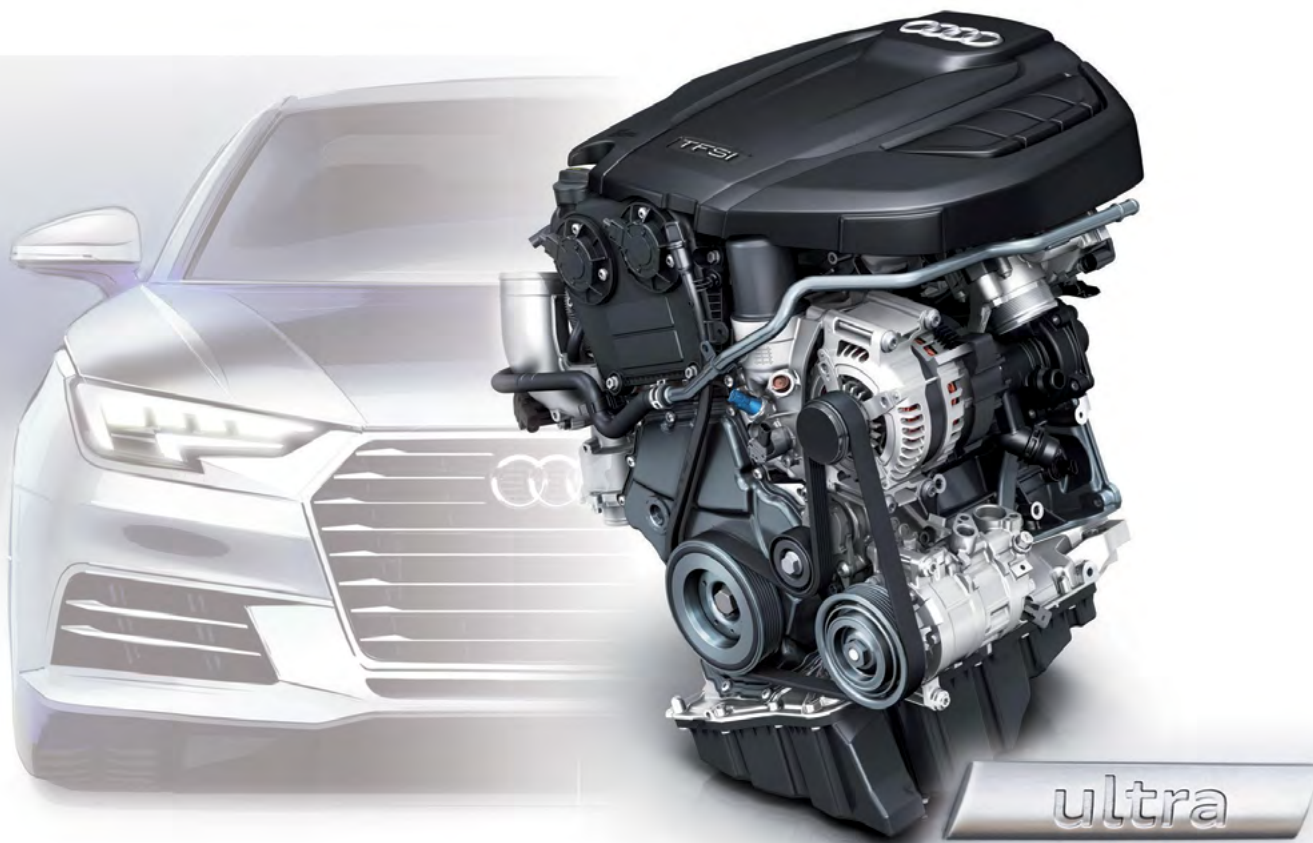
Изменения двигателей обоих классов мощности с точки зрения механики идентичны. В данном случае был реализован ряд мер по уменьшению трения. Различия имеются в газообмене и способе сжигания смеси. Двигатель класса мощности 1 работает при этом по циклу Миллера, запатентованному в 1947 году. В мае 2015 года он был представлен на Венском международном симпозиуме по моторостроению как самый эффективный бензиновый двигатель в своём классе.

Более чем 10 годами ранее марка Audi запустила в серийное производство первый двигатель TFSI с турбонаддувом и непосредственным впрыском топлива и с помощью концепций Downsizing и Downspeeding заложила основу для

«Vorsprung durch Technik» (Превосходство высоких технологий).



В этой программе самообучения имеются так называемые QR-коды, которые позволяют открывать дополнительные интерактивные формы представления материала (например, анимации), подробнее см. «Информация по QR-кодам» на стр. 30.



645_002

Учебные цели этой программы самообучения:

В этой программе самообучения описываются устройство и принцип действия 4-цилиндрового двигателя 2,0 л TFSI семейства EA888 3-го поколения MLBevo мощностью 140 и 185 кВт.

Проработав настоящую программу самообучения, вы сможете ответить на следующие вопросы:

- ▶ Каковы отличия с точки зрения механики двигателя от силовых агрегатов 3-го поколения?
- ▶ Какие новшества имеются в системе смазки, системе наддува, топливной системе и системе впрыска топлива?
- ▶ Чем двигатель класса мощности 1 отличается от двигателя класса мощности 2?
- ▶ Как протекает цикл Миллера?

Содержание

Введение

Постановка целей	4
Развитие семейства двигателей	5

Знакомство

Технические характеристики	6
Двигатель 2,0 л TFSI 3-го поколения MLBevo	8
Двигатель 2,0 л TFSI 3-го поколения MLBevo BZ (Audi ultra)	10

Механическая часть двигателя

Кривошипно-шатунный механизм	12
Блок цилиндров	14
Моторное масло 0W-20	15
Головка блока цилиндров	16
Цепной привод	18

Система управления двигателя

Расходомер воздуха	20
Рабочий процесс	20
Циклический процесс по принципу Миллера	21
Новый рабочий процесс TFSI у двигателей Audi (В-цикл)	22

Техническое обслуживание

Трёхэлементные масляесъемные кольца	27
Объем работ по техническому обслуживанию	27

Приложение

Словарь специальных терминов	28
Контрольные вопросы	29
Программы самообучения	30
Информация по QR-кодам	30
Для заметок	31

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.
Термины, выделенные *курсивом* и отмеченные стрелкой ↗, объясняются в словаре специальных терминов, приведённом в конце этой программы самообучения.



Указание



Дополнительная информация

Введение

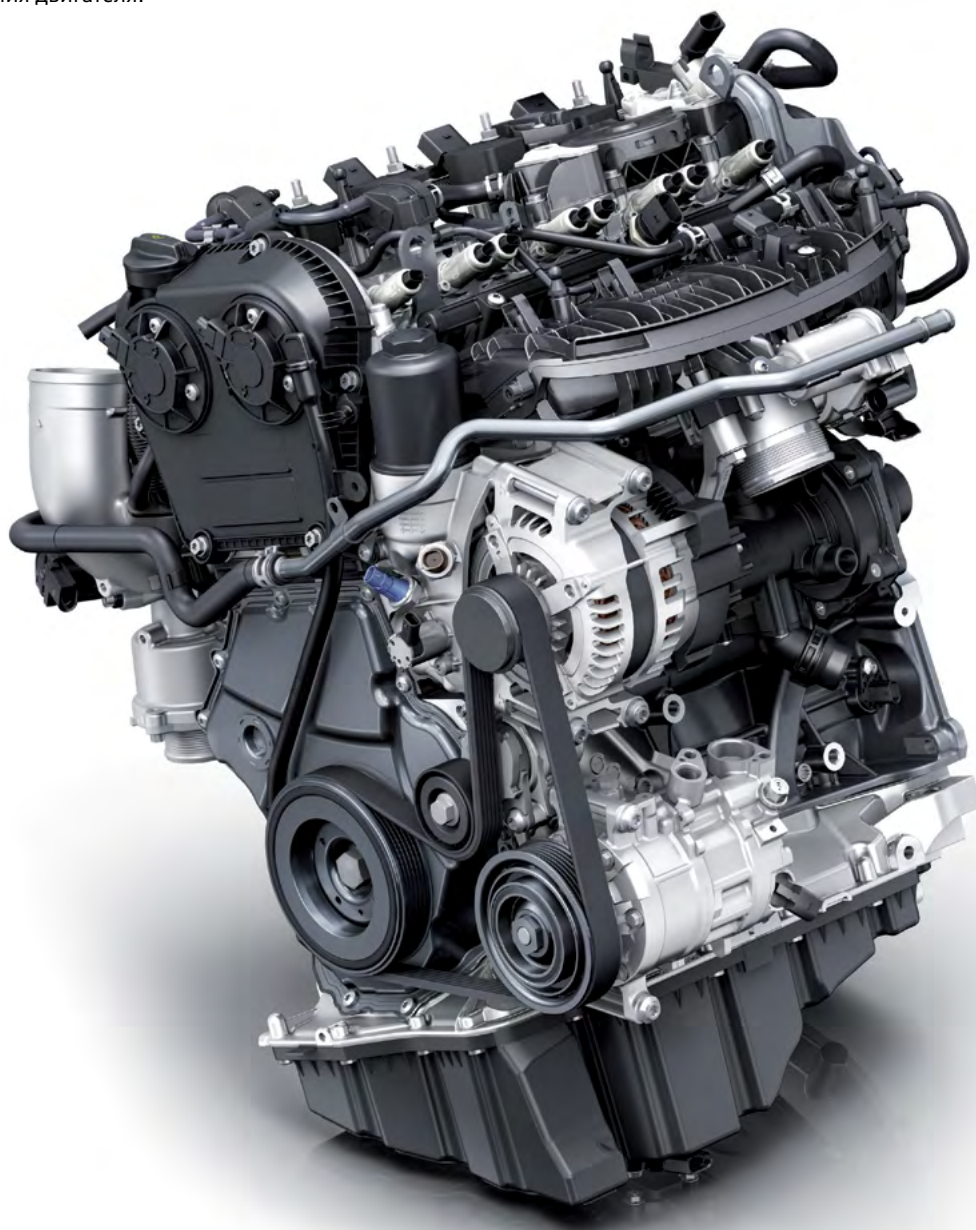
Постановка целей

С внедрением так называемой идеологии оптимизации размеров (Rightsizing) марка Audi делает очередной важный шаг после реализации концепции уменьшения объёма двигателя без снижения мощности и крутящего момента (Downsizing). При этом инновационные технологии двигателей сводятся воедино и реализуются таким образом, что рабочий объём, мощность и крутящий момент, а также расход топлива и условия эксплуатации оптимально сочетаются друг с другом.

В режиме частичной нагрузки новые двигатели демонстрируют преимущества в расходе топлива силового агрегата, разработанного согласно концепции Downsizing. При высокой нагрузке они обладают преимуществами силового агрегата с большим рабочим объёмом. Так обеспечиваются оптимальные характеристики эффективности и мощности во всём диапазоне частоты вращения двигателя.

Впервые двигатели применяются в новейшем поколении Audi A4 (модель 8W). Кроме того, планируется дальнейшее применение в многочисленных автомобилях концерна: как с продольным, так и с поперечным расположением двигателя.

Описания, приведённые в данной программе обучения, касаются двигателей Audi A4 (модель 8W) продольной компоновки на момент начала производства.



645_003



Дополнительная информация

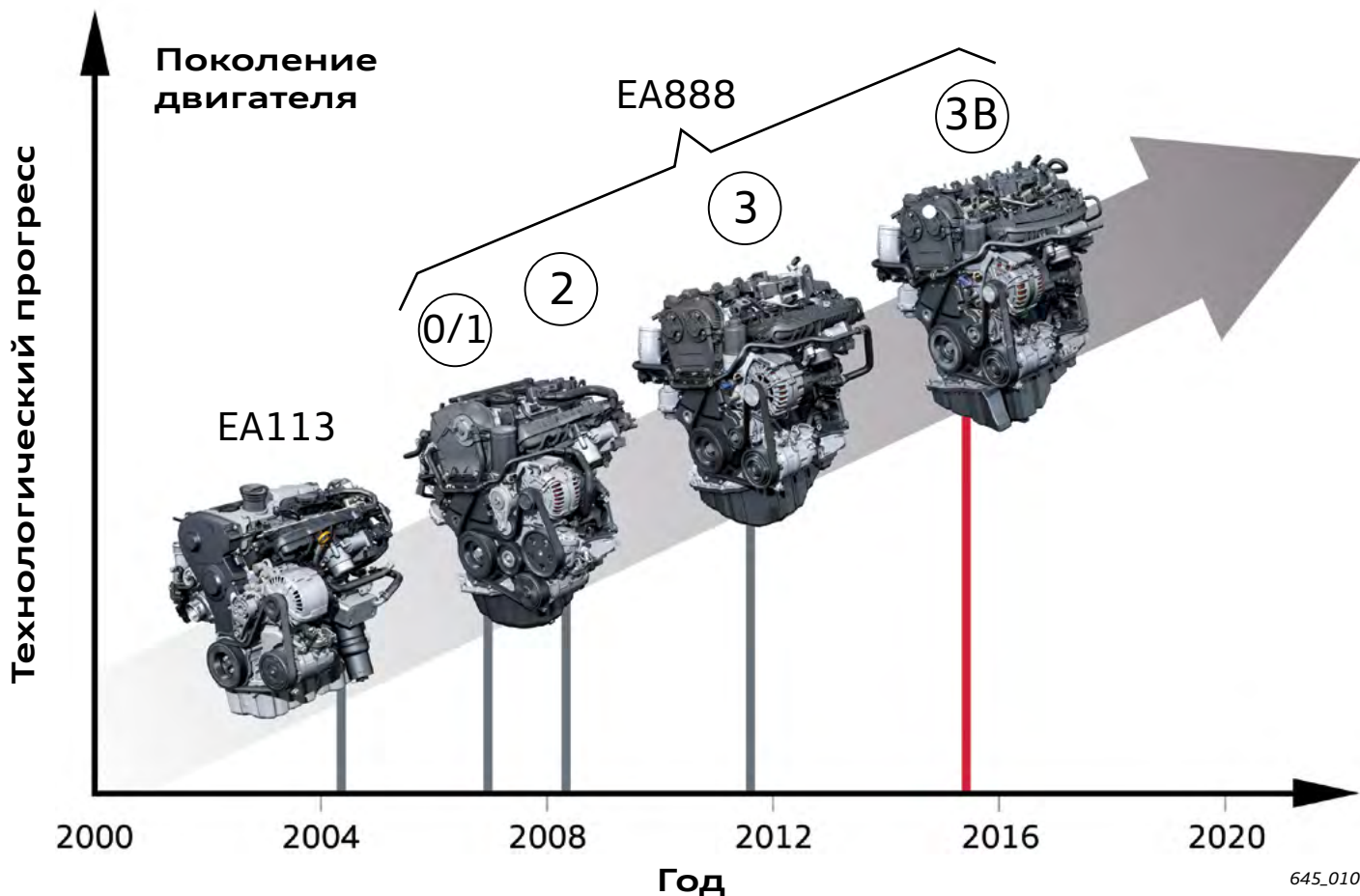
Дополнительную информацию по первому применению двигателей, а также по топливной системе можно найти в программе самообучения 644 «Audi A4 (модель 8W). Введение».

Развитие семейства двигателей

Двигатели семейства EA113 или EA888 в течение нескольких лет применяются в многочисленных моделях Audi и создают широкую основу для использования бензиновых силовых агрегатов. При разработке этого семейства двигателей первоочередной целью было снижение расхода топлива и выбросов CO₂.

Однако двигатель этого семейства устанавливается и в спортивных моделях, например Audi S3.

Далее приведён краткий обзор отдельных поколений двигателей и их особенностей.



Поколение двигателей EA888	Важнейшие особенности и новшества	Дополнительная информация
0/1	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Первый двигатель EA888 TFSI марки Audi. ▶ Варианты 1,8 л и 2,0 л. ▶ Топливная система с обратной связью по расходу. ▶ Цепной привод ГРМ. ▶ Регулирование фаз газораспределения на стороне впуска. 	Программа самообучения 384 «Двигатель Audi 1,8 л 4V TFSI с цепным приводом ГРМ».
2	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Подача масла с обратной связью по расходу. ▶ Система Audi valvelift system (AVS) на стороне выпуска. ▶ Система подачи вторичного воздуха для двигателей автомобилей с особо низкой токсичностью ОГ (SULEV). 	Программа самообучения 436 «Изменения в 4-цилиндровом двигателе TFSI с цепным приводом ГРМ».
3		
3B	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Выпускной коллектор, встроенный в головку блока цилиндров (IAGK). ▶ Инновационная система управления температурой (ITM) с исполнительным механизмом системы терморегулирования двигателя. ▶ Система наддува с применением турбонагнетателя с электрическим перепускным клапаном. ▶ Двойная система впрыска топлива (MPI ↗ и FSI ↗). 	Программа самообучения 606 «Двигатели Audi 1,8/2,0 л TFSI семейства EA888 (3-го поколения)».
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Новый рабочий процесс TFSI. ▶ Система Audi valvelift system (AVS) на стороне впуска. ▶ Заменяет вариант 1,8 л. 	

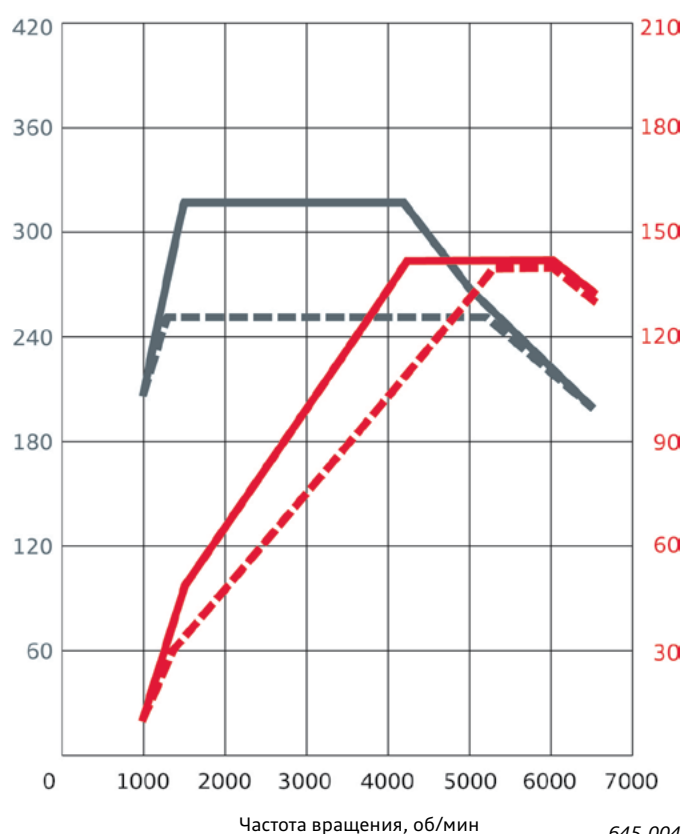
↗ См. «Словарь специальных терминов» на стр. 28.

Знакомство

Технические характеристики

Двигатель класса мощности 1 л в Audi A4 (модель 8W)

- Мощность, кВт
- Крутящий момент, Н·м
- - - Мощность, кВт, в режиме **efficiency**¹⁾
- - - Крутящий момент, Н·м, в режиме **efficiency**¹⁾



Особенности	Технические характеристики
Буквенное обозначение двигателя	CVKB
Тип	4-цилиндровый, рядный
Рабочий объём, см ³	1984
Ход поршня, мм	92,8
Диаметр цилиндра, мм	82,5
Количество клапанов на цилиндр	4
Порядок работы цилиндров	1-3-4-2
Степень сжатия	11,65 : 1
Мощность, кВт при об/мин	140 при 4200-6000 В режиме efficiency : 140 при 5300-6000 ¹⁾
Крутящий момент, Н·м при об/мин	320 при 1450-4200 В режиме efficiency : 250 при 1200-5300 ¹⁾
Топливо	Неэтилированный бензин с октановым числом 95
Система управления двигателя	Bosch MED 17.1.10
Лямбда-регулирование/ регулирование по детонации	Адаптивное лямбда-регулирование, адаптивное регулирование по детонации
Смесеобразование	Система последовательного (двойного) непосредственного впрыска (FSI) и распределённого впрыска (MPI) с адаптивным регулированием наполнения цилиндров на холостом ходу
Система нейтрализации ОГ	Нейтрализатор вблизи двигателя, лямбда-зонд перед турбонагнетателем и после нейтрализатора
Экологический класс	Евро 6 (W)
Выбросы CO ₂ , г/км	114 ²⁾

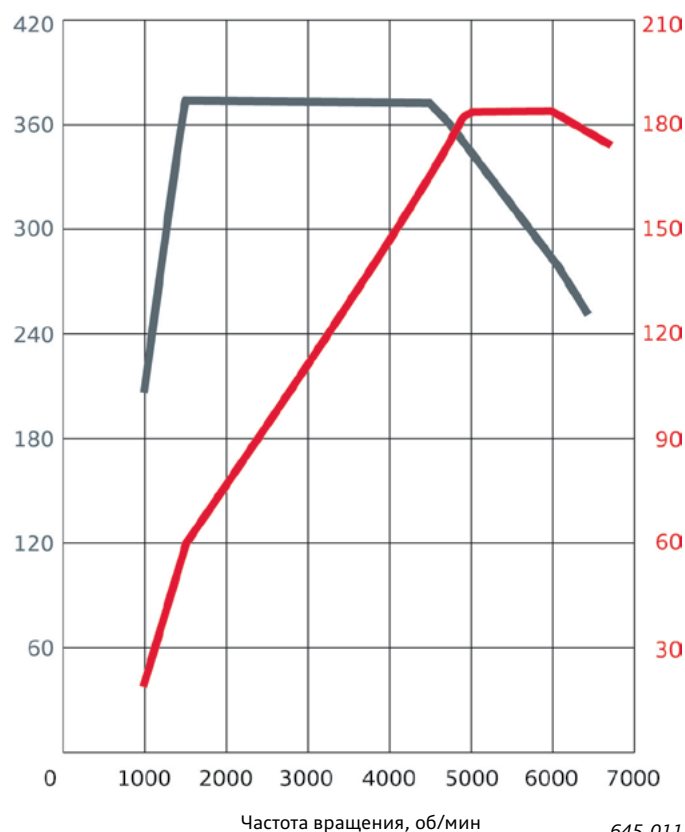
¹⁾ Дополнительную информацию по переключению в режим **efficiency** и связанному с этим изменению внешней скоростной характеристики двигателя см. на стр. 24.

²⁾ Audi A4 Avant с передним приводом и КП S tronic.

↗ См. «Словарь специальных терминов» на стр. 28.

Двигатель класса мощности 2 л в Audi A4 (модель 8W)

— Мощность, кВт
— Крутящий момент, Н·м



Частота вращения, об/мин

645_011

Особенности	Технические характеристики
Буквенное обозначение двигателя	CYRB
Тип	4-цилиндровый, рядный
Рабочий объём, см ³	1984
Ход поршня, мм	92,8
Диаметр цилиндра, мм	82,5
Количество клапанов на цилиндр	4
Порядок работы цилиндров	1-3-4-2
Степень сжатия	9,6 : 1
Мощность, кВт при об/мин	185 при 5000–6000
Крутящий момент, Н·м при об/мин	370 при 1600–4500
Топливо	Неэтилированный бензин с октановым числом 95
Система управления двигателем	SIMOS 18.4
Лямбда-регулирование/ регулирование по детонации	Адаптивное лямбда-регулирование, адаптивное регулирование по детонации
Смесеобразование	Система последовательного (двойного) непосредственного впрыска (FSI) и распределённого впрыска (MPI) с адаптивным регулированием наполнения цилиндров на холостом ходу
Система нейтрализации ОГ	Нейтрализатор вблизи двигателя, лямбда-зонд перед турбонагнетателем и после нейтрализатора
Экологический класс	Евро 6 (W)
Выбросы CO ₂ , г/км	129 ¹⁾ /139 ²⁾

¹⁾ Audi A4 седан с передним приводом и КП S tronic.

²⁾ Audi A4 Avant с приводом quattro и КП S tronic.

↗ См. «Словарь специальных терминов» на стр. 28.

Двигатель 2,0 л TFSI 3-го поколения MLBevo (класс мощности 2)

Далее приведены важнейшие отличия от двигателя 2,0 л TFSI 3-го поколения. Если автомобиль оборудован системой старт-стоп, обычно применяется версия 2.0. Дополнительную информацию по версиям системы старт-стоп можно найти в программе самообучения 630 «Audi TT (модель FV). Введение».

Основой двигателя 2,0 л TFSI 3-го поколения MLBevo стал силовой агрегат 2,0 л TFSI автомобиля Audi A4 (модель 8K) мощностью 165 кВт (буквенное обозначение двигателя CNCB).

Поршень

- ▶ В плане геометрии соответствует поршню базового двигателя мощностью 165 кВт.
- ▶ По материалу аналогичен поршню двигателя Audi S3 (модель 8V).
- ▶ Трёхэлементное маслосъёмное кольцо.



645_016

Система адсорбера с активированным углём (АКФ)

- ▶ Повышение расхода воздуха.
- ▶ Меры по снижению шума.



645_015

Система управления двигателя

- ▶ Система Simos 18.4.
- ▶ Дроссельная заслонка с уменьшенной утечкой воздуха.
- ▶ Поставщиком дроссельной заслонки и топливного насоса высокого давления является фирма Bosch.
- ▶ Подсоединение блока управления двигателя к шине данных FlexRay.



645_014





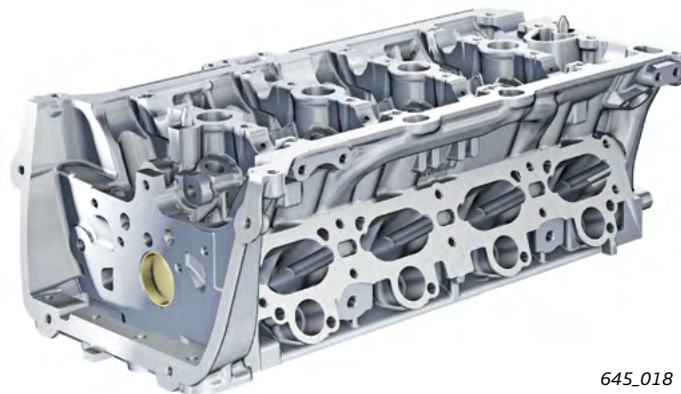
645_017

Система смазки

- ▶ Адаптация с целью высвобождения пространства для электромеханического усилителя рулевого управления (EPS) и планируемой установки системы стабилизации крена.
- ▶ Благодаря обратному клапану в модуле масляного фильтра, быстрее создаётся максимальное давление масла во всех точках смазывания, прежде всего — на холодном двигателе. В блоке цилиндров, а также в головке блока цилиндров обратного клапана нет.
- ▶ Увеличение объёма масла между минимальным и максимальным уровнем, чтобы при подчёркнуто динамичном стиле езды в области забора масляным насосом всегда оставалось достаточное количество масла.

Головка блока цилиндров

- ▶ Применение другого материала из-за более высокой мощности и, соответственно, большей термической нагрузки.
- ▶ Увеличение толщины рубашки охлаждения.
- ▶ Адаптация клапанного механизма из-за более высокой мощности и, соответственно, большей термической нагрузки (например, выпускные клапаны, заполненные натрием).
- ▶ Конструкция турбонагнетателя рассчитана на термическую устойчивость до 950 °С.



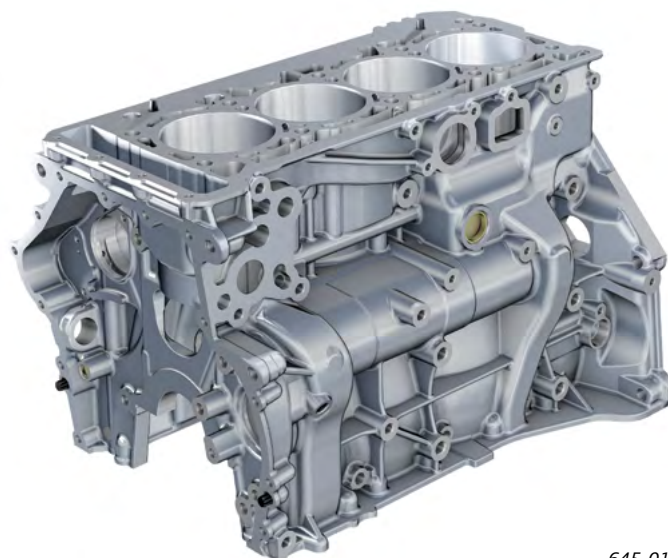
645_018



645_012

Блок цилиндров

- ▶ Переход к системе вентиляции картера через балансирные валы.
- ▶ Для форсунок охлаждения поршней из-за изменения системы вентиляции картера требуется установка в строго определённом направлении, см. руководство по ремонту.



645_019

Модификации по сравнению с ULEV 125 (США)

- ▶ Отсутствует впрыск во впускной коллектор (MPI).
- ▶ Вентиляционный шланг системы вентиляции картера диагностируется (законодательное требование).

Двигатель 2,0 л TFSI 3-го поколения MLBevo BZ (Audi ultra) (класс мощности 1)

Далее приведены важнейшие отличия от двигателя 2,0 л TFSI 3-го поколения MLBevo мощностью 185 кВт.

Топливная система

- ▶ Повышение давления на 250 бар.
- ▶ Модификации деталей контура высокого давления.



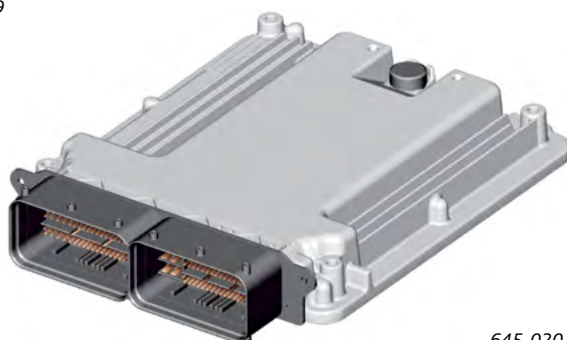
Цепной привод

- ▶ Более длинные башмаки успокоителей.
- ▶ Некруглая форма звёздочки привода ГРМ.
- ▶ Уменьшенное усилие натяжителя.
- ▶ Увеличение частоты вращения масляного насоса, звёздочка с 22 зубьями (раньше — 24).



Система управления двигателем

- ▶ Система Bosch MED 17.1.10.
- ▶ Новый рабочий процесс (BZ = В-цикл).
- ▶ Применение расходомера воздуха, обусловленное новым рабочим процессом.



Другие изменения

- ▶ Вакуумный насос фирмы Bosch.
- ▶ Более компактный турбоагнетатель, адаптированная термодинамика.
- ▶ Новое моторное масло 0W-20 (согласно допускам VW 50800 и VW 50900).



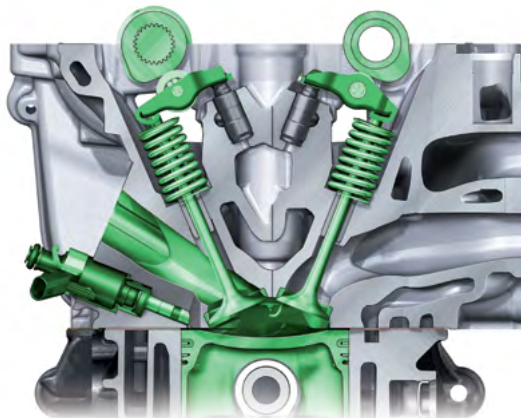
645_044



645_013

Головка блока цилиндров

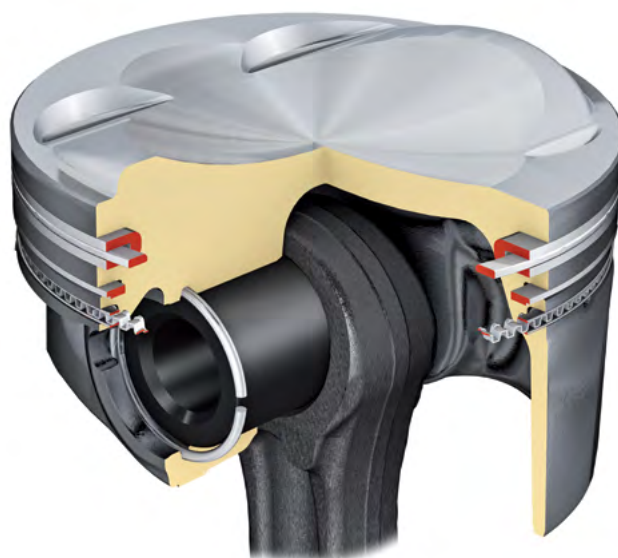
- ▶ Система Audi valvelift system (AVS) на стороне впуска.
- ▶ Модифицированные впускные каналы.
- ▶ Маскирование камер сгорания.
- ▶ Направляющие втулки клапанов полностью встроены в тело головки блока цилиндров для лучшего отвода тепла.
- ▶ Маслосъемные колпачки выпускных клапанов с двойной кромкой.



645_024

Поршень

- ▶ Меры по снижению трения.
- ▶ Поршень с изменённым дном.



645_022

Коленчатый вал

- ▶ Уменьшенный диаметр коренных подшипников.



645_025

Механическая часть двигателя

Кривошипно-шатунный механизм

Главными задачами при модернизации кривошипно-шатунного механизма были уменьшение массы и снижение потерь на трение.

При этом у двигателей классов мощности 1 и 2 имеются некоторые особенности и различия. Они описаны далее.

Обзор



Коленчатый вал

Диаметр коренных подшипников у двигателя класса мощности 2 такой же, как у двигателя 3-го поколения. Для двигателя класса мощности 1 диаметр коренных подшипников был уменьшен

до аналогичного показателя прежнего двигателя 1,8 л TFSI. Благодаря этому удалось дополнительно снизить массу. Оба коленчатых вала имеют по 4 противовеса.

Класс мощности 1



645_025

Класс мощности 2



645_023

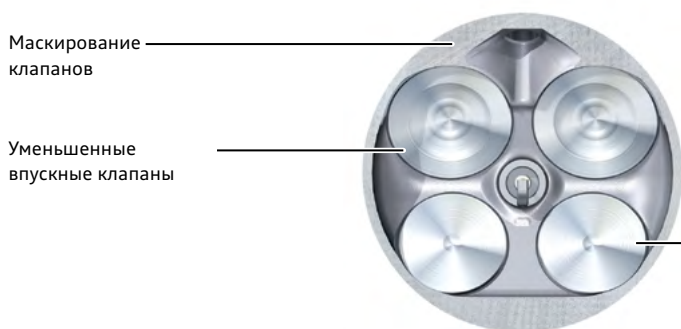
Поршни и клапаны

Для двигателя класса мощности 2 эти компоненты были переняты от предшествующего силового агрегата. Были модифицированы только поршневые кольца: теперь применяется трёхэлементное маслосъёмное кольцо, см. «Трёхэлементные маслосъёмные кольца» на стр. 27. Для двигателя класса мощности 1 из-за повышения степени сжатия и нового рабочего процесса TFSI были произведены дополнительные изменения. Камеры сгорания имеют увеличенные зоны завихрения (маскирование клапанов), что потребовало применения впускных клапанов меньшего размера.

Увеличенные зоны завихрения улучшают смешивание топлива и воздуха в цилиндре. В днище поршня выполнены соответствующие выточки для клапанов, дополненные увеличением высоты в так называемой зоне эпсилон.

Впускные и выпускные клапаны, кроме того, имеют более длинный стержень. Диаметр выпускных клапанов, напротив, не изменился.

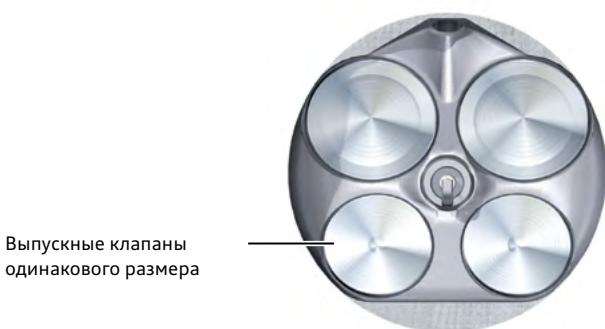
Класс мощности 1



Адаптированные выточки под клапаны

Зона эпсилон увеличенной высоты

Класс мощности 2



Углубление, направляющее поток

645_028

645_027

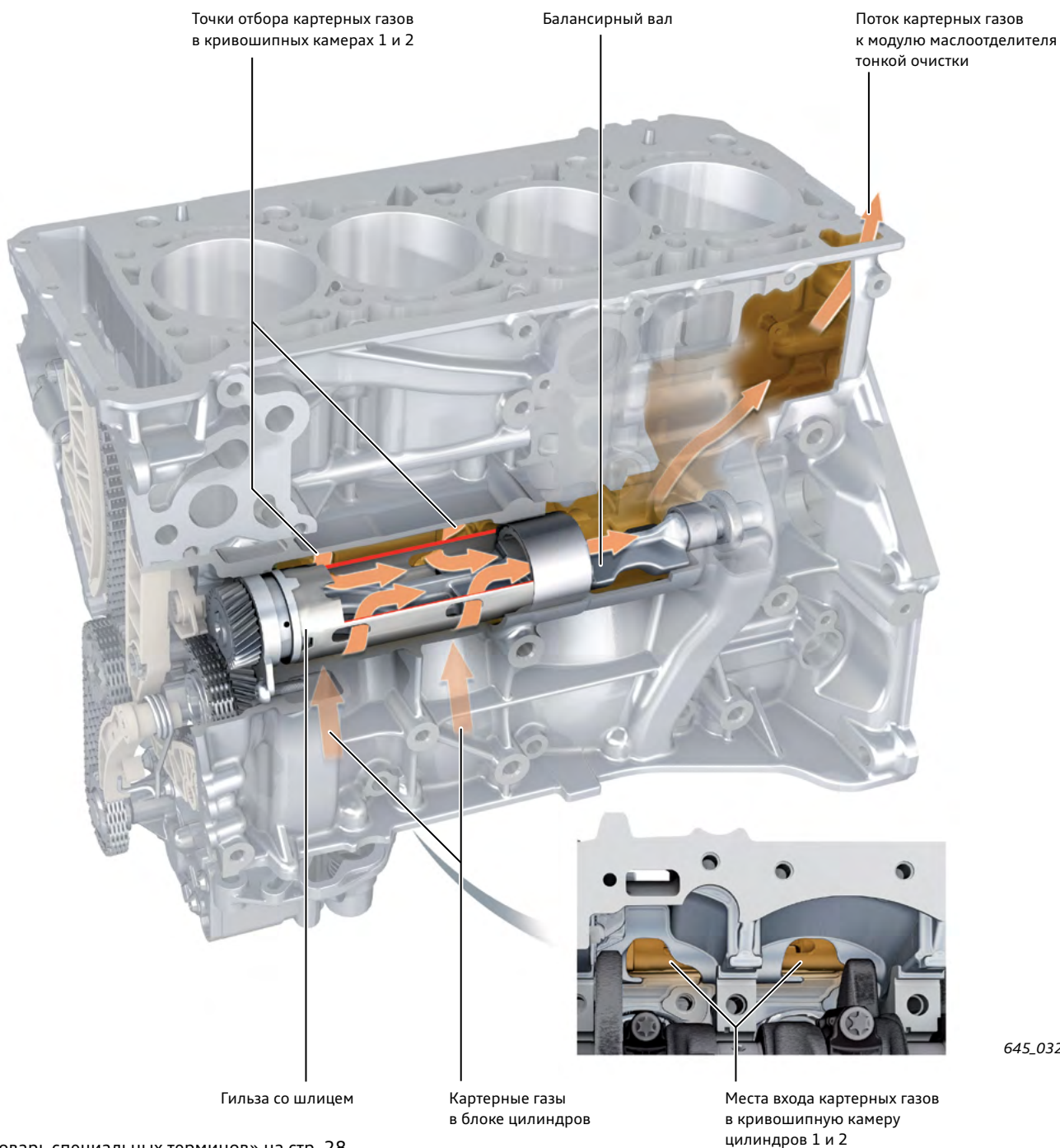
Блок цилиндров

Система вентиляции картера

В результате перемещения системы Audi valvelift system (AVS) на сторону впуска для двигателя класса мощности 1 также потребовалась адаптация системы вентиляции картера. Вместо прежних точек отбора в кривошипных камерах 3-го и 4-го цилиндров *картерные газы* \nearrow теперь отбираются из кривошипных камер в области 1-го и 2-го цилиндров. Оттуда картерные газы попадают в корпус одного из балансирных валов.

В корпус балансирного вала добавлена гильза со шлицем, так что картерные газы могут протекать через неё.

В результате вращения балансирного вала большая часть масла (под действием центробежной силы) отделяется от картерных газов (маслоотделитель грубой очистки) и стекает обратно в масляный поддон. Дальнейший маршрут картерных газов к модулю маслоотделителя тонкой очистки на головке блока цилиндров соответствует направлению картерных газов у двигателя 2,0 л TFSI 3-го поколения.



645_032

\nearrow См. «Словарь специальных терминов» на стр. 28.



Дополнительная информация

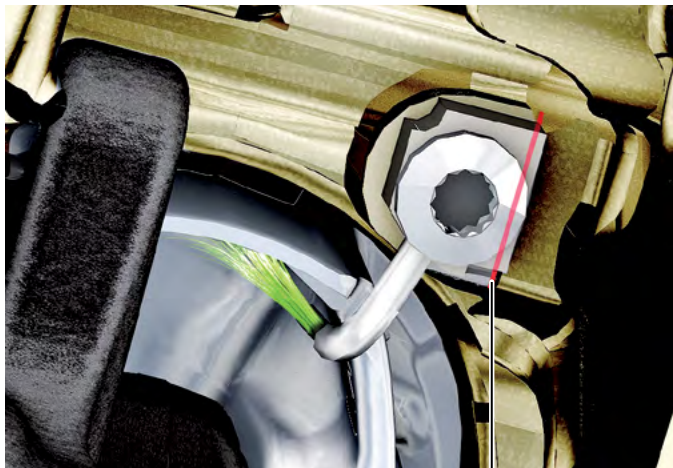
Дополнительную информацию по работе модуля маслоотделителя тонкой очистки можно найти в программе самообучения 606 «Двигатели Audi 1,8 л и 2,0 л TFSI семейства EA888 (3-го поколения)».

Форсунки охлаждения поршней

В результате перехода к системе вентиляции картера с направлением потока картерных газов вокруг одного из балансирных валов в двигатель класса мощности 1 при изготовлении блока цилиндров тоже пришлось вносить изменения. Это также влияет на установочное положение

форсунок охлаждения поршней, которые больше не прилегают к картеру. Прежде для этих целей использовалась опорная кромка. По этой причине при установке форсунок охлаждения поршней на новом двигателе необходимо обращать внимание на их точное расположение. В противном случае надёжная работа системы охлаждения поршней не обеспечивается.

Прежнее исполнение



Опорная кромка для форсунки охлаждения поршня на картере

Новое исполнение



Форсунка охлаждения поршня, требующая установки в определённое положение



Дополнительная информация

Дополнительная информация по установке форсунок охлаждения поршней содержится в руководстве по ремонту!



Указание

Все описанные далее изменения и новшества касаются исключительно двигателя класса мощности 1.

Моторное масло 0W-20

Для дальнейшего снижения потерь мощности на трение и тем самым уменьшения расхода топлива в двигателе класса мощности 1 применяется моторное масло спецификации 0W-20 согласно допускам VW 50800 и VW 50900.

Новое моторное масло обладает следующими свойствами:

- ▶ Оно способствует быстрому нагнетанию, поскольку обладает большей текучестью (меньшей вязкостью). Благодаря этому масло быстрее поступает к точкам смазки. Кроме того, оно более выгодно для водителя, совершающего много поездок на небольшие расстояния, поскольку потери двигателя на трение меньше (меньшее сопротивление масла).
- ▶ В новое масло (зеленоватого оттенка) добавлен химический маркер, в результате чего его можно однозначно идентифицировать в лаборатории.
- ▶ Кроме того, данное масло можно применять только для двигателей с соответствующим допуском.
- ▶ Из-за меньшей вязкости давление масла создаётся медленнее. Поэтому у двигателя 2,0 л TFSI 3-го поколения MLBevo класса мощности 1 масляный насос вращается немного быстрее. Кроме того, в корпус масляного фильтра установлен новый обратный клапан.



Указание

Соблюдать указания производителя по новому моторному маслу, например актуальное руководство по эксплуатации автомобиля.
Соблюдать требования по вязкости масла, а также соответствующие допуски для моторных масел согласно таблицам инспекционного сервиса.

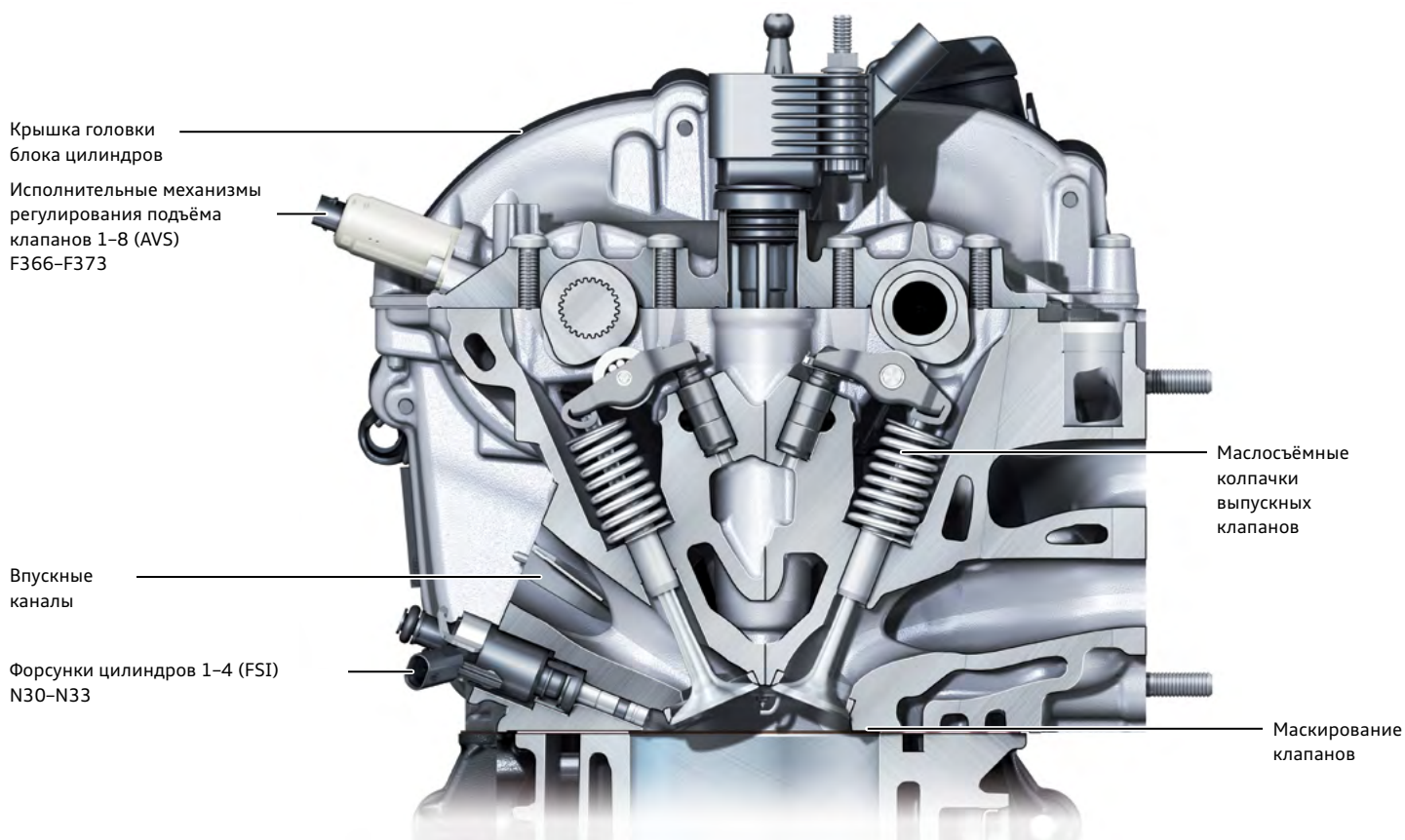
Головка блока цилиндров

В то время как для двигателя класса мощности 2 головка блока цилиндров была перенята от силового агрегата 2,0 л TFSI 3-го поколения, в конструкцию головки блока цилиндров у двигателя класса мощности 1 были внесены многочисленные изменения.

Головка блока цилиндров двигателя класса мощности 1 имеет следующие изменения:

- ▶ Перенос системы Audi valvelift system (AVS) на сторону впуска.
- ▶ Адаптация крышки головки блока цилиндров к изменившемуся установочному положению системы Audi valvelift system (AVS).
- ▶ Повышение степени сжатия с 9,6 : 1 до 11,7 : 1 в результате уменьшения объёма камеры сжатия:
 - ▶ изменённое маскирование клапанов;
 - ▶ уменьшение высоты свода камеры сгорания на 9 мм;
 - ▶ изменение формы поршня.
- ▶ Форсунки FSI были размещены ближе к камерам сгорания.
- ▶ Впускные каналы имеют новую геометрию, т. е. они выполнены более прямолинейными, чтобы оптимизировать движение воздушного заряда.
- ▶ Положение свечи зажигания и форсунки, а также форма поршня адаптированы к изменённой камере сгорания.
- ▶ Направляющие втулки клапанов полностью встроены в тело головки блока цилиндров для лучшего отвода тепла.
- ▶ Маслосъёмные колпачки выпускных клапанов с двойной кромкой.

Класс мощности 1



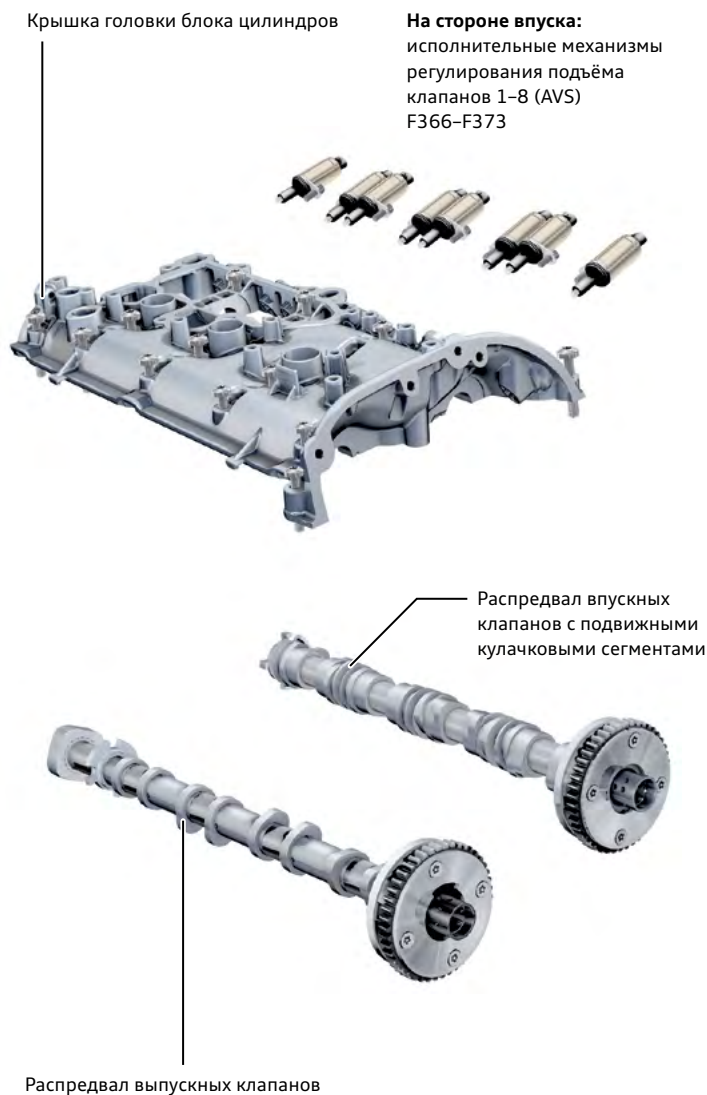
645_031

Крышка головки блока цилиндров и распределительные валы

Из-за перемещения системы Audi valvelift system (AVS) на другую сторону для двигателя класса мощности 1 используется соответствующим образом адаптированная крышка головки блока цилиндров. Штуцеры исполнительных

механизмов регулирования подъёма клапанов системы Audi valvelift system (AVS) вследствие этого находятся на стороне впуска. Распределительный вал впускных клапанов имеет внешние зубцы, на которых расположены смещаемые кулачковые сегменты Audi valvelift system (AVS).

Класс мощности 1



645_047

Класс мощности 2



645_046



Дополнительная информация

Дополнительную информацию по принципу действия системы управления подъёмом клапанов Audi valvelift system (AVS) можно найти в программе самообучения 411 «Двигатели Audi 2,8 л и 3,2 л FSI с системой Audi Valvelift System».

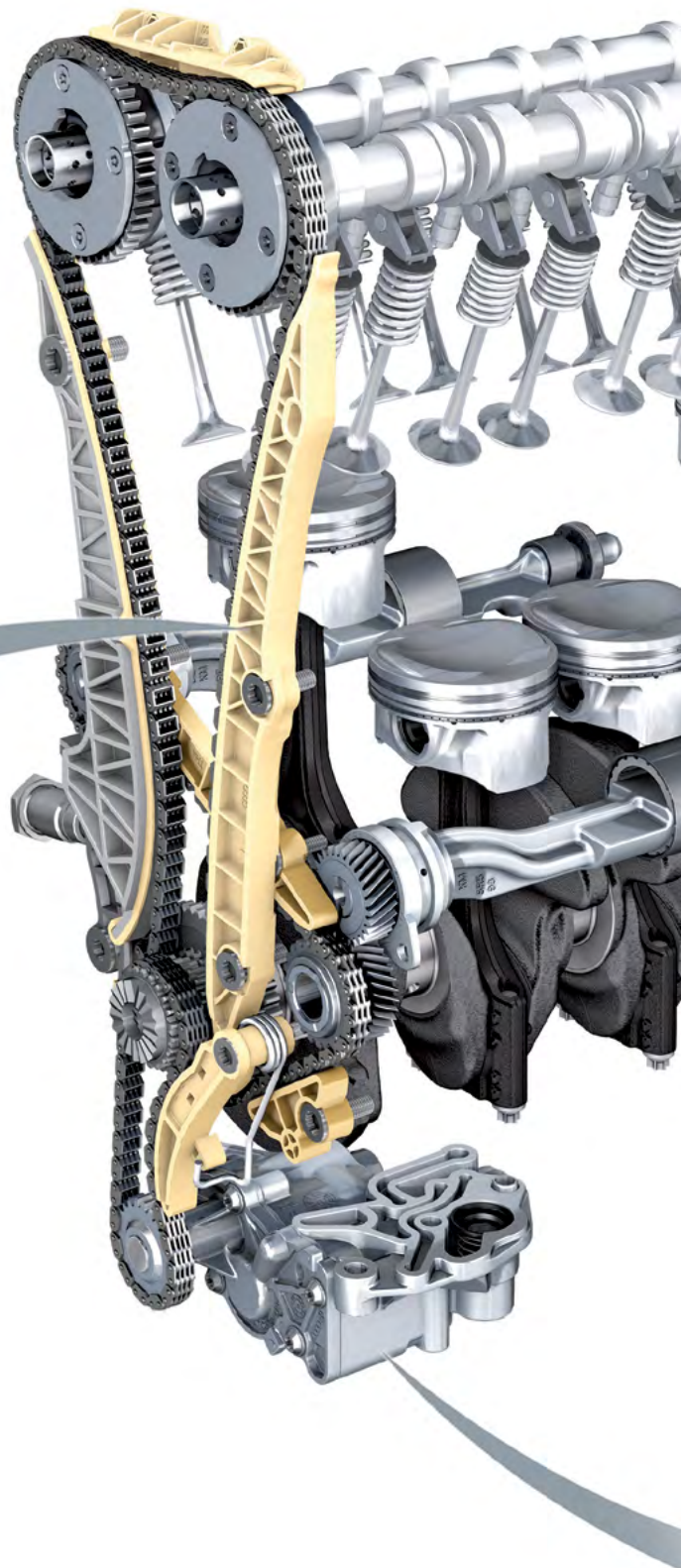
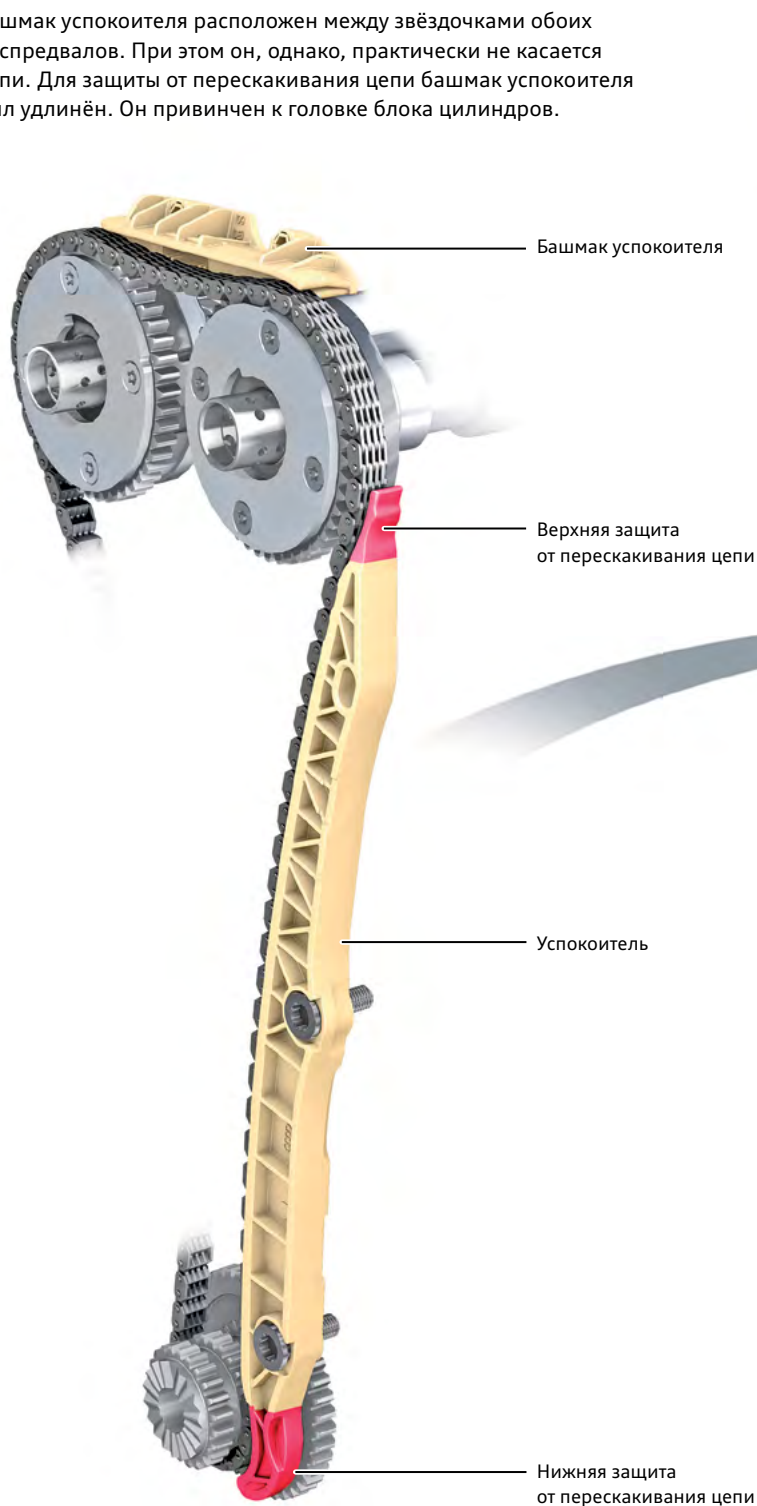
Цепной привод

Принципиальное устройство цепного привода во многом перенято от двигателя 3-го поколения. Но и в этом случае были приняты меры по усовершенствованию. Благодаря снижению потерь мощности на трение, уменьшилась и мощность, необходимая для работы цепного привода.

Для двигателя класса мощности 1 были произведены ещё более значительные изменения. Далее представлен перечень принятых мер.

Направление цепи

Башмак успокоителя расположен между звёздочками обоих распредвалов. При этом он, однако, практически не касается цепи. Для защиты от перескакивания цепи башмак успокоителя был удлинён. Он привинчен к головке блока цилиндров.



Успокоитель

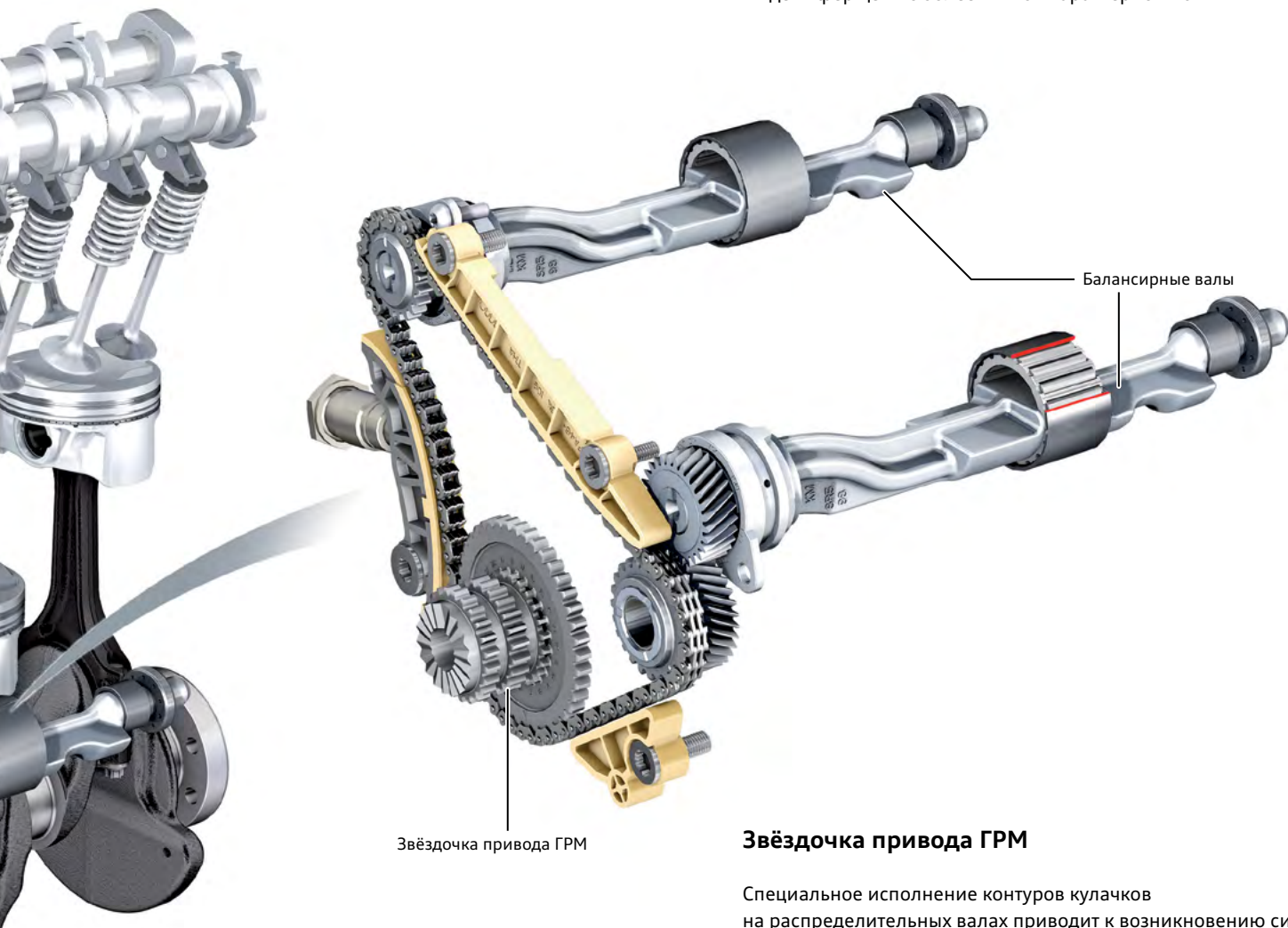
На обоих концах успокоителя была размещена защита от перескакивания цепи. Эта мера уже внедрена в текущее серийное производство двигателя 2,0 л TFSI 3-го поколения.

645_033

Привод балансирных валов

На приводе балансирных валов были произведены следующие модификации для снижения трения:

- ▶ более узкое исполнение цепи и уменьшение количества звеньев цепи с 96 до 94;
- ▶ меньшее изменение направления в траектории движения цепи;
- ▶ новые башмаки натяжителя и успокоителя;
- ▶ новые звёздочки привода;
- ▶ демпфер цепи с более мягкой характеристикой.

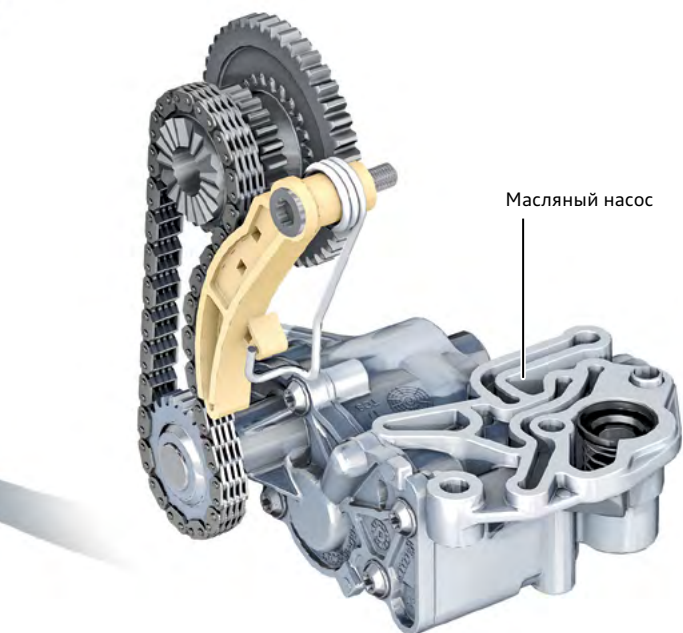


Звёздочка привода ГРМ

Балансирные валы

Звёздочка привода ГРМ

Специальное исполнение контуров кулачков на распределительных валах приводит к возникновению сил, действующих на механизм привода ГРМ. Поэтому звёздочка привода ГРМ на коленчатом валу не является круглой: её форма напоминает лист клевера. Благодаря этому уменьшаются нагрузки в цепи, а также колебания натяжителя цепи. Это, в свою очередь, позволило несколько упростить конструкцию натяжителя (отказаться от клапана ограничения давления).



Масляный насос

Привод масляного насоса

Передаточное отношение было изменено, так что масляный насос теперь вращается быстрее. Звёздочка привода имеет 22 зуба вместо 24. Это потребовалось для того, чтобы обеспечить надёжное питание всех точек смазки новым моторным маслом спецификации 0W-20.

Система управления двигателя

Расходомер воздуха

Для двигателя класса мощности 1 применяется система управления MED 17.1.10 фирмы Bosch. В этой системе количество всасываемого воздуха регистрируется посредством дополнительно установленного расходомера воздуха. Он необходим, поскольку во время активного В-цикла дроссельная заслонка максимально открыта. Вследствие этого распознавание обратного потока возможно только с помощью расходомера воздуха.



645_034

Рабочий процесс

В двигателе класса мощности 1 марка Audi впервые применяет новый рабочий процесс. Эта мера также принята для снижения расхода топлива. Достигается это в основном за счёт сокращения фазы сжатия.

В истории двигателей внутреннего сгорания уже достаточно рано предпринимались действия схожей направленности, которые должны были повысить коэффициент полезного действия бензиновых двигателей (например, цикл Аткинсона и циклический процесс по принципу Миллера).

Цикл Аткинсона

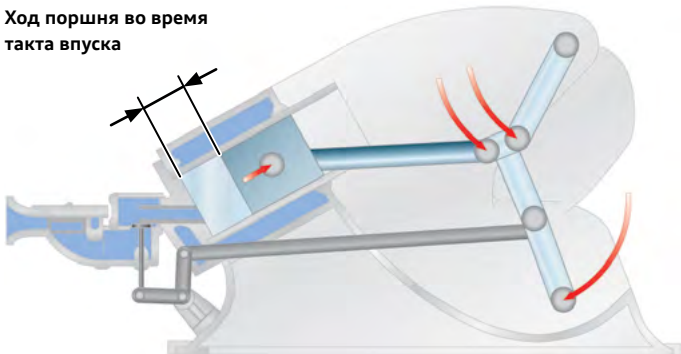
Уже в 1882 году Джеймс Аткинсон представил силовой агрегат, с помощью которого он намеревался значительно увеличить коэффициент полезного действия двигателя внутреннего сгорания. Вместе с тем таким образом он хотел обойти патенты, касавшиеся 4-тактного двигателя, разработанного Николаусом Августом Отто.

В двигателе Аткинсона все четыре такта реализуются за один оборот коленчатого вала посредством кривошипно-шатунного механизма соответствующей конструкции. Так как для этого коленчатый вал должен дважды обеспечить перемещение поршня вверх, Аткинсон сделал длину этих перемещений разной. Ход сжатия был короче, а ход расширения (рабочий ход) — длиннее. За счёт кинематики такого кривошипно-шатунного механизма степень сжатия оказывается меньшей, чем степень расширения.

Рабочий ход поршня и ход выпуска длиннее, чем при впуске и при сжатии. Впускной клапан закрывается очень поздно, после НМТ (нижней мёртвой точки) в такте сжатия. Преимущество заключается в том, что большая степень расширения приводит к повышению коэффициента полезного действия. Рабочий ход длится дольше, благодаря чему количество тепловой энергии, теряемой с отработавшими газами, уменьшается. Недостатком является то, что в нижнем диапазоне частот вращения доступен только относительно небольшой крутящий момент. Чтобы стабильно отдавать мощность без угрозы «заглохнуть», двигатель Аткинсона должен работать с довольно высокой частотой вращения. Для реализации цикла Аткинсона требуется кривошипно-шатунный механизм очень сложной конфигурации.

Поршень в нижней мёртвой точке (НМТ) между впуском и сжатием

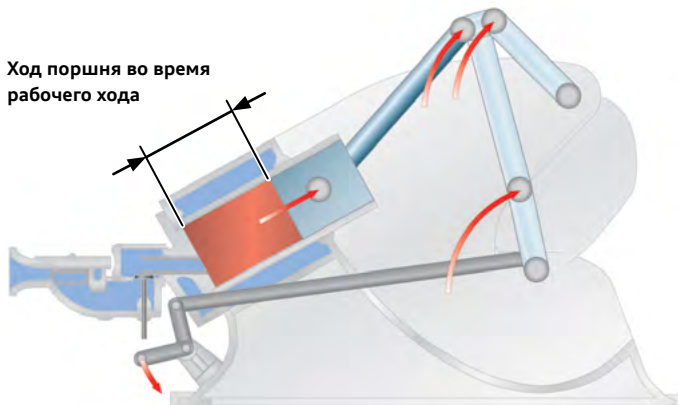
Ход поршня во время такта впуска



645_035

Поршень в нижней мёртвой точке (НМТ) между рабочим ходом и выпуском

Ход поршня во время рабочего хода



645_036



Считайте этот QR-код и узнайте больше о цикле Аткинсона.

Циклический процесс по принципу Миллера

Другой возможностью изменить степень сжатия и расширения является цикл Миллера. Изобретатель Ральф Миллер запатентовал этот принцип в 1947 году.

Его целями были реализация цикла Аткинсона в двигателях с обычным кривошипно-шатунным механизмом и использование его достоинств. При этом он сознательно отказался от сложного кривошипно-шатунного механизма, который устанавливается в силовых агрегатах, работающих по циклу Аткинсона.

Прежде цикл Миллера использовался преимущественно в двигателях некоторых азиатских автопроизводителей.

Принцип действия

В двигателе, работающем по циклу Миллера, применяется специальная система управления клапанным механизмом.

В первую очередь она служит для того, чтобы раньше закрывать впускные клапаны по сравнению с обычным бензиновым двигателем.

Этим обусловлены следующие особенности (особенно в такте впуска):

- ▶ уменьшение количества впускаемого воздуха;
- ▶ примерно постоянное давление сжатия;
- ▶ уменьшение степени сжатия;
- ▶ увеличение степени расширения.

Преимущества

- ▶ Путём изменения времени открытия клапана, т. е. за счёт увеличения степени расширения, управление мощностью можно осуществлять без дросселирования и тем самым значительно повысить коэффициент полезного действия.
- ▶ Уменьшение степени сжатия приводит к снижению содержания оксидов азота в отработавших газах.
- ▶ Температура заряда смеси ниже.
- ▶ Сгорание смеси улучшается.

Недостатки

- ▶ Меньший крутящий момент при низкой частоте вращения. Этот недостаток можно компенсировать, например, с помощью наддува.
- ▶ Снижение коэффициента полезного действия из-за уменьшения эффективной степени сжатия. Этот недостаток можно компенсировать за счёт наддува и охлаждения наддувочного воздуха.
- ▶ Требуется как минимум одно изменение фаз газораспределения на распредвале.

Новый рабочий процесс TFSI у двигателей Audi (В-цикл)

В случае нового рабочего процесса TFSI двигателя 2,0 л TFSI класса мощности 1 речь в основном идёт о модифицированном цикле Миллера. При этом показатели расхода топлива могут быть ниже, чем у сопоставимого двигателя 1,8 л TFSI 3-го поколения, хотя трение внутри двигателя выше из-за большего рабочего объёма.

Изменение времени открытия клапанов на стороне впуска реализуется с помощью системы Audi valvelift system (AVS). Для этого система AVS переключается на кулачок, который, во-первых, приводит к другому времени открытия клапанов (раннее закрывание впускных клапанов) и, во-вторых, уменьшает ход открытия впускных клапанов.

Этот рабочий процесс обозначается как «рабочий процесс с увеличенным расширением» («В-цикл»). Однако с физической точки зрения при этом происходит не удлинение фазы расширения, а сокращение фазы сжатия.

То есть полностью адекватным выражение «удлинённый рабочий ход» было бы при сравнении такого процесса с обычным двигателем меньшего рабочего объёма, который при уменьшенной длине хода поршня имел бы сопоставимую степень сжатия.

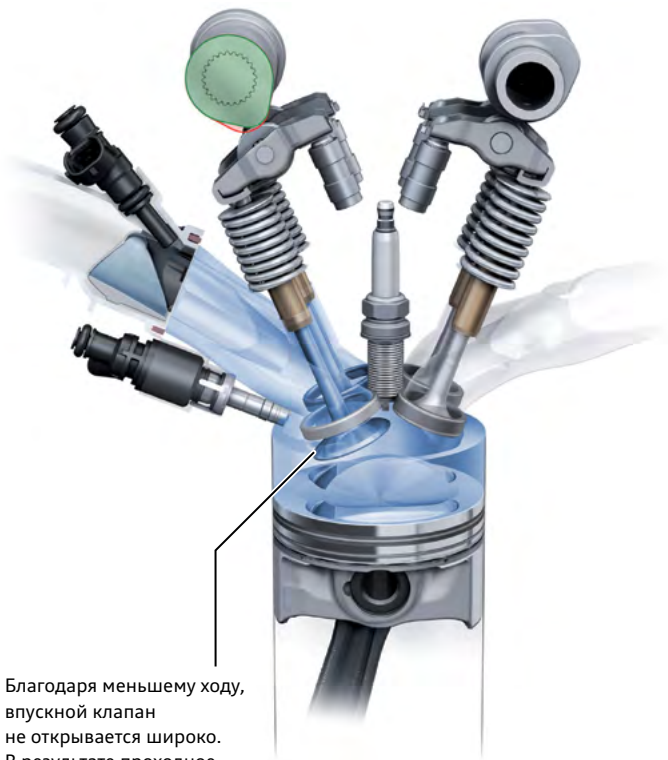
Сравнение положений клапанов и цилиндров

При частичной нагрузке

- ▶ Высокая базовая степень сжатия.
- ▶ Впускной клапан закрывается рано.
- ▶ Непродолжительное открытие клапана.
- ▶ Очень низкие выбросы ОГ.

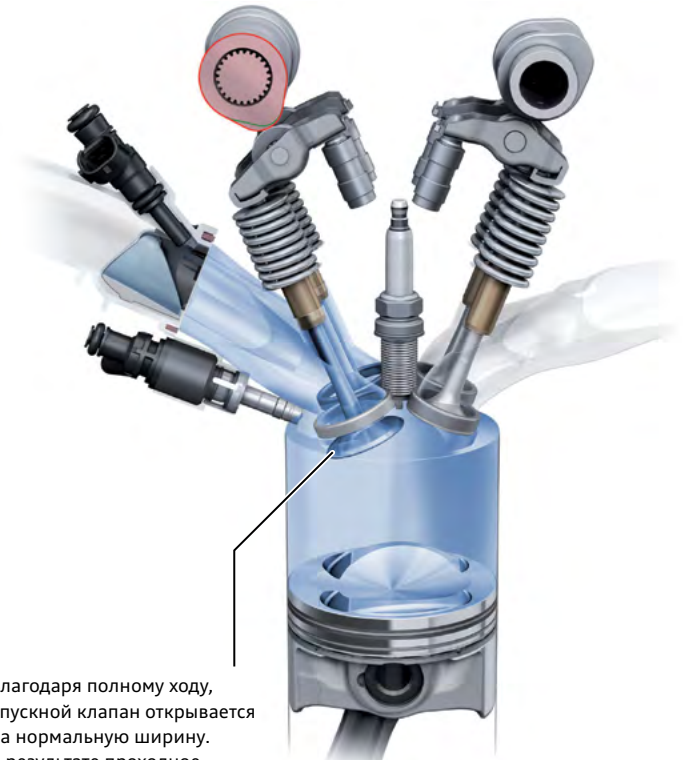
При полной нагрузке

- ▶ Впускной клапан закрывается поздно.
- ▶ Продолжительное открытие клапана.
- ▶ Высокий крутящий момент.
- ▶ Большая мощность.



Благодаря меньшему ходу, впускной клапан не открывается широко. В результате проходное сечение меньше

645_042



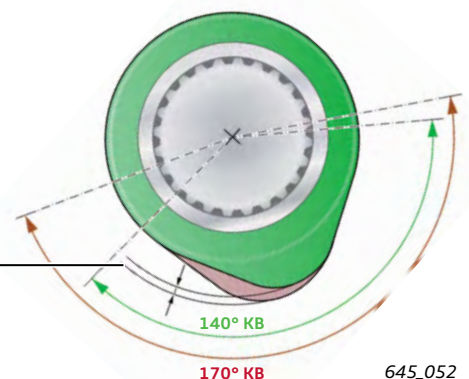
Благодаря полному ходу, впускной клапан открывается на нормальную ширину. В результате проходное сечение больше

645_043

Регулирование хода клапанов с помощью системы Audi valvelift system (AVS)

На кулачковых сегментах для каждого клапана имеется по два профиля кулачка. Фазы газораспределения, управляемые кулачками, рассчитаны на достижение необходимых характеристик двигателя. Регулируемыми параметрами являются продолжительность и момент открытия клапана, а также ход клапана (проходное сечение).

В случае малых профилей кулачков (на иллюстрации показаны зелёным цветом) продолжительность открытия составляет 140° угла поворота коленвала. При полном ходе клапана, реализуемом большими профилями кулачков (на иллюстрации показаны красным цветом), продолжительность открытия достигает 170° угла поворота коленвала.



Различная высота профиля кулачка, влияющая на ход клапана

140° KB
170° KB

645_052

Характеристики

Новый рабочий процесс TFSI двигателей Audi характеризуется следующими особенностями:

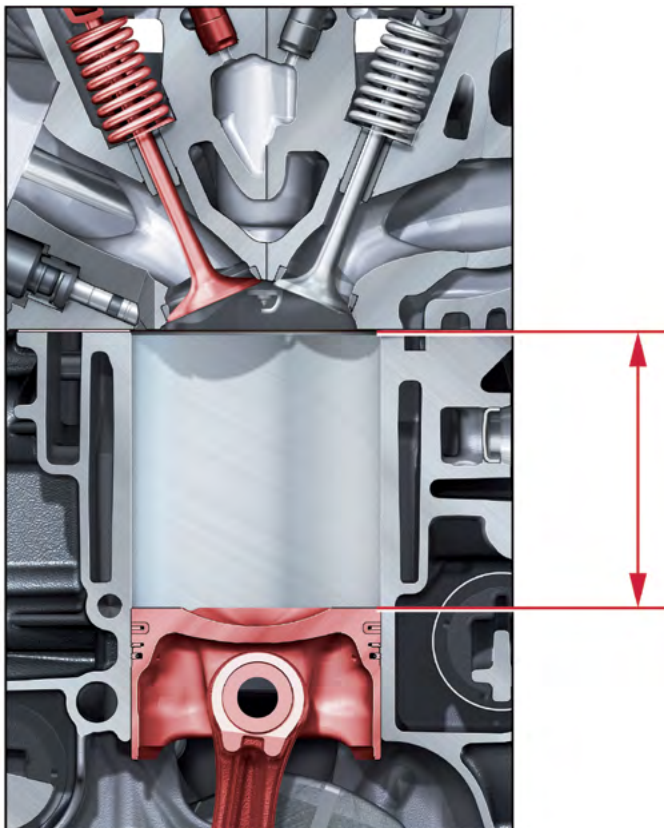
- ▶ активация в режиме частичной нагрузки двигателя;
- ▶ укороченный такт сжатия (подобно циклу Миллера);
- ▶ степень расширения больше степени сжатия (подобно циклу Миллера);
- ▶ увеличенная геометрическая степень сжатия;
- ▶ изменения в конструкции камеры сгорания (маскирование, диаметр клапанов, форма поршня);
- ▶ изменённые впускные каналы в ГБЦ (завихрение потока).

Сравнение положения поршня в такте сжатия

На приведённых ниже иллюстрациях сравнивается положение поршня в момент закрытия впускного клапана (ES) для двигателя 2,0 л TFSI 3-го поколения с обычным рабочим процессом и для двигателя 2,0 л TFSI 3-го поколения с новым В-циклом.

Они показывают положения поршня при ES ($h_V = 1,0$ мм) у двигателя 2,0 л TFSI 3-го поколения с новым В-циклом по сравнению с двигателем 2,0 л TFSI 3-го поколения с обычным рабочим процессом при частоте вращения двигателя 2000 об/мин и эффективном среднем давлении (p_{me}) 6 бар.

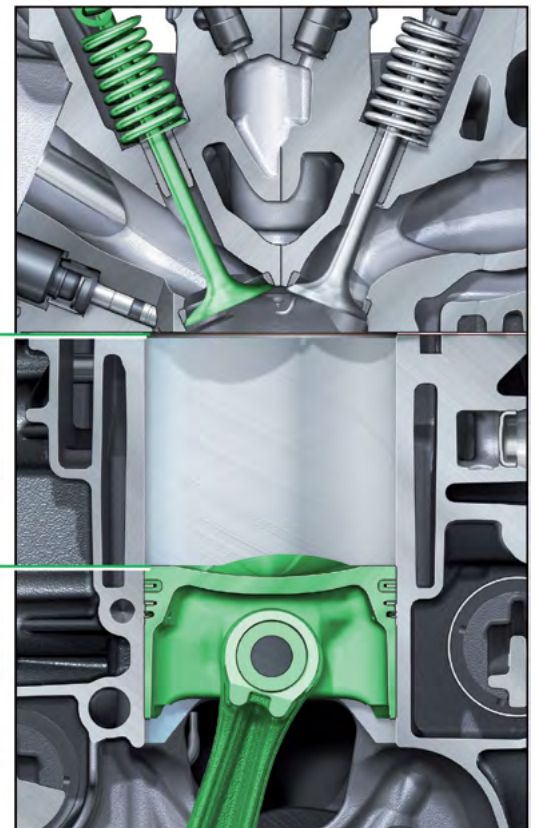
Двигатель 2,0 л TFSI 3-го поколения с обычным рабочим процессом



Впускной клапан закрывается при угле поворота коленвала за 20° до НМТ

Двигатель 2,0 л TFSI 3-го поколения с новым рабочим процессом (В-цикл)

Ход поршня во время такта впуска



Впускной клапан закрывается при угле поворота коленвала за 70° до НМТ

645_041



Считайте этот QR-код и узнайте больше об изменениях головки блока цилиндров.

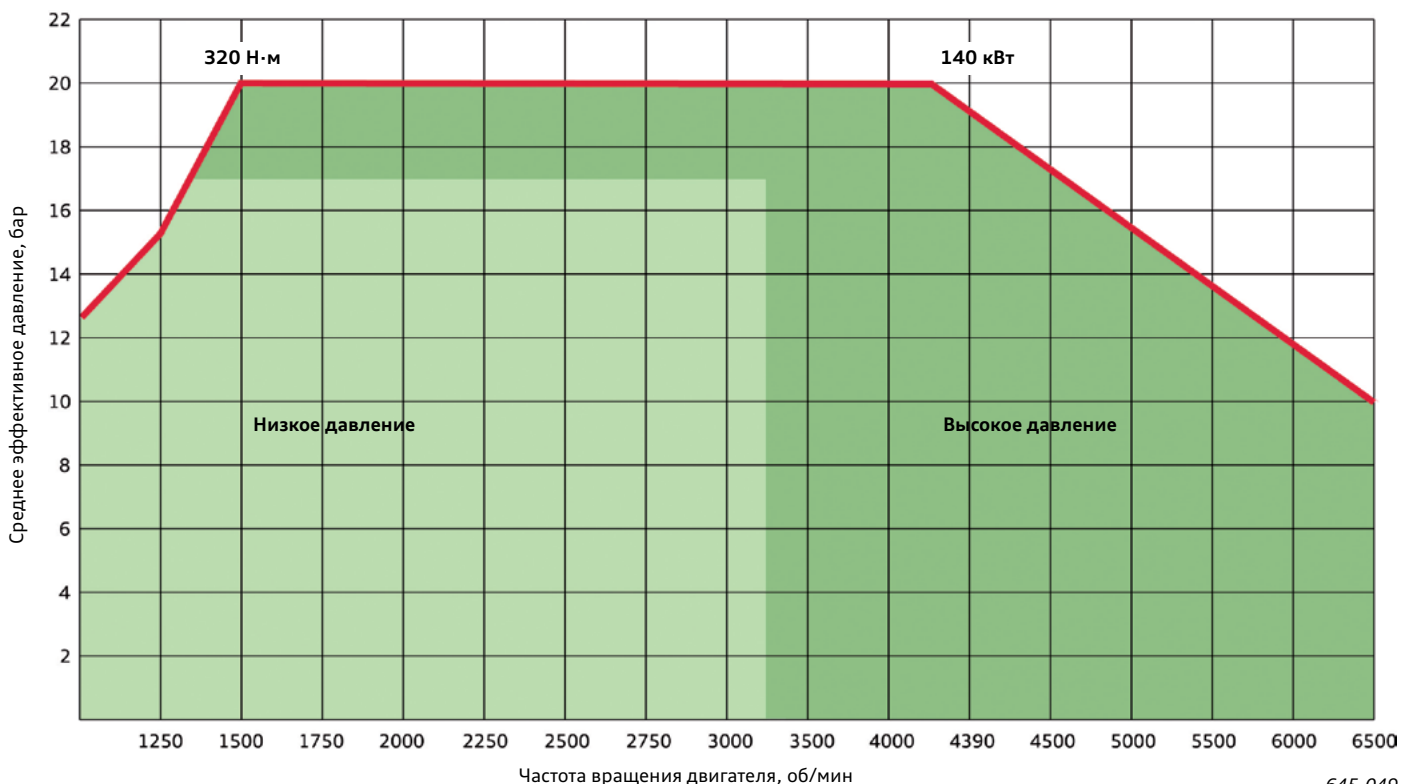


Считайте этот QR-код и узнайте больше об изменениях во всём двигателе.

Рабочие режимы

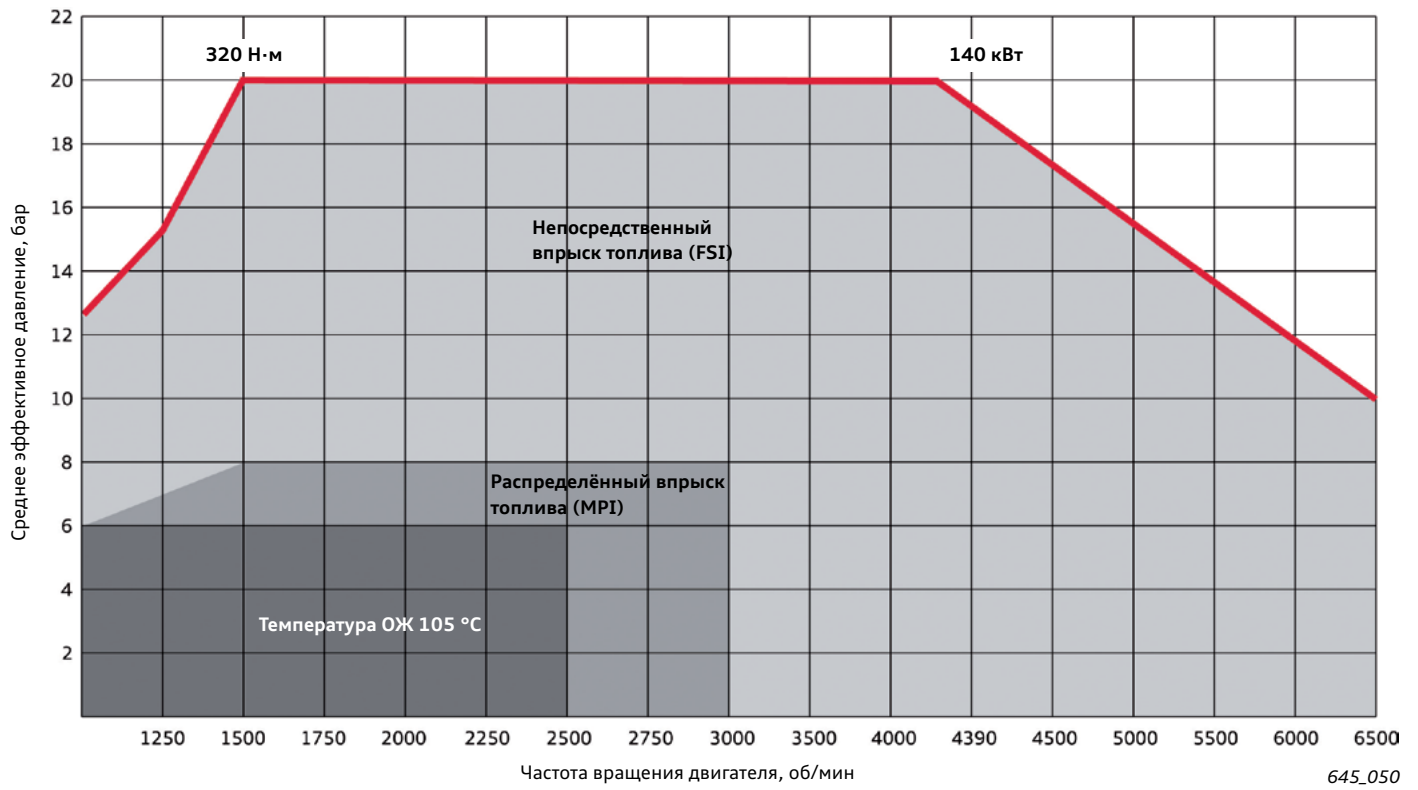
Пуск двигателя	Распредвал впускных клапанов в положении работы малого кулачка, что означает меньший ход клапана, короткую фазу впуска 140° угла поворота коленвала и непродолжительное открытие впускного клапана. При пуске двигателя в зависимости от температуры двигателя впрыск топлива (однократный, многократный) осуществляется во время такта сжатия и (или) такта впуска.
Фаза прогрева	До температуры охлаждающей жидкости 70°C непосредственный впрыск топлива (FSI) осуществляется один или два раза. В зависимости от частоты вращения, нагрузки и температуры происходит переключение в режим распределённого впрыска (MPI).
Работа двигателя при рабочей температуре	В зависимости от нагрузки по В-циклу или по характеристикам для полной нагрузки.
Работа по В-циклу	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Двигатель работает по В-циклу в режиме холостого хода и в диапазоне частичной нагрузки. ▶ Распредвал впускных клапанов в положении работы малого кулачка. ▶ До частоты вращения двигателя 3000 об/мин в диапазоне низкой и частичной нагрузок впрыск топлива осуществляется форсунками MPI. ▶ Заслонки впускных каналов регулируются только в диапазоне низких нагрузок. ▶ Дроссельная заслонка открывается как можно больше. ▶ Давление наддува повышается (до абсолютного давления 2,2 бар). Благодаря этому во время короткого открытия впускного клапана возможно хорошее наполнение цилиндра всасываемым воздухом.
Характеристики при полной нагрузке	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Переключение распредвала впускных клапанов в положение работы профиля кулачков для полной нагрузки с помощью системы Audi valvelift system (AVS). Здесь реализуется фаза впуска в 170° угла поворота коленвала. ▶ Заслонки впускных каналов в диапазоне полной нагрузки открыты. ▶ Впрыск топлива осуществляется соответственно характеристикам в режиме непосредственного впрыска (FSI). В зависимости от запрашиваемой мощности может осуществляться до 3 впрысков. При этом как количество впрыскиваемого топлива, так и момент соответствующего впрыска могут варьироваться. ▶ Дроссельная заслонка в данном случае переходит в нормальный рабочий режим.
Режим efficiency	Когда водитель выбирает для двигателя режим efficiency в системе Audi drive select, блок управления двигателем ограничивает крутящий момент двигателя значением 250 Н·м, а мощность 140 кВт после этого достигается только при частоте вращения 5300 об/мин.

Ступени регулирования масляного насоса

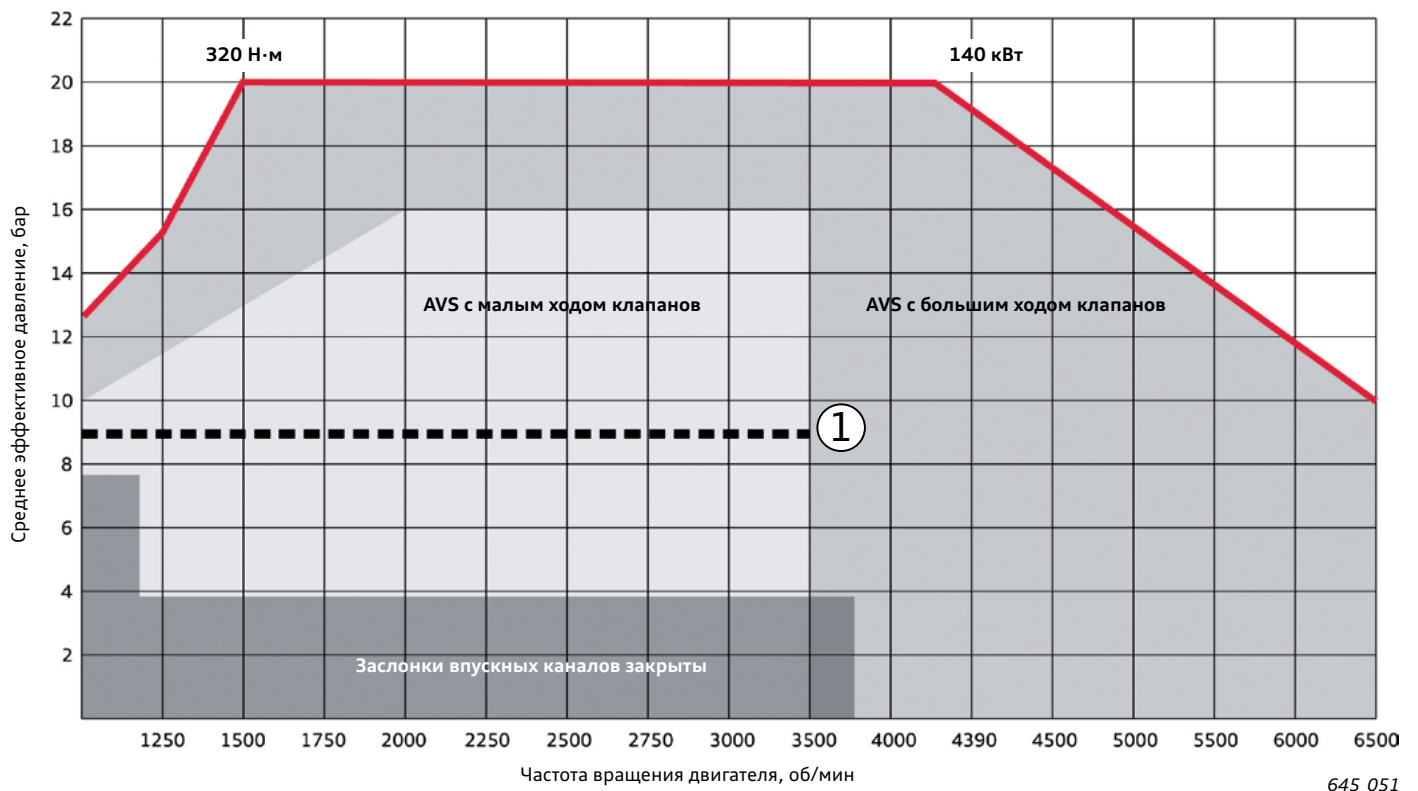


645_049

Система впрыска топлива и система охлаждения




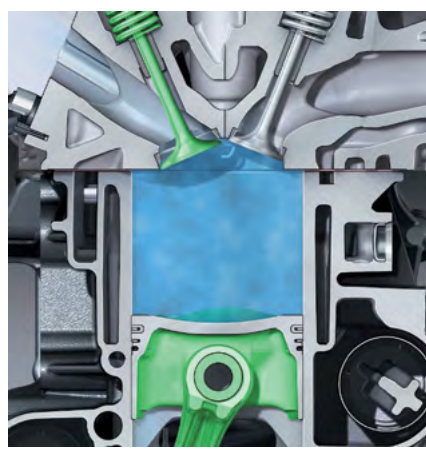
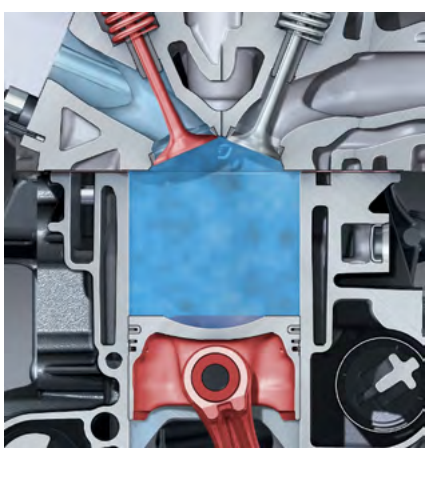
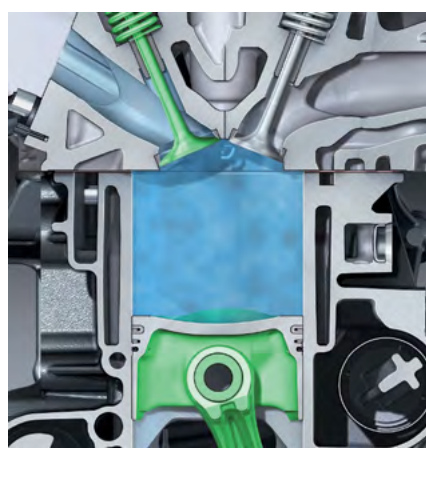
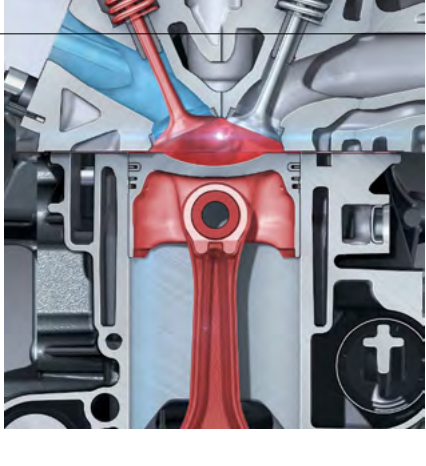
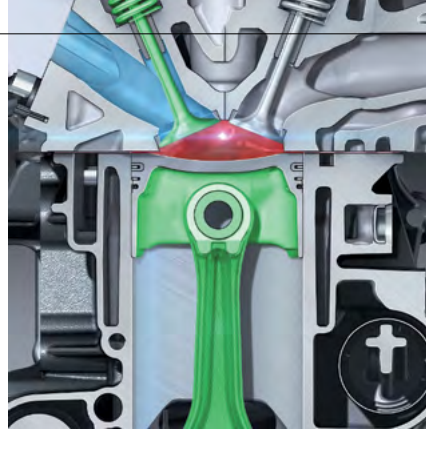
Заслонки впускных каналов и Audi valvelift system (AVS)



① Порог обратного переключения с большого хода клапанов на малый

Процессы в цилиндре

Далее описываются условия, возникающие в камере сгорания, в сравнении с обычным бензиновым двигателем.

Рабочий ход	Обычный рабочий процесс	Новый рабочий процесс (В-цикл)
<p>Впуск Поршень перемещается из ВМТ в НМТ.</p> <p>Впускной клапан закрывается значительно раньше момента достижения поршнем НМТ. После закрытия впускного клапана давление в цилиндре начинает уменьшаться, поскольку поршень продолжает двигаться вниз.</p>		
<p>Сжатие Поршень перемещается из НМТ в ВМТ.</p> <p>Сначала должно быть компенсировано падение давления. При угле поворота коленвала 70° перед ВМТ давление в цилиндре снова уравнивается с давлением во впускном тракте. При обычном рабочем процессе давление в этой точке уже выше. Благодаря более высокой геометрической степени сжатия, давление при новом рабочем процессе возрастает быстрее. Давление в ВМТ примерно одинаково (12 бар). В целом, средний уровень давления в новом рабочем процессе выше, поэтому он имеет больший коэффициент полезного действия.</p>		
<p>Начало рабочего хода Поршень перемещается из ВМТ в НМТ.</p> <p>Во время расширения при новом рабочем процессе из-за меньшего объема камеры сгорания уровень давления выше.</p>		
<p>Выпуск Поршень перемещается из НМТ в ВМТ.</p> <p>На этом этапе новый рабочий процесс из-за различных массовых характеристик смеси и других тепловых переходов обеспечивает незначительное преимущество по КПД.</p>		

Техническое обслуживание

Трёхэлементные маслосъёмные кольца

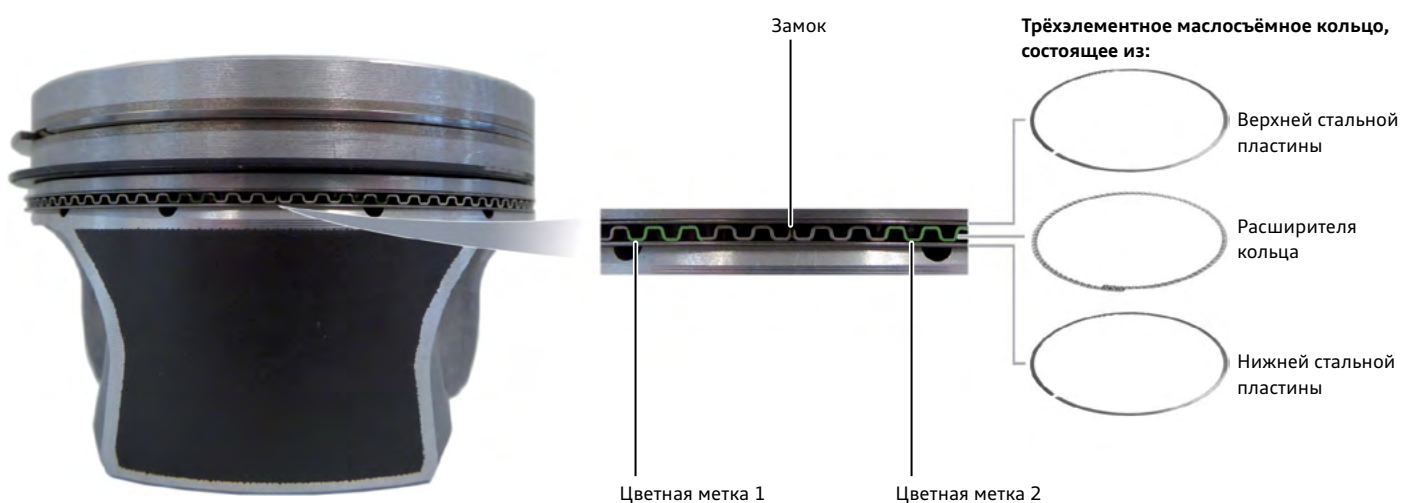
Трёхэлементные маслосъёмные кольца состоят из 2 тонких стальных пластин и расширителя. Расширитель прижимает стальные пластины (маслосъёмные кольца) к стенке цилиндра.

Трёхэлементные маслосъёмные кольца, несмотря на незначительное усилие прижатия, могут очень хорошо адаптироваться к форме цилиндра. Они обладают меньшим трением и снимают масло со стенок цилиндра.

Рекомендации по установке

При установке необходимо контролировать правильное положение расширителя маслосъёмного кольца. Это особенно важно в случае поршней, поставляемых с предустановленными кольцами. Концы расширителя могут заходить друг на друга.

Поэтому для облегчения контроля оба конца имеют цветные метки. Концы расширителя не должны перекрываться, так как в противном случае функционирование маслосъёмного кольца не обеспечивается. Замки трёхэлементного маслосъёмного кольца при установке должны располагаться по окружности со смещением на 120° относительно друг друга.



645_045



Указание

При установке трёхэлементных маслосъёмных колец на поршни строго соблюдать соответствующие указания по порядку действий, приведённые в руководстве по ремонту.

Объём работ по техническому обслуживанию

Замена масла	По индикатору технического обслуживания в зависимости от стиля вождения и условий эксплуатации: от 15 000 км/1 год до 30 000 км/2 года
Интервал замены воздушного фильтра	90 000 км
Интервал замены свечей зажигания	60 000 км/6 лет
Интервал замены топливного фильтра	-
Привод ГРМ	Цепь (в рамках ТО замена не предусмотрена)



Указание

Приоритет всегда имеют данные в актуальной сервисной литературе.

Приложение

Словарь специальных терминов

В этом словаре приводятся объяснения всех терминов, выделенных в тексте программы самообучения курсивом и отмеченных стрелкой ↗.

↗ Картерные газы

Картерными газами называют газы, проникающие в картер двигателя из камер сгорания между поршнем и стенкой цилиндра. Причиной их проникновения являются высокое давление в камере сгорания и совершенно нормальные эксплуатационные зазоры поршневых колец. Система вентиляции удаляет эти газы из картера двигателя и подаёт их в камеры сгорания.

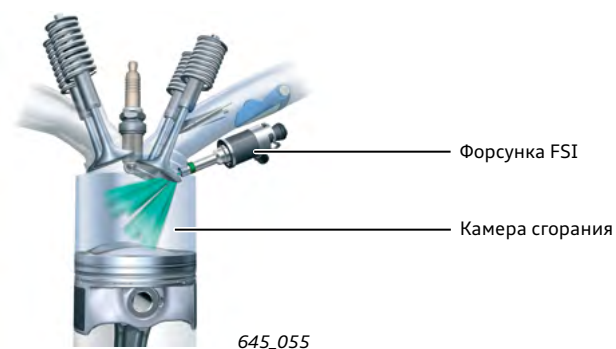
↗ Шатун с крышкой, отделяемой отламыванием

Это наименование шатунов объясняется технологией их изготовления. Стержень шатуна и крышка шатуна отделяются друг от друга путём целенаправленного разламывания (отламывания). Преимуществом этой технологии является точное совпадение разломов обеих частей друг с другом с высокой точностью соединения.



↗ FSI

Сокращение от Fuel Stratified Injection (послойный (непосредственный) впрыск) используется в отношении бензиновых двигателей для обозначения применяемой маркой Audi технологии непосредственного впрыска топлива в камеру сгорания. Топливо впрыскивается под давлением до 200 бар.

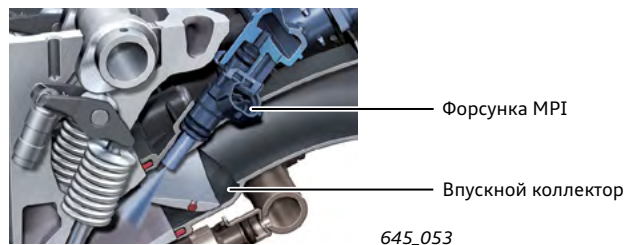


↗ Класс мощности двигателя

В ФРГ согласно Федеральному закону об охране от вредного воздействия дыма и сточных вод (Постановление о предельных значениях выбросов для двигателей внутреннего сгорания) в соответствии с Директивой Европарламента, мобильные рабочие машины разделены на классы мощности. Различают ступени I, II, IIIA, IIIB и IV, а также классы мощности 19 кВт – 36 кВт, 37 кВт – 55 кВт, 56 кВт – 74 кВт, 75 кВт – 129 кВт и 130 кВт – 560 кВт, причём различие проводится на основании изменяемой и неизменяемой частоты вращения.

↗ MPI

Сокращение от Multi Point Injection (распределённый впрыск) обозначает систему впрыска топлива бензиновых двигателей, при которой топливо впрыскивается перед впускными клапанами, т. е. во впускной коллектор. В некоторых двигателях она применяется в сочетании с системой непосредственного впрыска топлива FSI.



Контрольные вопросы

1. С выходом Audi A4 (модель 8W) на рынок началось применение и нового моторного масла (0W-20). Для каких двигателей его можно использовать?

- а) Только для двигателей высокой мощности, т. е. для моделей S.
- б) Для всех новых двигателей, а также для всех двигателей, выпущенных ранее.
- в) Для новых бензиновых и дизельных двигателей, которые рассчитаны на это.

2. Что было изменено в системе приточно-вытяжной вентиляции картера у нового двигателя 2,0 л TFSI в сравнении с предыдущими двигателями (EA888 3-го поколения)?

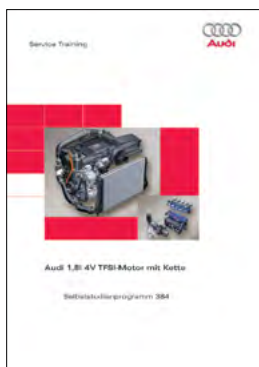
- а) Система предусматривает верхнее маслоотделение. Приточная вентиляция активируется при высокой нагрузке на двигатель.
- б) Для вытяжной вентиляции картера используется новая точка отбора. Она находится у одного из балансирных валов. Дальнейший тракт вытяжной вентиляции и очистка картерных газов, а также приточная вентиляция такие же, как у двигателей предыдущего поколения.
- в) В системе приточно-вытяжной вентиляции картера новых двигателей 2,0 л TFSI на Audi A4 (модель 8W) в сравнении с двигателем EA888 3-го поколения ничего не изменилось.

3. Для чего предназначена система Audi valvelift system (AVS) двигателя 2,0 л TFSI с буквенным обозначением CVKB?

- а) Audi valvelift system (AVS) активируется, если электронная система управления двигателем в диапазоне частичной нагрузки запрашивает рабочий процесс по В-циклу. За счёт этого на впускных клапанах реализуется меньший ход и сокращается время их открытия.
- б) Когда по сигналу электронной системы управления двигателем Audi valvelift system (AVS) перемещает кулачковые сегменты на распредвалу выпускных клапанов, эти клапаны открываются на меньшую ширину. Тем самым обеспечивается оптимальный поток ОГ в турбокомпрессор при низкой частоте вращения двигателя, а значит, более быстрое создание давления наддува.
- в) Если Audi valvelift system (AVS) активируется электронной системой управления двигателем в диапазоне частичной нагрузки, на двух цилиндрах клапаны перестают открываться.

Программы самообучения

Дополнительную информацию по техническим особенностям двигателей семейства EA888 можно найти в следующих программах самообучения:



Программа самообучения 384 «Двигатель Audi 1,8 л 4V TFSI с цепным приводом ГРМ»

- ▶ Механическая часть двигателя.
- ▶ Топливная система с обратной связью по расходу.



Программа самообучения 411 «Двигатели Audi 2,8 л и 3,2 л FSI с системой Audi Valvelift System»

- ▶ Система управления подъемом клапанов Audi valvelift system (AVS).



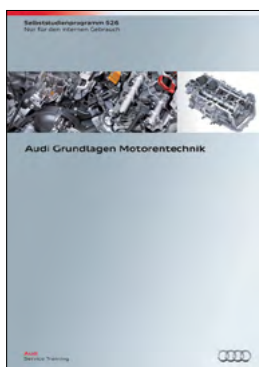
Программа самообучения 436 «Изменения в 4-цилиндровом двигателе TFSI с цепным приводом ГРМ»

- ▶ Масляный насос с обратной связью по расходу (объемному потоку).



Программа самообучения 606 «Двигатели Audi 1,8 л и 2,0 л TFSI семейства EA888 (3-го поколения)»

- ▶ Наддув.
- ▶ Механическая часть двигателя.
- ▶ Топливная система высокого и низкого давления.



Программа самообучения 626 «Устройство двигателей Audi»

- ▶ Основополагающая информация о механике двигателя и подсистем.



Программа самообучения 644 «Audi A4 (модель 8W). Введение»

- ▶ Топливная система.

Информация по QR-кодам

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

На планшете или смартфоне должно быть установлено приложение для считывания QR-кодов (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 QR-код в pdf-версии программы самообучения — 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. После считывания QR-кода перед просмотром первого материала нужно будет выполнить вход в систему. На iPhone, iPad и многочисленных устройствах Android регистрационные данные для входа можно сохранить в мобильном браузере. Это облегчает последующие входы в систему. Обязательно включите в своём устройстве блокировку PIN-кодом, чтобы предотвратить несанкционированное использование.

Пожалуйста, учитывайте, что скачивание мультимедийных материалов в мобильных сетях может привести к очень существенным расходам, 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.*

Для заметок

Все права защищены,
включая право на технические изменения.

Авторские права:

AUDI AG

I/VK-35

service.training@audi.de

AUDI AG

D-85045 Ingolstadt

По состоянию на 12.15

© Перевод и вёрстка ООО «Фольксваген Груп Рус»

A15.5S01.32.75