

Двигатель Audi V6 TFSI 3,0 л с нагнетателем „roots“

Программа самообучения 437

Двигатель V6 TFSI с объёмом 3,0 л — это первый агрегат с механическим наддувом от Audi. Основой для двигателя с нагнетателем „roots“ является двигатель без наддува V6 с объёмом 3,2 л из современного семейства V-образных двигателей от Audi.

Благодаря применению новейших технических разработок в комбинации с послойным смесеобразованием возникла концепция двигателя, обладающего превосходными характеристиками в отношении компактности, акустики, отклика на нажатие педали акселератора и расхода топлива.

Характеристики двигателя очень универсальны. Спектр применения простирается от комфортабельного до чисто спортивного автомобиля. Спортивное исполнение двигателя ориентировано на специальную клиентскую группу в США. При этом большое внимание уделяется характеристике разгона (Take-Off) автомобиля. Преследуется цель — достичь максимального ускорения в городском цикле между отдельными сигналами светофора.

Поскольку мощный двигатель V6 TFSI 3,0 л идеально подходит и для комфортабельного стиля движения, предусмотрены широкие возможности его применения в линейке продуктов Audi. Впервые этот двигатель был предложен в комплектации Audi A6 осенью 2008 на рынках Европы, Китая и США.

Применение механического наддува на базе нагнетателя „roots“ не является чем-то новым для автомобилей под знаком четырёх колец. Так, нагнетатели „roots“ были установлены на двигателях легендарных гоночных автомобилей AUTO UNION („Серебряные стрелы“). На гоночных автомобилях были установлены V-образные двигатели большого объёма с количеством цилиндров до 16, наддув в которых осуществлялся с помощью одного или даже двух нагнетателей „roots“. С 1934 по 1939 такие пилоты AUTO UNION как Ганс Штук и Бернд Роземайер на таких гоночных автомобилях много раз выигрывали Гран-при и устанавливали мировые рекорды скорости.



Двигатель TFSI V6 3,0 л от Audi



437_004

Задачи данной программы самообучения

В этой программе самообучения рассматривается конструкция и принцип действия двигателя V6 TFSI объёмом 3,0 л. Программа должна помочь Вам в изучении двигателя. В ходе изучения данной программы самообучения Вы получите информацию по следующим вопросам:

- конструкция механических узлов двигателя;
- принцип работы системы охлаждения и моменты, которые необходимо учитывать при проведении сервисного обслуживания;
- принцип работы механического наддува на базе нагнетателя „roots“;
- особенности конструкции усовершенствованной топливной системы;
- конструкция системы выпуска ОГ;
- новое в системе управления двигателя;
- моменты, которые следует учитывать при проведении сервисного обслуживания двигателя.

Оглавление

Введение

Краткое техническое описание 6

Механика двигателя

Блок цилиндров 10

Кривошипно-шатунный механизм. 11

Вентиляция картера коленвала. 12

Головка блока цилиндров. 13

Привод дополнительных агрегатов 14

Подача масла

Система смазки 15

Подача воздуха

Воздуховоды. 16

Модуль наддува 20

Регулирование нагрузки 31

Заслонки впускного коллектора 32

Шумоизоляция 34

Система охлаждения

Контур охлаждения 36

Охлаждение наддувочного воздуха 38

Нейтрализация ОГ

Система вторичного воздуха 42

Топливная система

Обзор.	46
Форсунки.	47

Управление двигателя

Обзор системы	48
Блок управления двигателя	50

Техническое обслуживание

Объёмы технического обслуживания	51
Специальные инструменты.	52

Приложение

Глоссарий	53
Проверка знаний	54

Обобщение

Программы самообучения.	55
---------------------------------	----

Ссылка



Пояснения к понятиям, приведённым курсивом и отмеченным символом „звёздочка“, приведены в глоссарии в конце данной программы самообучения.

В программе самообучения описываются основные положения новых конструкций и принципов их действия, новых компонентов автомобиля или новых технологий.

Программа самообучения не является руководством по ремонту!
Указанные параметры приведены только для наглядности, они относятся к ПО, действующему на момент создания SSP.

Для технического обслуживания и проведения ремонта обязательно использовать актуальную техническую документацию.
Пояснения к понятиям, приведённым курсивом и отмеченным символом „звёздочка“, приведены в глоссарии в конце данной программы самообучения.

Ссылка



Указание



Краткое техническое описание

Описание двигателя TFSI V6 объёмом 3,0 л дано на примере Audi A6 2009 модельного года. Именно в этом автомобиле впервые был установлен данный двигатель.

Важнейшие технические характеристики:

- шестицилиндровый V-образный двигатель с механическим наддувом (техническая база: двигатель FSI V6 3,2 л);
- топливная система, фильтр с активированным углём, система выпуска ОГ (коллектор для селективного лямбда-регулирования) и система охлаждения двигателя по геометрии и размещению идентичны двигателю FSI V6 3,2 л;
- вакуумная система с механическим вакуумным насосом (по конструкции идентичен насосу для двигателя FSI V6 3,2 л).

Важнейшие изменения по сравнению с двигателем FSI V6 3,2 л:

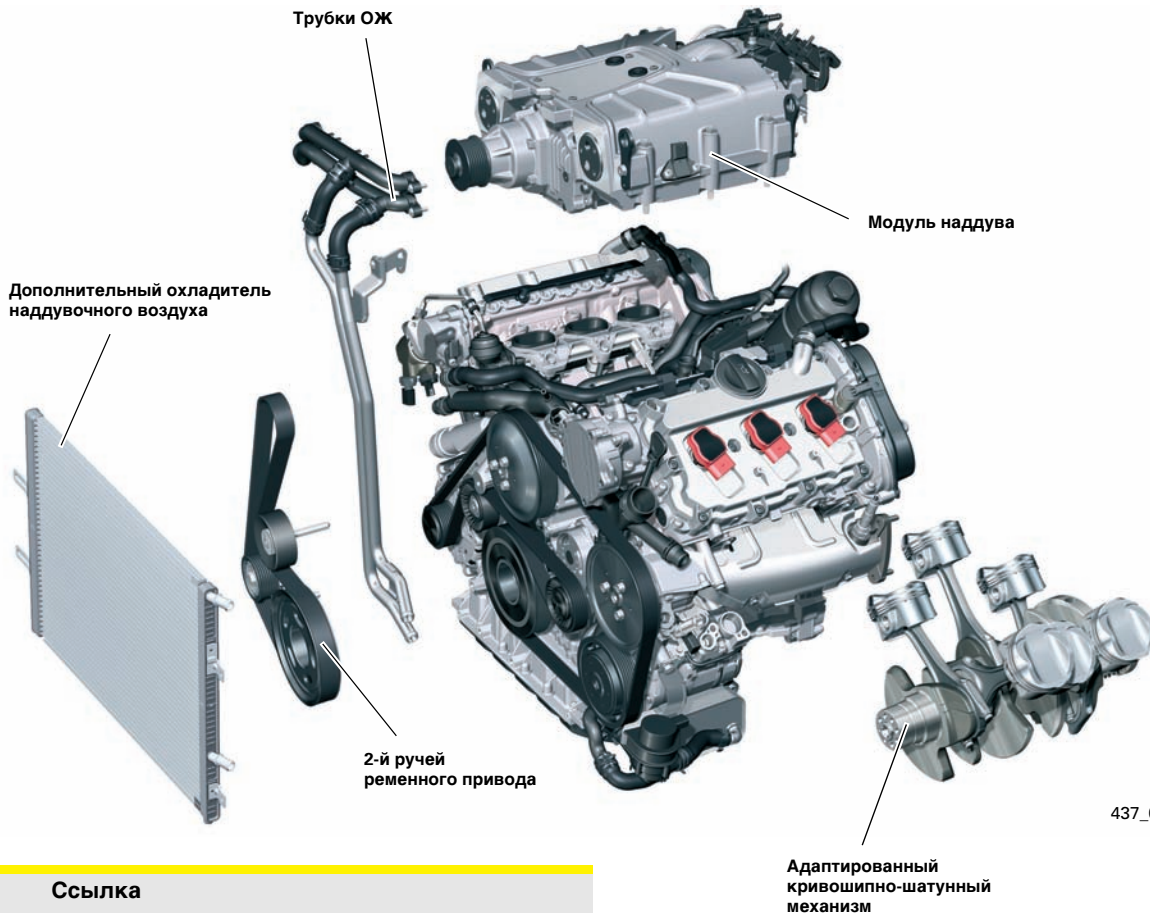
- блок цилиндров (ZKG) с термической обработкой;
- кривошипно-шатунный механизм;
- модуль наддува со встроенным охладителем наддувочного воздуха;
- трубки ОЖ для низкотемпературного контура автомобиля;
- ременный привод модуля наддува;
- управление двигателя с р/п-регулированием „Simos 8“;
- система вторичного воздуха для соответствия нормам токсичности ОГ EU V и ULEV II.

Была произведена адаптация следующих элементов:

- система впуска;
- распределительные валы;
- клапаны и пружины клапанов;
- фланец заслонок впускного коллектора.

Не используются:

- Audi valvelift system;
- регулирование фаз газораспределения на стороне выпуска.

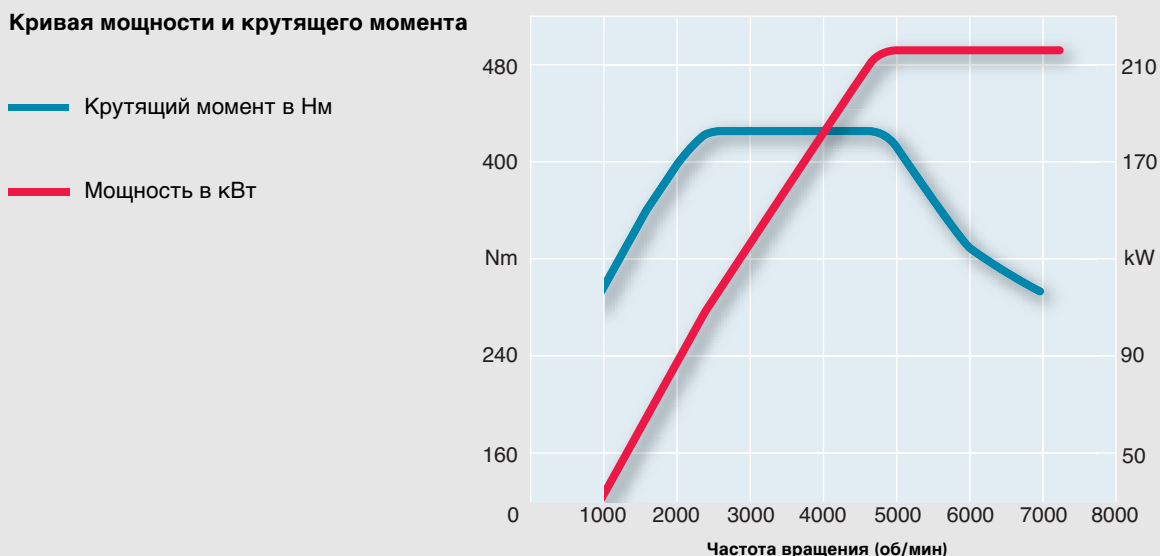


Ссылка

Подробное техническое описание базового двигателя (двигатель FSI V6 3,2 л) приведено в программе самообучения 411 „Двигатель Audi FSI объёмом 2,8 и 3,2 л с Audi valvelift system“.



Кривая мощности и крутящего момента



Технические характеристики

Буквенное обозначение	CAJA
Тип	Шестицилиндровый V-образный двигатель
Рабочий объем в см ³	2995
Мощность в кВт (л.с.)	213 (290) при 4850–7000 об/мин
Крутящий момент в Нм	420 при 2500–4850 об/мин
Количество клапанов на цилиндр	4
Диаметр цилиндра в мм	84,5
Ход поршня в мм	89
Степень сжатия	10,5 : 1
Последовательность работы цилиндров	1–4–3–6–2–5
Масса двигателя в кг	190
Управление двигателя	Simos 8
Топливо	АИ 95*
Смесеобразование	Непосредственный впрыск FSI (гомогенная смесь) ТНВД HDP 3
Норма токсичности ОГ	EU V, ULEV II
Нейтрализация ОГ	Селективное лямбда-регулирование с широкодиапазонным лямбда-зондом перед катализатором для каждого ряда цилиндров, два керамических катализатора с лямбда-зондом после катализатора (ступенчатый лямбда-зонд)
Эмиссия CO ₂ в г/км	228

* возможно использование бензина АИ 91 при снижении мощности

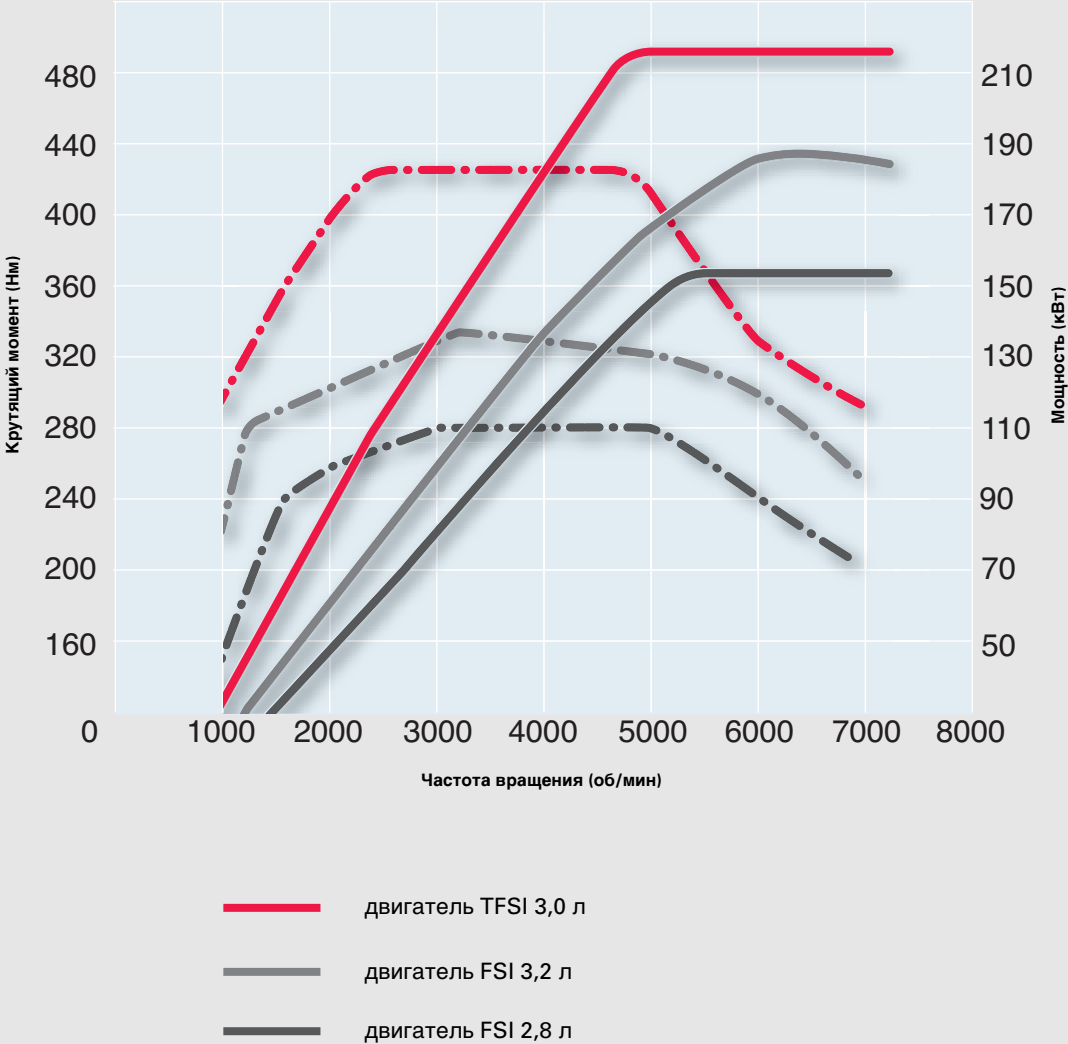
Характеристика

Несмотря на то, что рабочий объем двигателя TFSI V6 3,2 л далеко не самый большой в семействе двигателей V6 от Audi, этот двигатель является абсолютным лидером по мощности.

Это отражается также и на ходовых характеристиках, поскольку этот двигатель имеет лучшие показатели по сравнению с двигателем FSI V6 3,2 л без наддува.

То же самое верно и в отношении экономичности, расхода топлива и эмиссии CO₂. На рисунке приведено сравнение кривых полной мощности двигателей FSI V6, устанавливаемых на Audi A6.

Кривые мощности крутящего момента двигателей FSI V6



Технические характеристики двигателей V6, устанавливаемых на Audi A6				
Характеристика	2,4 л MPI	2,8 л FSI	3,2 л FSI	3,0 л TFSI
Рабочий объем в см ³	2393	2773	3123	2995
Ход поршня в мм	77,4	82,4	92,8	89
Диаметр цилиндра в мм	81	84,5	84,5	84,5
Ход поршня/диаметр цилиндра	0,96	0,98	1,10	1,05
Степень сжатия	10,3 : 1	12,0 : 1	12,5 : 1	10,5 : 1
Расстояние между цилиндрами в мм	90	90	90	90
Смещение ряда цилиндров в мм	18,5	18,5	18,5	18,5
Диаметр коренного подшипника в мм	58	58	65	65
Диаметр шатунного подшипника в мм	50	54	56	56
Длина шатуна в мм	159	159	154	153
Высота блока в мм	228	228	228	228
Макс. мощность при частоте вращения в кВт при об/мин	130 при 6000	154 при 5250	188 при 6500	213 при 4800–7000
Макс. крутящий момент при частоте вращения в Нм при об/мин	230 при 3000	280 при 3000–5000	330 при 3250	420 при 2500–4850
ОЧ топлива	95/91 ¹⁾	95/91 ¹⁾	95/91 ¹⁾	95/91 ¹⁾

1) со сниженной мощностью

Ходовые характеристики в сравнении: двигатель V6 FSI 3,2 л и двигатель V6 TFSI 3,2 л, устанавливаемые на Audi A6				
		Audi A6 3,2 л FSI 188 кВт/330 Нм tiptronic quattro 2008 модельный год	Audi A6 3,0 л TFSI 213 кВт/420 Нм tiptronic quattro 2009 модельный год	
Характеристика	Единица измерения			
0–100 км/ч	с	7,1	6,3	
Эластичность в положении движения D	км/ч	80–120	80–120	
	с	6,0	5,3	
Максимальная скорость	км/ч	250 ²⁾	250 ²⁾	
	об/мин / передача	6350/5	4500/6	
Средний общий расход	л/100 км	10,9	9,6	
Эмиссия CO ₂	г/км	259	228	

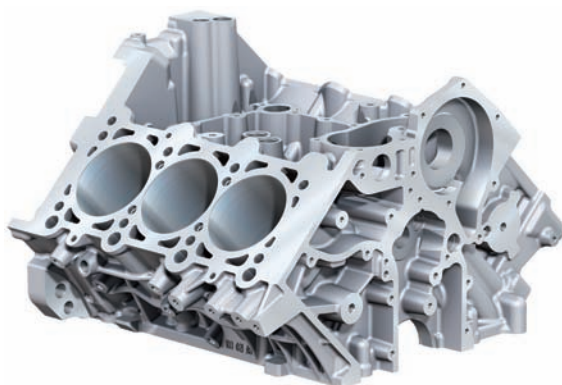
2) электронное ограничение

Блок цилиндров

По конструкции блок цилиндров идентичен блоку цилиндров двигателя V6 FSI 3,2 л. Но по причине более высокого среднего пикового давления (давления сгорания) он испытывает большие нагрузки.

Чтобы, несмотря на это, обеспечить высокую устойчивость и стабильность, области постелей коренных подшипников в процессе изготовления подвергались специальной термической обработке. Болты коренных подшипников имеют более высокий класс прочности.

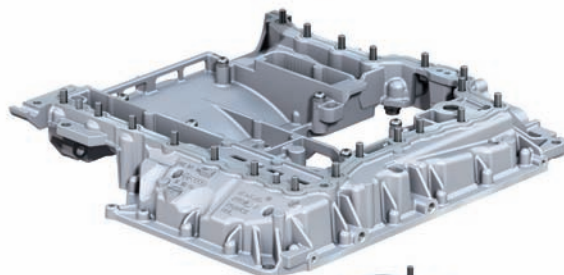
Блок
цилиндров



Нижняя часть блока
цилиндров (постель)



Верхняя часть
масляного поддона



Нижняя часть
масляного поддона



437_007

Кривошипно-шатунный механизм

Коленчатый вал

Радиус кривошипа коленчатого вала изменён и составляет 89 мм. По аналогии с двигателем V6 FSI 3,2 л коленчатый вал выполнен по технологии Split-pin* (смотри глоссарий).

Разработанные по новой технологии и выполненные методом конструктивного разлома шатуны* имеют длину 153 мм и оптимизированы по прочности. Все вкладыши подшипников выполнены в виде трёх-слойных вкладышей, не содержащих свинец.

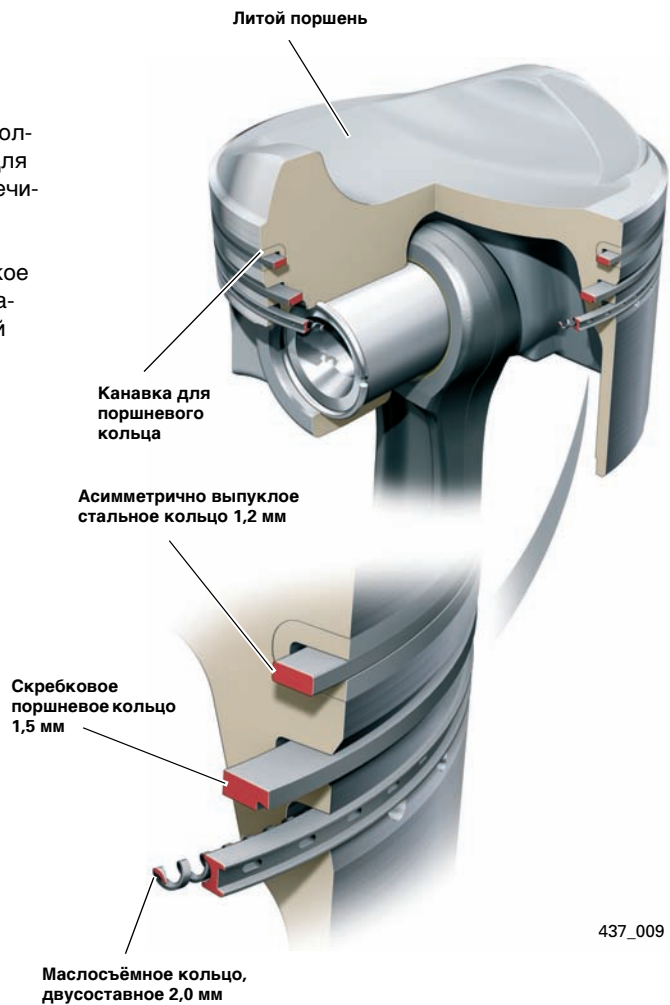


437_008

Поршни

В отличие от двигателя V6 FSI 3,2 л поршни выполнены в виде поршней с упрочняющей вставкой для компрессионного кольца и конструктивно обеспечивают степень сжатия 10,5 : 1.

Поэтому на юбки поршней нанесено износостойкое покрытие ферростан. Соответствующая комбинация поршневых колец обеспечивает при высокой мощности низкие значения расхода картерных газов (Blow-by-газы) и расхода масла при минимальном трении и износе.

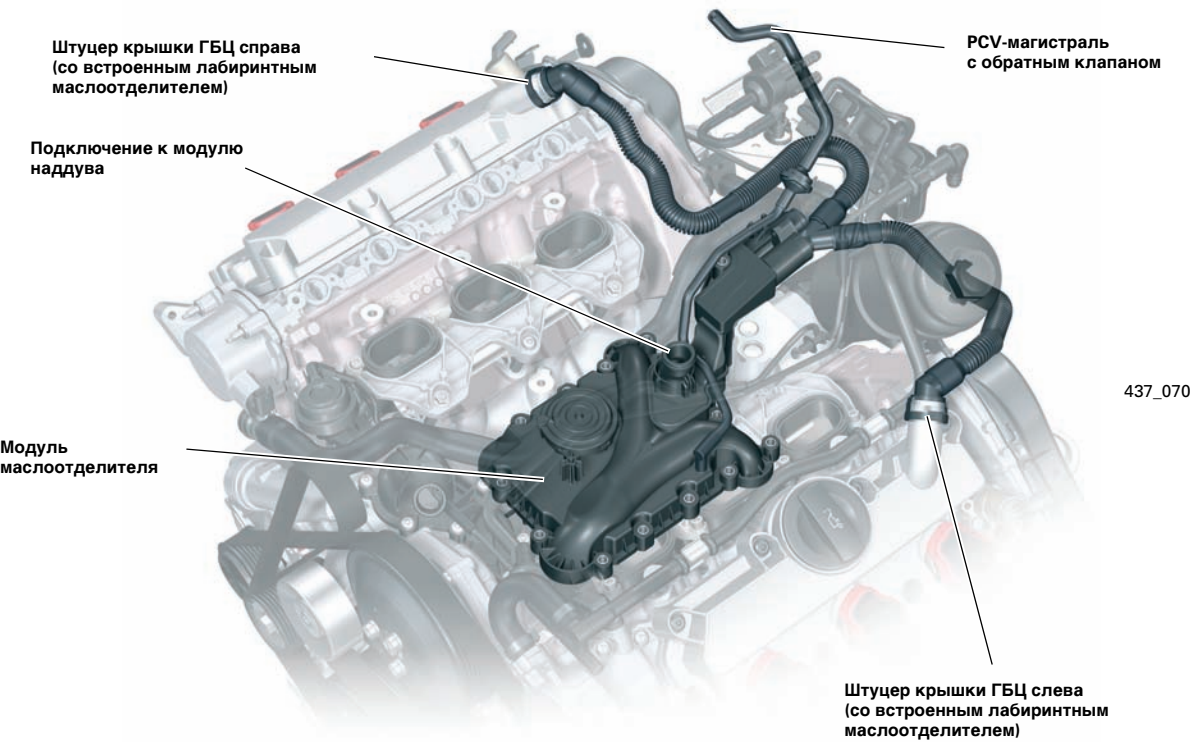


437_009

Вентиляция картера коленвала

Вентиляция картера коленвала осуществляется по аналогии с двигателем V6 FSI 3,2 л.

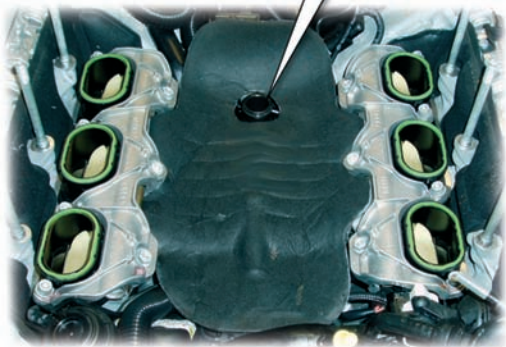
Различие состоит только в подаче очищенных картерных газов. Подача осуществляется максимально коротким путём непосредственно из развала цилиндров в зону перед роторами нагнетателя „roots“.



Подключение к модулю наддува

Картерные газы (Blow-by-газы*) подаются на модуль наддува снизу. Соединительная деталь обеспечивает уплотнение подключения подающей магистрали к модулю наддува. Отверстие модуля наддува имеет коническую форму, чтобы облегчить введение соединительной детали.

В соединительной детали имеется выступ. Он служит для точного позиционирования соединительной детали при её установке на выходе системы вентиляции картера двигателя.



Ссылка

Описание конструкции и принципа работы системы вентиляции картера двигателя приведено в программе самообучения 411 „Двигатель Audi FSI объёмом 2,8 и 3,2 л с Audi valvelift system“.

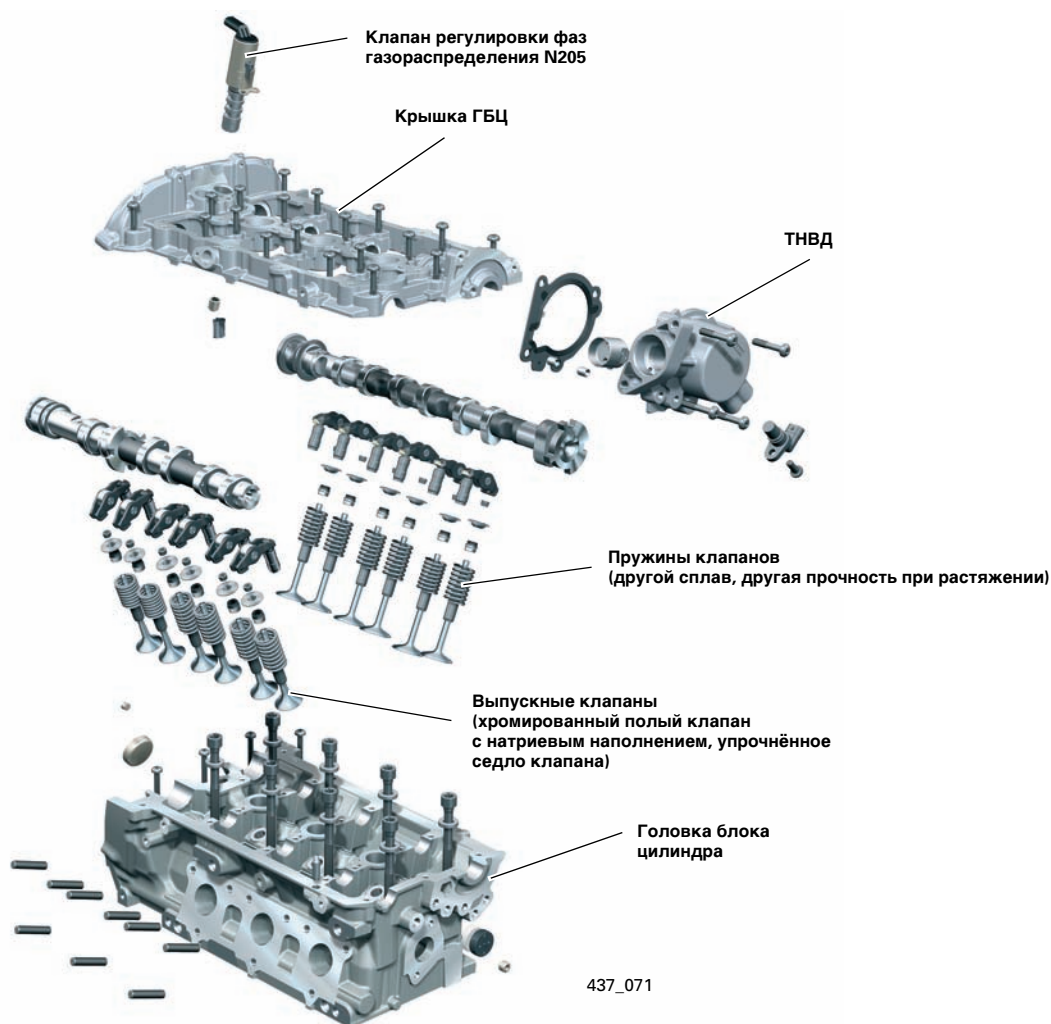


Головка блока цилиндров

Четырёхклапанные головки блока взяты из двигателя V6 FSI 3,2 л.
Система Audi valvelift system с этим двигателем не используется.

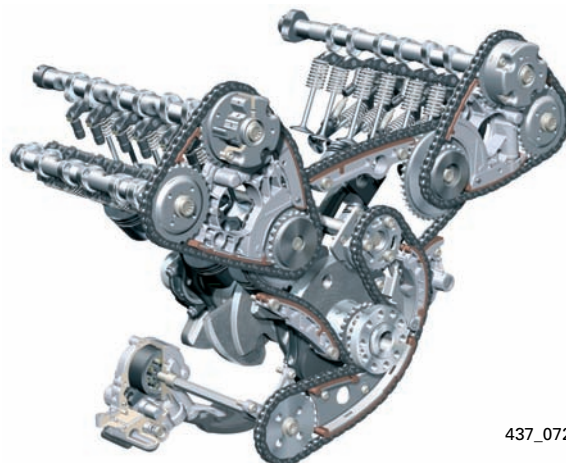
Также удалось отказаться и от регулятора фаз газораспределения на стороне выпуска. Несмотря на это, внутренняя рециркуляция ОГ реализована.

Изменения по сравнению с двигателем V6 FSI 3,2 л



Цепной привод

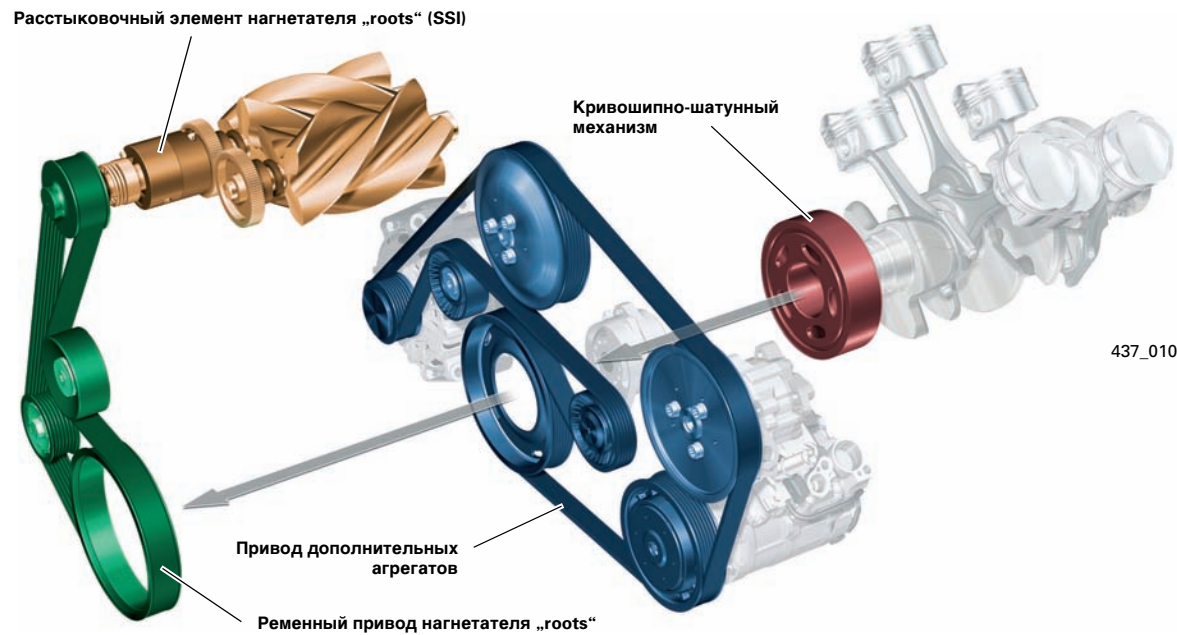
Конструкция цепного привода идентична конструкции цепного привода двигателя FSI 3,2 л.
Различия заключаются в изменённых фазах газораспределения* и отсутствии регуляторов фаз газораспределения на стороне выпуска.



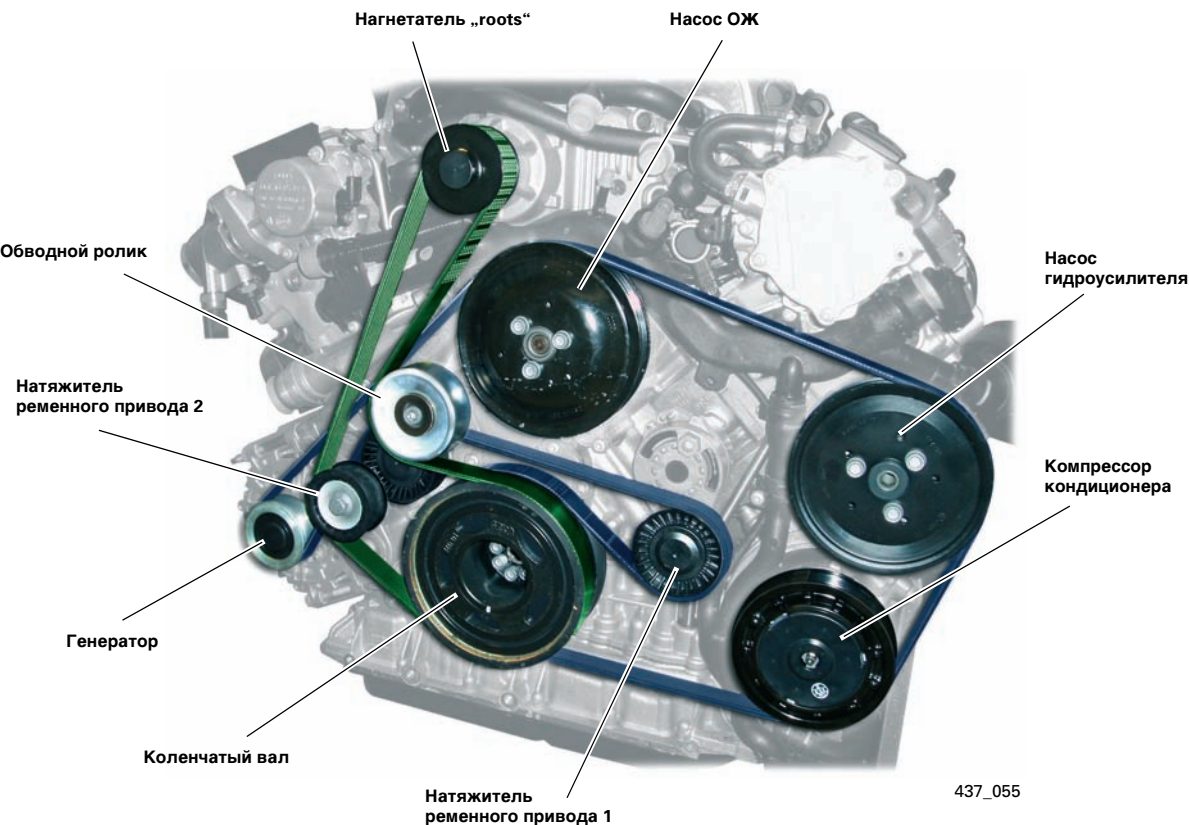
Привод дополнительных агрегатов

Для привода дополнительных агрегатов двигателя предусмотрено два отдельных ременных привода. Привод дополнительных агрегатов приводит генератор, компрессор кондиционера и гидравлический насос усилителя руля.

Нагнетатель „roots“ приводится отдельным ременным приводом.



Расположение агрегатов

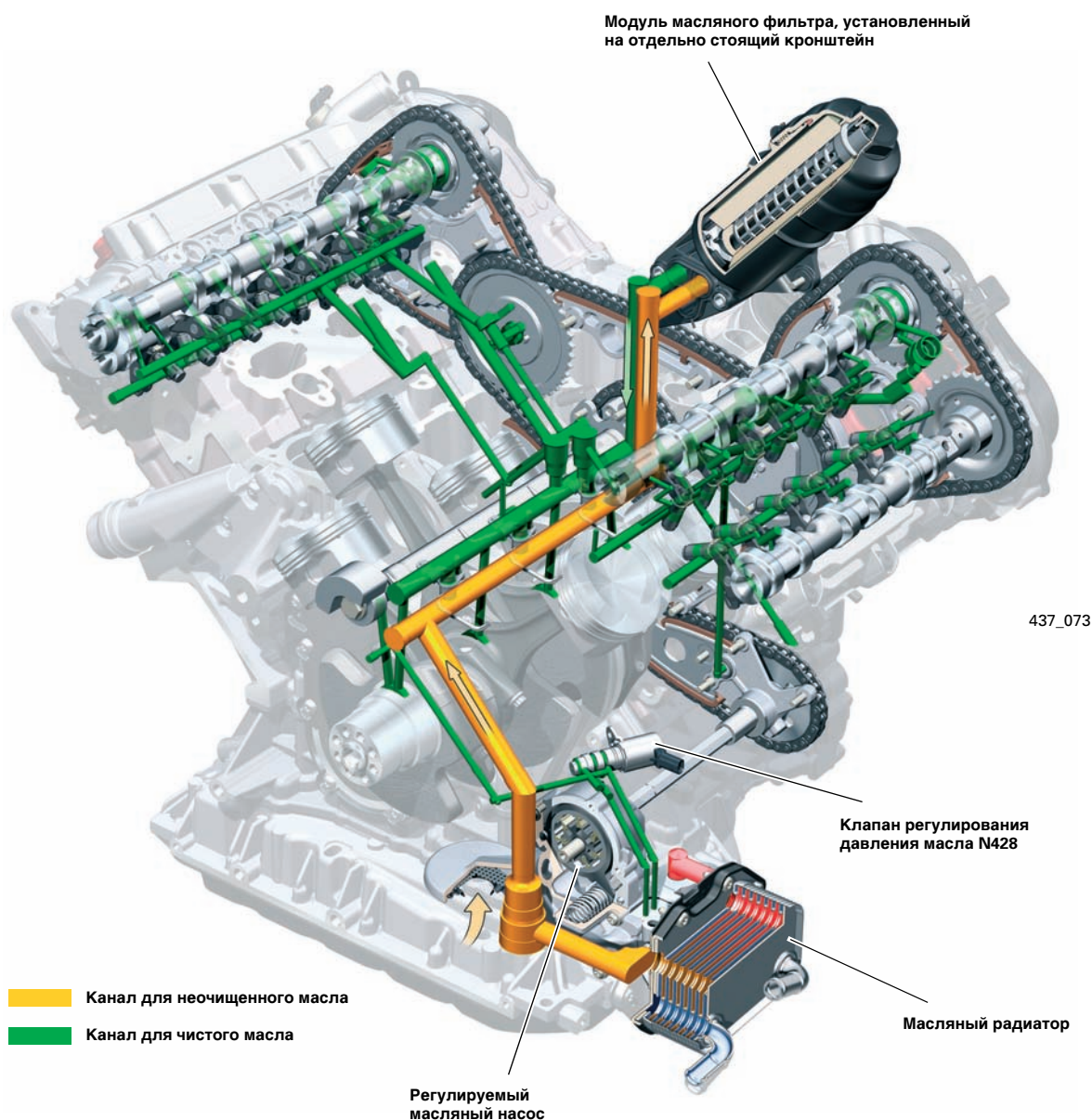


Система смазки

В двигателе V6 TFSI 3,0 л применяется система смазки двигателя V6 FSI 3,2 л.

Различия:

- Не устанавливаются форсунки для коромысел клапанного механизма. Эти форсунки необходимы только для двигателя с системой Audi valvelift system, т. к. для роликов уменьшенного размера необходима лучшая смазка.
- Отсутствует управление регулятора фаз газораспределения на стороне выпуска.



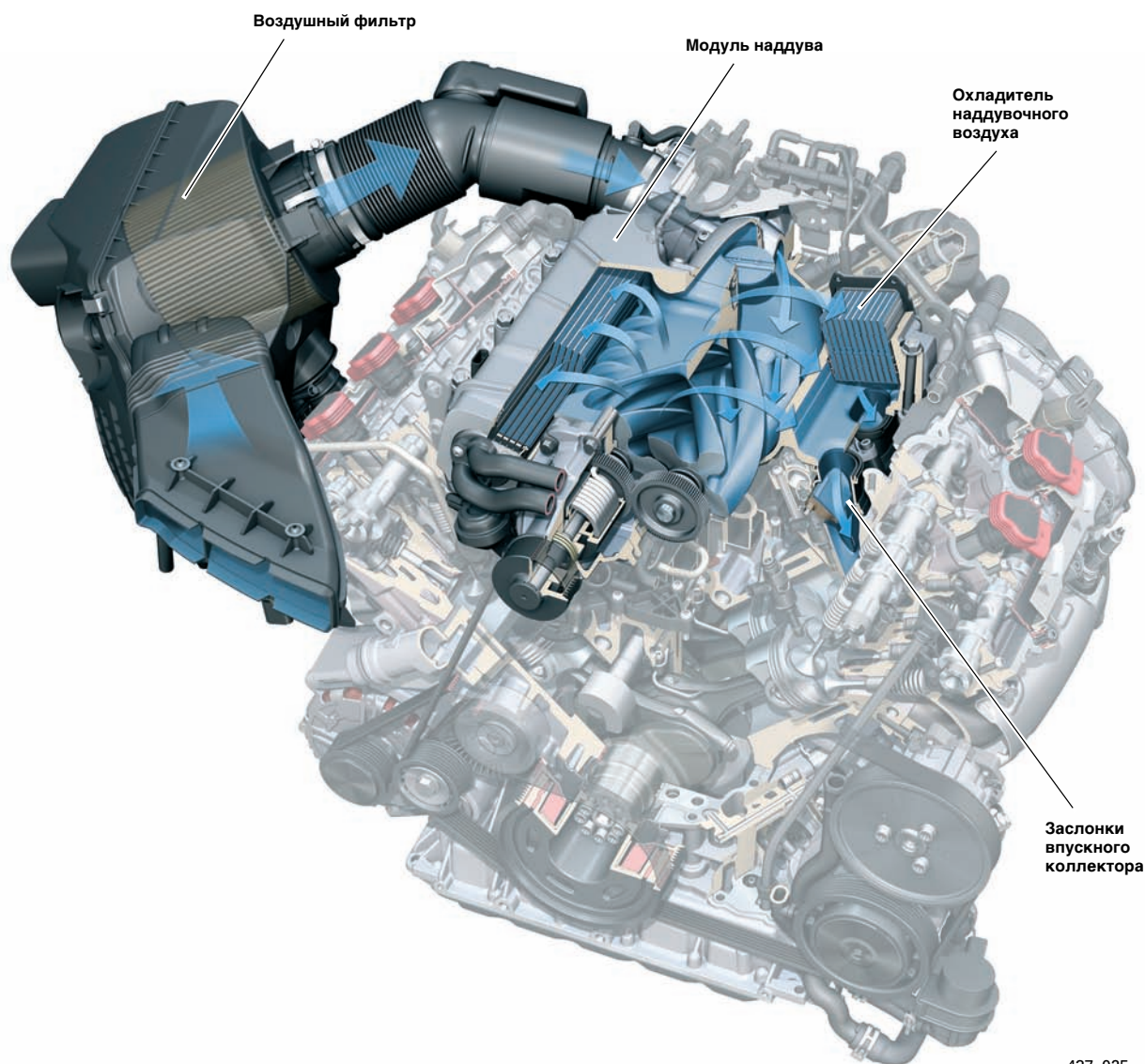
Ссылка



Описание конструкции и принципа работы системы смазки и масляного насоса приведено в программе самообучения 411 „Двигатель Audi FSI объёмом 2,8 и 3,2 л с Audi valvelift system“.

Воздуховоды

Центральным узлом системы подачи воздуха является модуль наддува, установленный в зоне развала цилиндров. В этот модуль интегрированы нагнетатель „roots“, система байпасного регулирования и охладитель наддувочного воздуха.



437_025

Учитывая успешный опыт Audi в применении турбо-нагнетателей ОГ в системе наддува, возникает вопрос, почему для двигателя V6 TFSI 3,0 л был выбран именно механический наддув.

Этот выбор был сделан после внимательного рассмотрения всех преимуществ и недостатков и анализа результатов многочисленных экспериментов, проведённых на стадии создания концепции и разработки системы.

Решающее значение при выборе имели следующие критерии оценки:

- высокий уровень комфорта;
- хорошие условия пуска, широкий диапазон применения от комфортного до спортивного;
- характеристики двигателя позволяют его установку на различные модели автомобилей (от Audi A4 до A8);
- Соблюдение всех действующих в настоящее время и в ближайшем будущем норм токсичности ОГ (EU V и ULEV II).

Преимущества и недостатки механического наддува нагнетателем „roots“ по сравнению с наддувом турбонагнетателем

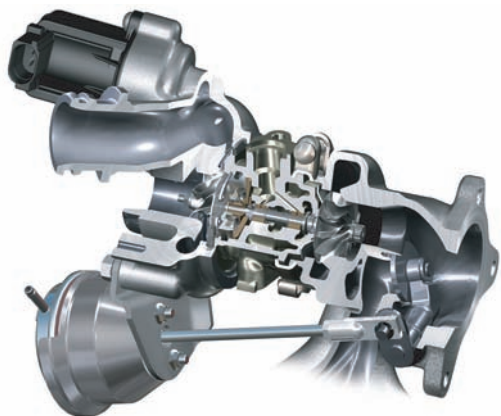
Преимущества

- Быстрое создание необходимого давления наддува.
- Непрерывная подача давления наддува и рост давления с ростом частоты вращения.
- Нет необходимости сильного охлаждения наддувочного воздуха.
- Длительный срок службы, удобство технического обслуживания.
- Компактная конструкция (возможна установка в зоне развала цилиндров вместо впускного коллектора).
- Экономное расходование топлива.
- Быстрое динамичное нарастание крутящего момента; раннее достижение максимального крутящего момента, за счёт этого — хорошая динамика.
- Максимально короткие пути сжимаемого воздуха к цилиндру; образуется небольшой объём воздуха, за счёт этого — быстрый отклик на нажатие педали акселератора.
- Лучшие параметры ОГ; причина: катализатор быстрее нагревается до рабочей температуры. На двигателе с турбонаддувом часть тепловой энергии расходуется на привод турбонагнетателя.

Недостатки

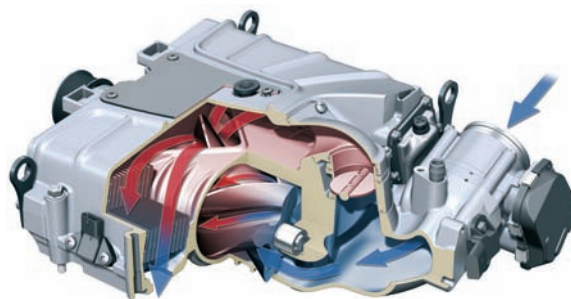
- Большие затраты в производстве из-за малых допусков при изготовлении (роторы к корпусу и роторы друг к другу).
- Высокая чувствительность к попаданию инородных предметов в магистраль чистого воздуха.
- Относительно большой вес.
- Большие затраты на шумоизоляцию.
- На привод нагнетателя частично расходуется мощность двигателя.

Турбонагнетатель



437_053

Нагнетатель „roots“

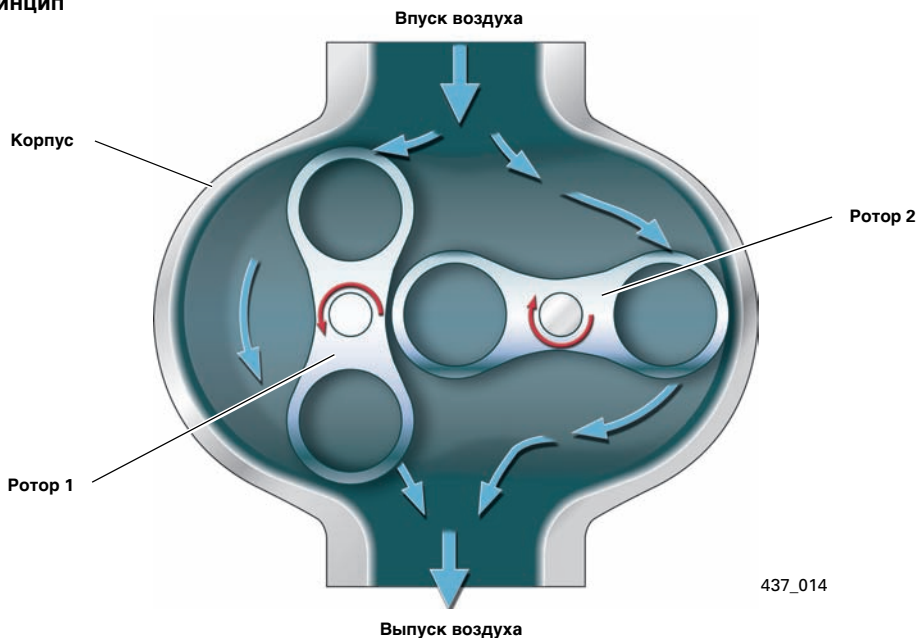


437_044

Общая информация по нагнетателям „roots“

Нагнетатели „roots“ с технологией механического наддува в настоящее время вновь приобрели значение для Audi. В этом разделе приведена общая информация о конструкции и развитии этих технических устройств.

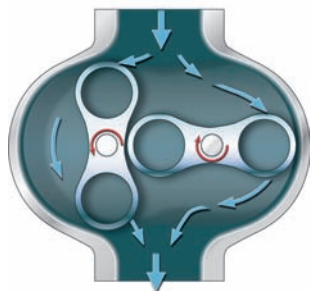
Базовый принцип



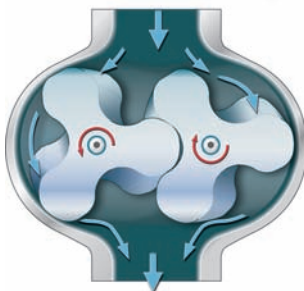
Что представляют собой нагнетатели „roots“? По конструкции — это машина с вращающимся ротором. Они работают без внутреннего сжатия по принципу вытеснения. Нагнетатель состоит из корпуса, в котором вращаются два вала (ротора). Приводятся оба ротора механически, например, от коленчатого вала. Имеющие противоположное направление вращения роторы синхронно соединяются друг с другом при помощи зубчатого редуктора, расположенного снаружи корпуса. Таким образом производится синхронизация их вращения.

В конструкции нагнетателя особенно важно, чтобы роторы были точно подогнаны к корпусу и друг другу. Сложность: по возможности при этом не должно возникать трения. При работе (вращении роторов) воздух между лопастями и наружной стенкой направляется со стороны впуска (сторона всасывания) в сторону выпуска (сторона нагнетания). Давление подаваемого воздуха создаётся за счёт подпора.

Типы конструкций



Прежние модели нагнетателей были оснащены двухлопастными роторами.



Современные нагнетатели, как правило, имеют трёхлопастные роторы со спиральными лопастями. Это помогает достичь более высокого и, что ещё более важно, постоянного давления наддува (лучший КПД).

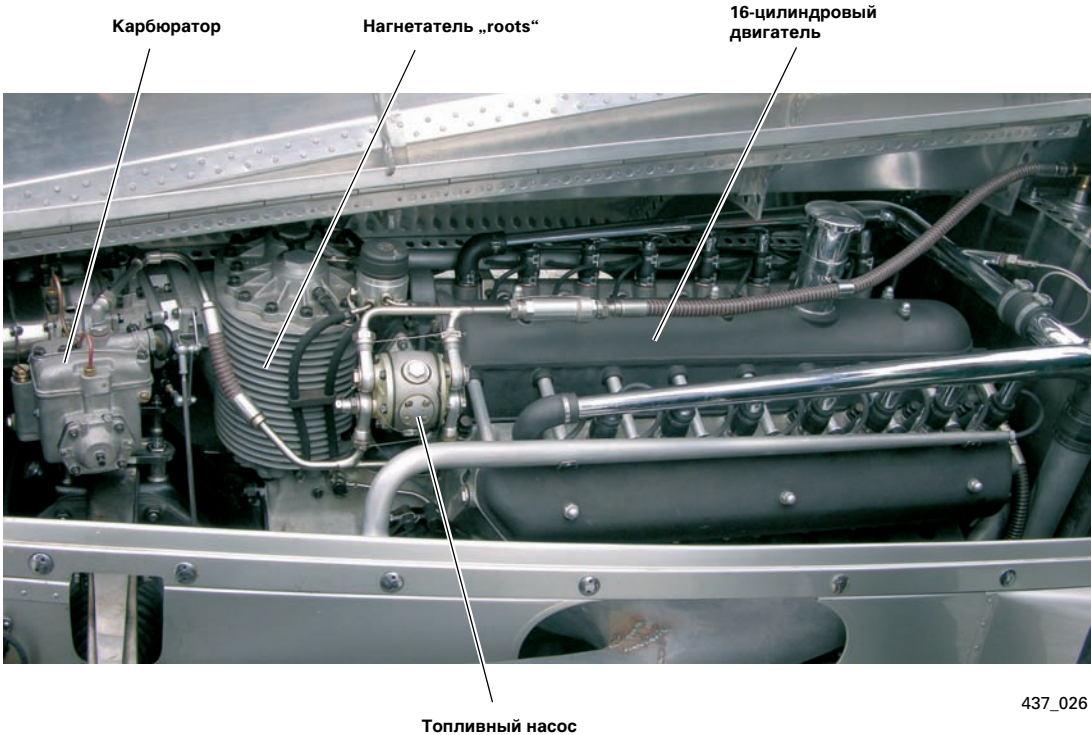
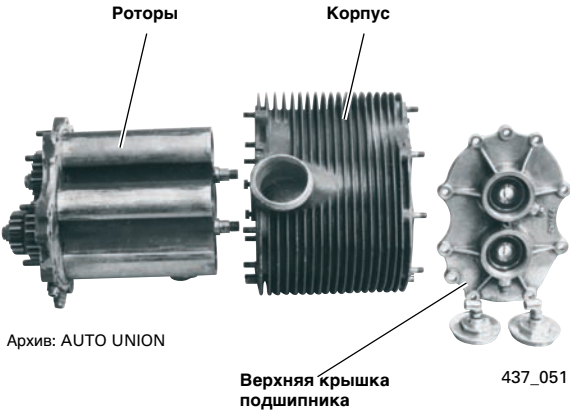
Историческое развитие

Название этому типу нагнетателей дали братья Филандер и Франсис Рутс, которые запатентовали этот принцип уже в 1860 году.

В то время нагнетатели „roots“ в основном использовались для создания потока воздуха для доменных печей, но они также находили применение и в других отраслях промышленности. Первым нагнетатель „roots“ установил в автомобиль Готлиб Даймлер в 1900 году. В двадцатые и тридцатые годы нагнетатели „roots“ стали использоваться в мотоспорте.

Отличительный признак: Эти двигатели было легко узнать по типичному „визгу компрессора“. На приведённом ниже рисунке показан нагнетатель „roots“, установленный на гоночный автомобиль AUTO UNION Grand-Prix типа C 1936 года. С развитием материалов, устойчивых к воздействию высоких температур, нагнетатели „roots“ утратили свои преимущества по сравнению с турбонагнетателями. Сегодня нагнетатели „roots“ в основном устанавливаются на спортивные автомобили.

В отличие от двигателя V6 TFSI 3,0 л смешивание на гоночных автомобилях AUTO UNION осуществлялось все ещё перед нагнетателем „roots“. Это расположение было выбрано не случайно, поскольку только перед нагнетателем „roots“ образовывалось достаточное разрежение, чтобы отсасывать топливо из карбюратора. Таким образом, в нагнетателе „roots“ происходило сжатие топливно-воздушной смеси.



Модуль наддува

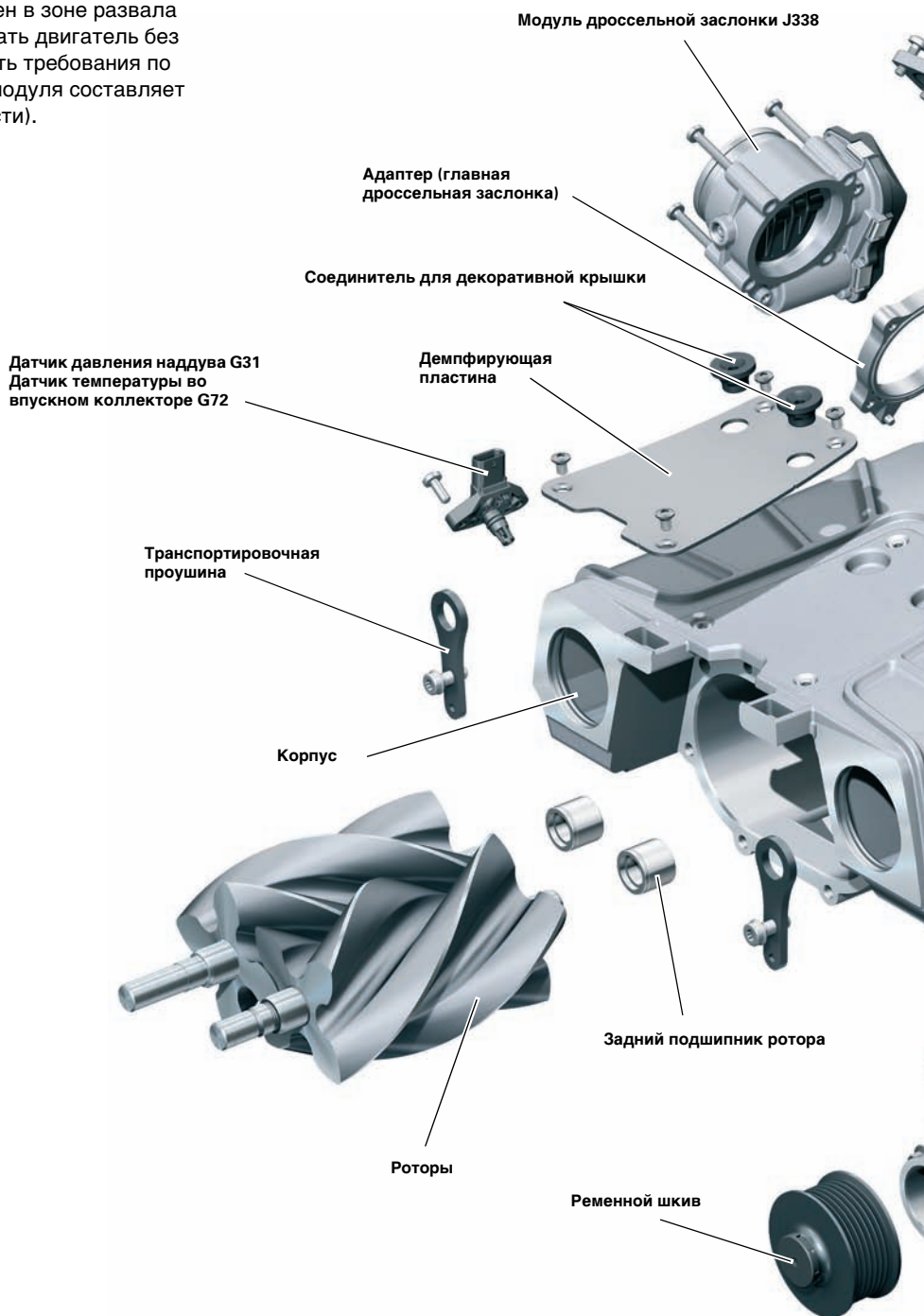
Современные нагнетатели „roots“, включая нагнетатели, устанавливаемые в автомобили Audi, представляют собой винтовые нагнетатели.

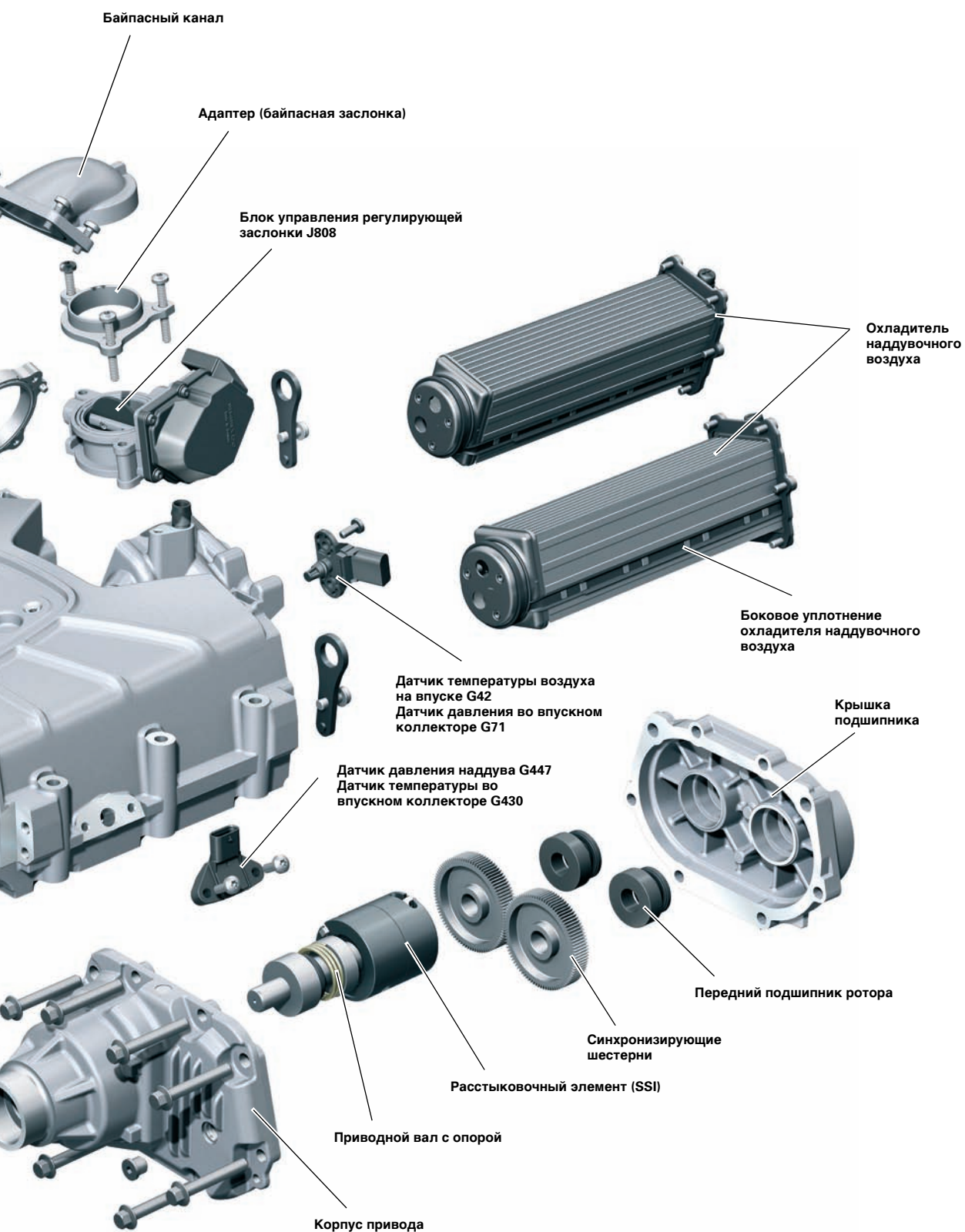
В отличие от прежнего поколения нагнетателей с трёхлопастными роторами нагнетатель „roots“ от Audi имеет четырёхлопастные роторы. Все лопасти обоих роторов повернуты на 160° по отношению к продольной оси. За счёт этого происходит непрерывная подача воздуха без пульсаций.

Нагнетатели „roots“ для двигателя V6 TFSI 3,0 л производит компания EATON. Эта компания имеет многолетний опыт в изготовлении нагнетателей „roots“.

Конструкция

Весь модуль наддува расположен в зоне развала цилиндров. Это позволяет сделать двигатель без выступающих частей и выполнить требования по защите пешеходов. Общий вес модуля составляет 18 кг (без охлаждающей жидкости).





437_037