



## Изменения в 4-цилиндровом двигателе TFSI с цепью в приводе ГРМ

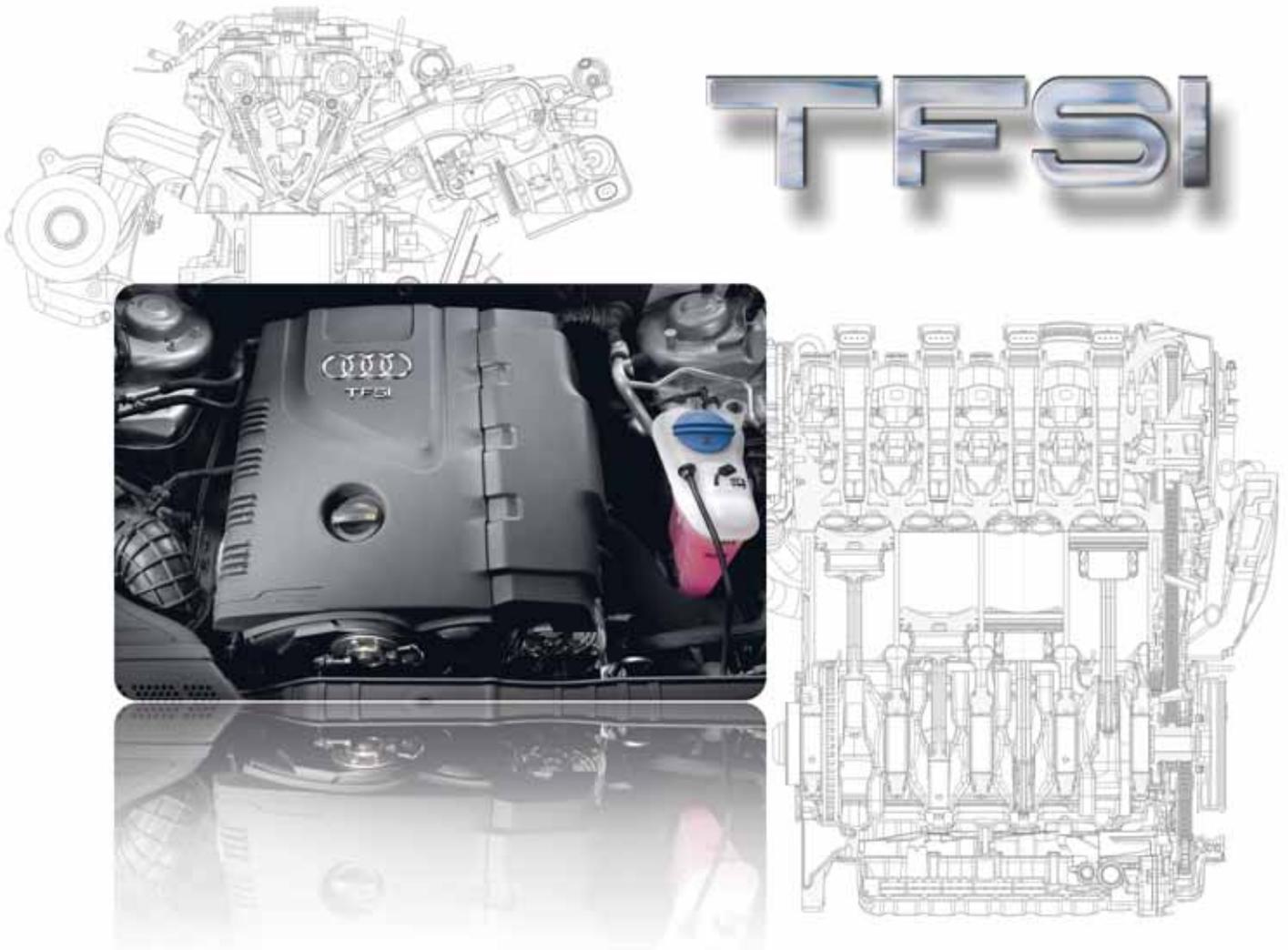
Программа самообучения 436

В 2006 году двигатель 1,8 л 4V TFSI с цепью в приводе ГРМ стал первым двигателем подобного типа. Это новое поколение 4-цилиндровых двигателей (EA888) постепенно заменяет прежнее поколение 4-цилиндровых двигателей с ременным приводом. Впервые двигатель был установлен поперечно в Audi A3. Двигатель, получивший на стадии конструирования индекс 0, был разработан для реализации следующих целей:

- снижение расхода топлива;
- снижение эмиссии ОГ для выполнения будущих норм токсичности;
- увеличение диапазона мощности;
- продольная установка агрегата.

Подробное техническое описание двигателя с индексом 0 изложено в программе самообучения 384 „Двигатель Audi 1,8 л 4V TFSI с цепным приводом ГРМ“. Тем временем была достигнута стадия конструирования 2. Обзор изменений сведён в таблицу в этой программе самообучения. Важные для сервисного обслуживания изменения описаны в ходе дальнейшего изложения.

Важной вехой для Audi стал вывод двигателя на североамериканский рынок. На нём господствуют самые строгие в мире нормы токсичности ОГ ULEV II и SULEV. Чтобы уложиться в эти предельные значения, нужно было реализовать дополнительные технические меры. Их описание также содержится в этой программе самообучения.



436\_024

#### Рисунки на странице 1

большой рисунок: продольно установленный двигатель 1,8 л TFSI

маленький рисунок: головка блока цилиндров продольно установленного двигателя 2,0 л TFSI

## Поперечно установленный двигатель 2,0 л TFSI



436\_001

### Учебные цели данной программы самообучения

В этой программе самообучения Вы познакомитесь с важнейшими изменениями 4-цилиндрового двигателя TFSI с цепным приводом ГРМ. После изучения этой программы самообучения Вы сможете ответить на следующие вопросы:

- Как отличить модификации двигателей при их продольной или поперечной установке?
- Какие изменения являются важнейшими и почему они были внедрены?
- Какие изменения были введены в систему вентиляции картера?
- Что нужно учесть при проверке давления, если установлен регулируемый масляный насос?
- Какие особенности имеет Audi valvelift system в 4-цилиндровом двигателе TFSI в отличие от этой же системы, устанавливаемой в двигатель V6-FSI?
- Какие меры предприняты для соответствия нормам токсичности ULEV II и SULEV, и как функционируют технические узлы, предназначенные для их выполнения?

# Содержание

## Введение

Обзор этапов конструирования . . . . .	6
Технические особенности . . . . .	8

## Механика двигателя

Audi valvelift system . . . . .	10
Система вентиляции картера . . . . .	20

## Система смазки

Обзор . . . . .	22
Регулируемый масляный насос . . . . .	23
Датчик давления масла . . . . .	29
Система контроля давления масла . . . . .	30

## Двигатель 2,0 л TFSI для норм SULEV

Введение . . . . .	32
Изменения по сравнению с двигателями для европейского рынка . . . . .	33
Система подачи вторичного воздуха . . . . .	34
Турбоагнетатель . . . . .	39
Катализатор . . . . .	40
Автоматическое управление пуском двигателя в Audi A3 . . . . .	44
Режимы работы . . . . .	46
Соблюдение предельных значений (PremAir®) . . . . .	48

## Сервис

Специальные инструменты . . . . .	52
-----------------------------------	----

## Приложение

Глоссарий . . . . .	53
Проверка знаний . . . . .	54

## Обобщение

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

### Ссылка



Понятия, выделенные курсивом и отмеченные символом „звёздочка“, разъясняются в глоссарии в конце этой программы самообучения.

В программе самообучения описываются основные положения конструкций и принципов действия новых моделей автомобилей, 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.

### Ссылка



### Указание



## Обзор этапов конструирования

### Двигатель

Продольная установка, 1,8 л



Поперечная установка, 1,8 л



Продольная установка, 2,0 л



Поперечная установка, 2,0 л



### Этап конструирования 0

МКВ: ВУТ

SOP: 01/2007

EOP: 06/2007

EU IV

Первое применение модельного ряда двигателей EA888

Разъяснение сокращений в таблице приведено на странице 8.

## Этап конструирования 1

## Этап конструирования 2

MKB: CABA	SOP: 02/2008	EOP: 09/2008	EU IV	MKB: CDHA	SOP: 09/2008	EOP: –/–	EU V
MKB: CABB	SOP: 07/2007	EOP: 05/2008	EU IV	MKB: CDHB	SOP: 06/2008	EOP: –/–	EU V
MKB: CABD	SOP: 10/2007	EOP: 11/2008	EU IV				
<b>Изменения по сравнению с этапом конструирования 0 (1,8 л, поперечная установка):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вентиляция картера коленвала</li> <li>– регулируемый масляный насос</li> </ul>				<b>Изменения по сравнению с этапом конструирования 1:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– диаметр коренных шеек уменьшен с 58 до 52 мм</li> <li>– изменённые поршни</li> <li>– изменённые поршневые кольца</li> <li>– другая технология хонингования</li> <li>– вакуумный насос фирмы Ixetic</li> </ul>			

MKB: BZB	SOP: 06/2007	EOP: 06/2008	EU IV	MKB: CDAА	SOP: 05/2008	EOP: –/–	EU V
<b>Изменения по сравнению с этапом конструирования 0:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вентиляция картера коленвала</li> </ul>				<b>Изменения по сравнению с этапом конструирования 1:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– диаметр коренных шеек уменьшен с 58 до 52 мм</li> <li>– изменённые поршни</li> <li>– изменённые поршневые кольца</li> <li>– другая технология хонингования</li> <li>– регулируемый масляный насос</li> <li>– вакуумный насос фирмы Ixetic</li> <li>– подающая топливная магистраль (прокладка)</li> <li>– тяга регулятора турбонагнетателя аналогична EA113</li> </ul>			

MKB: CDNA	SOP: 22/2009	EOP: –/–	EU II – V
MKB: CDNВ	SOP: 06/2008	EOP: –/–	EU V
MKB: CDNC	SOP: 06/2008	EOP: –/–	EU V
MKB: CAEA	SOP: 01/2009	EOP: –/–	ULEV II
MKB: CAEB	SOP: 08/2008	EOP: –/–	ULEV II
<b>Изменения по сравнению с этапом конструирования 1 (1,8 л, продольная установка):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Audi valvelift system (AVS)</li> <li>– изменённые поршни</li> <li>– изменённые поршневые кольца</li> <li>– другая технология хонингования</li> <li>– вакуумный насос фирмы Ixetic</li> <li>– топливный насос высокого давления фирмы Hitachi, поколение III</li> <li>– новый датчик массового расхода воздуха</li> </ul>			

MKB: CAWB	SOP: 11/2007	EOP: 05/2008	EU IV	MKB: CCZA	SOP: 05/2008	EOP: –/–	EU V
MKB: CBFA	SOP: 02/2008	EOP: 05/2009	PZEV, SULEV	MKB: CCXA	SOP: 05/2009	EOP: –/–	BIN 5/ULEV II
MKB: CCTA	SOP: 05/2009	EOP: 05/2009	BIN 5, ULEV II				
<b>Изменения по сравнению с этапом конструирования 0 (1,8 л, поперечная установка):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Вентиляция картера коленвала</li> </ul>				<b>Изменения по сравнению с этапом конструирования 1:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– изменённые поршни</li> <li>– изменённые поршневые кольца</li> <li>– другая технология хонингования</li> <li>– регулируемый масляный насос</li> <li>– вакуумный насос фирмы Ixetic</li> <li>– топливный насос высокого давления фирмы Hitachi, поколение III</li> <li>– подающая топливная магистраль (прокладка)</li> <li>– новый датчик массового расхода воздуха</li> </ul>			

## Технические характеристики

### Технические характеристики 4-цилиндровых двигателей TFSI

Двигатель	1,8 л TFSI	1,8 л TFSI	1,8 л TFSI
Буквенное обозначение двигателя	CDHA, CABA	BYT, BZB	CDAA, CABB, CDHB
Рабочий объём в см <sup>3</sup>	1789	1789	1789
Макс. мощность в кВт при об/мин	88 при 3650–6200	118 при 5000–6200	118 при 4500–6200
Макс. крутящий момент в Нм при об/мин	230 при 1500–3650	250 при 1500–4200	250 при 1500–4500
Диаметр цилиндра в мм	82,5	82,5	82,5
Ход поршня в мм	84,1	84,1	84,1
Степень сжатия	9,6 : 1	9,6 : 1	9,6 : 1
ОЧ топлива	95/91 <sup>1)</sup>	95/91 <sup>1)</sup>	95/91 <sup>1)</sup>
Система впрыска/зажигания	FSI	FSI	FSI
Последовательность работы цилиндров	1–3–4–2	1–3–4–2	1–3–4–2
Антидетонационное регулирование	да	да	да
Наддув	да	да	да
Рециркуляция ОГ	нет	нет	нет
Изменение геометрии впускного коллектора	нет	нет	нет
Регулировка фаз газораспределения	да	да	да
Система подачи вторичного воздуха	нет	нет	нет
Audi valvelift system (AVS)	нет	нет	нет
Регулируемый масляный насос	да	нет	да
Заслонки впускного коллектора	да	да	да

<sup>1)</sup> Допустимо использовать неэтилированный бензин с ОЧ 91, при этом мощность уменьшается.

<sup>2)</sup> Мощность 130 кВт, все остальные параметры идентичны.

### Сокращения в таблице на странице 6/7:

MKB Буквенное обозначение двигателя

SOP Начало производства

EOP Конец производства

EA113 Серия двигателей 1,8 л MPI

### Нормы токсичности ОГ:

EU IV, EU V, BIN 5, PZEV, SULEV, ULEV II

1,8 л TFSI	2,0 л TFSI	2,0 л TFSI	2,0 л TFSI	2,0 л TFSI
CABD	CAEA, CDNB, (CDNA) <sup>2)</sup>	CAWB, CBFA	CCTA, CCZA	CAEB, CDNC
1789	1984	1984	1984	1984
125 при 4800–6200	132 при 4000–6000	147 при 5100–6000	147 при 5100–6000	155 при 4300–6000
250 при 1500–4800	320 при 1500–3900	280 при 1700–5000	280 при 1700–5000	350 при 1500–4200
82,5	82,5	82,5	82,5	82,5
84,1	92,8	92,8	92,8	92,8
9,6 : 1	9,6 : 1	9,6 : 1	9,6 : 1	9,6 : 1
95/91 <sup>1)</sup>	мин. 95	95/91 <sup>1)</sup>	95/91 <sup>1)</sup>	мин. 95
FSI	FSI	FSI	FSI	FSI
1–3–4–2	1–3–4–2	1–3–4–2	1–3–4–2	1–3–4–2
да	да	да	да	да
да	да	да	да	да
нет	нет	нет	нет	нет
нет	нет	нет	нет	нет
да	да	да	да	да
нет	нет	да (только CBFA)	нет	нет
нет	да	нет	нет	да
да	да	нет	да (только CCZA)	да
да	да	да	да	да

#### Ссылка



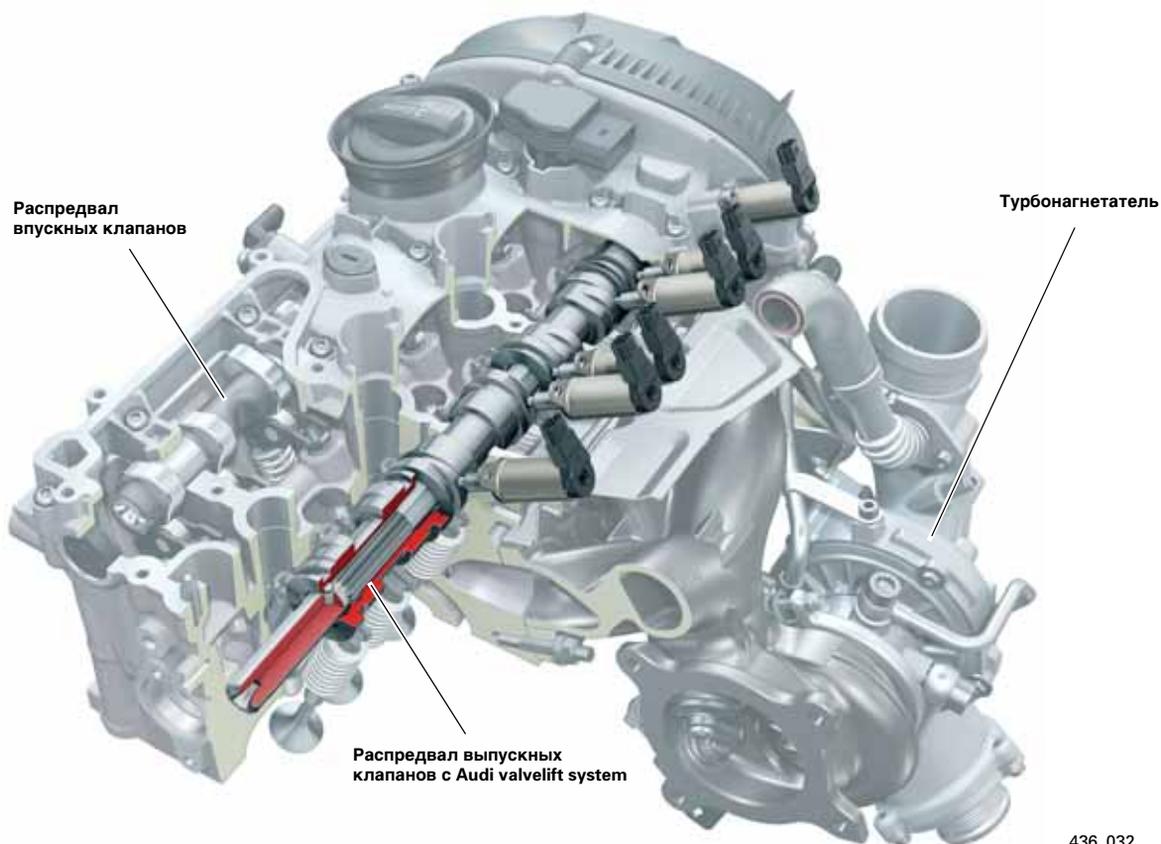
Двигатели, отвечающие нормам токсичности ULEV II и SULEV, в этой таблице отсутствуют (буквенное обозначение CCXA). Их технические особенности приведены в соответствующих разделах этой программы самообучения, смотри страницу 32.

## Audi valvelift system (AVS)

Audi valvelift system была разработана для оптимизации газообмена в цилиндрах двигателя. Впервые эта система была установлена в двигателе 2,8 л V6-FSI Audi A6 в конце 2006 года.

В 4-цилиндровых двигателях TFSI с цепью в приводе ГРМ система используется в двигателе TFSI продольной установки с объёмом 2 л (буквенное обозначение двигателя: смотри таблицу на стр. 6). В отличие от 6-цилиндровых атмосферных двигателей (2,8 и 3,2 л) в двигателе TFSI с объёмом 2 л система устанавливается не на распредвал впускных клапанов, а на распредвал выпускных клапанов.

Здесь также используется „синхронизированная последовательность работы цилиндров“ и импульсный режим турбоагнетателя. „Синхронизированная последовательность работы цилиндров“ означает, что импульсные волны давления процессов выпуска ОГ из отдельных цилиндров не создают перекрёстных помех процессу выпуска из цилиндра, завершившего такт сгорания. В результате этого возникает так называемый импульсный наддув.



### Ссылка



Базовые функции системы изложены в программе самообучения 411 „Двигатель Audi FSI объёмом 2,8 и 3,2 л с Audi valvelift system“.

Механическая конструкция и принцип действия Audi valvelift systems в 4-цилиндровом двигателе TFSI очень похожи на систему 6-цилиндрового атмосферного двигателя. Но в нём используются дополнительные термодинамические эффекты.

На низких частотах вращения работает более узкий профиль кулачка. На высоких частотах вращения происходит переключение на более широкий контур базового кулачка.

Использование узкого профиля кулачка обуславливает более позднее открытие выпускных клапанов. Это является эффективным средством противодействия попаданию в цилиндр отработавших газов из-за волны давления от предыдущего выпуска (относительно момента открытия выпускных клапанов) из смещённого на 180° п.к.в. цилиндра во время фазы перекрытия клапанов. При этом возможно более раннее открытие впускных клапанов.

Благодаря положительному фронту давления может быть произведена эффективная продувка камеры сгорания. Следствием этого процесса является существенное увеличение наполнения цилиндров, с одной стороны, благодаря снижению остаточных отработавших газов в объёме цилиндра и, с другой стороны, благодаря реализованной возможности более раннего открытия впускных клапанов (поскольку меньший объём свежего воздуха выталкивается обратно во впускной коллектор после прохождения поршнем НМТ).

Эти эффекты приводят как к существенному улучшению разгонной динамики, так и к заметному росту крутящего момента двигателя на низких частотах вращения.

Давление наддува также может расти быстрее. Увеличение крутящего момента происходит более резко. При ускорении водитель практически не ощущает так называемой „турбоямы“.

#### Конструкция распредвала выпускных клапанов



436\_029

## Изменения роликовых коромысел

Роликовые коромысла распределительного вала выпускных клапанов соответствующим образом модифицированы. Это необходимо для того, чтобы они могли работать по обоим профилям кулачковых втулок, задающих ход клапанов. Для этого диаметр ролика соответственно увеличен, а ширина ролика уменьшена.

Одновременно характеристики трения роликовых коромысел оптимизированы благодаря применению улучшенных подшипников.

Для предотвращения опрокидывания роликового коромысла вниз он связан с опорным элементом неразъёмным соединением.

Поэтому в качестве запчасти на замену всегда поставляется только весь предварительно собранный узел.

Сторона впуска

Сторона выпуска с Audi valvelift system



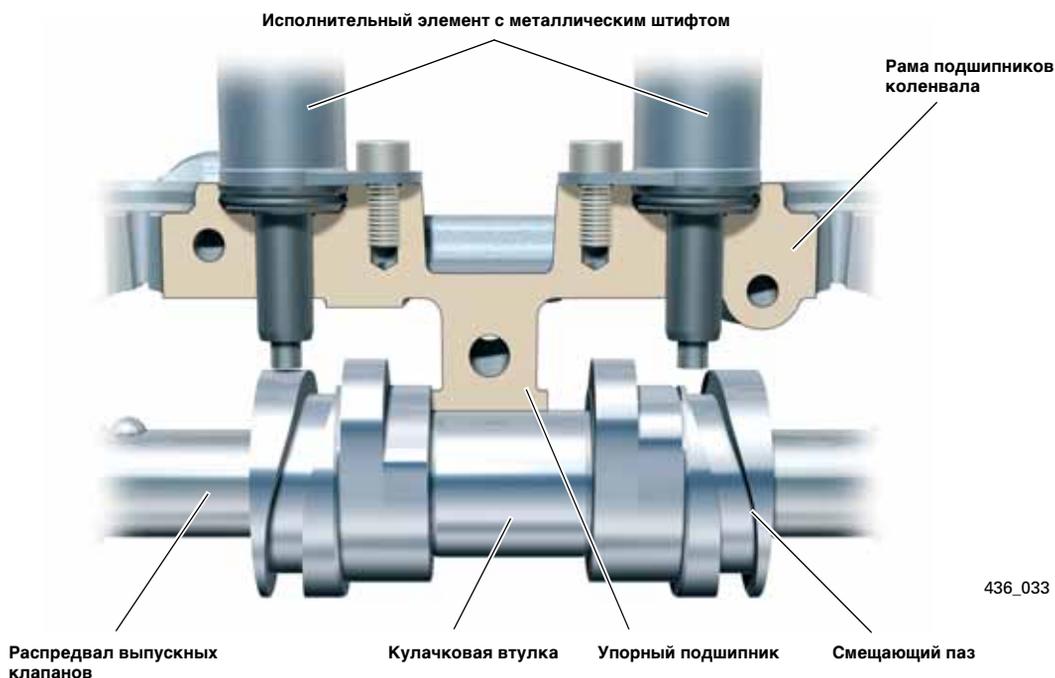
436\_030

## Принцип действия

На стороне выпуска каждого цилиндра имеется подвижная кулачковая втулка. То есть у каждого выпускного клапана есть два контура, управляющие подъёмом клапана. Путём смещения кулачковой втулки вдоль продольной оси обеспечивается переключение на другой контур кулачка и, соответственно, на другой ход клапана. Для каждого цилиндра имеются два электромагнитных исполнительных элемента. Один исполнительный элемент переключает клапан на большой ход. Вторым исполнительным элементом производится обратное переключение. При подаче управляющих сигналов от блока управления двигателя на исполнительный элемент металлический штифт выдвигается и входит в смещающий паз кулачковой втулки.

Кулачковой втулке придана такая форма, что при вращении распределительного вала втулка принудительно смещается. При этом оба выпускных клапана одного цилиндра переходят на управление от другого профиля кулачка.

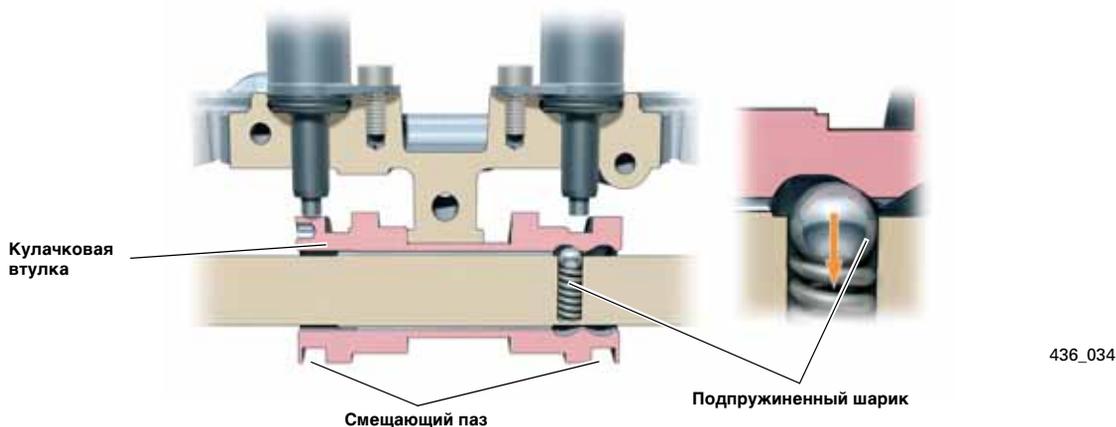
Форма смещающего паза кулачковой втулки должна обеспечивать возврат металлического штифта исполнительного элемента в исходное положение после произведённого переключения. Активный возврат металлического штифта управляющими сигналами блока управления двигателя невозможен.



## Фиксатор кулачковой втулки

Чтобы при перенастройке кулачковые втулки не сместились слишком далеко, их перемещение ограничено упором. Функцию упоров выполняют подшипники распределительного вала в крышке головки блока цилиндров.

Кроме того, нужно обеспечить фиксацию кулачковой втулки в определённом положении после произведённого переключения. Эту функцию выполняет фиксатор в распределительном валу, представляющий собой подпружиненный шарик.



## Контур кулачка

На каждой кулачковой втулке выполнено по два контура для каждого клапана. Контур кулачков имеет форму, обеспечивающую фазы газораспределения в соответствии с желаемыми характеристиками двигателя.

Малые контуры кулачков (на рисунке обозначены зелёным цветом) обеспечивают подъём клапана на 6,35 мм. При этом продолжительность их открытия составляет 180° п.к.в. Выпускной клапан закрывается через 2° после ВМТ.

Полный ход открытия клапана при работе по профилю больших кулачков (на рисунке обозначены красным цветом) составляет 10 мм, что соответствует длительности открытия 215° п.к.в. Выпускной клапан закрывается за 8° до ВМТ.



436\_035

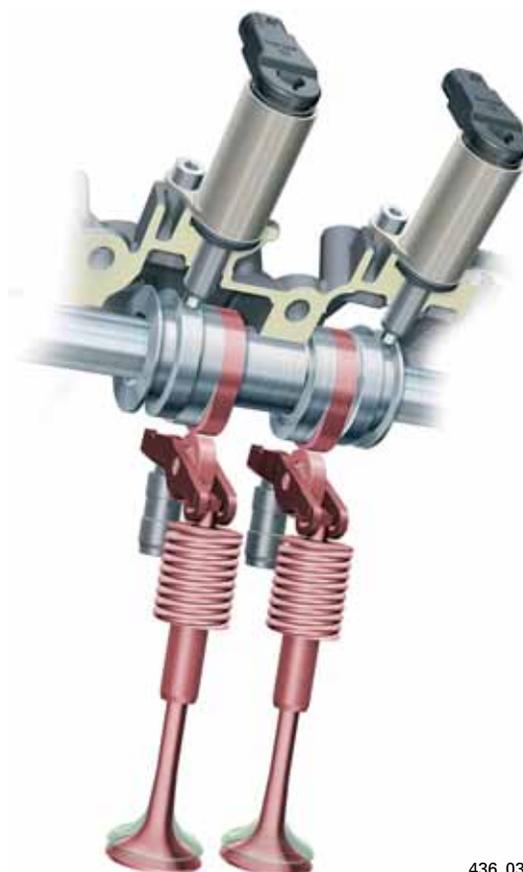
## Принцип работы

**Малые профили кулачков  
(низкие частоты вращения)**



436\_036

**Большие профили кулачков  
(высокие частоты вращения)**



436\_037

## Исполнительные элементы системы регулировки фаз F366 – F373

Исполнительные элементы системы регулировки фаз представляют собой электромагнитные актуаторы. На каждый цилиндр установлено по два исполнительных элемента.

Один исполнительный элемент смещает кулачковую втулку на распределительном валу в положение большого хода клапана. Другой переводит её в исходное положение для малого хода клапана.

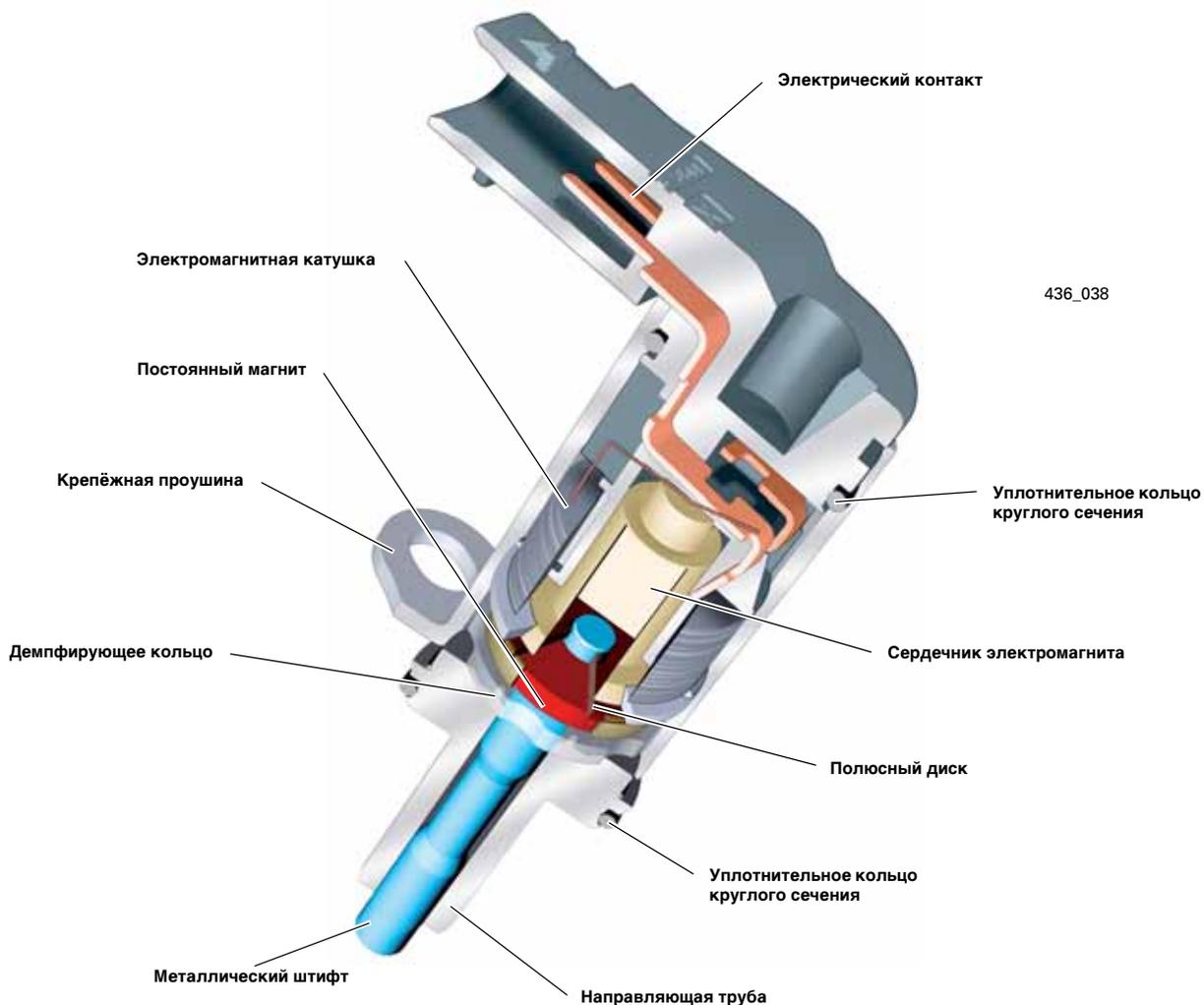
Исполнительные элементы закреплены снаружи на крышке ГБЦ с помощью одного винта каждый. Уплотнение производится уплотнительным кольцом круглого сечения.

При подаче управляющих сигналов с блока управления двигателя выдвигается металлический штифт, который входит в смещающий паз кулачковой втулки и тем самым перемещает её в положение, в котором работает другой контур кулачка.



436\_043

## Конструкция



436\_038

# Механика двигателя

## Принцип действия

В исполнительном механизме установлен электромагнит. При подаче на него управляющих сигналов от блока управления двигателя выдвигается металлический штифт. Активация исполнительного элемента производится кратковременной подачей напряжения питания с АКБ.

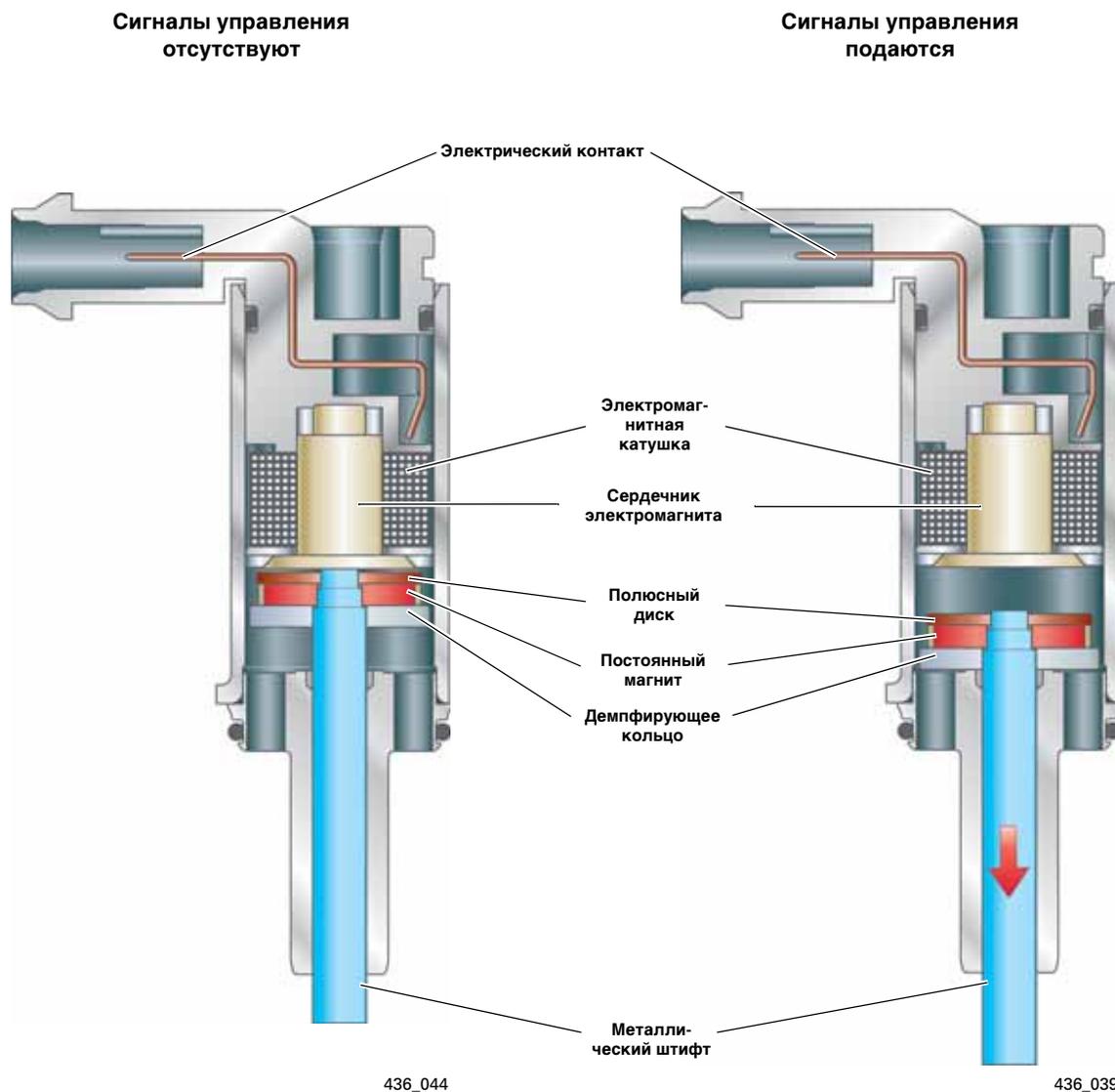
Выдвинутый штифт удерживается в этом положении постоянным магнитом на корпусе исполнительного элемента.

Из-за очень быстрого выдвигания (18–22 мс) металлический штифт развивает большое ускорение.

Чтобы он не отскакивал или не был повреждён, в зоне постоянного магнита установлено демпфирующее кольцо.

Вошедший в смещающий паз металлический штифт смещает кулачковую втулку только при вращении распределительного вала.

Профиль смещающей канавки имеет такую конструкцию, что после одного оборота распределительного вала металлический штифт исполнительного элемента вдвигается в исходное положение. Здесь удержание металлического штифта в этой позиции также обеспечивает постоянный магнит. При вдвигании металлического штифта с постоянным магнитом в катушке электромагнита индицируется электрическое напряжение. Этот сигнал регистрируется блоком управления двигателя (сигнал обратного перемещения). Сигнал может поступить только в том случае, если после произведённого перемещения кулачковой муфты смещающий паз вдвинул металлический штифт обратно. Блок управления двигателя оценивает поступление сигнала как успешное переключение.



## Управление исполнительными элементами системы регулировки фаз

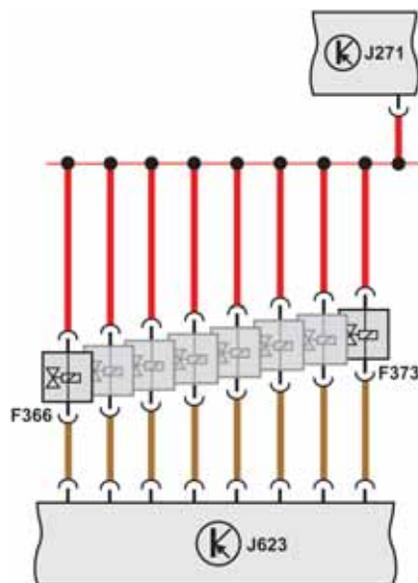
Управление исполнительными элементами системы регулировки фаз осуществляет блок управления двигателя.

Для этого блок управления двигателя подаёт сигнал массы. Подача напряжения питания производится через реле блока питания Motronic J271.

Система готова к работе, начиная с температуры ОЖ  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Запуск двигателя производится на базовом профиле, то есть на большом контуре кулачка. Сразу после пуска производится переход на работу по малому контуру кулачка.

При остановке двигателя система снова переходит на базовый профиль кулачка. Каждый исполнительный элемент потребляет максимальный ток в 3 А.



### Легенда:

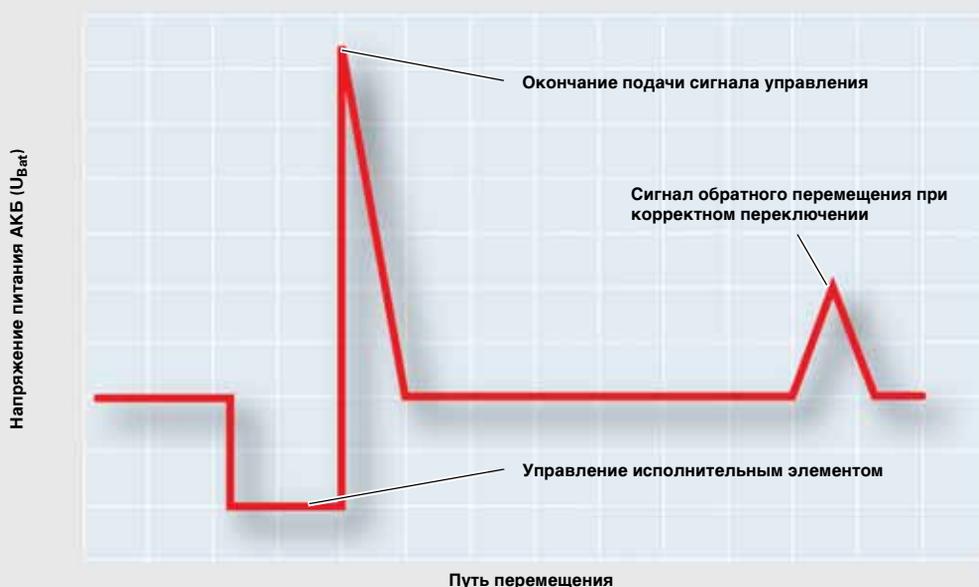
F366 – исполнительные элементы системы  
F373 регулировки фаз

J271 реле блока питания Motronic

J623 блок управления двигателя

436\_041

## Управление исполнительным элементом системы регулировки фаз

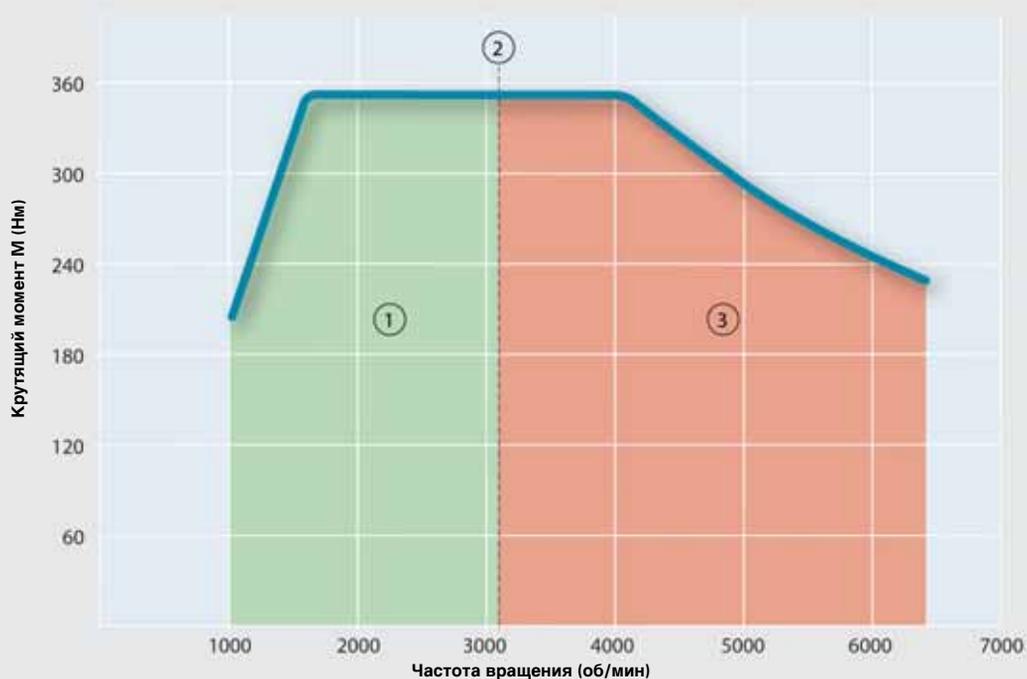


## Переключение между рабочими диапазонами

Рисунок схематично изображает работу Audi valvelift system на прогревом двигателе. На рисунке отчётливо видно, что малый ход клапанов используется вплоть до средних частот вращения ок. 3100 об/мин.

В диапазоне частот вращения, в котором производится переключение, полностью открываются заслонки впускного коллектора.

Audi valvelift system в рабочих диапазонах



① малый ход клапанов

③ большой ход клапанов

② точка переключения (при ок. 3100 об/мин)

### Указание



Рисунок на примере показывает кривую крутящего момента и точку переключения системы AVS. Оба этих параметра зависят от версии ПО блока управления двигателя и могут изменяться в ходе дальнейшего совершенствования модельного ряда.

## Самодиагностика

В ходе самодиагностики, с одной стороны, проверяется функционирование исполнительных элементов регулировки фаз газораспределения (переключение на другой профиль кулачка), — механическая диагностика. С другой стороны, самодиагностика проверяет состояние электрических соединений системы.

После пуска двигателя производится системная проверка. Для этого блок управления двигателя подаёт управляющие сигналы на каждый исполнительный элемент.

### Поведение системы при неисправностях

При выходе из строя одного или нескольких исполнительных элементов блок управления двигателя сначала выполняет несколько попыток произвести переключение. Если переключение не производится, то кулачковые втулки, которые не переключаются, остаются в своём прежнем положении. Все остальные кулачковые втулки переводятся на работу по большому контуру. Они остаются в этом положении в течение всего времени работы двигателя.

Информация о неисправных исполнительных элементах заносится в память неисправностей.

При следующем пуске двигателя производятся повторные попытки переключения всех кулачковых втулок.

Выполняются переключения в оба положения и производится их анализ. Эта проверка системы слышна. Она производится после каждого пуска двигателя.

При выходе системы из строя об этом производятся записи в память неисправностей.

Внимательный водитель заметит в зависимости от картины неисправности или лёгкую неустойчивость работы двигателя в режиме холостого хода, или изменившийся отклик двигателя при ускорении.

### Управление контрольными лампами

Поскольку при выходе системы из строя ухудшения характеристик ОГ не происходит и ходовые качества автомобиля практически не ухудшаются, то ни аварийная лампа электропривода дроссельной заслонки K132, ни контрольная лампа ОГ K83 не включаются. Но соответствующие записи в память неисправностей все-таки вносятся.

Самодиагностика автомобиля		01 — Электроника двигателя	
004.01 — Опрос памяти неисправностей		EV_ECM20AVS_X1	
Распознана 1 неисправность			
Код SAE	Текст	Статус	
P11A100	Переключатель положения кулачка „А“, цилиндр 1 Электрическая неисправность/обрыв	текущая/ статическая	
			Рабочие условия

436\_065

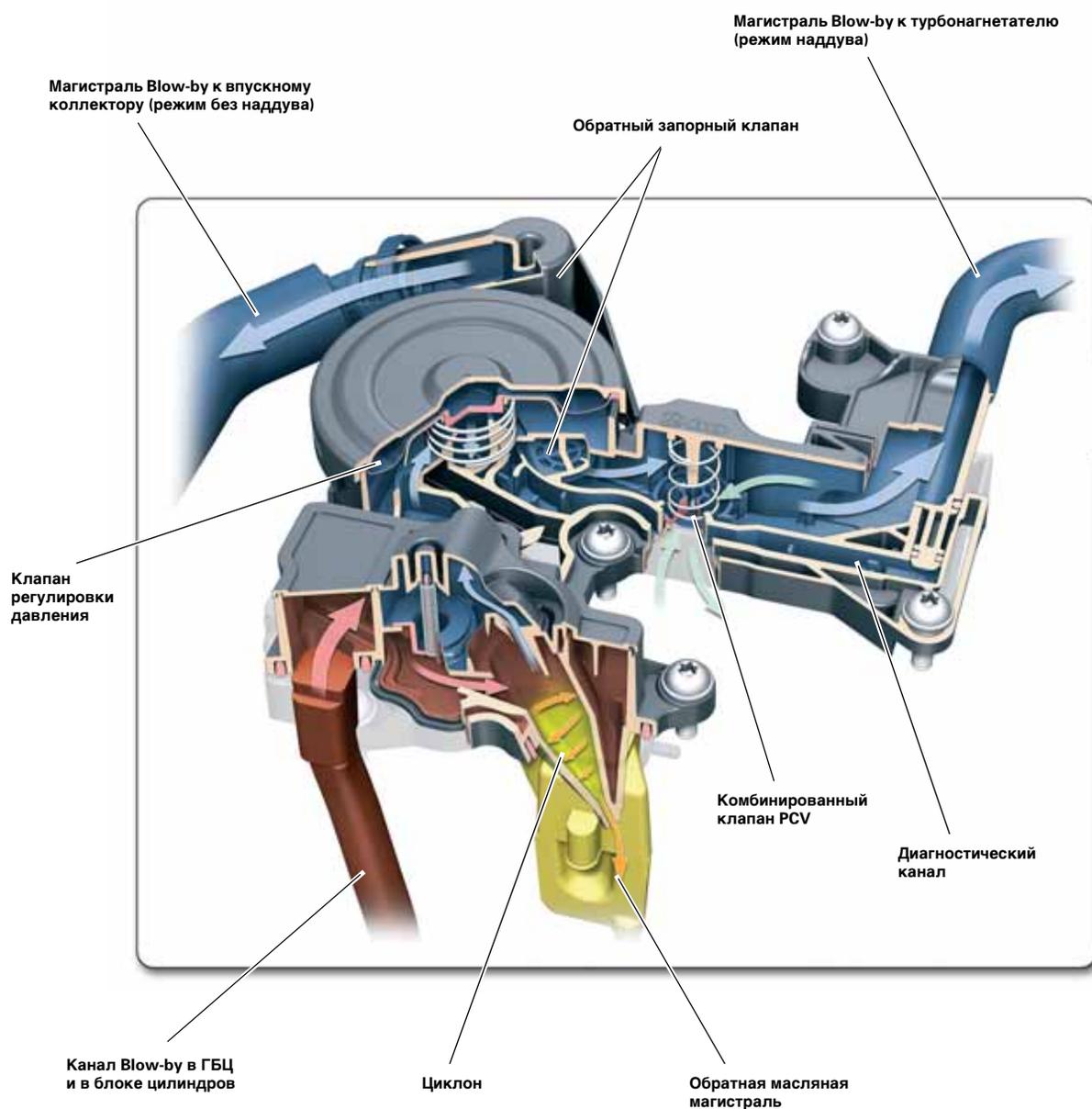
## Вентиляция картера

Важным критерием при дальнейшем совершенствовании двигателя было выполнение ужесточившихся требований к защите пешеходов. Благодаря компактности конструкции узлов, расположенных выше крышки ГБЦ, увеличилось пространство между двигателем и капотом. Это привело к увеличению зоны деформации капота моторного отсека. Дополнительным преимуществом является увеличение компоновочного пространства. Это позволяет продольную установку силового агрегата.

Были изменены следующие детали:

- интегрированный в блок цилиндров канал Blow-by-газов\*;
- блок тонкого маслоотделителя с интегрированным клапаном регулировки давления, обратным клапаном и клапаном подачи свежего воздуха в картер двигателя (PCV-клапан\*).

## Блок клапанов





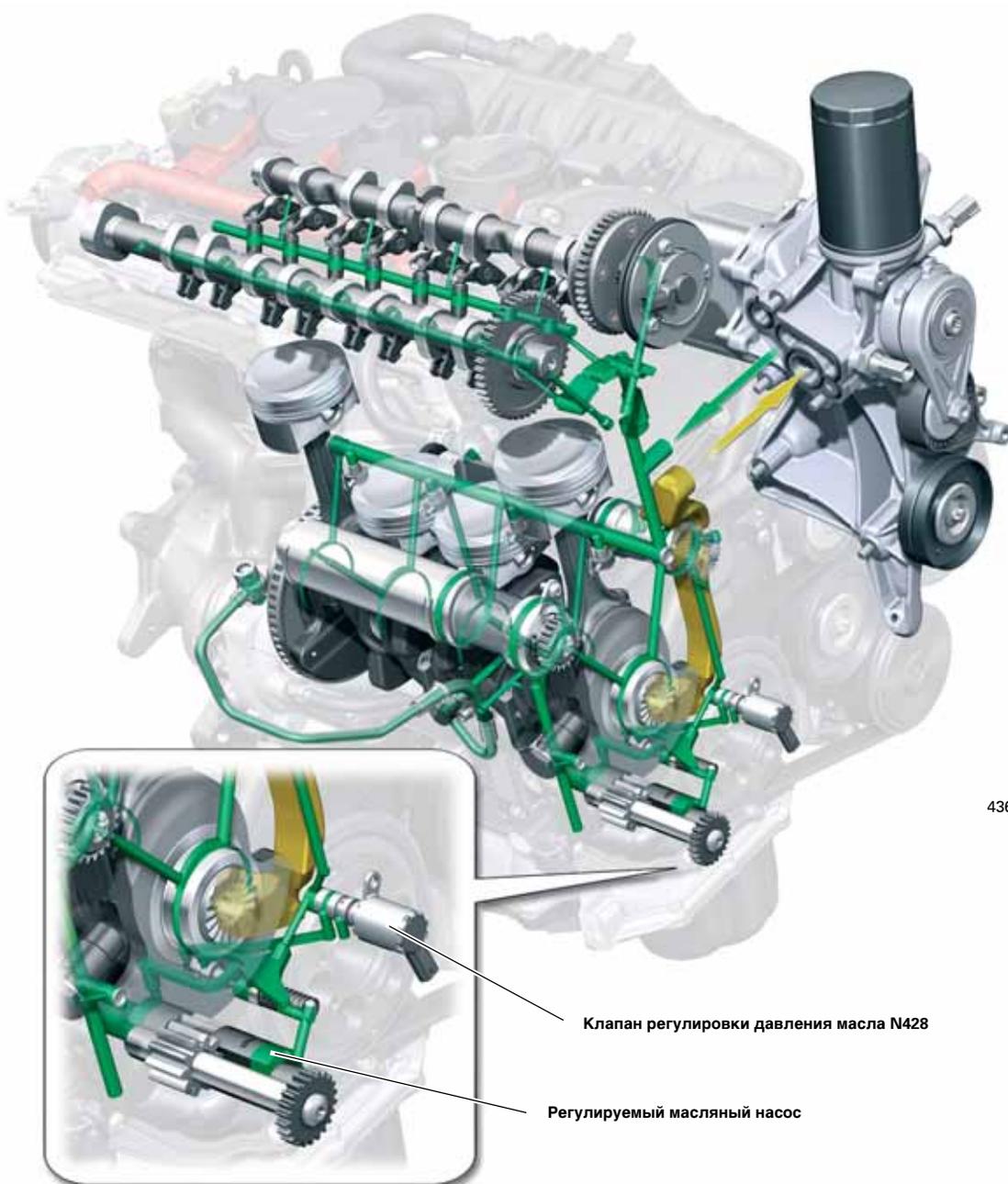
# Система смазки

## Обзор

Принципиальная конструкция системы смазки полностью идентична системе смазки двигателя TFSI с объёмом 1,8 л (базовый двигатель).

Точное её описание приведено в программе самообучения 384 „Двигатель 1,8 л 4 кл/цил. TFSI с цепью в приводе ГРМ“.

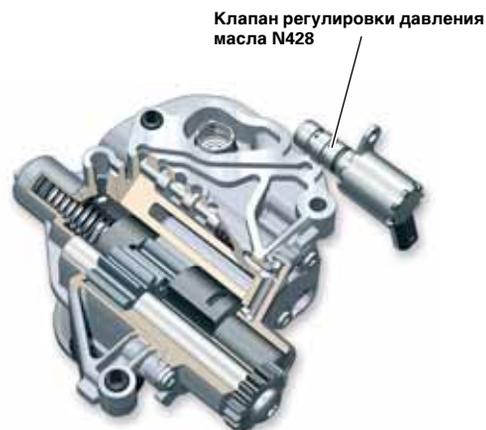
Изменения в системе смазки в первую очередь связаны с установкой регулируемого масляного насоса. Перечень двигателей, в которых применяется этот регулируемый масляный насос, приведён в „Обзоре этапов конструирования“ на странице 6.



436\_016

## Регулируемый масляный насос

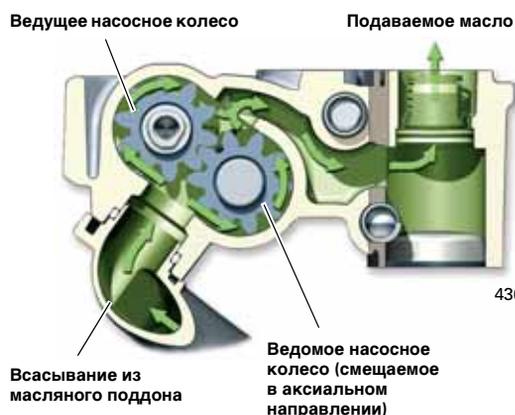
В двигателях TFSI с объёмом 1,8 и 2,0 л применяется масляный насос новой конструкции. Приоритетной целью его разработки было снижение затрат мощности на его работу для дополнительного уменьшения расхода топлива. От других регулируемых масляных насосов эта конструкция отличается хитроумной коцепцией регулирования, которая обеспечивает ещё более экономичный режим работы.



436\_012

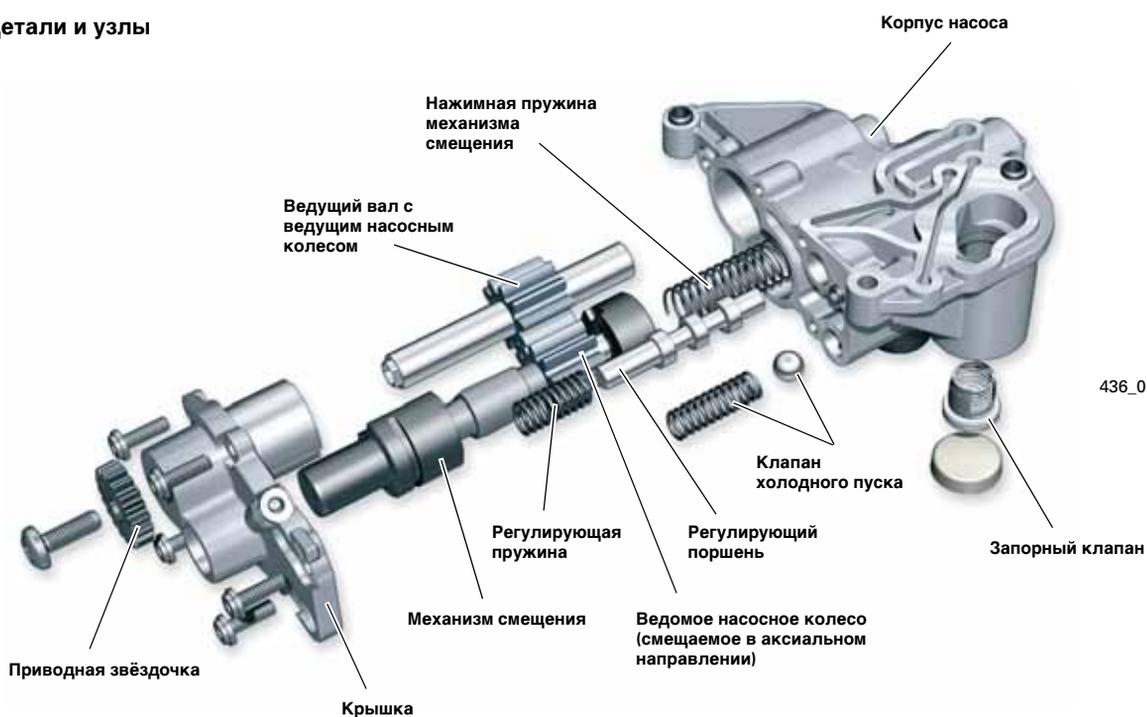
## Конструкция

С точки зрения принципиального устройства масляный насос представляет собой шестерённый насос с шестернями с внешним зацеплением. Новым в конструкции является то, что насосное колесо может смещаться в аксиальном направлении (ведомое насосное колесо). Путём смещения можно оказывать целенаправленное воздействие на объём подачи и давление масла в системе смазки.



436\_013

## Детали и узлы



436\_014

# Система смазки

## Принцип действия

### Стандартное регулирование

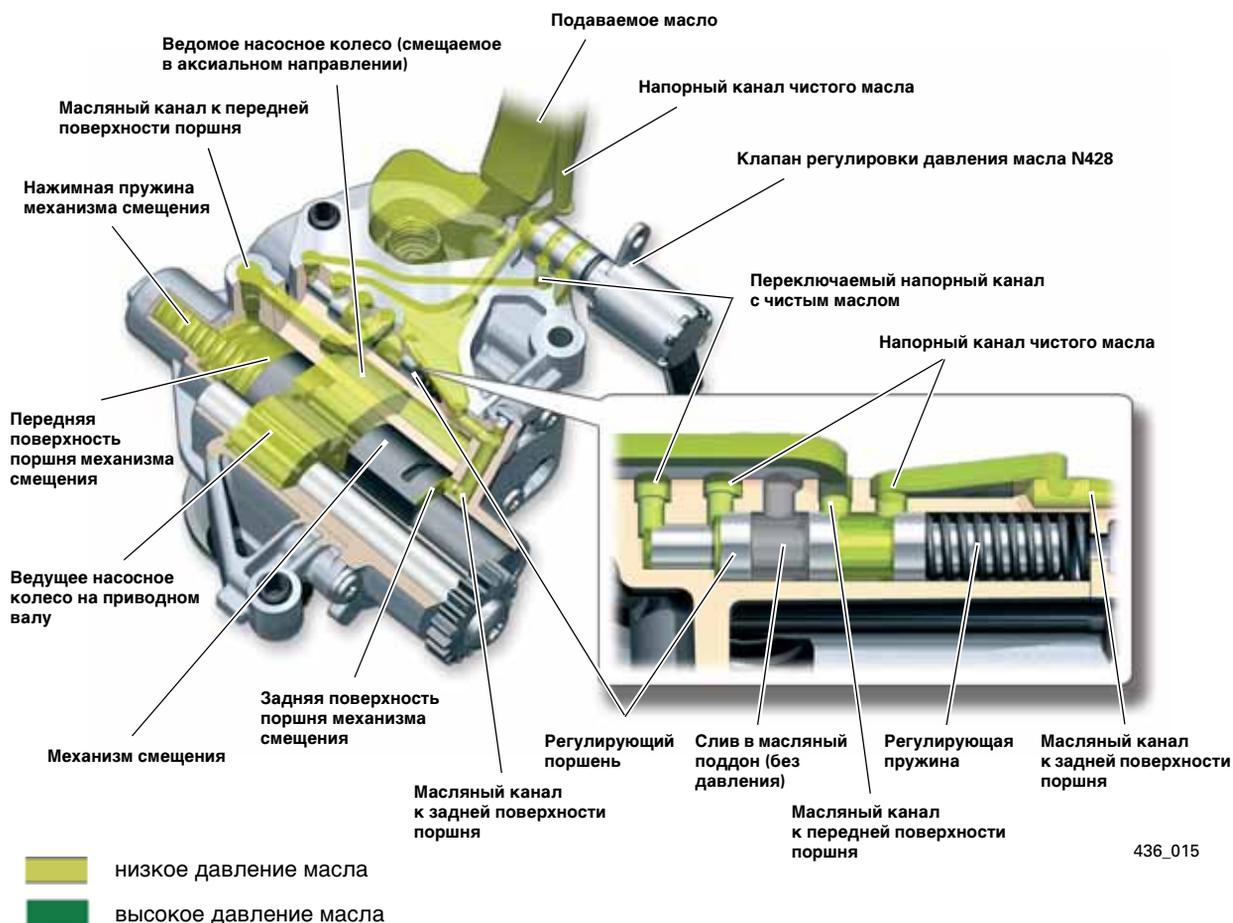
С ростом частоты вращения двигателя растёт и объём подачи масляного насоса. Поскольку потребители масла в двигателе не могут использовать всё подаваемое масло, то давление масла в системе растёт. Прежде ограничение давления масла производилось в масляном насосе. Для этого открывался механический клапан. А поскольку насос продолжал работать с полной производительностью, то часть энергии, затрачиваемой на привод, при регулировании методом слива преобразовывалась в тепло. Именно в этом моменте новая концепция регулирования и отличается от прежней.

Новая концепция регулирования заключается в возможности реализации двух различных уровней давления. Низкий уровень давления составляет ок. 1,8 бар (относительно). При частоте вращения двигателя ок. 3500 об/мин производится переключение на высокий уровень давления. Давление при этом составляет ок. 3,3 бар (относительно). Регулирование давления осуществляется путём регулирования объёмной подачи насосных колёс. При этом подаётся ровно то количество масла, которое необходимо для поддержания желаемого уровня давления чистого масла после прохождения им масляного радиатора и масляного фильтра.

Это достигается путём аксиального смещения механизма и, соответственно, обоих насосных колёс. Если оба насосных колеса расположены точно напротив друг друга, то подача насоса максимальна. При максимальном смещении ведомого насосного колеса подача насоса минимальна (перекачивается лишь находящееся во впадинах между зубьями масло). Смещение производится путём воздействия управляемого давления чистого масла на переднюю поверхность поршня механизма смещения. Дополнительно на переднюю поверхность поршня механизма смещения воздействует усилие нажимной пружины. К задней поверхности поршня постоянно приложено давление масла.

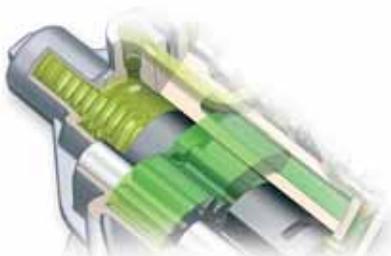
Управление давлением масла (через напорный канал чистого масла), воздействующим на переднюю поверхность поршня механизма смещения, осуществляет регулирующий поршень. На него непосредственно воздействует создаваемое давление моторного масла, и он работает против усилия регулирующей пружины. Управление давлением масла — это непрерывный и динамичный процесс. Поэтому регулирующий поршень постоянно линейно перемещается в знакопеременном направлении.

## Обзор

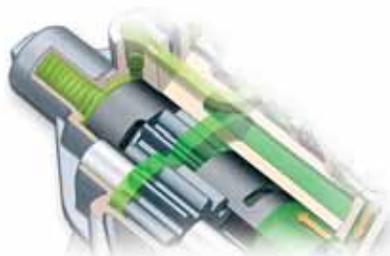


436\_015

## Положения механизма смещения



436\_017



436\_018

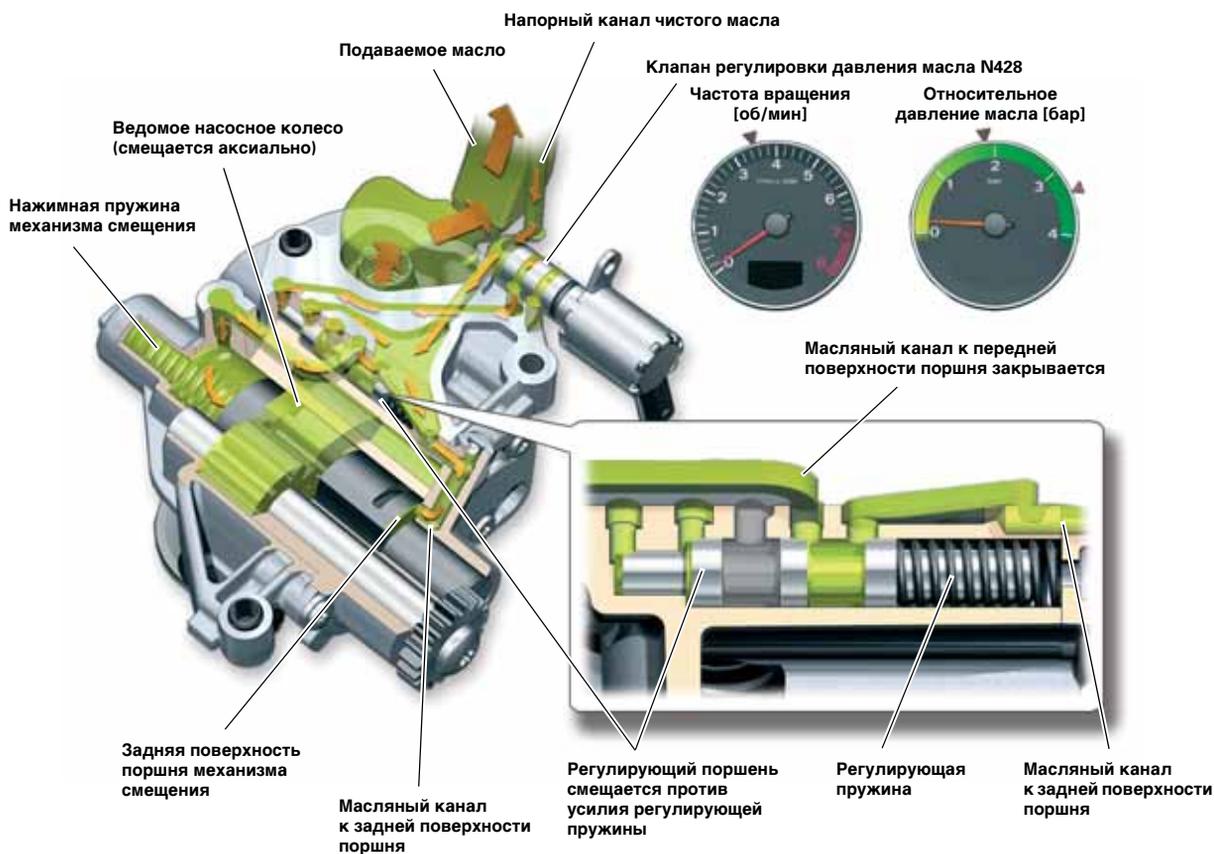
**Аксиальное смещение отсутствует:** перекачивается максимальный объём масла

**Максимальное аксиальное смещение:** перекачивается малый объём масла

## Запуск двигателя

Рисунок внизу показывает масляный насос при пуске двигателя — он начинает подачу. Через напорный канал для очищенного масла моторного масла подаётся на все плоскости регулирующего поршня и на обе стороны механизма смещения. При этом на клапан регулировки давления масла N428 подаются управляющие сигналы от блока управления двигателя, и он поддерживает переключаемый напорный канал в таком состоянии, чтобы давление масла воздействовало на все поверхности регулирующего поршня.

Механизм смещения остаётся в этом положении. Насос подаёт масло с максимальной производительностью, пока не будет достигнуто давление малой ступени (ок. 1,8 бар). При этом в режиме холостого хода данное значение может быть не достигнуто. Но слишком малое давление могло бы повредить двигателю. Поэтому давление масла нужно контролировать. Эту функцию выполняет датчик пониженного давления масла F378.



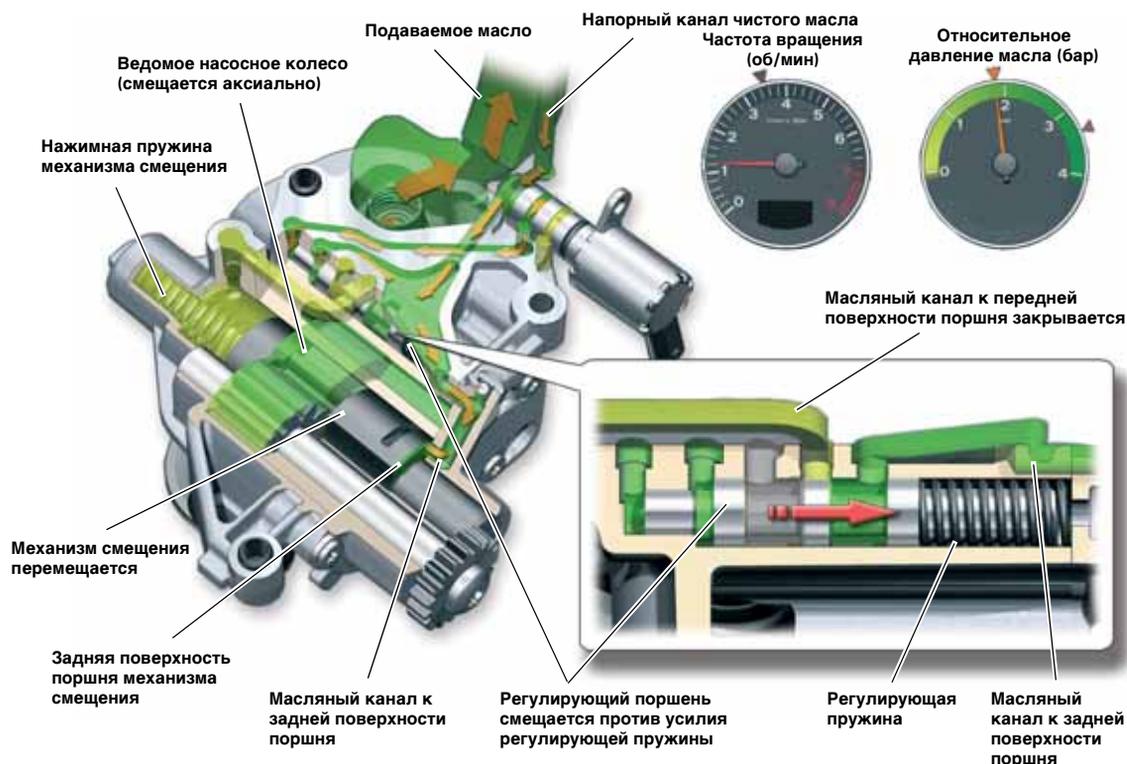
436\_025

# Система смазки

## Достижение ступени малого давления

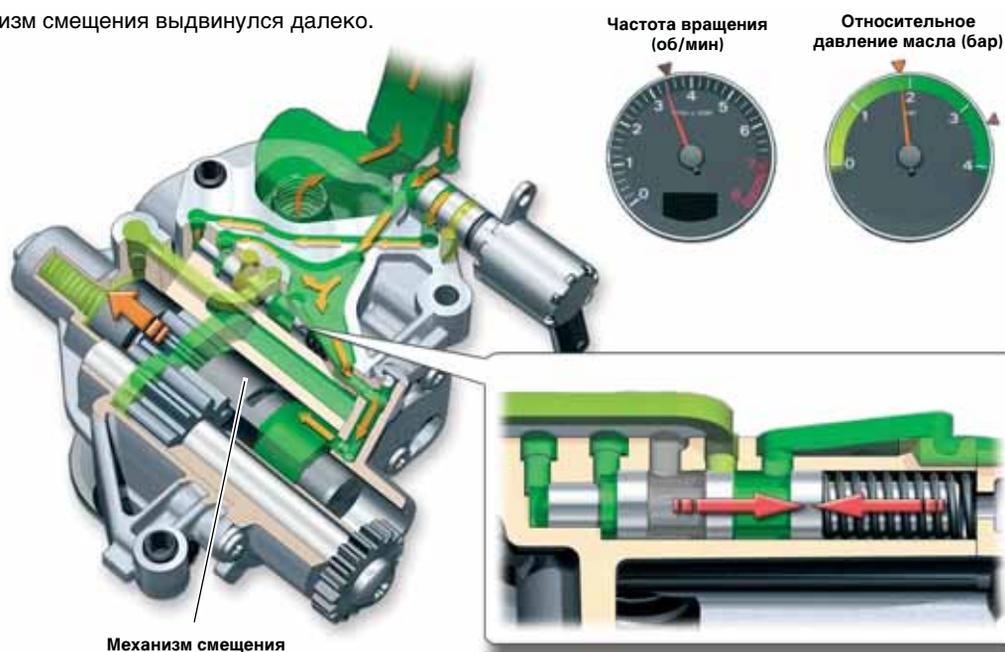
При повышении частоты вращения двигателя давление масла немного увеличивается и обуславливает смещение регулирующего поршня против усилия регулирующей пружины. Благодаря этому напорный канал, ведущий к передней поверхности поршня, закрывается, и одновременно открывается безнапорный канал обратного слива масла в масляный поддон. Теперь гидравлическое усилие, действующее на заднюю поверхность поршня механизма смещения, превышает усилие пружины.

Тем самым производится перемещение механизма смещения против усилия нажимной пружины. Ведомое насосное колесо смещается в аксиальном направлении относительно ведущего насосного колеса. Объем подачи снижается и адаптируется к расходу масла двигателем. Благодаря адаптации объема подачи давление масла остаётся на относительно постоянном уровне.



## Непосредственно перед переключением на ступень высокого давления

Механизм смещения выдвинулся далеко.

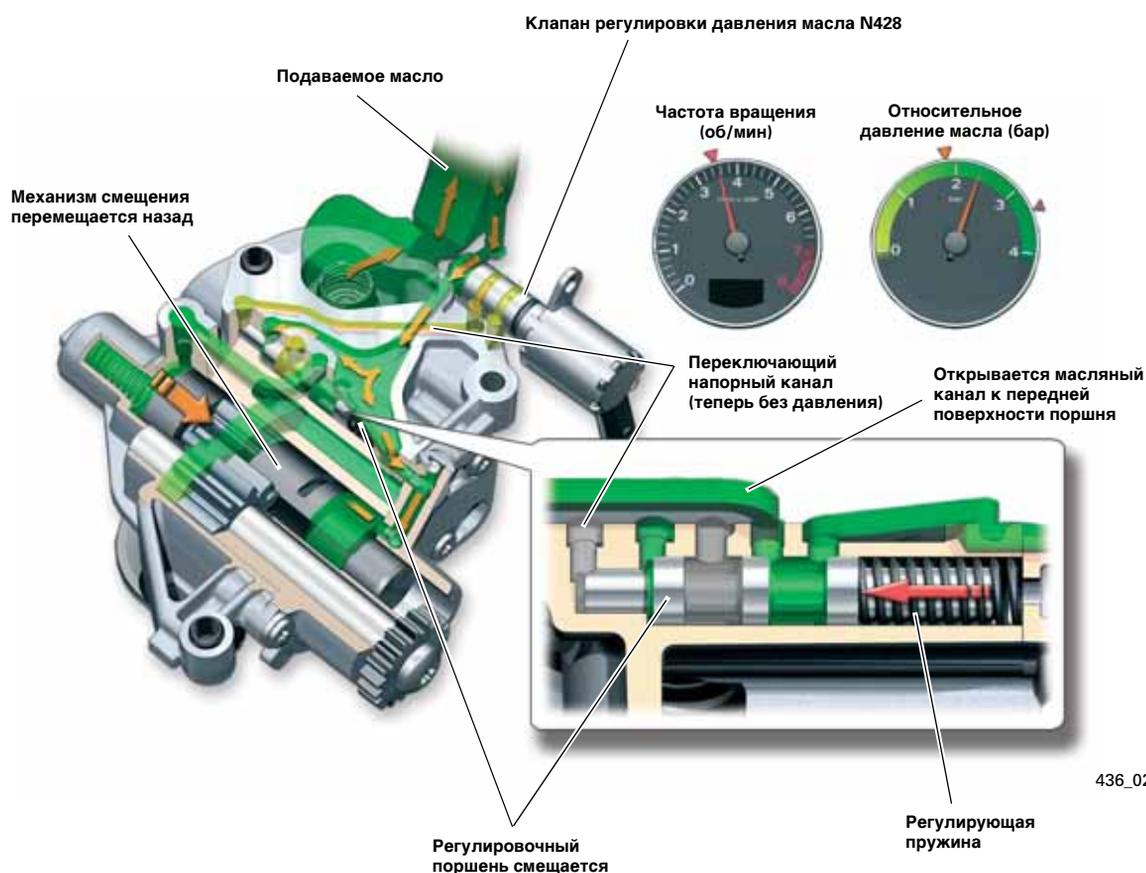


## Переключение на ступень высокого давления

Начиная с частоты вращения двигателя ок. 3500 об/мин производится переключение на высокий уровень давления. Для этого с клапана регулировки давления масла N428 отключается напряжение питания.

Это приводит к закрыванию переключаемого напорного канала и к одновременному открыванию безнапорной полости в масляном поддоне. Поскольку теперь к эффективной поверхности регулирующего поршня усилие больше не приложено, то усилие регулирующей пружины перевешивает. Регулирующий поршень смещается так, что открывается канал к передней поверхности регулирующего поршня механизма смещения.

Действующие теперь на переднюю поверхность поршня давление масла и усилие нажимной пружины оттесняют механизм смещения назад в такое положение, при котором насосные колёса опять вращаются практически параллельно друг другу, и насос переходит на максимальную производительность. Механизм смещения остаётся в этом положении до тех пор, пока не будет достигнуто давление масла ок. 3,3 бар.



### Указание



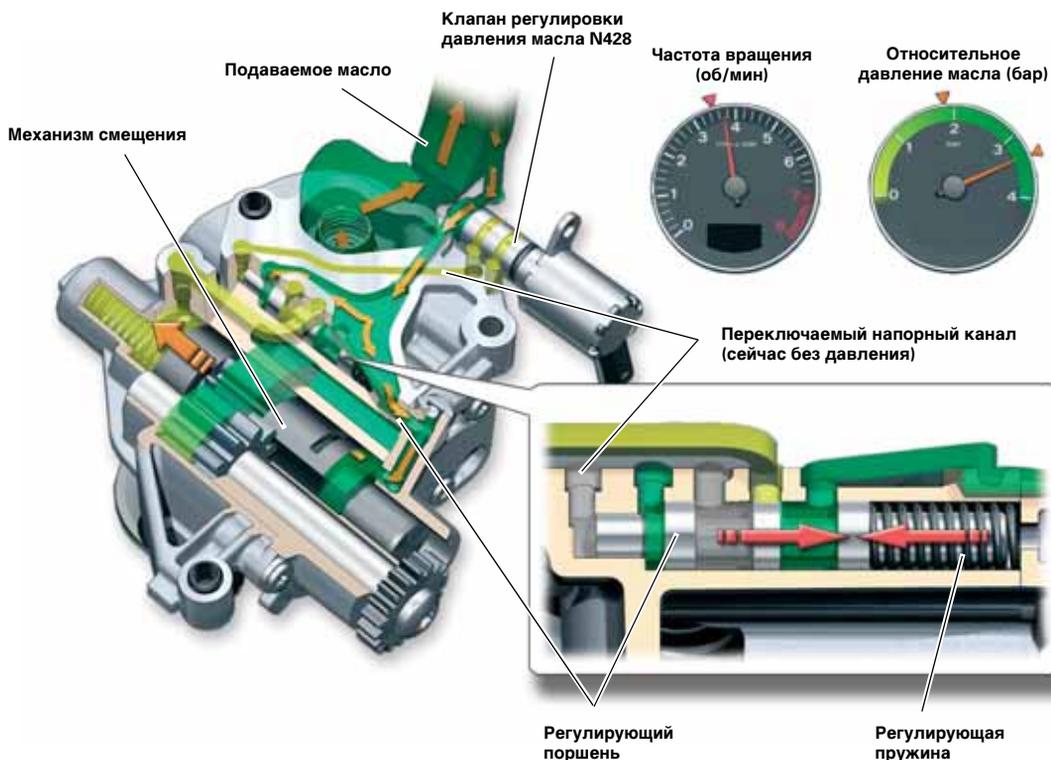
Следует учесть, что во время первых 1000 километров пробега регулируемый масляный насос постоянно работает на ступени высокого давления. Это необходимо из-за высокой температурной нагрузки на узлы в период обкатки.

# Система смазки

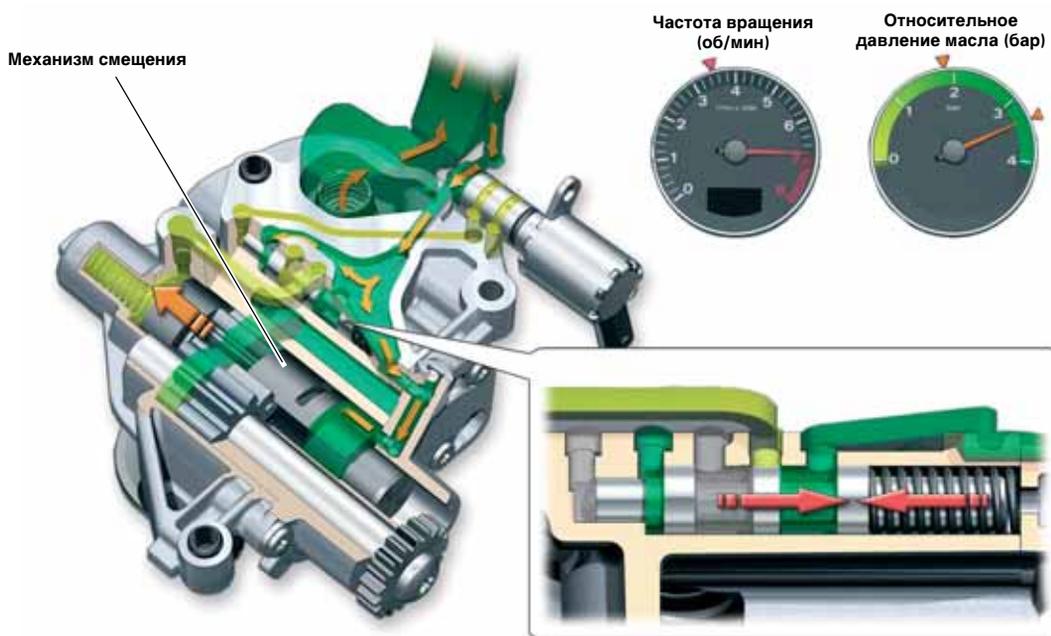
## Достигнута ступень высокого давления

На клапан регулировки давления масла N428 напряжение питания по-прежнему не подаётся. Соотношение усилий от давления масла и регулирующей пружины, действующих на регулирующий поршень, поддерживается высоким давлением масла (действующая поверхность поршня меньше). Если частота вращения двигателя снова

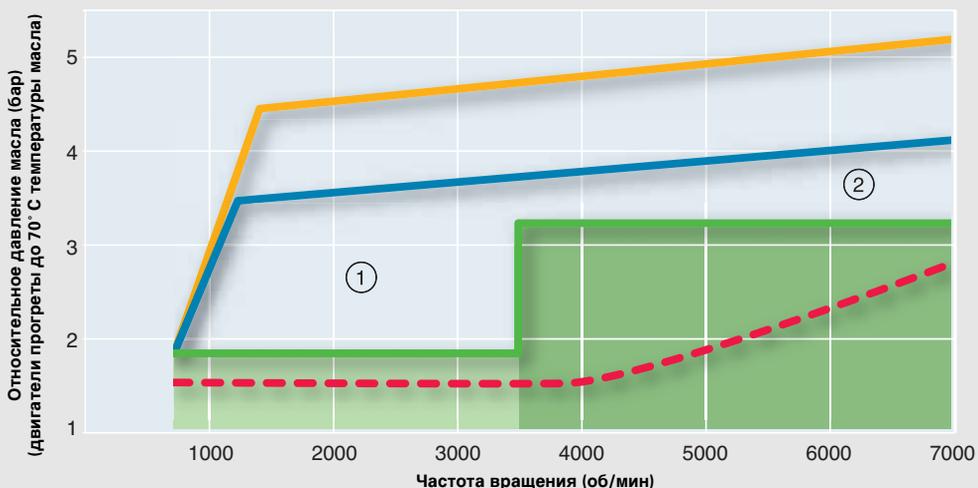
увеличивается, то перемещение механизма смещения повторяется (как на ступени малого давления). Переключение на ступень высокого давления фиксируется датчиком давления масла F22 (на модуле масляного фильтра). Переключаемый масляный канал при высоком давлении масла закрыт клапаном регулировки давления масла N428.



## Механизм смещения на упоре



### Сравнение кривых давления



- давление масла наддувного двигателя 1,8 л MPI (без регулируемого масляного насоса)
- давление масла для 1,8 л TFSI (поперечно установленный, без регулируемого масляного насоса)
- требуемое давление для 1,8 л TFSI
- давление масла для 1,8 л TFSI (регулируемое)
- ① степень низкого давления
- ② степень высокого давления

## Датчик давления масла

В зависимости от того, оснащён ли двигатель регулируемым масляным насосом, устанавливаются один или два датчика давления масла. Как правило, датчики давления масла устанавливаются на модуле масляного фильтра.

### Двигатель без регулируемого масляного насоса

В двигателях без регулируемого масляного насоса используется только датчик давления масла F22. В любом случае он представляет собой контактный датчик лишь с другим номером запчасти (измеряются другие давления масла).

### Двигатель с регулируемым масляным насосом

В отличие от варианта без регулируемого масляного насоса здесь используется дополнительный датчик давления масла для пониженного давления F378. Он расположен над датчиком давления масла F22.



### Ссылка

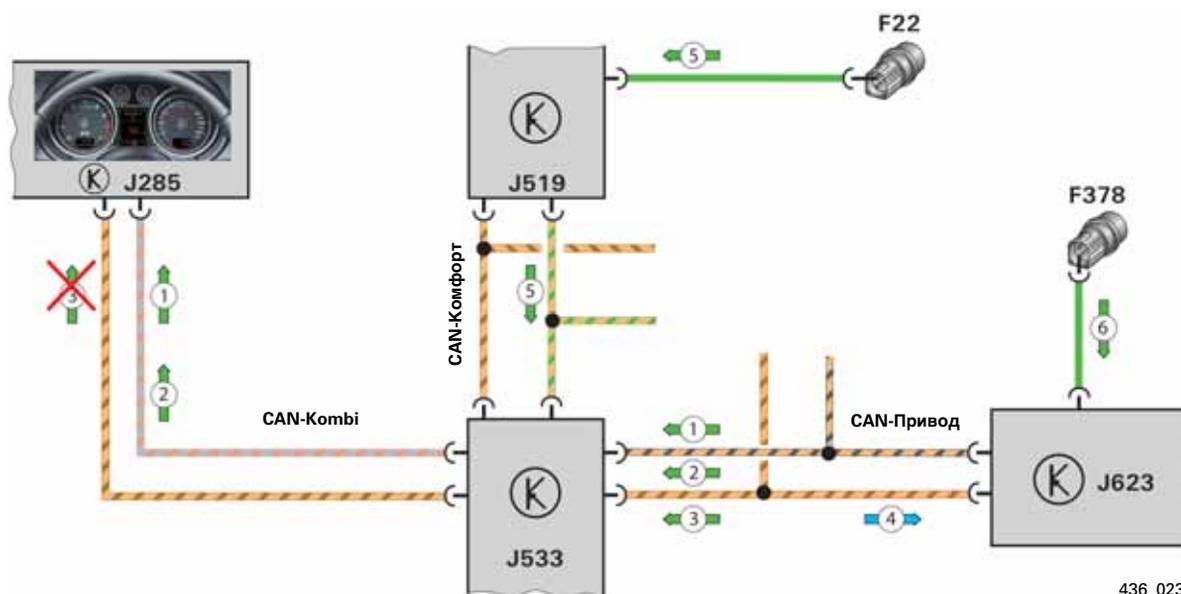


Информация о конструкции модуля масляного фильтра изложена в программе самообучения 384 „Двигатель 1,8 л 4 кл/цил. TFSI с цепью в приводе ГРМ“.

## Система контроля давления масла

В двигателях с регулируемым масляным насосом давление масла контролируется двумя контактными датчиками. Это необходимо потому, что в системе создаются два значения давления.

Сигналы (на примере Audi A4 2008)



Легенда:

- |   |   |
|---|---|
| ① Предупредительный бит „Красная контрольная лампа“ | F22 Датчик давления масла                 |
| ② 2 текстовых бита                                  | F378 Датчик пониженного давления масла    |
| ③ Переключающий бит = 1                             | J285 Блок управления комбинации приборов  |
| ④ Включающий бит                                    | J519 Блок управления бортовой сети        |
| ⑤ Сигнал от датчика давления масла F22              | J533 Диагностический интерфейс шин данных |
| ⑥ Сигнал от датчика пониженного давления масла F378 | J623 Блок управления двигателя            |

### Принцип действия и сигналы датчиков давления масла

Два датчика давления масла предназначены для контроля за давлением масла. При этом датчик пониженного давления масла F378 контролирует наличие давления в системе.

Датчик давления масла F22 контролирует ступень высокого давления регулируемого масляного насоса, если тот работает с высоким давлением.

### Сигналы датчиков давления масла

Анализ состояний датчиков давления масла производится блоком управления двигателя J623 (на более ранних концептах с одноступенчатым масляным насосом сигналы датчиков давления масла записывались и анализировались блоком управления комбинации приборов J285). Для этого датчик пониженного давления масла F378 подключён непосредственно к блоку управления двигателя.

Сигналы датчика давления масла F22 на Audi A4 2008 считываются блоком управления бортовой сети J519 и по шине CAN-Привод передаются в блок управления двигателя J623.

Датчики давления масла представляют собой контактные выключатели, замыкающие контакт на массу, как только в системе будет создано необходимое давление.

## Процесс контроля давления масла

Блок управления двигателя контролирует состояние датчиков при работающем двигателе, а при остановленном двигателе производится проверка достоверности сигналов.

### Проверка достоверности при остановленном двигателе

При остановленном двигателе сигнал о замыкании контактов датчика недопустим! В противном случае можно предположить наличие неисправности электрической цепи. В этом случае при появлении напряжения на клемме 15 в комбинации приборов выводится предупреждение („Красная контрольная лампа“ вместе с текстовым сообщением „Заглушить двигатель и проверить уровень масла“).



436\_070

### Предупреждение при работающем двигателе

В этом режиме датчики давления контролируются в зависимости от температуры масла и начиная с определённого порогового значения частоты вращения. Состояние датчиков давления масла постоянно контролируется на холодном двигателе (ниже 60° С), а также на частоте вращения холостого хода. На прогретом двигателе этот контроль производится лишь на повышенных частотах вращения. В данном режиме при разомкнутых контактах датчика включается „Красная аварийная лампа“ одновременно с выводом текстового сообщения „Заглушить двигатель и проверить уровень масла“ в комбинации приборов.

### Возможности анализа неисправностей

Диагностика производится в блоке управления двигателя с помощью функции контроля давления масла.

Статус датчика давления масла F22 считывается по диагностическому адресу блока управления бортовой сети J519 (диагностический адрес 09 > блок измеряемых величин 28 > 2-я строка).

Состояние датчика давления масла F22 проверяется, если регулируемый масляный насос подаёт масло под высоким давлением и частота вращения двигателя превышает рассчитанное в параметрической характеристике значение (в зависимости от температуры масла).

Если его контакты не замкнуты, то включается контрольная лампа блока управления двигателя K149. Дополнительно ограничивается частота вращения двигателя. Ограничение оборотов индицируется текстовым сообщением в комбинации приборов и включением жёлтого символа частоты вращения двигателя.

### Указание



Текстовые указания о „Проверке достоверности при остановленном двигателе“ и „Предупреждения при работающем двигателе“ индицируются лишь в автомобилях с комбинацией приборов Highline.

# Двигатель 2,0 л TFSI для норм SULEV

## Введение

Двигатель TFSI с объёмом 2,0 л предлагается на американском рынке как агрегат, объединяющий в себе непосредственный впрыск с турбонаддувом. Задачей такой комбинации является соблюдение самых жёстких в мире норм токсичности ОГ. В США повсеместно действуют предписания ULEV II. Но в некоторых штатах действуют ещё более строгие нормы токсичности ОГ — SULEV.

На следующих страницах будут рассмотрены, в частности, меры, позволяющие выполнить требования норм SULEV. Технические описания приведены на примере Audi A3.

Для допуска автомобиля на американский рынок должны быть выполнены следующие условия:

- выполнение законодательных норм по токсичности отработавших газов;
- выброс углеводородов из топливной системы не допускается;
- все системы и узлы, влияющие на состав ОГ, должны контролироваться системой диагностики OBD-II;
- соблюдение значений состава ОГ, указанных в SULEV, должно быть гарантировано на пробег 150 000 миль (240 000 км) и на 15 лет.

## Двигатель 2,0l-TFSI для норм ОГ SULEV (вид сзади)



436\_045

## Изменения по сравнению с двигателями для европейского рынка

- Интегральный модуль, включающий турбонагнетатель, из стального литья.
- Система PremAir® для преобразования озона в атмосферный кислород.
- Измерение состава ОГ с помощью трёх лямбда-зондов:
  - один линейный лямбда-зонд (LSU4.9) в корпусе турбины для обеспечения быстрого выхода зонда на рабочий режим;
  - два ступенчатых лямбда-зонда (один перед и второй за катализатором, размещённым под днищем).
- Топливопроводы и шланги системы вентиляции картера с изоляционным слоем, исключающим малейшие испарения.
- Система вторичного воздуха для снижения выбросов в фазе прогрева катализатора.
- Оптимизация процессов пуска и прогрева двигателя.
- Адаптация катализатора по объёму, плотности ячеек и нагрузке.
- Автоматическое управление стартером для Audi A3.
- Все двигатели для рынка США оборудованы диагностикой утечек из топливного бака.

### Различия в лямбда-регулировании

Для выполнения более строгих норм токсичности ОГ пришлось перейти на известную систему регулирования состава ОГ с помощью широкополосного лямбда-зонда перед катализатором и ступенчатого зонда после катализатора. Для соответствия нормам SULEV в систему введён дополнительный ступенчатый лямбда-зонд. Обзор приведён в следующей таблице.

**Системы лямбда-регулирования на двигателях TFSI с объёмом 1,8 и 2,0 л на Audi**

Этап конструирования 0	Этап конструирования 1	Этап конструирования 2 (кроме США)
EU IV: Лямбда-зонд G39 LSF*4.2 после предкатализатора	EU IV: соответствует этапу конструирования 0	EU V: Лямбда-зонд G39 LSU*4.9 перед предкатализатором Лямбда-зонд G130 LSF*4.2 после предкатализатора
	ULEV II: Лямбда-зонд G39 LSU*4.9 перед предкатализатором Лямбда-зонд G130 LSF*4.2 после предкатализатора	ULEV II: соответствует этапу конструирования 1
	SULEV: Лямбда-зонд G39 LSU*4.9 перед предкатализатором в интегральном модуле Лямбда-зонд G130 LSF*4.2 после предкатализатора Лямбда-зонд 3 после катализатора G287 LSF*4.2 за катализатором, установленным под днищем	SULEV: соответствует этапу конструирования 1

# Двигатель 2,0 л TFSI для норм SULEV

## Система подачи вторичного воздуха

Для снижения уровня эмиссии углеводородов на максимально ранней стадии уже на стадии запуска в выпускные каналы головки блока цилиндров подаётся свежий воздух.

Система сконструирована таким образом, что при её активации реализуется быстрый рост давления с высокой производительностью подачи.

На рисунке изображены компоненты системы вторичного воздуха.

В системе новыми являются следующие узлы:

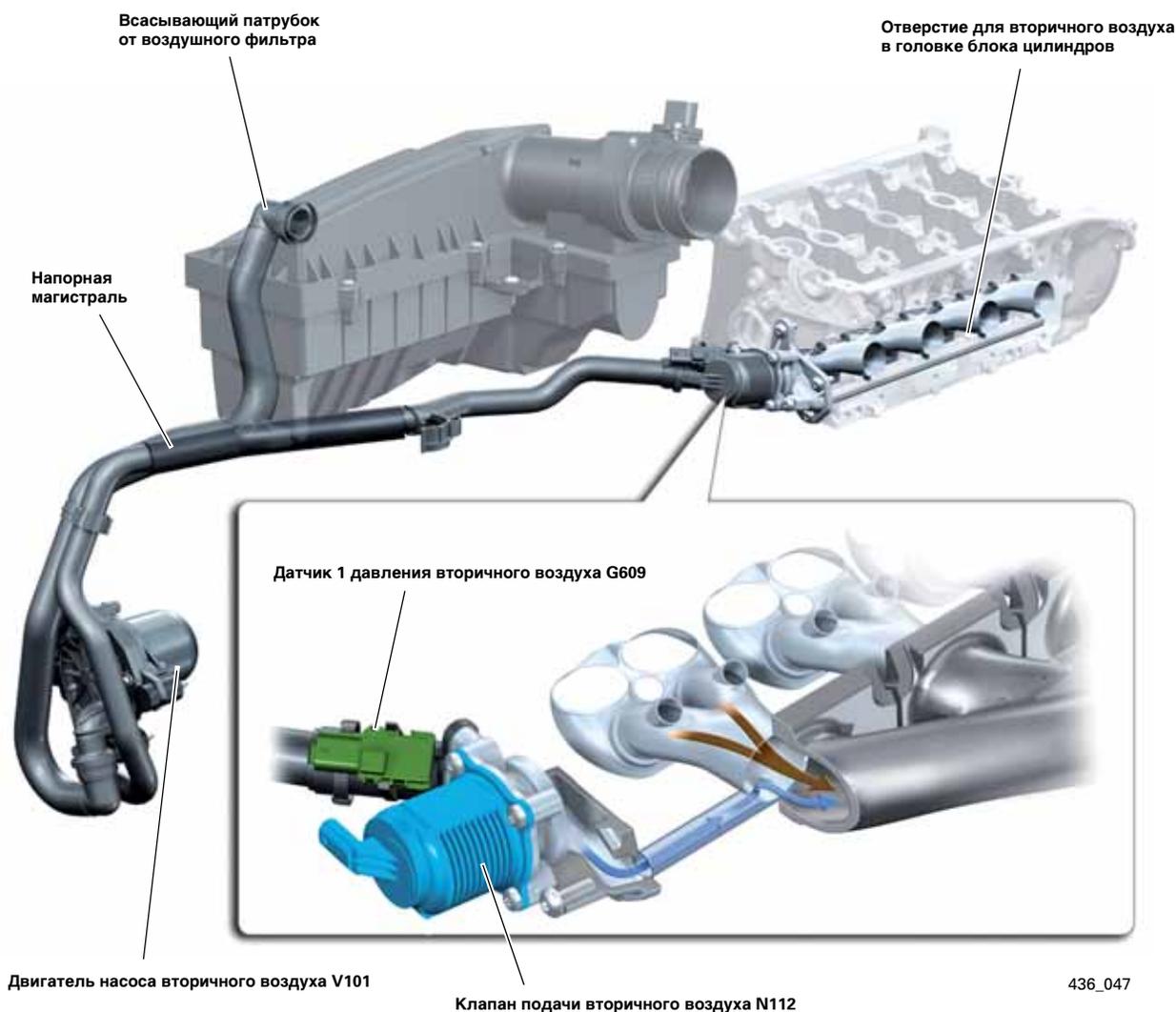
- датчик 1 давления вторичного воздуха G609,
- клапан подачи вторичного воздуха N112.

Расположение насоса вторичного воздуха выбрано так, чтобы он находился выше самой нижней точки системы шлангов. Такое размещение препятствует накоплению вредных углеводородов в самом насосе.

В рабочем состоянии в режиме пуска холодного двигателя на оборотах холостого хода в напорной магистрали создаётся давление ок. 160 мбар. При соответствующей манере езды (высокая нагрузка) с ростом массового потока ОГ давление на датчике растёт. Уровень давления может на 200 мбар превысить атмосферное давление.

Под выходными каналами головки блока цилиндров находится продольное отверстие. Из него вторичный воздух подаётся непосредственно в каналы ОГ. Подобная близость к выпускным клапанам является конструктивным преимуществом. Реакция с вторичным воздухом происходит сразу же. При этом выделяется теплота, нагревающая катализатор.

## Детали и узлы

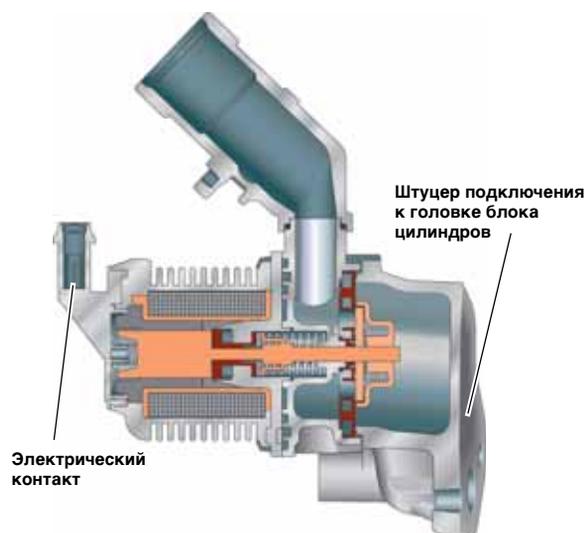


436\_047

## Клапан подачи вторичного воздуха N112

Клапан подачи вторичного воздуха N112 новой конструкции в отличие от прежних клапанов является электрическим клапаном. Он ввёрнут непосредственно в головку блока цилиндров. В отличие от применяемых ранее пневматических клапанов он отличается особой прочностью.

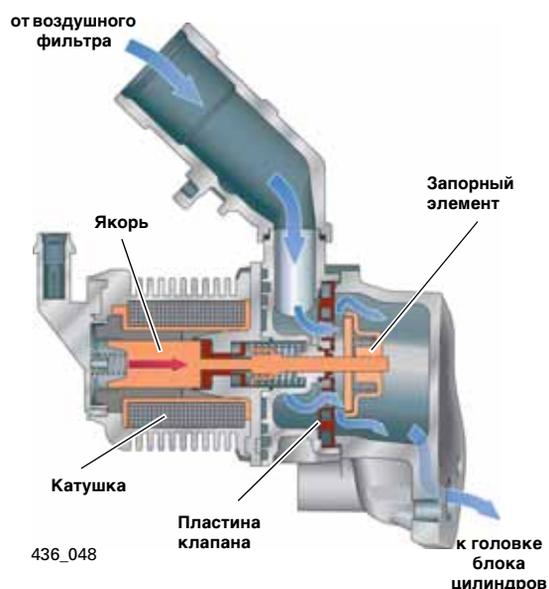
Дополнительно клапан выполняет функцию обратного клапана, то есть предотвращает попадание потока ОГ в систему подачи вторичного воздуха даже при открытом клапане (см. нижний рисунок).



## На клапан подаются сигналы управления

При подаче управляющих сигналов от блока управления двигателя на клапан подачи вторичного воздуха вторичный воздух поступает сквозь клапан в головку блока цилиндров.

Электромагнит поднимает запорный элемент с пластины клапана. Через открытые отверстия пластины клапана начинает поступать вторичный воздух.



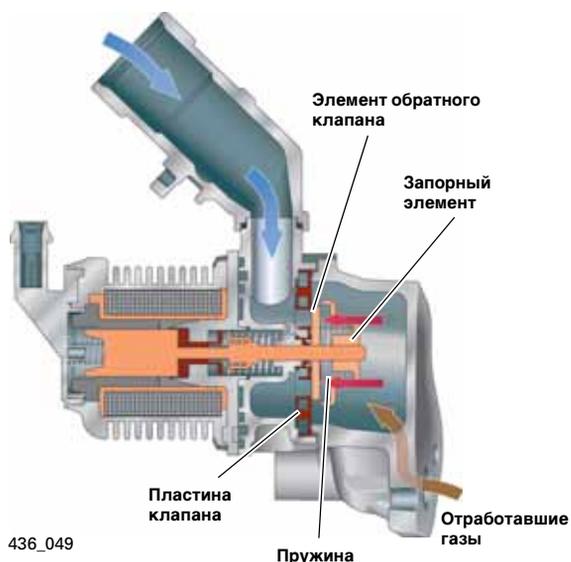
## Функция обратного клапана

При прохождении вторичного воздуха через клапан элемент обратного клапана прижимается вниз, преодолевая усилие пружины, что поддерживает клапан в открытом состоянии.

Если ОГ начинают попадать в клапан подачи вторичного воздуха, то давление вторичного воздуха падает.

Благодаря этому элемент обратного клапана под действием усилия пружины отходит от запорного элемента и перекрывает отверстия в пластине клапана.

Таким образом клапан подачи вторичного воздуха и двигатель насоса вторичного воздуха V101 защищены от повреждений при воздействии на них горячих отработавших газов.



# Двигатель 2,0 л TFSI для норм SULEV

## Датчик давления вторичного воздуха G609

В патрубке для напорной магистрали перед электрическим клапаном подачи вторичного воздуха N112 на защёлке установлен датчик 1 давления вторичного воздуха G609.

Он подаёт в блок управления двигателя аналоговый сигнал напряжением от 0,5 до 4,5 В.

Его измерительный диапазон составляет от 50 до 150 кПа.



436\_051

### Использование сигнала

Он предназначен для диагностики системы подачи вторичного воздуха. Система подлежит обязательному контролю, так как относится к узлам, влияющим на состав ОГ, которые должны контролироваться по законодательству.

### Последствия при пропадании сигнала

Существует диагностика для датчиков. Для этого, с одной стороны, контролируется напряжение (мин. — макс. порог) и, с другой стороны, имеется компенсация между атмосферным давлением и показаниями датчика давления вторичного воздуха (фаза 0).

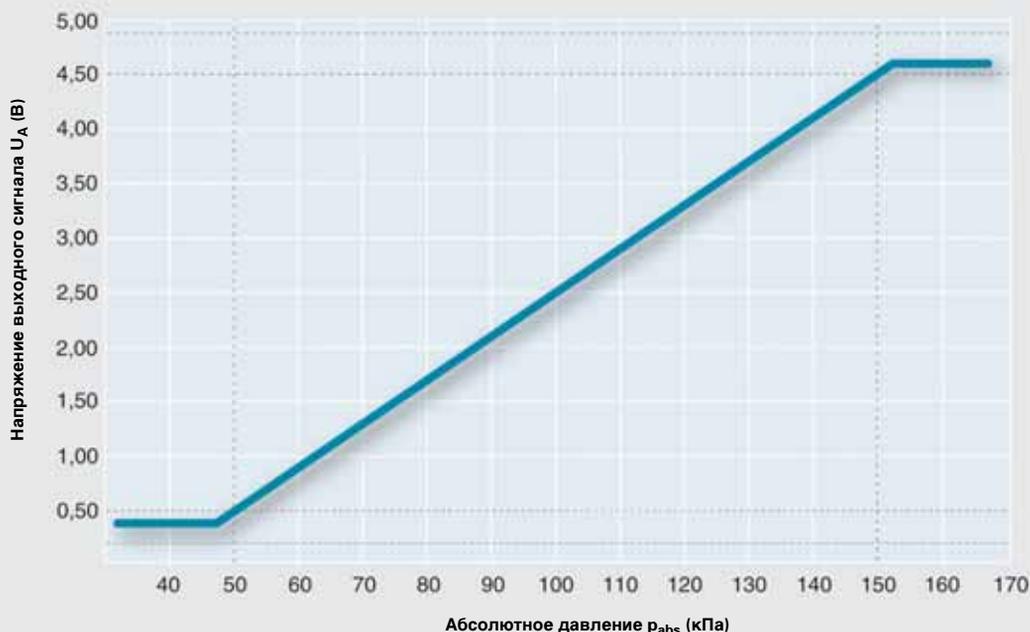
При распознавании неисправности датчика результат системной диагностики не анализируется, так как сигнал датчика недостоверен. Но сама диагностика продолжается.

### Диагностика

Если при сбое управляемый электрическими сигналами клапан подачи вторичного воздуха остаётся закрытым, то устанавливается слишком высокое давление. И наоборот, при негерметичности системы перед клапаном подачи вторичного воздуха возникает слишком низкое давление.

В обоих случаях в память блока управления двигателя заносятся соответствующие сообщения о неисправностях и включается контрольная лампа ОГ K83 (MIL).

### Картина сигнала датчика давления вторичного воздуха



## Проверка системы

Калифорнийский Совет по защите окружающей среды „California Air Resources Board“ (CARB) требует проведения проверки системы подачи вторичного воздуха уже на стадии прогрева катализатора.

Раньше система проверялась с помощью лямбда-зондов. Но они достигают своего рабочего состояния недостаточно быстро. Поэтому система проверяется с помощью диагностики давления в системе подачи вторичного воздуха. Для этого анализируется сигнал датчика давления вторичного воздуха G609.

### Процедура диагностики на основе анализа давления вторичного воздуха

#### Фаза 0

При „зажигании ВКЛ“ начинается инициализация блоков управления. При этом сигнал датчика давления вторичного воздуха G609 запоминается и сравнивается с сигналами датчика атмосферного давления и датчика давления воздуха во впускном коллекторе.

#### Фаза 1

При подаче некоторой массы вторичного воздуха давление в системе вторичного воздуха превышает атмосферное давление. Этот рост давления распознаётся датчиком давления вторичного воздуха G609. Выработываемый аналоговый сигнал анализируется блоком управления двигателя. Если его значение превысит заданный порог, например, из-за засорения системы или из-за утечки, то уже на этом этапе записывается сообщение о неисправности. Дополнительно включается контрольная лампа электроники двигателя K149. Если на этом этапе проверки система исправна, то диагностика продолжается.

#### Фаза 2

Здесь закрывается клапан подачи вторичного воздуха N112 и проверяется его герметичность. Для этого анализируется значение сигнала датчика давления вторичного воздуха G609.

#### Фаза 3

Насос вторичного воздуха отключается, клапан подачи вторичного воздуха N112 закрывается. Анализируется разность между измеренным текущим давлением и значением, сохранённым в фазе 0. Это позволяет выявить неисправный насос вторичного воздуха (не отключается) или неисправный датчик давления вторичного воздуха G609.

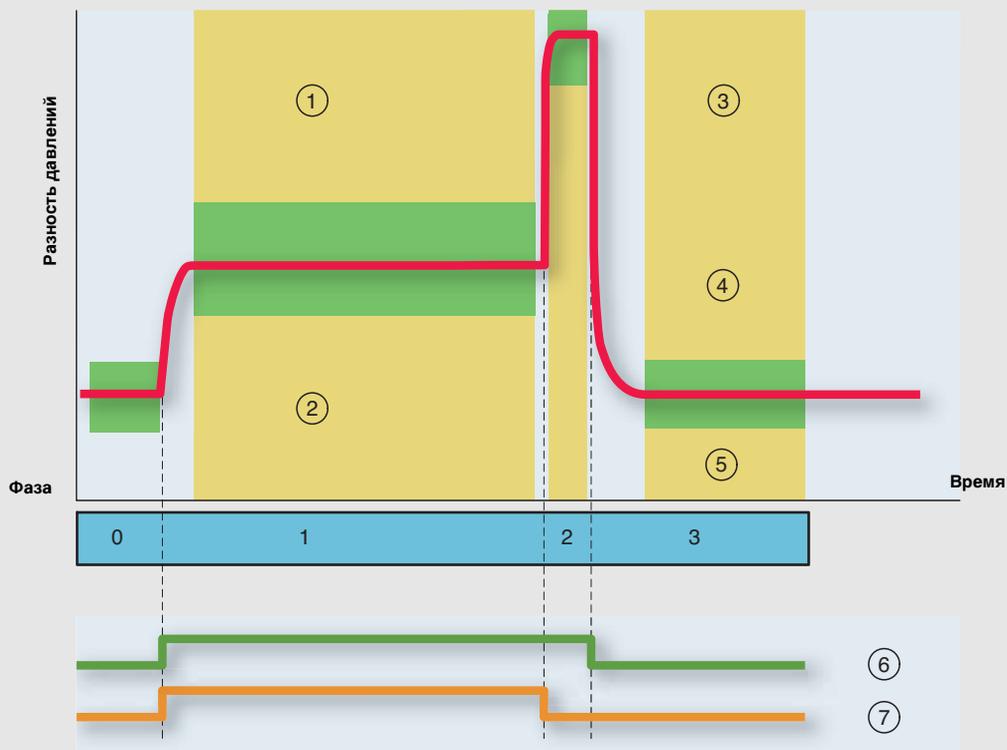
#### Ссылка



График протекания отдельных фаз диагностики системы вторичного воздуха приведён на следующей странице.

# Двигатель 2,0 л TFSI для норм SULEV

## Фазы диагностики системы вторичного воздуха



- ① Засорение (дросселирование)
- ② Пониженная производительность насоса или засорение перед датчиком 1 давления вторичного воздуха G609
- ③ Насос вторичного воздуха работает (не отключается)
- ④ Неисправен датчик давления
- ⑤ Неисправен датчик давления
- ⑥ Насос вторичного воздуха работает
- ⑦ Комбинированный клапан 1 открыт

## Турбоагнетатель

По конструкции турбоагнетатель двигателя под нормы токсичности ОГ SULEV является преемником турбоагнетателя двигателя TFSI объёмом 2,0 л мощностью 147 кВт.

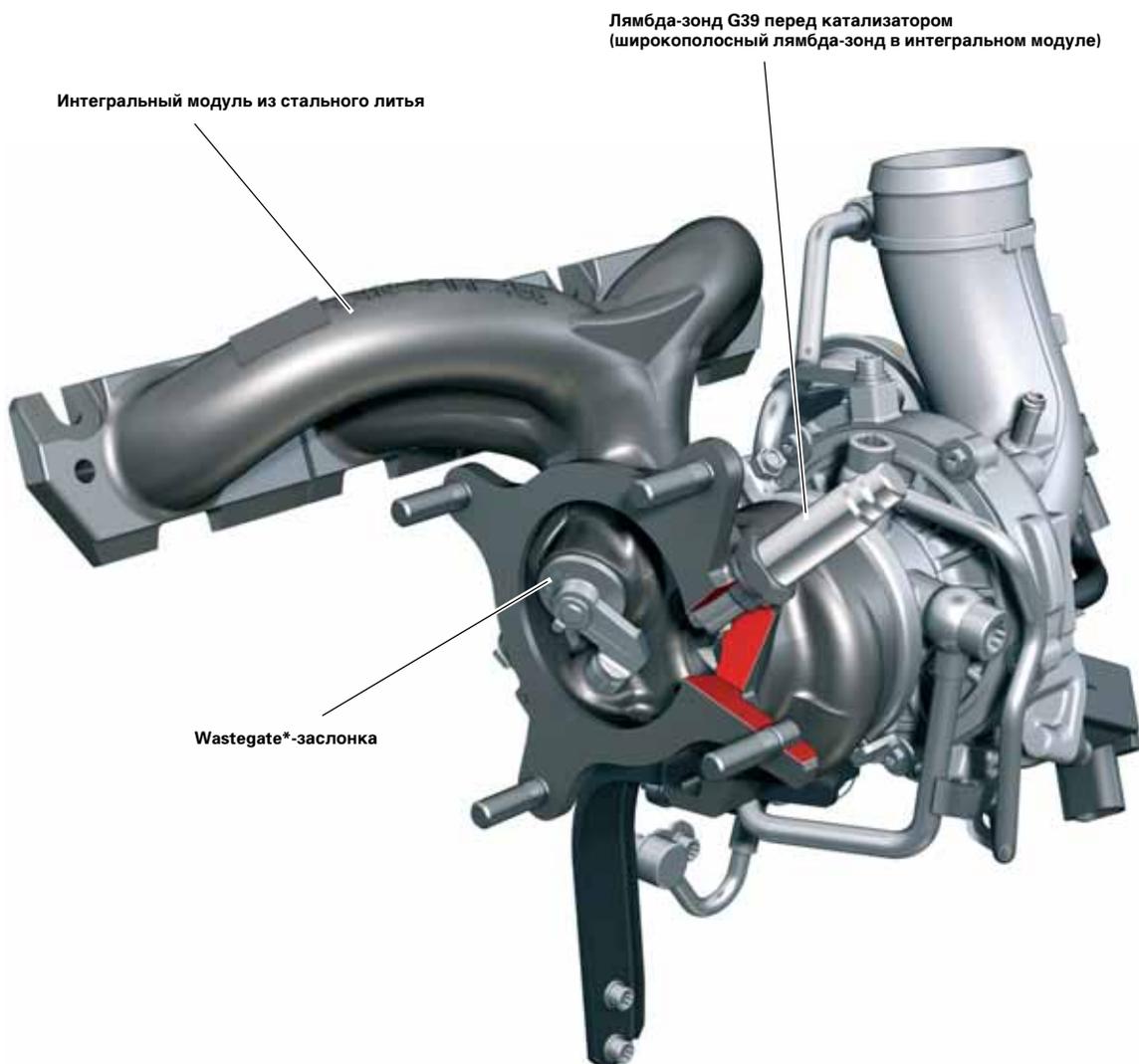
В отличие от него новый турбоагнетатель выполнен не из чугуна, а из стального литья. Стальное литьё гарантирует великолепную стабильность в течение длительного времени. А это является предпосылкой уверенного выполнения требований калифорнийского законодательства в области токсичности ОГ (SULEV).

Кроме того, при пуске двигателя возможен ускоренный прогрев узла, так как толщина его стенок меньше.

Дополнительно этот материал позволяет разместить лямбда-зонд в корпусе турбины. А это, в свою очередь, является предпосылкой крайне быстрой готовности зонда к регулированию.

Заметное улучшение также достигнуто при организации потоков и в продувке катализатора. Это проявляет свои преимущества в снижении противодавления ОГ перед турбиной. Для клиента это означает значительно большее удовольствие от вождения при снижении расхода топлива.

### Конструкция



436\_053

# Двигатель 2,0 л TFSI для норм SULEV

## Катализатор

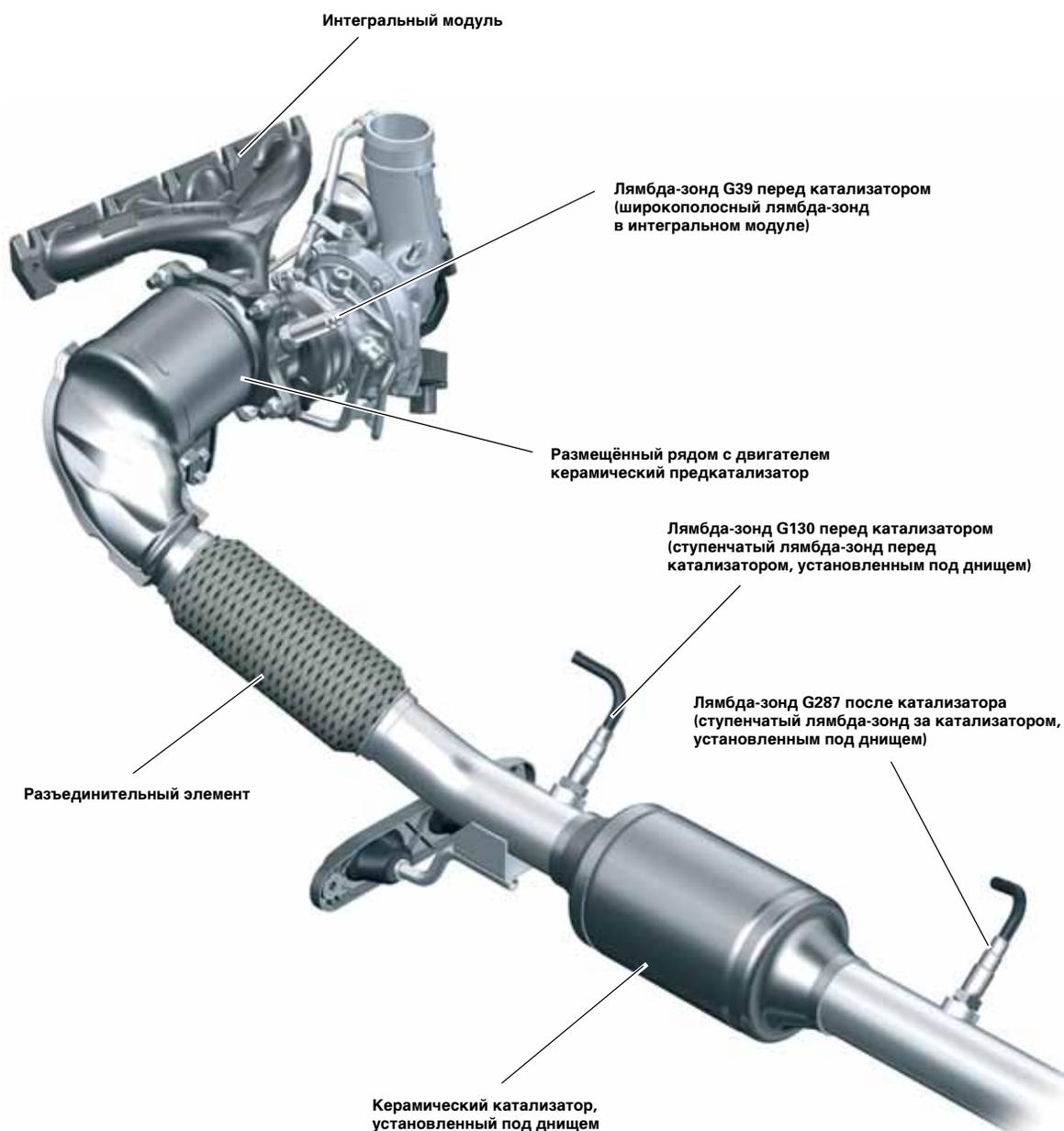
При разработке системы выпуска ОГ во главе угла стояли следующие задачи:

- запас в выполнении норм токсичности ОГ SULEV;
- высокая стабильность характеристик при пробеге свыше 150 000 миль (240 000 км) и сроке службы свыше 15 лет;
- минимальное повышение противодействия ОГ при увеличении числа ячеек катализаторов;
- сокращение времени Light-off\*.

Размер предкатализатора был выбран таким образом, чтобы обеспечить значения эмиссии ОГ на уровне ниже требуемых законодательством. Для этого была увеличена плотность ячеек и уменьшена толщина стенок.

Для максимально быстрого достижения времени Light-off предкатализатора он был размещён очень близко к турбине (непосредственно в интегральном модуле).

## Детали и узлы



436\_052

## Лямбда-зонды

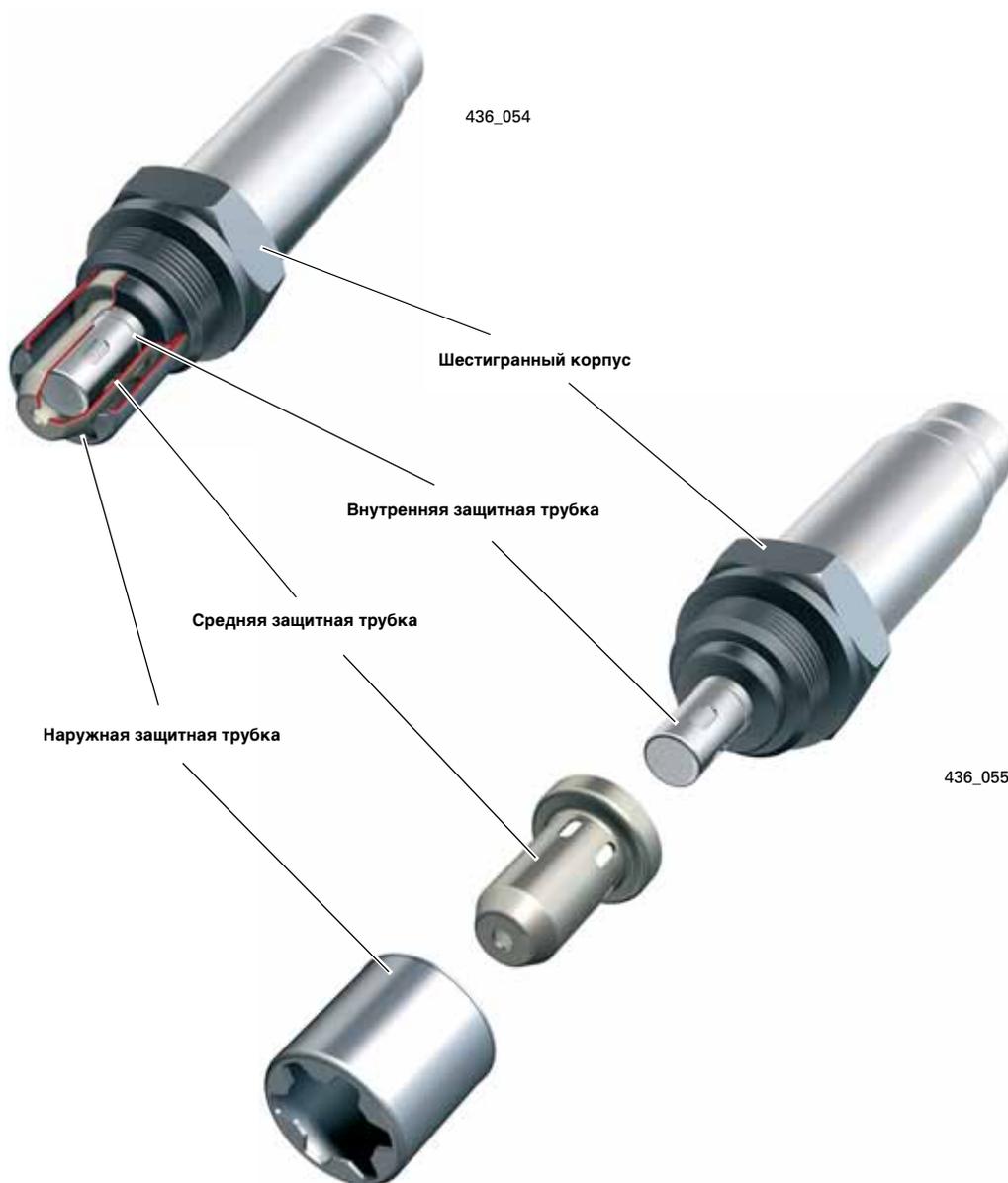
Целью разработки было максимально быстрое включение режима лямбда-регулирования.

Установка широкополосного лямбда-зонда в корпус турбины позволяет начать лямбда-регулирование уже через 19 секунд после пуска двигателя. Поскольку из-за очень быстрого нагрева широкополосного лямбда-зонда существует риск гидравлического удара, то здесь применяется специальный зонд.

Речь идёт о лямбда-зонде G39 (LSU4.9) перед катализатором. Он оснащён дополнительной тройной защитной трубкой.

До и после размещённого под днищем катализатора устанавливаются два ступенчатых лямбда-зонда типа LSU4.2. Они обеспечивают лямбда-регулирование с частотой собственных колебаний и диагностику состояния катализатора, которая позволяет отдельно диагностировать старение предкатализатора и катализатора, размещённого под днищем автомобиля.

### Конструкция лямбда-зонда G39 (LSU4.9)



## Лямбда-регулирование с частотой собственных колебаний

### Задача

При нейтрализации вредных веществ нужно достичь максимальной степени использования производительности предкатализатора.

### Принцип действия

Лямбда-зонд G130 LSF4.2 после предкатализатора посылает в блок управления двигателя сигнал напряжения (скачок напряжения) в соответствии с богатой или бедной смесью.

Лямбда-зонд G39 LSU4.9 генерирует частоту, которая является результирующей величиной из потока сквозь катализатор и его состояния. Этой частотой в блоке управления двигателя задана амплитуда в направлении богатой и бедной смеси.

Если в предкатализаторе избыток кислорода (бедная смесь), то лямбда-зонд G130 посылает в блок управления двигателя сигнал скачкообразного изменения напряжения.

На основании этого сигнала производится обогащение смеси до тех пор, пока из катализатора не будет „удалён“ кислород. Лямбда-зонд G130 снова отвечает на изменение этого состояния скачком напряжения (в сторону богатой смеси).

На основании этого сигнала блок управления снова производит обеднение смеси. При поступлении скачкообразного сигнала изменения напряжения снова производится обогащение.

Частота, а вместе с нею и время, в течение которого производится обогащение или обеднение смеси, является величиной переменной. Она зависит от мгновенного потока газов (нагрузка на двигатель). Но старение катализатора (уменьшение степени восстановления) уменьшает частоту.

Большая часть ОГ преобразуется уже в предкатализаторе. Оставшаяся часть ОГ преобразуется в безвредные газы в катализаторе, установленном под днищем автомобиля.

Лямбда-зонд 3 после катализатора G287 (LSF4.2 после катализатора, установленного под днищем автомобиля) работает как при стандартном линейном лямбда-регулировании.

Его задачей является управление точным регулированием лямбда-зонда G39. Для этого в блоке управления двигателя производится корректировка характеристической кривой с помощью дифференциального регулирования. Дополнительно зонд выполняет функции контроля за катализаторами.

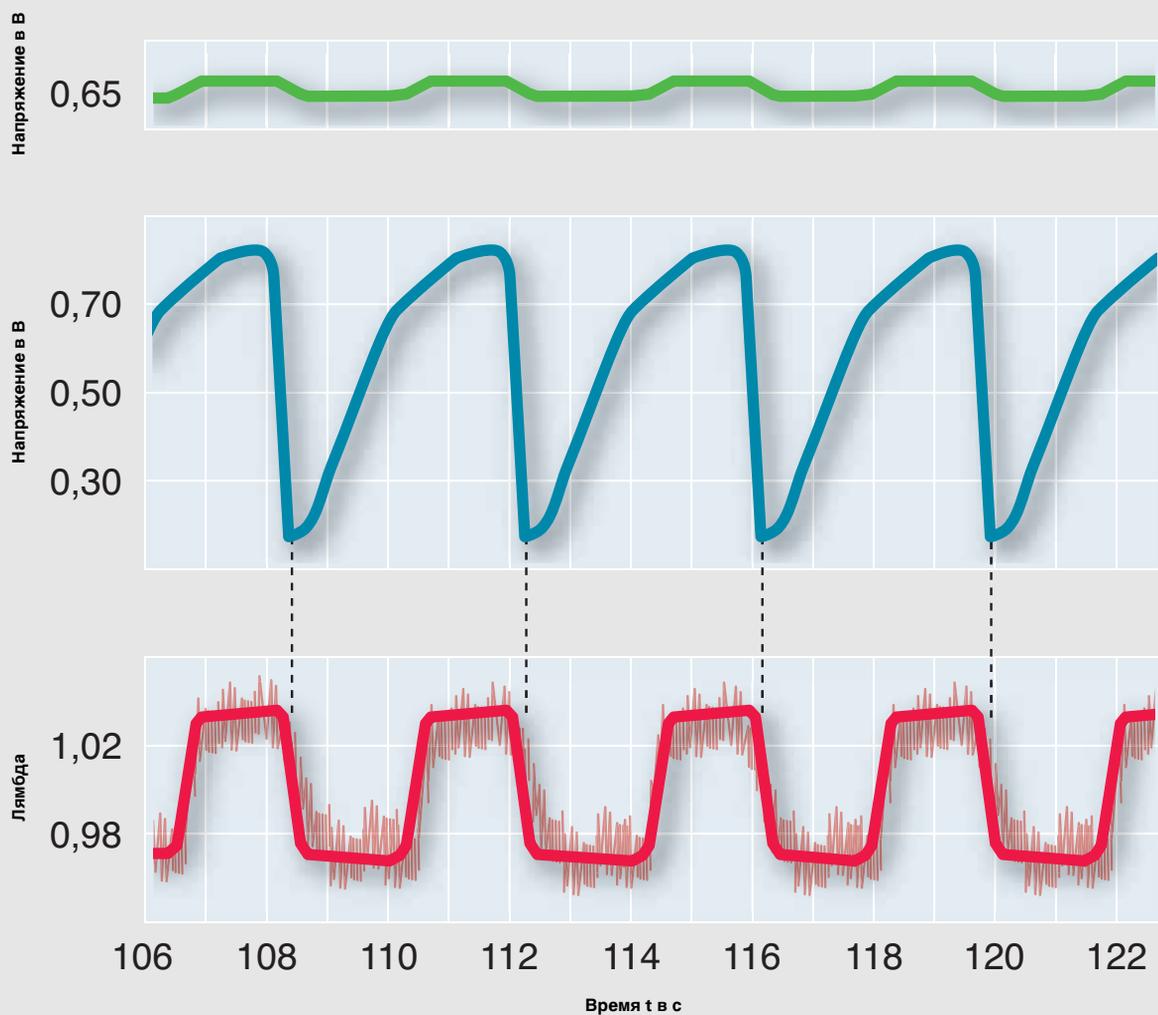
Объёмный поток насоса невозможно измерить средствами сервисного цеха, но в блоке управления двигателя он пересчитывается в значение лямбда, которое можно считать в соответствующем блоке измеряемых величин.

### Ссылка

Базовые знания о работе лямбда-зондов и лямбда-регулировании изложены в программе самообучения 231 “Европейская бортовая диагностика для бензиновых двигателей”.



График сигналов лямбда-зондов



- Лямбда-зонд после катализатора G287
- Лямбда-зонд после предкатализатора G130
- Лямбда-зонд перед предкатализатором G39

## Автоматическое управление пуском двигателя в Audi A3

Для выполнения норм по токсичности ОГ SULEV с уверенным запасом в Audi A3 применяется автоматическое управление пуском двигателя.

Для применения этой системы имеется следующая причина. Клиент не должен ощущать потери комфорта, так как процесс запуска длится лишь на одну десятую секунды дольше.

В основе небольшой задержки процесса пуска лежит следующая причина.

Блок управления двигателя разрешает впрыск топлива в камеру сгорания лишь тогда, когда измерение давления в топливной рампе (Rail) при запуске даст результат в 60 бар. Такое давление необходимо для поддержания эмиссии несгоревших углеводородов на минимально возможном уровне. Весь процесс пуска выполняется автоматически после кратковременного поворота ключа до упора в позицию включения стартера.

### Условия процесса пуска

Сигналы управления подаются на стартер лишь в том случае, если трансмиссия надёжно разомкнута. Для автомобилей с механической коробкой передач с ручным управлением это означает, что педаль сцепления должна быть полностью нажата.

В автомобилях с АКП рычаг селектора должен находиться в положении „Р“ или „N“ и дополнительно должна быть кратковременно нажата педаль тормоза.

Если тем не менее двигатель не запускается, то нужно проверить наличие соответствующего разрешения на запуск от датчика перемещения в рабочем цилиндре сцепления или от блока управления коробки передач.

В автомобилях с механической КП с ручным управлением возможна ситуация, когда полному ходу педали сцепления мешает, например, сместившийся коврик напольного покрытия.

### Процесс пуска

Для подачи сигналов управления на стартер блок управления двигателя замыкает на массу оба сигнальных провода (1) и (2). После завершения подачи сигналов управления один из двух проводов для диагностических целей остаётся замкнутым на массу ещё около 3 секунд. При этом после каждого пуска производится диагностика соответственно другого провода.

После завершения диагностики отключения оба провода постоянно диагностируются подачей импульсов длительностью несколько миллисекунд. При этом создаётся некий средний порог напряжения примерно от 3 до 8 Вольт.

Если замыкается на массу провод (1), то на проводе (3) имеется напряжение АКБ, которое переключает реле электропитания клеммы 50 J682.

Точно также в диагностических целях фактическое состояние переключения силового выхода J682 передаётся по проводу (4) обратно в блок управления двигателя и блок управления бортовой сети. Поскольку стартер обладает высокой индуктивностью, то после размыкания контактов реле электропитания проходит до 3 секунд, пока на диагностическом проводе (4) вновь не установится порог минусового напряжения питания.

### Последствия при выходе из строя

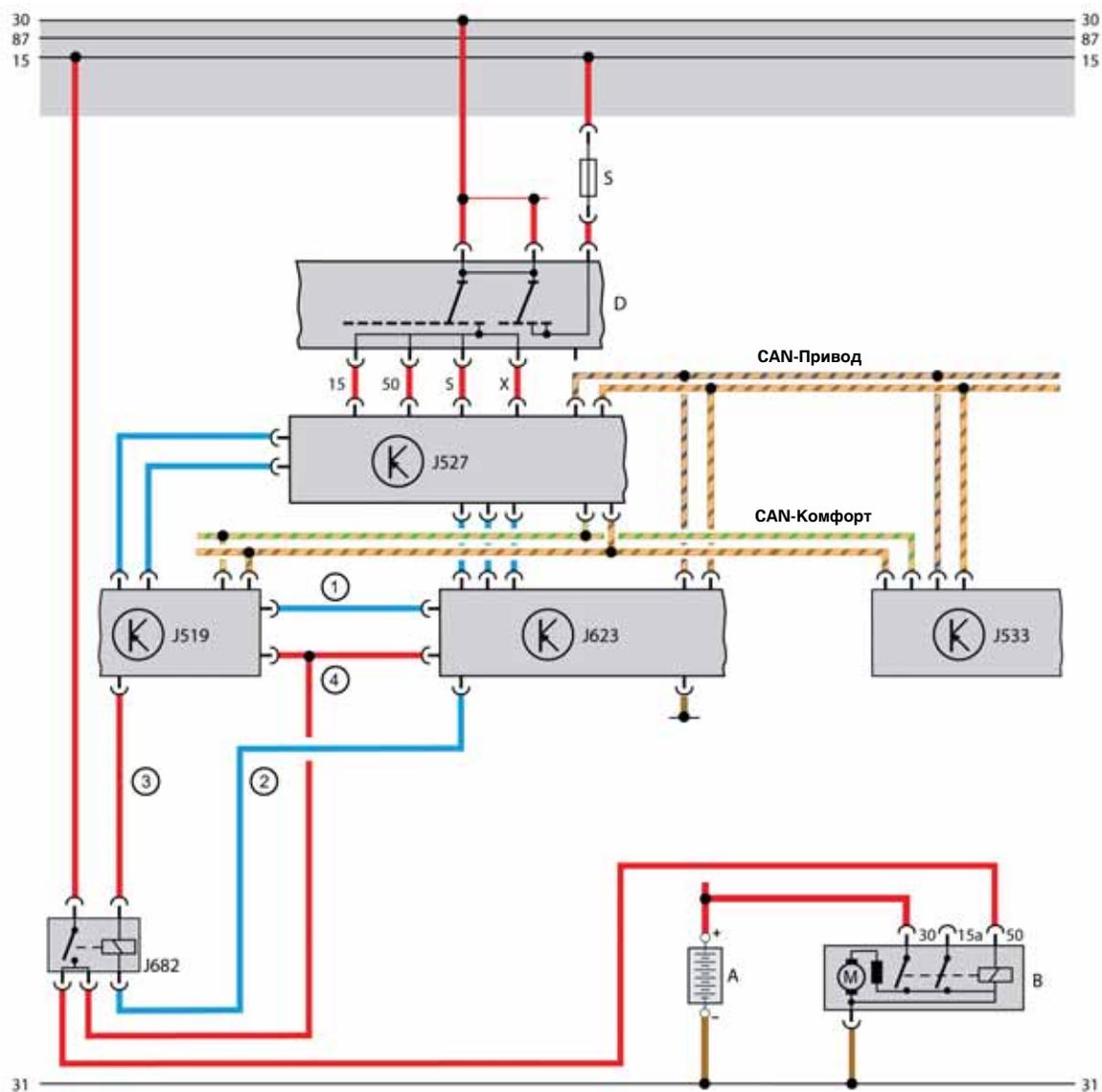
При появлении в памяти неисправностей записи, связанной с системой пуска, в качестве альтернативного способа выполняется ручной запуск, то есть стартер вращается в течение времени удержания ключа зажигания в позиции запуска.

#### Ссылка

Дополнительная информация о топливной системе изложена в программе самообучения 384 „Двигатель Audi 1,8 л 4 кл/цил. TFSI с цепью в приводе ГРМ“.



## Функциональная схема



436\_071

### Легенда:

A АКБ

B стартер

D включатель стартера/зажигания

J519 блок управления бортовой сети

J527 блок управления рулевой колонки

J533 диагностический интерфейс шин данных

J623 блок управления двигателя

J682 реле электропитания, клемма 50

S предохранитель

① Сигнал разрешения пуска: подключается к массе блока управления двигателя при требовании пуска

② масса, подключённая блоком управления двигателя

③ подключённая клемма 30

④ провод для диагностики

# Двигатель 2,0 л TFSI для норм SULEV

## Режимы работы

После пуска холодного двигателя используются различные режимы работы и стратегии впрыска топлива:

- запуск двигателя в режиме послойного смесеобразования;
- режим гомогенного раздельного впрыска для прогрева катализатора в сочетании с подачей вторичного воздуха;
- сдвоенный впрыск в режиме прогрева двигателя.



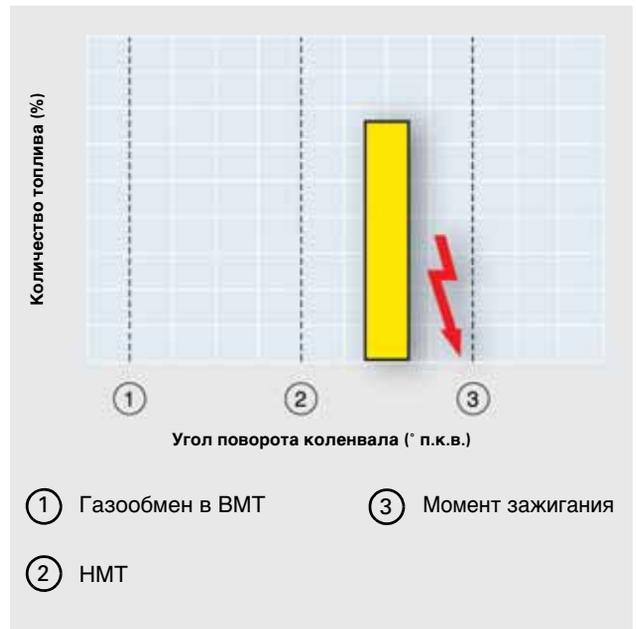
436\_069

## Запуск двигателя в режиме послойного смесеобразования

Впрыск стартовой порции топлива на 100% производится в фазе сжатия при  $60^\circ$  по углу поворота коленчатого вала до момента зажигания. Блок управления двигателем даёт разрешение на впрыск лишь начиная с давления 60 бар (абсолютного) в топливной рампе. Благодаря этому уменьшается диаметр капель топлива.

Давление и температура в цилиндре к этому моменту уже заметно повышены, что приводит к лучшему испарению впрыснутого топлива. Это приводит к существенному снижению оседания впрыснутого топлива в камере сгорания. Следствием этого является образование на стенках цилиндра топливной плёнки минимальной толщины, что необходимо для достижения самой малой эмиссии несгоревших углеводородов.

В зоне вокруг свечи зажигания образуется более богатая смесь. Благодаря этому возникают условия для более стабильного воспламенения.



## Нагрев катализатора с помощью сдвоенного впрыска и подачи вторичного воздуха

Для достижения устойчивой частоты вращения на холостом ходу была выбрана специальная параметрическая характеристика. В ней были адаптированы следующие параметры, влияющие на ОГ:

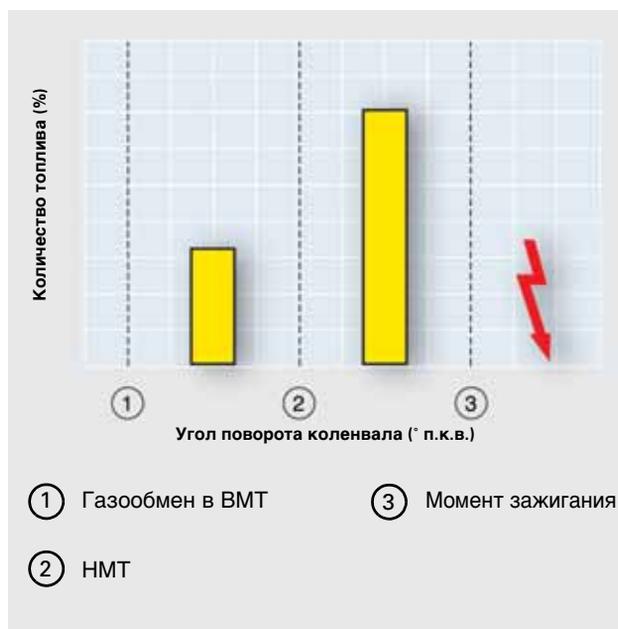
- давление в рампе;
- момент впрыска первой порции топлива в фазе всасывания;
- момент впрыска второй порции топлива в фазе сжатия;
- распределение топливного заряда между первой и второй порциями топлива (ок. 70% в первой порции);
- смещение фаз распределительного вала впускных клапанов;
- положение заслонок впускного коллектора (открыты/закрыты);
- смещение момента зажигания в положение „поздно“ (до 21° после ВМТ);
- соотношение топливо/воздух в камере сгорания.

Благодаря использованию системы подачи вторичного воздуха удалось добиться повышения температуры ОГ при одновременном снижении эмиссии углеводородов.

## Сдвоенный впрыск в режиме прогрева двигателя

После фазы разогрева катализаторов начинается прогрев двигателя. Здесь реализуется сдвоенный впрыск на каждый рабочий цикл. Основная часть порции топлива (ок. 80%) впрыскивается синхронно с фазой всасывания. Остаток (ок. 20%) добавляется в фазе сжатия.

Сдвоенный впрыск в фазе прогрева двигателя производится в зоне параметрической характеристики с частотами вращения менее 3000 об/мин. При этом для увеличения интенсивности потока заслонки впускного коллектора закрыты.



Преимущества такого режима работы заключаются в том, что из-за малой глубины проникновения второй порции топлива в камеру сгорания при ещё не полностью прогревом двигателя существенно уменьшается толщина топливной плёнки на стенках цилиндра.

Выброс несгоревших углеводородов уменьшается. Попадание топлива в моторное масло снижается до минимума.

# Двигатель 2,0 л TFSI для норм SULEV

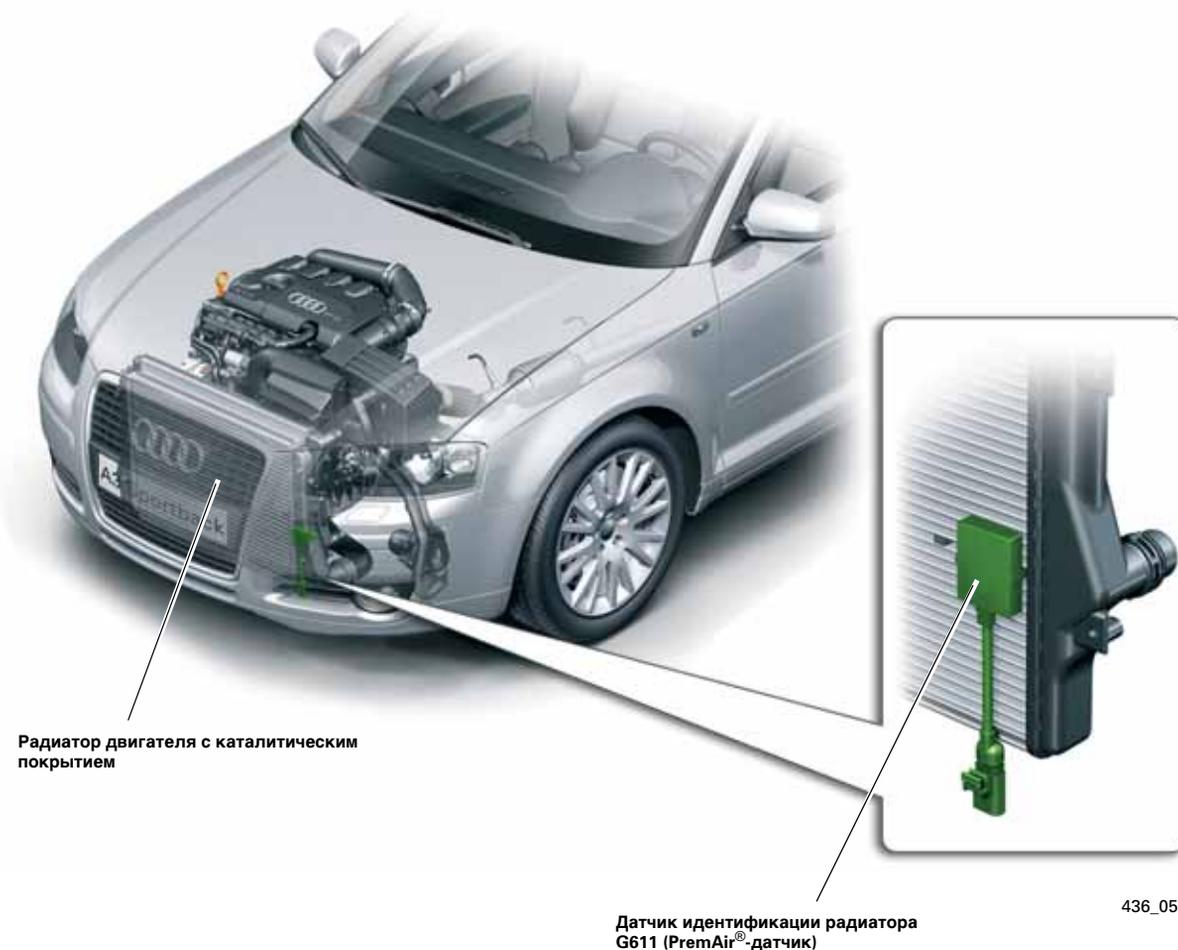
## Соблюдение предельных значений (PremAir®)

При оценке степени причинения транспортным средством ущерба окружающей среде власти США выдают так называемые „кредиты“ за технические меры, ведущие к улучшению качества атмосферного воздуха.

Эти „бонусные пункты“ можно заново „пересчитать“. Зачисленные кредиты компенсируют, например, усреднённые эмиссии для моделей данного производителя.

Поэтому в Audi A3 устанавливается радиатор со специальным каталитическим покрытием. Эта технология PremAir®\* вносит свой вклад в улучшение качества атмосферного воздуха. За это калифорнийские власти обеспечивают повышение предельного значения NMOG\*.

### Детали и узлы

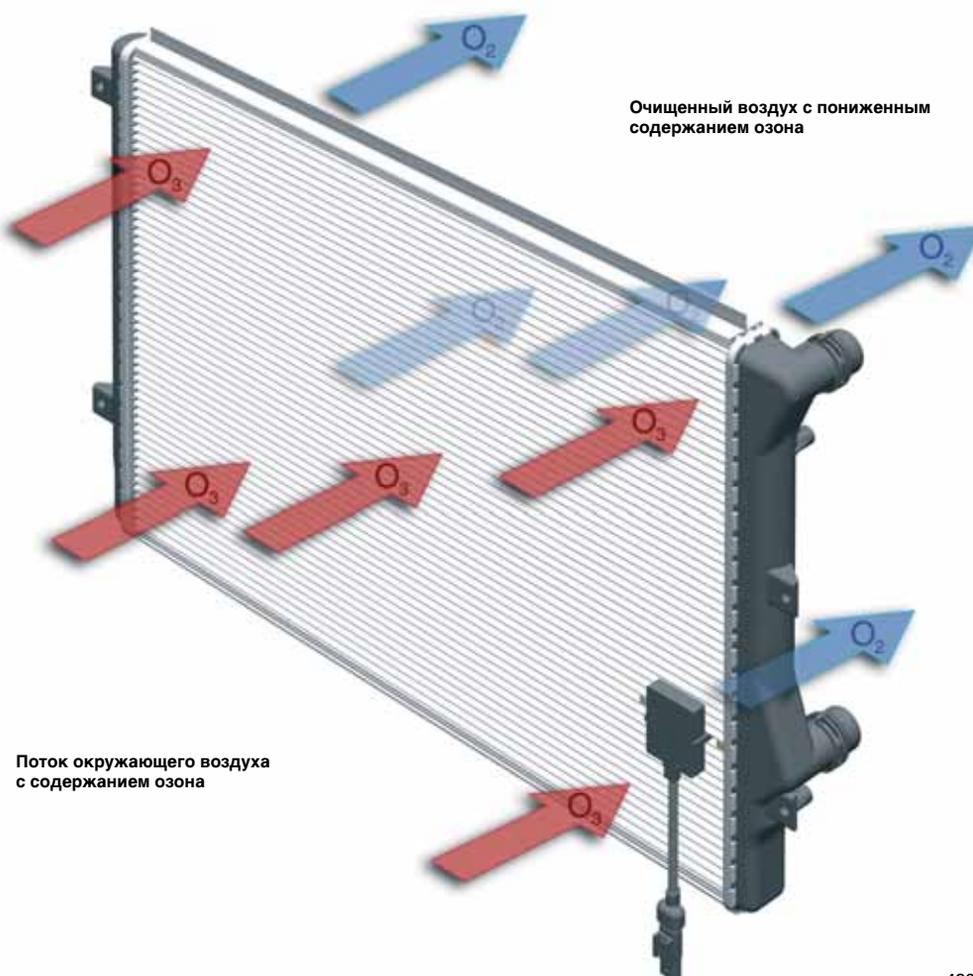


436\_056

## Принцип действия

Вся поверхность радиатора двигателя покрыта каталитическим слоем. При прохождении потока воздуха через этот радиатор со специальным покрытием содержащийся в воздухе озон\* преобразуется в кислород (химическое обозначение  $O_2$ ). Озон (химическое обозначение  $O_3$ ) является опасным для здоровья газом. А так как расход воздуха через радиатор автомобиля может составлять до двух килограммов в секунду, то автомобиль с радиатором PremAir® вносит существенный вклад в снижение приземного содержания озона. Данная технология особенно действенна при сильном солнечном излучении и высоком содержании в воздухе вредных веществ.

Такие технические решения применяются, например, в самолётостроении. Там они препятствуют попаданию содержащегося в стратосфере озона в салон самолёта через систему кондиционирования. Кроме того, такая технология находит своё применение в принтерах и копировальных аппаратах. Чтобы можно было использовать „кредиты“ при расчётах, соответствующие власти ARB (Air Resources Board) требуют, чтобы как фактическое наличие, так и безупречное функционирование радиаторов с технологией PremAir® в автомобиле было надёжно гарантировано в любой момент времени. Поэтому наличие специального радиатора распознаётся датчиком идентификации радиатора G611.



436\_062

# Двигатель 2,0 л TFSI для норм SULEV

## Датчик идентификации радиатора G611

### Требования

Датчик идентификации радиатора G611 должен предотвращать

- снятие радиатора PremAir® и замену его другим радиатором без технологии PremAir®,
- снятие датчика идентификации радиатора G611 и воспроизведение его электронными или программными средствами,
- вырезание датчика идентификации радиатора G611 на большой площади и установку его вне радиатора.

Требования к датчику идентификации радиатора G611 реализованы следующим образом.

Для проверки наличия датчика предварительно определённые идентификационные характеристики (IDs) запоминаются в блоке управления двигателя и в датчике идентификации радиатора G611 и производится обмен ими.

Коммуникация производится по шине LIN с использованием принципа Master-Slave. То есть блок управления двигателя опрашивает датчик идентификации радиатора G611. Отправка IDs в зашифрованном виде производится один раз после пуска двигателя. Если коды не совпадают, например, из-за предпринятого вмешательства в систему, то следует сообщение о неисправности.

### Интегрированный датчик температуры

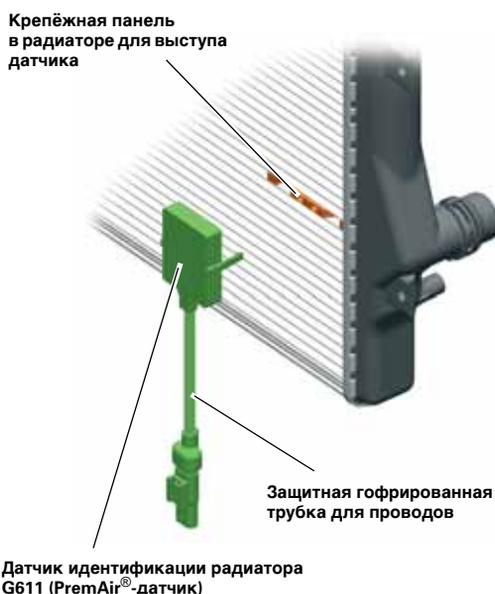
Датчик температуры (NTC\*, термосопротивление) измеряет температуру в месте своей установки. В блоке управления двигателя эта температура сравнивается с температурой, измеренной отдельным датчиком температуры ОЖ G62.

Измеренные температуры передаются в блок управления двигателя по шине LIN. Здесь значения сравниваются с параметрической характеристикой и анализируются.

Датчик температуры расположен в формованном выступе на корпусе датчиков. Этот корпус во время монтажа приклеивается непосредственно на крепёжную колодку в радиаторе.

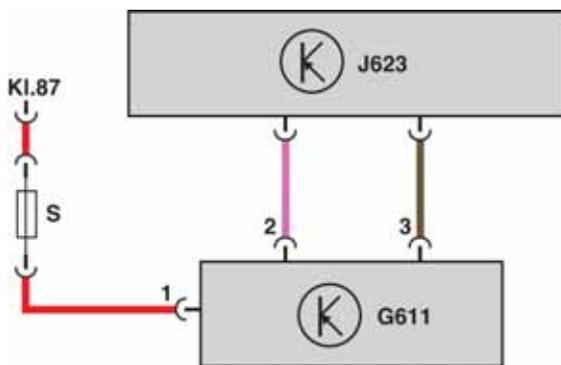
Датчик температуры заливается полиамидной смолой и после завершения монтажа становится несъёмным. При попытке снятия выступ датчика выламывается из корпуса, и датчик механически и электрически разрушается.

Это гарантирует, что в течение длительного времени любая манипуляция будет выявлена. В случае злоупотребления включается контрольная лампа ОГ K83 (MIL). После этого радиатор и датчик идентификации радиатора G611 подлежат замене.



436\_063

### Схема



436\_064

### Легенда:

- |           |  |
|-----------|--|
| G611      | датчик идентификации радиатора                     |
| J623      | блок управления двигателя                          |
| Клемма 87 | подача напряжения питания 12 Вольт на главное реле |
| S         | Предохранитель                                     |

- плюс
- масса
- шина LIN
- 1, 2, 3 контакты на блоке управления

## Диагностика датчика температуры

Диагностика производится только в блоке управления двигателя. Во избежание вмешательств провести проверку с помощью диагностического комплекса VAS невозможно. Кроме того, сигнал температуры передаётся не как сигнал напряжения, а как сообщение шины LIN.

Чтобы блок управления мог провести диагностику датчика температуры, должны быть выполнены несколько разрешительных условий. Затем в нескольких измерительных окнах проверяются значения.

### Разрешительные условия диагностики

- Температура двигателя > 97,5° С, при этом термостат открыт.
- Выдержка времени в 360 секунд после того как двигатель достиг температуры > 97,5° С, чтобы радиатор полностью продувался воздухом.

### Измерительное окно активно, если

- холостой ход > 25 секунд,
- затем ускорение длительностью 8 секунд с полной или частичной нагрузкой,
- затем измерительное окно активно в течение 10 секунд, чтобы зафиксировать температурные кривые (градиенты).

### Для принятия решения об исправности системы нужно три измерительных окна.

Дополнительные условия для проведения диагностики:

- блокировка диагностики на 45 секунд, если вентилятор радиатора ВКЛ/ВЫКЛ или ВЫКЛ/ВКЛ,
- температура окружающей среды > 9° С.

Считыванием одной измеряемой величины проверить датчик температуры нельзя. Если блок управления двигателя обнаружил неисправность, то возможны следующие записи в память неисправностей:

- P2568 недостоверный сигнал;
- P2569 короткое замыкание на массу;
- P2570 короткое замыкание на „плюс“ АКБ/обрыв провода;
- U102E сообщение шины LIN некорректно (недостоверный сигнал);
- U102F превышение времени ожидания (отсутствие связи);
- U1030 шина LIN не активна.



436\_069



436\_072

### Указание



Описанная стратегия диагностики в ходе дальнейшего развития была заменена на новую, начиная с 2011 модельного года.

## Специальные инструменты

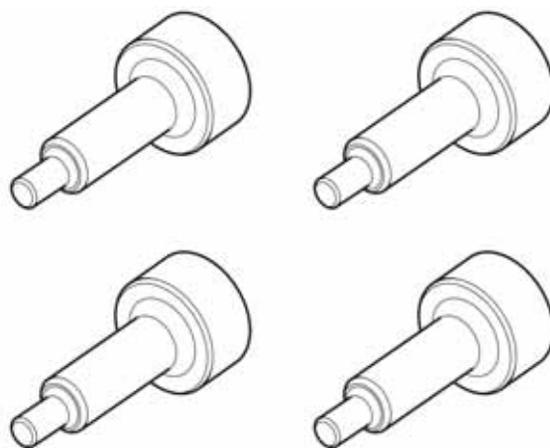


Здесь изображены специальные инструменты для 4-цилиндровых двигателей TFSI.



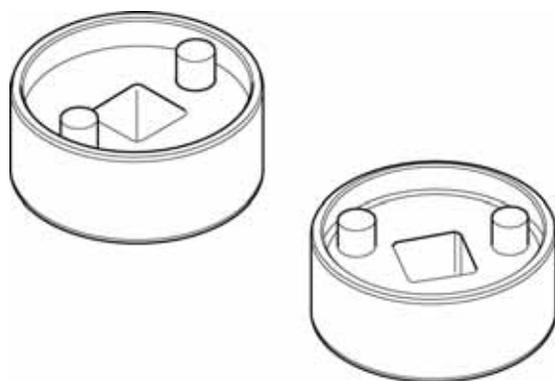
436\_073

T40191/1 (узкая) и T40191/2 (широкая) вставки  
Фиксация ползунков AVS на распределительном валу  
(группа оборудования: A1)



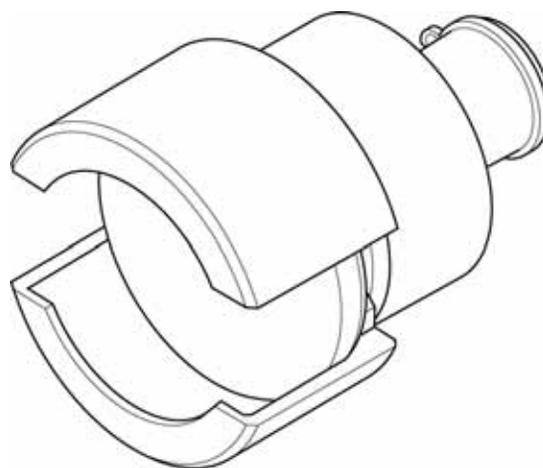
436\_074

T40196 адаптер  
Перемещение ползунков AVS на распределительном валу  
(группа оборудования: A1)



436\_091

T10352 Монтажный инструмент  
Демонтаж и монтаж клапана регулировки фаз  
распределительного вала.  
У инструмента с обозначением „/1“ смещена распорная шпилька.  
Используется начиная с определенных моделей двигателей  
(группа оборудования: A1)



436\_092

T10394 Съёмник  
Демонтаж балансирного вала в комбинации со специальным  
инструментом T10133/3  
(группа оборудования: A1)

## Глоссарий

Значения понятий, приведённых в этой программе самообучения и выделенных курсивом и отмеченных символом „звёздочка“, разъясняются здесь.

### Blow-by-газы

Также называются утечками газа. При работе двигателя они прорываются из камеры сгорания в картер двигателя сквозь уплотнения поршня.

Причинами этого являются высокие давления в камере сгорания и абсолютно нормальные неплотности поршневых колец. Blow-by-газы отсасываются из картера двигателя через систему вентиляции картера и подаются на дожигание.

### LSF

Сокращение обозначает „лямбда-зонд с твёрдым электролитом“ или „плоский лямбда-зонд“. Речь идёт о планарном двухточечном лямбда-зонде, который из-за его скачкообразной кривой выходного напряжения также называют ступенчатым зондом.

### LSU

Сокращение обозначает „лямбда-зонд универсальный“. При этом речь идёт о широкополосном линейном лямбда-зонде. Такой лямбда-зонд устанавливается перед катализатором, его характеристика не имеет скачка напряжения.

### NMOG

Сокращение обозначает „Non Methan Organic Gases“ (неметаносодержащие органические газы) и включает в себя эмиссии всех углеводородов, за исключением метана.

### NTC

Сокращение обозначает „отрицательный температурный коэффициент“. Его сопротивление увеличивается с ростом температуры. Такие резисторы часто используются для измерения температуры.

### PCV

Сокращение обозначает „positive crankcase ventilation“, то есть подача свежего воздуха в картер двигателя.

При наличии этой системы к картерным газам (Blow-by-газам) в полости картера подмешивается свежий воздух. Содержащиеся в Blow-by-газах пары топлива и воды улавливаются свежим воздухом и отводятся через систему вентиляции картера.

### PremAir®

Это торговый знак Engelhard Corporation. Эта технология запатентована производителем автомобилей Volvo. Volvo стал первым автопроизводителем в мировом масштабе, который занялся проблемой приземного озона и по этой причине в 1999 году ввёл технологию PremAir®.

### Время Light-off

Время, рассчитанное от пуска двигателя и до момента, когда степень преобразования катализатора составляет минимум 50%. Оно имеет большое значение для будущих, а также для американских норм токсичности ОГ, поскольку они требуют соответственно пониженного выброса вредных веществ при непрогретом двигателе.

### Заслонка Wastegate

Для регулировки давления наддува турбоагрегата в потоке ОГ устанавливается заслонка перепускного клапана (Wastegate). Если давление наддува слишком велико, то заслонка перепускного клапана открывается. ОГ, минуя турбину, отводятся непосредственно в выпускную систему, что предотвращает дальнейший рост оборотов турбины.

### Озон

Озон — это токсичный газ, который у многих людей вызывает затруднения дыхания и является причиной ущерба для растительности, лесов, зерновых культур и для зданий.

## Проверка знаний

Выберите правильный ответ. Иногда правилен лишь один ответ, а иногда — более одного или все!

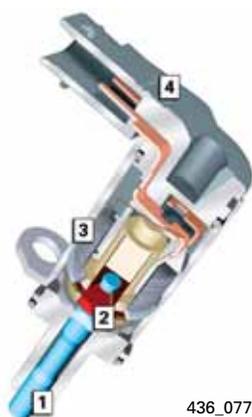
### 1. Какой двигатель стал первым в модельном ряду, описанном в этой программе самообучения?

- А двигатель 1,8 л MPI (буквенное обозначение двигателя AJQ)
- Б двигатель 1,8 л TFSI (буквенное обозначение двигателя CABA)
- В двигатель 1,8 л TFSI (буквенное обозначение двигателя BYT)

### 2. Какую задачу выполняет система PremAir®?

- А Обеззараживание приточного воздуха для салона.
- Б Особо эффективная очистка воздуха для двигателя.
- В Преобразование вредного озона окружающего воздуха в кислород при его продувке через радиатор двигателя.

### 3. Назовите детали исполнительного элемента AVS!



- 1 .....
- 2 .....
- 3 .....
- 4 .....

### 4. Какое из высказываний относится к изображённому на этом рисунке регулируемому масляному насосу?

- А Аксиальное смещение механизма смещения достигло своего максимума.
- Б Подаётся максимальный объём масла.
- В Подаётся малый объём масла.



### 5. Какую задачу выполняет датчик пониженного давления масла F378?

- А Он измеряет минимальное имеющееся в системе давление.
- Б Он контролирует работу датчика давления масла F22.
- В В двигателе с регулируемым масляным насосом он проверяет, имеется ли в системе давление масла.

- 1. В;
- 2. В;
- 3. 1 = металлический штифт, 2 = постоянный магнит, 3 = катушка магнита, 4 = электрический контакт;
- 4. А, В;
- 5. В.

Решения:

Разработанный Audi 4-цилиндровый двигатель TFSI с цепным приводом ГРМ представляет собой агрегат, который применяется во многих автомобилях концерна.

По причине постоянно ужесточающихся норм токсичности ОГ дальнейшее совершенствование этого агрегата стало настоящей необходимостью. При этом на двигателе, предназначенном для рынка США, удалось с запасом уложиться даже в самые строгие в мире нормы токсичности ОГ в Калифорнии. Это было достигнуто путём большого числа улучшений, а также использованием новых технологий.

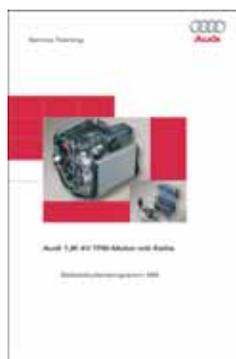
При этом главной задачей совершенствования было снижение потерь на внутреннее трение в двигателе. С помощью многочисленных мер базовый двигатель был оптимизирован по трению. К этому можно добавить и установку регулируемого масляного насоса новой конструкции.

Диапазон мощности двигателя лежит между 88 и 155 кВт. Горизонтальная „полка“ крутящего момента двигателя FSI объёмом 2,0 л в 350 Нм обеспечивает спортивные характеристики при малом расходе топлива. Это достигается в том числе и установкой Audi valvelift systems.

Конструктивное исполнение двигателя под топливо с октановым числом 95 гарантирует небольшие эксплуатационные затраты. Но дальнейшее совершенствование агрегата ещё не завершено. На будущее запланирована модификация 3 и использование топлива E85.

## Программы самообучения

В этой программе самообучения обобщена вся важная информация о двигателях TFSI объёмом 1,8 и 2,0 л. Дополнительная информация об упомянутых системах содержится в следующих программах самообучения.



436\_057



436\_058



436\_059



436\_090

Программа самообучения 231 „Европейская бортовая диагностика для бензиновых двигателей“

Программа самообучения 384 „Двигатель Audi 1,8 л 4 кл/цил. TFSI с цепью в приводе ГРМ“

Программа самообучения 401 „Двигатель TFSI, объёмом 1,8 л, мощностью 118 кВт с цепью в приводе ГРМ“

Программа самообучения 411 „Двигатели Audi FSI, объёмом 2,8 и 3,2 л с Audi valvelift system“

Все права защищены,  
включая право на  
технические изменения.

Copyright  
AUDI AG  
I/VK-35  
Service.training@audi.de  
факс +49-841/89-36367

AUDI AG  
D-85045 Ingolstadt  
по состоянию на 10/08

© Перевод и вёрстка ООО „ФОЛЬКСВАГЕН Груп Рус“  
A08.5S00.52.75