



## Пособие по программе самообразования 336

# Сажевый фильтр с каталитическим покрытием

Устройство и принцип действия



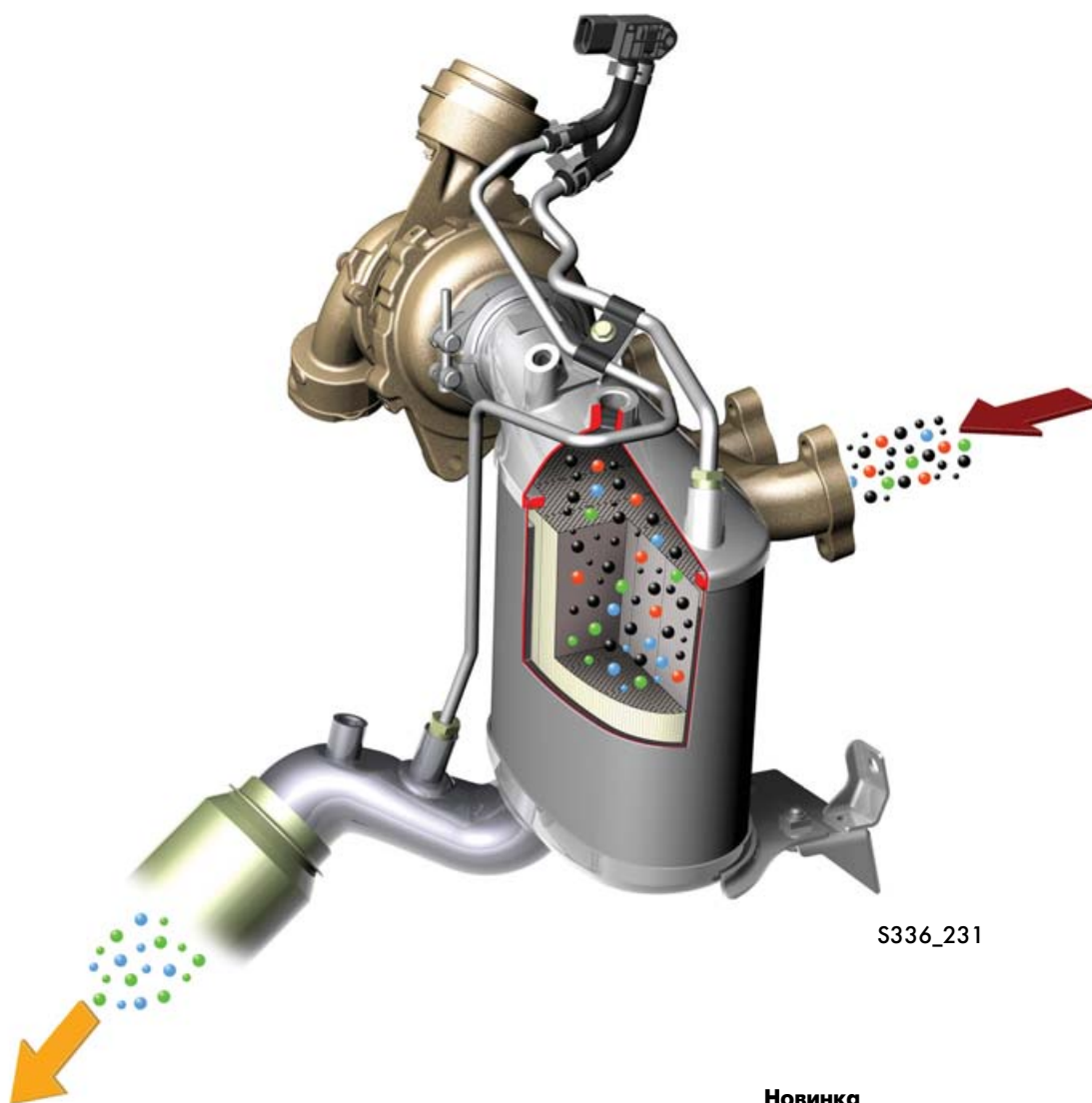
Снижение выброса сажевых частиц является сегодня одной из сложнейших задач в области очистки отработавших газов (ОГ) дизелей.

Помимо мероприятий, направленных на снижение образования сажи при сгорании топлива непосредственно в двигателе, особое внимание уделяется фильтрации газов на выпуске из него.

Одним из эффективных способов очистки газов от сажевых частиц является их задержание посредством специальных фильтров.

Наибольшее распространение нашли системы, состоящие из нейтрализатора окислительного типа и сажевого фильтра. Концерном Volkswagen разработан сажевый фильтр с каталитическим покрытием, который в одном корпусе объединяет фильтр с нейтрализатором. Помимо этого он позволяет практически непрерывно выжигать задержанную сажу без введения специальных добавок в топливо.

Последнее свойство достигнуто как применением особой конструкции фильтра, так и в результате его максимального приближения к двигателю.



S336\_231

**Новинка**



**Внимание  
Указание**



**В пособиях по программе самообразования описываются вновь разработанные конструкции агрегатов автомобиля и разъясняются принципы их действия!  
Содержание пособий не обновляется.**

Текущие указания по проверке, регулировке и ремонту содержатся в предназначенной для этого литературе по техническому обслуживанию и ремонту автомобиля.



<b>Введение . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>Устройство и принцип действия . . . . .</b>	<b>12</b>
<b>Схема системы управления . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>Датчики и исполнительные устройства . . . . .</b>	<b>24</b>
<b>Функциональная схема . . . . .</b>	<b>32</b>
<b>Ограничения действия системы регенерации . . . . .</b>	<b>33</b>
<b>Контрольные вопросы . . . . .</b>	<b>35</b>

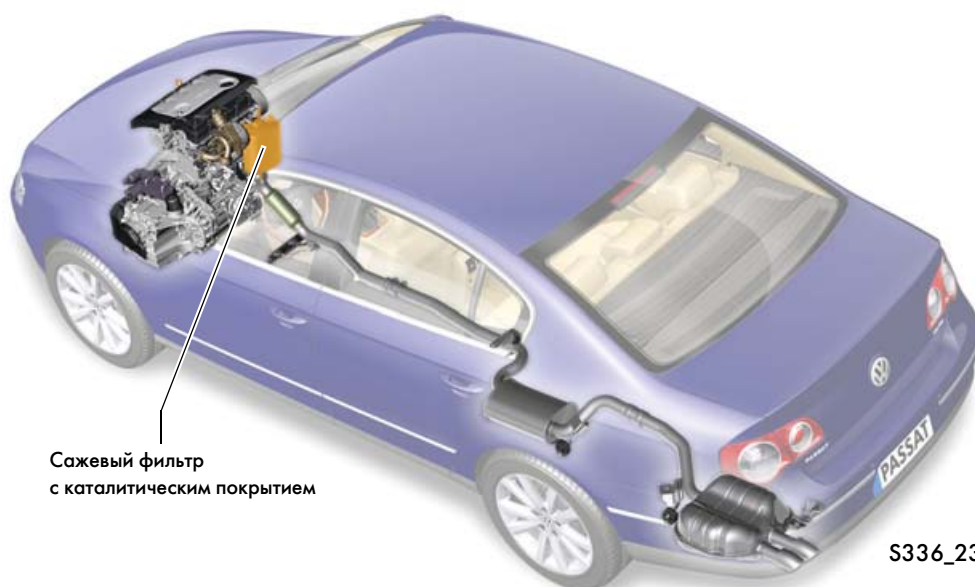




## Общие сведения

При сгорании дизельного топлива образуются вещества различного типа и вида. Работа непрогретого двигателя обычно сопровождается выбросами белого или сизого дыма, образуемого каплями несгоревших или частично окисленных углеводородов, и выбросами альдегидов, присутствие которых в ОГ легко распознается по их характерному запаху.

На выпуске дизеля присутствуют не только газообразные вещества, но и твердые образования, размеры которых соизмеримы с размерами частиц пыли. Эти образования, получившие общее название "частицы" (Partikel), считаются вредными для здоровья людей и загрязняющими среду обитания.



Концерн Volkswagen следует определенной стратегии в отношении выбросов вредных веществ с ОГ дизелей, которая направлена как на снижение выбросов сажевых частиц, так и других вредных компонентов, как углеводороды и оксиды азота. В течение многих лет концерн интенсивно проводит работы по оптимизации рабочих процессов дизеля с целью снижения образования сажи при сгорании топлива в нем. Большим достижением в этой области следует считать выпуск в 1999 году автомобиля Volkswagen Lupo 3L TDI, который был первым серийным автомобилем, выполняющим жесткие нормы Евро 4, в то время как их ввод в действие предусматривался только в 2005 году.

Проведенные концерном работы способствовали созданию малотоксичных дизелей, что свидетельствует о его ответственном отношении к защите среды обитания. В этой связи следует упомянуть разработку мощных, экономичных и малозумных дизелей типа TDI и систем впрыска с насос-форсунками. Концерн намерен также в дальнейшем уделять особое внимание работам по совершенствованию процессов сгорания с целью снизить расход топлива и уменьшить образование вредных веществ. Дополнительно к этому предполагается шаг за шагом оснащать автомобили сажевыми фильтрами.

## Состав ОГ дизеля

### Нормы выброса вредных веществ с ОГ

В течение последних лет в ФРГ, Европе и других странах мира были разработаны различные нормативы и законы, которые должны ограничить выброс вредных веществ в атмосферу. Известны европейские нормы Евро 1-4. Они предписывают предельное содержание вредных веществ в ОГ автомобилей новых моделей, представляемых автомобильными фирмами для типовых испытаний.

#### Евро 3

Нормы Евро 3 распространяются на новые автомобили, допущенные к эксплуатации с 2000 года.

Она отличается от норм Евро 2 более жесткими условиями испытаний автомобиля на роликовом стенде и сниженным предельным содержанием вредных веществ в ОГ.

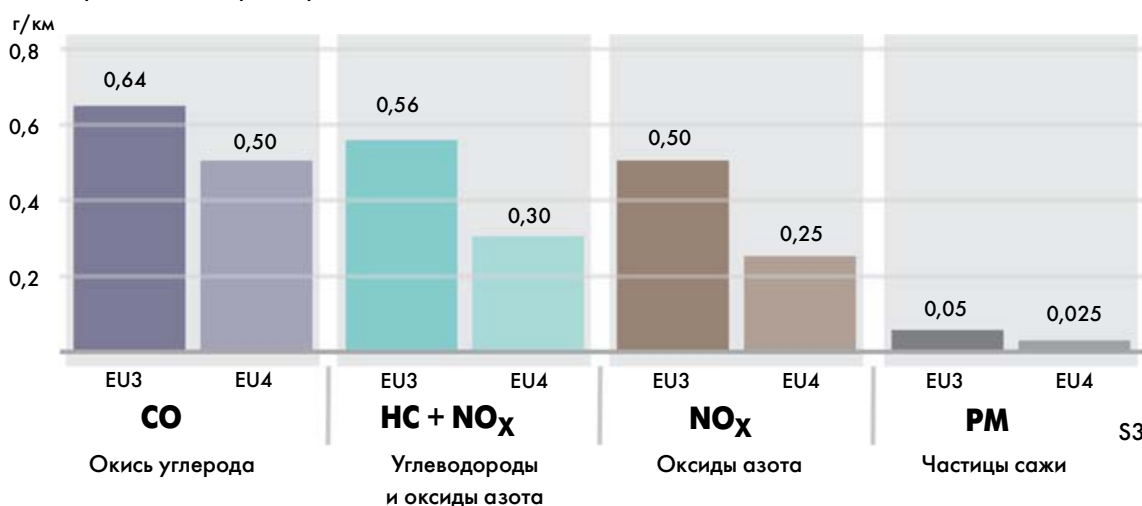
#### Евро 4

Нормы Евро 4 введены в действие с 2005 года вместо норм Евро 3. С их вводом произведено дальнейшее ужесточение значений предельных выбросов вредных веществ с ОГ.

Уже сегодня этим нормам соответствуют 65 процентов всех новых автомобилей Volkswagen с дизелями, допущенных к эксплуатации в Германии.



Предельные выбросы вредных веществ автомобилей с дизелями



#### Перспективные нормы

В будущем должны вступить в действие нормы Евро 5. Предельные значения выбросов для этого стандарта еще не определены, но они определенно будут ужесточены. В том числе должны быть снижены значения предельных выбросов частиц сажи легковыми автомобилями с дизелями. Поэтому в дальнейшем предполагается оснащать эти автомобили сажевыми фильтрами.



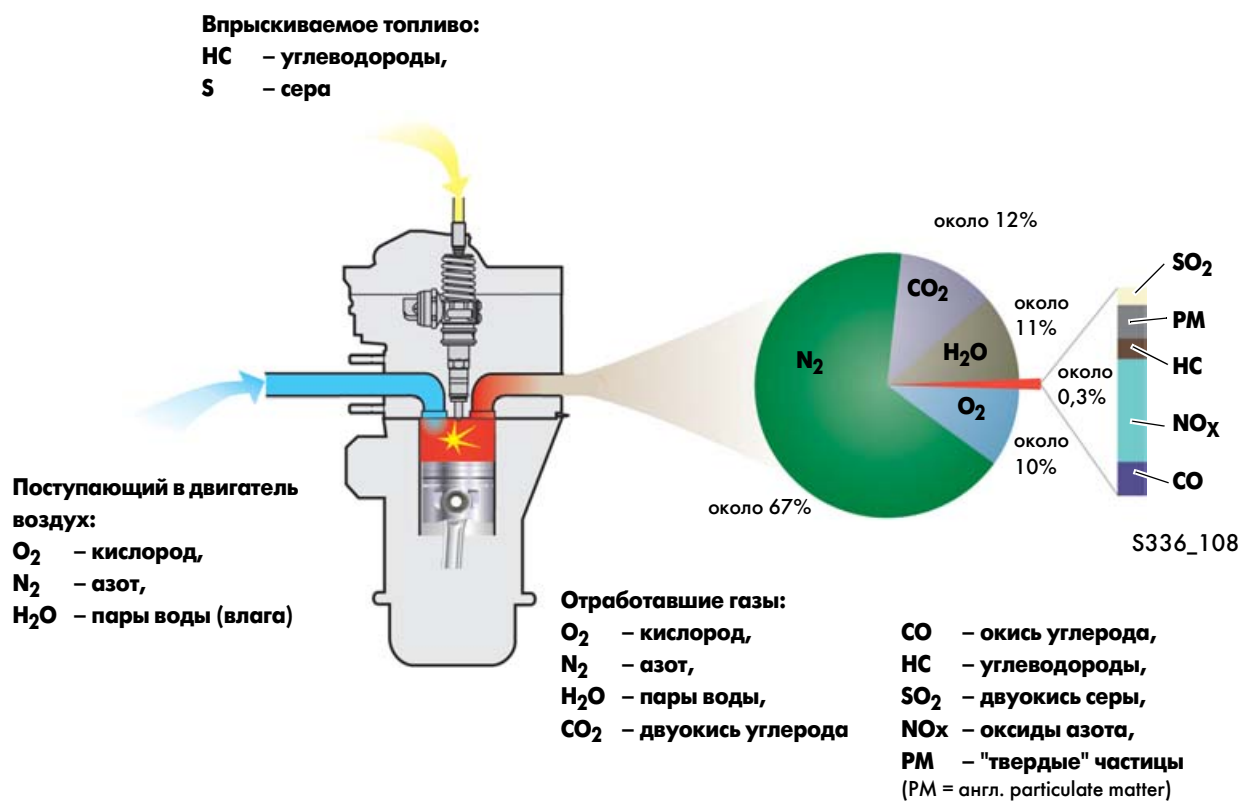
# Введение



## Образование вредных веществ в процессе сгорания топлива

Интенсивность образования вредных веществ и в особенности сажи в значительной степени зависит от параметров процесса сгорания топлива в цилиндрах дизеля. На протекание процесса сгорания влияют как конструктивные параметры двигателя, так и состав топлива и атмосферные условия.

На приведенном ниже рисунке приведены все исходные компоненты топливоздушной смеси и получаемые в результате ее сгорания компоненты отработавших газов дизеля.



Отдельные компоненты отработавших газов дизеля оказывают различное действие на окружающую среду и здоровье человека.

Совершенно безвредными являются только кислород, азот и вода, которые входят в состав атмосферного воздуха.

Естественным компонентом атмосферного воздуха является двуокись углерода (углекислый газ), однако ее концентрация в воздухе близка к предельным значениям. Углекислый газ не ядовит, но повышение его количества в атмосфере может привести к тепличному эффекту. К вредным для здоровья человека веществам относятся оксид углерода, углеводороды, двуокись серы, оксиды азота и частицы сажи.

## Вредные компоненты отработавших газов



**CO**  
Оксид углерода



S336\_014

Оксид углерода (CO) или угарный газ возникает при неполном сгорании содержащего углерод топлива из-за недостатка кислорода. Это бесцветный газ, не имеющий запаха и вкуса.

**HC**  
Углеводороды



S336\_016

Под понятием "углеводороды" подразумеваются многочисленные соединения различного типа (например,  $C_6H_6$  или  $C_8H_{18}$ ), которые образуются при неполном сгорании топлива.

**SO<sub>2</sub>**  
Диоксид серы



S336\_018

Диоксид серы образуется при сгорании содержащего серу топлива. Это бесцветный газ с резким запахом. В настоящее время стремятся снизить содержание серы в топливе.

**NO<sub>x</sub>**  
Оксиды азота



S336\_020

Оксиды азота (например, NO, NO<sub>2</sub>, . . .) образуются при сгорании топлива в двигателе в условиях высоких давлений и температур, а также избытка кислорода.

**Частицы сажи**



S336\_022

Сажа образуется в результате неполного сгорания топлива при местном недостатке кислорода.

# Введение



## Частицы

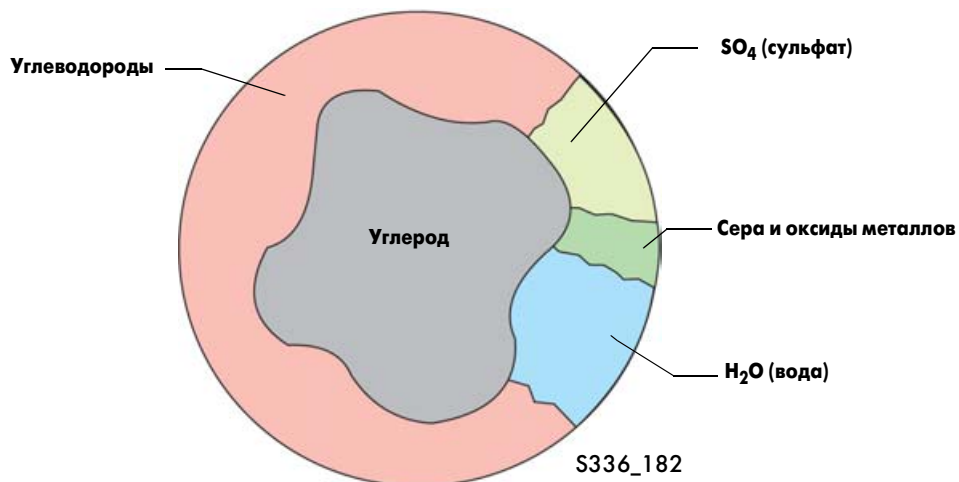
Под понятие "частицы" подпадают твердые или жидкие образования, имеющие небольшие размеры. Они могут образовываться в результате износа деталей, измельчения и эрозии материалов, а также конденсации жидкостей. В частности они образуются при неполном сгорании топлива и масла. В названных выше случаях образуются частицы различной формы, величины и структуры.

Частицы относят к вредным веществам, так как ввиду малых размеров они перемещаются вместе с газами и при попадании в организм человека могут нанести вред ему.

## Частицы сажи

При сгорании топлива в дизеле образуются частицы сажи. Это микроскопические углеродистые частицы диаметром приблизительно 0,05 мкм. Ядро частицы состоит из чистого углерода, а на нем адсорбируются различные углеводородные соединения, оксиды металлов и сера.

Предполагается, что некоторые углеводородные соединения опасны для здоровья человека. Конкретный состав частиц сажи зависит от применяемого в двигателе рабочего процесса, режимов его работы и состава топлива.



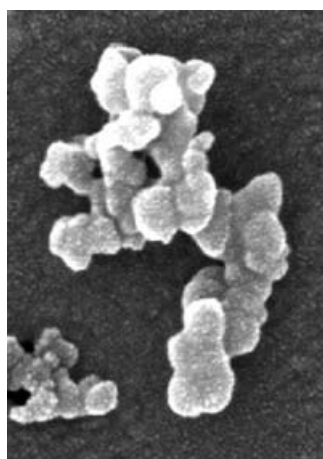


## Процесс образования частиц сажи в дизеле

Образование сажи в дизеле зависит от ряда процессов, определяющих сгорание топлива. Это процессы подвода воздуха, впрыска топлива и распространения пламени.

Качество сгорания топлива определяется в значительной степени процессом образования топливовоздушной смеси.

Из-за недостатка кислорода в некоторых зонах камеры сгорания образуется слишком богатая смесь, сгорание которой не может быть полным и сопровождается образованием частиц сажи.



S336\_013

Типичная частица сажи, образовавшаяся при сгорании топлива в дизеле

Число и масса частиц зависят в принципе от качества протекающих в двигателе процессов смесеобразования и сгорания. Топливная система с насос-форсунками обеспечивает впрыск топлива под очень высоким давлением и с соответствующим требованиям двигателя протеканием подачи по времени. Благодаря этому создаются условия для повышения эффективности процесса сгорания и снижения образования частиц сажи.

Однако, высокие давления впрыска и соответствующая им повышенная мелкость распыливания топлива не могут обеспечить достаточное измельчение частиц сажи.

Измерения размеров этих частиц показали, что их распределение по величине практически не зависит от способа смесеобразования, т. е. оно очень близко у двигателей с вихревой камерой сгорания и у двигателей с непосредственным впрыском посредством системы Common Rail или насос-форсунок.





## Мероприятия по снижению выброса частиц сажи

Снижение выбросов вредных веществ с ОГ дизеля является одной из важнейших целей работ по его совершенствованию.

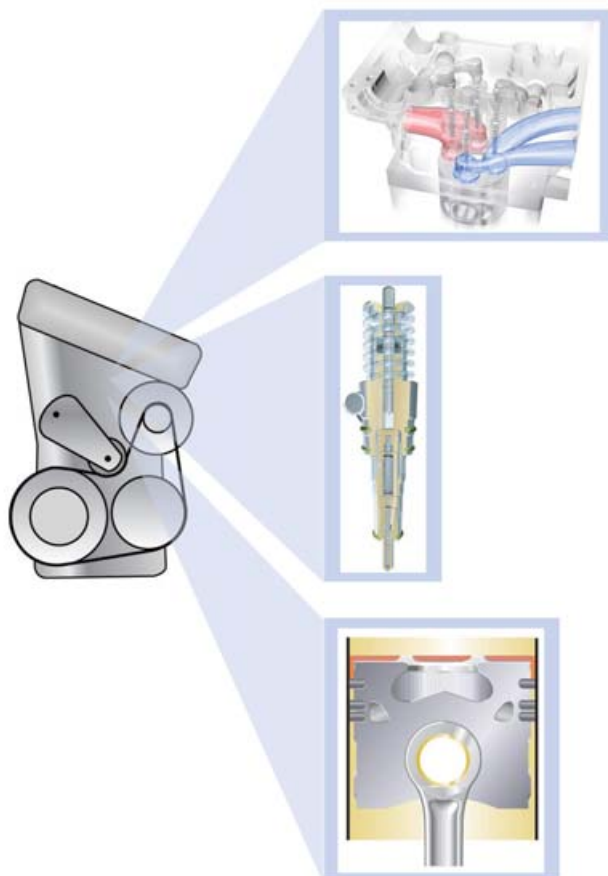
Известны различные технические решения, которые обеспечивают снижение выброса вредных веществ. Следует различать мероприятия, способствующие снижению образования вредных веществ в двигателе и обеспечивающие очистку отработавших газов вне его.

## Изменение конструкции двигателя

Снизить выброс вредных веществ можно введением мероприятий, связанных с изменением конструкции самого двигателя.

Удачная оптимизация рабочего процесса может привести к существенному снижению образования вредных веществ.

К этим мероприятиям относятся:



- оптимизация формы впускных и выпускных каналов, создающих направленное движение воздуха в камере сгорания,

- повышение давлений впрыска, например, посредством насос-форсунок,

- оптимизация камеры сгорания, в частности за счет уменьшения "вредных" объемов и формы выемки в поршне.

S336\_045

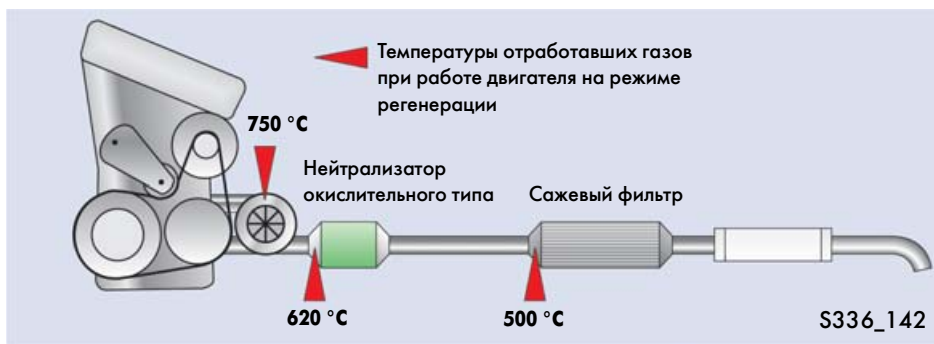
## Очистка отработавших газов

Выбросы в атмосферу образовавшихся при сгорании топлива частиц сажи могут быть снижены проведением мероприятий по очистке отработавших газов после их выпуска из цилиндров двигателя. При этом имеют в виду прежде всего систему фильтрации, способную задерживать частицы сажи.

Различают два вида регенерации сажевых фильтров: с применением присадок к дизельному топливу и с применением каталитического покрытия фильтрующего элемента. Ниже приведено описание устройства и принципа действия сажевого фильтра с каталитическим покрытием.

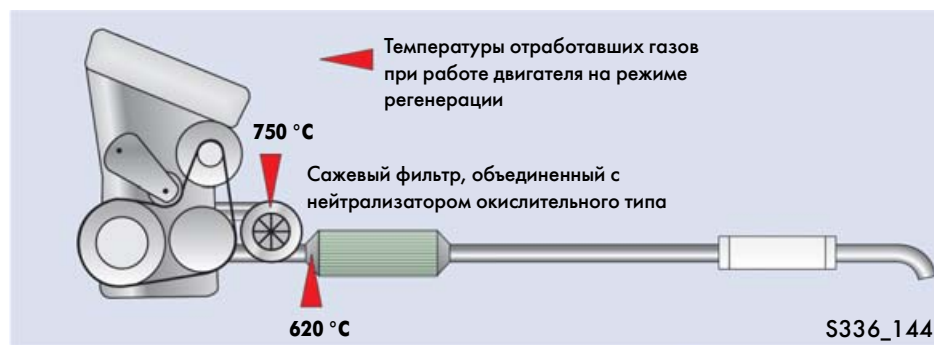
### Система очистки газов с применением присадок к дизельному топливу

Эта система находит применение на автомобилях, у которых сажевый фильтр находится на относительно большом расстоянии от двигателя. В этом случае температура отработавших газов на входе в фильтр недостаточна для выжигания сажи в нем, поэтому применяют присадки к топливу, которые снижают температуру воспламенения сажи до необходимого уровня.



### Система очистки газов с сажевым фильтром, имеющим каталитическое покрытие

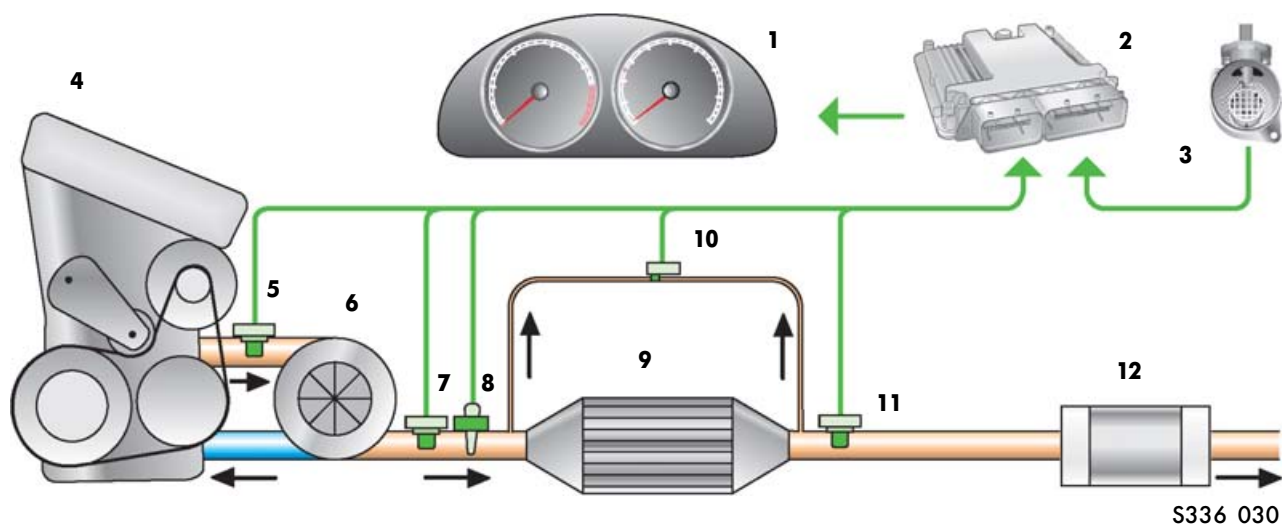
Эта система применяется на автомобилях с сажевым фильтром, расположенным близко от двигателя. В этом случае температура газов на коротком пути до фильтра остается достаточно высокой для сжигания сажи.



# Устройство и принцип действия

## Система очистки газов с сажевым фильтром, имеющим каталитическое покрытие

Ниже приведено описание компонентов системы очистки газов с сажевым фильтром.



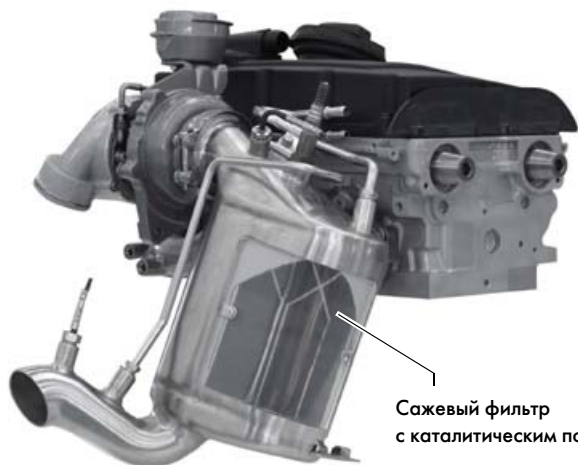
- 1 – блок управления в комбинации приборов J285
- 2 – блок управления двигателем
- 3 – расходомер воздуха
- 4 – дизель
- 5 – датчик температуры перед турбокомпрессор G507
- 6 – турбокомпрессор

- 7 – датчик температуры перед сажевым фильтром G506
- 8 – датчик кислорода G39
- 9 – сажевый фильтр
- 10 – датчик 1 перепада давления на сажевом фильтре G450
- 11 – датчик температуры после сажевого фильтра G527
- 12 – глушитель



На схеме показана однотрубная система выпуска ОГ. У многотрубных систем выпуска применяются отдельные сажевые фильтры и датчики на каждой трубе.

## Сажевый фильтр

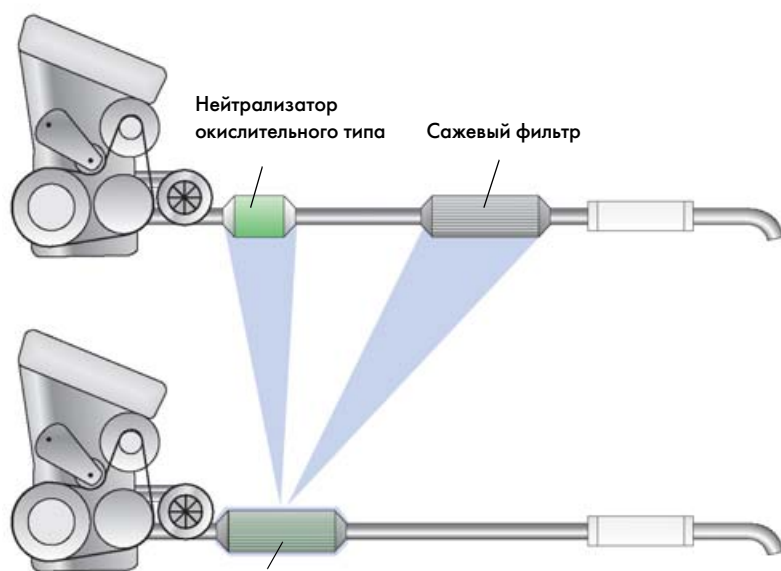


Сажевый фильтр с каталитическим покрытием

S336\_039

Сажевый фильтр с каталитическим покрытием устанавливается после турбокомпрессора в непосредственной близости от двигателя.

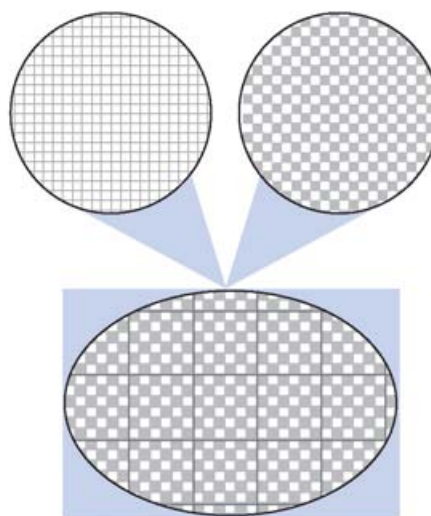
В данном случае применяется сажевый фильтр с каталитическим покрытием, который конструктивно объединен с нейтрализатором окислительного типа. Таким образом имеющий общий корпус агрегат выполняет функции как фильтра, так и нейтрализатора.



S336\_212

Сажевый фильтр с каталитическим покрытием

Нейтрализатор окислительного типа      Сажевый фильтр



Сажевый фильтр с каталитическим покрытием

Сажевый фильтр задерживает содержащиеся в ОГ частицы сажи. Функция нейтрализатора заключается в окислении углеводородов (НС) и оксида углерода (СО) до воды (Н<sub>2</sub>О) и диоксида углерода (СО<sub>2</sub>).

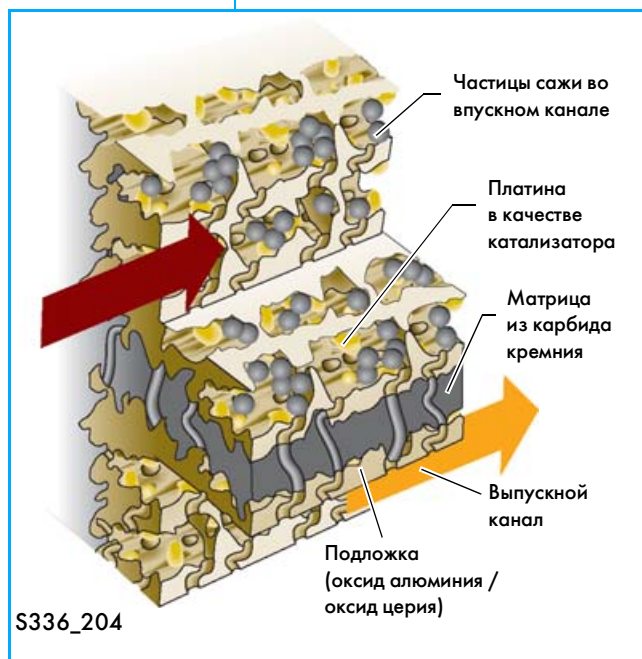
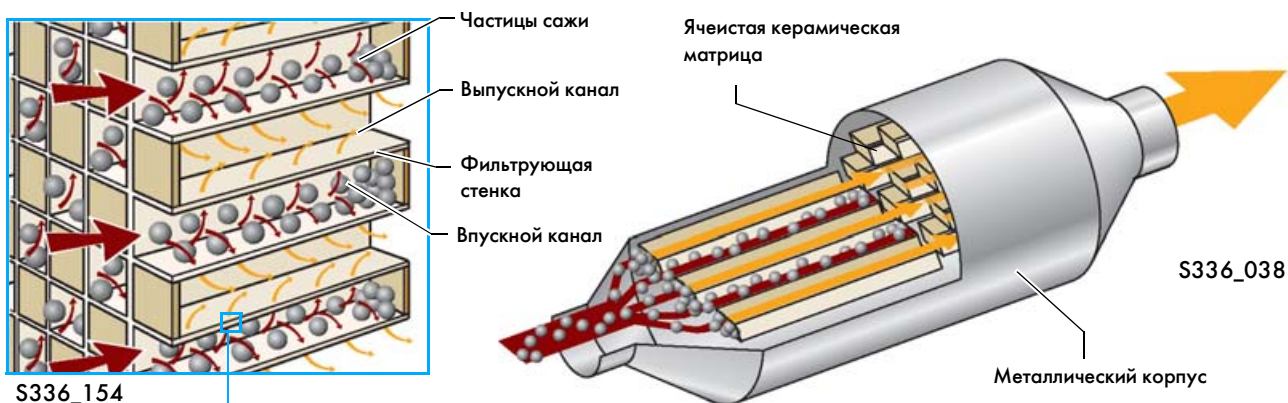


Подробная информация о нейтрализаторе окислительного типа содержится в Пособии по программе самообразования 124 "Каталитический нейтрализатор для дизелей".

# Устройство и принцип действия

## Устройство

Матрица сажевого фильтра представляет собою ячеистую структуру из керамики на базе карбида кремния. Керамическая матрица заключена в металлический корпус. Она пронизана множеством параллельно расположенных каналов малого сечения, закрытых попеременно с одной или другой стороны. Поэтому различают впускные и выпускные каналы, разделенные между собой фильтрующими стенками.



Фильтрующие стенки состоят из пористого карбида кремния.

Они покрыты смесью оксидов алюминия и церия, выполняющих функцию подложки для катализатора, в качестве которого используется благородный металл – платина.

Катализатор – это вещество, которое способствует протеканию химической реакции, но само при этом не изменяется и новых соединений не образует.

## Принцип действия

Так как каналы фильтра закрыты попеременно со стороны впуска и выпуска, содержащие частицы сажи газы вынуждены проходить через пористые стенки из карбида кремния. При этом частицы сажи задерживаются во впускных каналах, а газ свободно проходит через поры стенок каналов.



## Зоны сажевого фильтра с каталитическим покрытием

Сажевый фильтр должен быть относительно длинным, чтобы обеспечить улавливание достаточно большого количества сажи. Помимо этого он должен содержать достаточно для обеспечения каталитического действия количество платины. Каталитическое покрытие распределено по длине фильтра не равномерно, а по зонам.



В передней зоне платины значительно больше, чем в задней зоне. Неравномерное распределение платины по зонам имеет следующие преимущества:

- При работе двигателя на обычных режимах передняя часть сажевого фильтра нагревается быстрее, чем его задняя часть. Поэтому относительно большое количество платины в этой зоне способствует ускорению ее каталитического действия. При этом говорят о хороших пусковых качествах сажевого фильтра.
- В процессе регенерации выгорание сажи сопровождается сильным нагревом задней части фильтра. Но высокие температуры приводят к постепенному разрушению слоя платины. Поэтому можно сэкономить на дорогостоящей платине, снижая толщину покрытия в задней зоне фильтра.
- С другой стороны уменьшение количества платины в задней зоне обосновано процессами старения фильтра. В процессе эксплуатации автомобиля в задней части фильтра накапливается больше снижающих каталитическое действие платины отложений, чем в его передней части.

## Регенерация фильтра

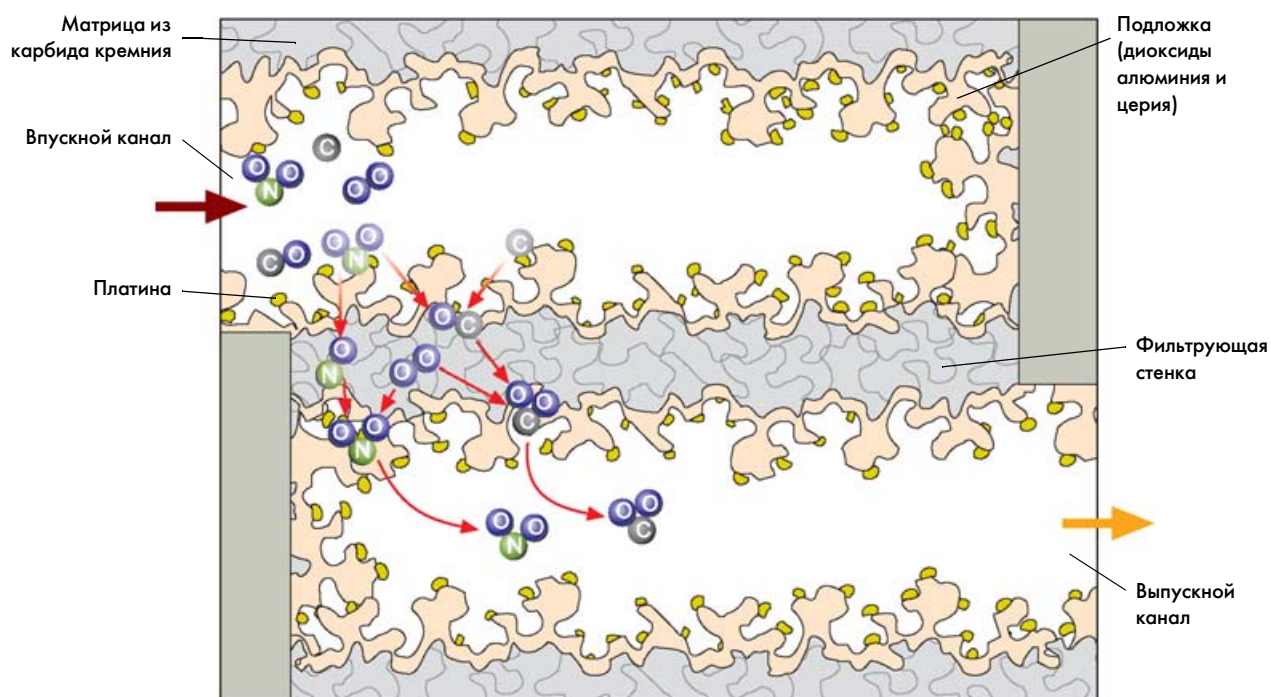
Чтобы предотвратить чрезмерное повышение сопротивления фильтра и снижение его работоспособности, необходимо время от времени освобождать его от сажи. В процессе регенерации накопленные в фильтре частицы сажи выжигаются (окисляются). Различают активную и пассивную регенерацию сажевого фильтра с каталитическим покрытием. Для водителя процесс регенерации протекает незаметно.



# Устройство и принцип действия

## Пассивная регенерация

При пассивной регенерации выжигание сажи производится непрерывно и без специального вмешательства в управление двигателем. При расположении сажевого фильтра вблизи от двигателя температура поступающих в него газов может достигать, например, при движении на автомагистрали порядка 350-500°C. При этом протекают реакции, в результате которых частицы сажи взаимодействуют с диоксидом азота и превращаются в диоксид углерода. Этот многоступенчатый процесс протекает непрерывно над слоем платины, которая выполняет роль катализатора.



S336\_184

## Принцип действия

Содержащиеся в ОГ оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ) реагируют в присутствии платины с кислородом, образуя диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ).



Диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ) реагирует с углеродом (C) сажевых частиц. В результате получаются окись углерода (CO) и окись азота (NO).

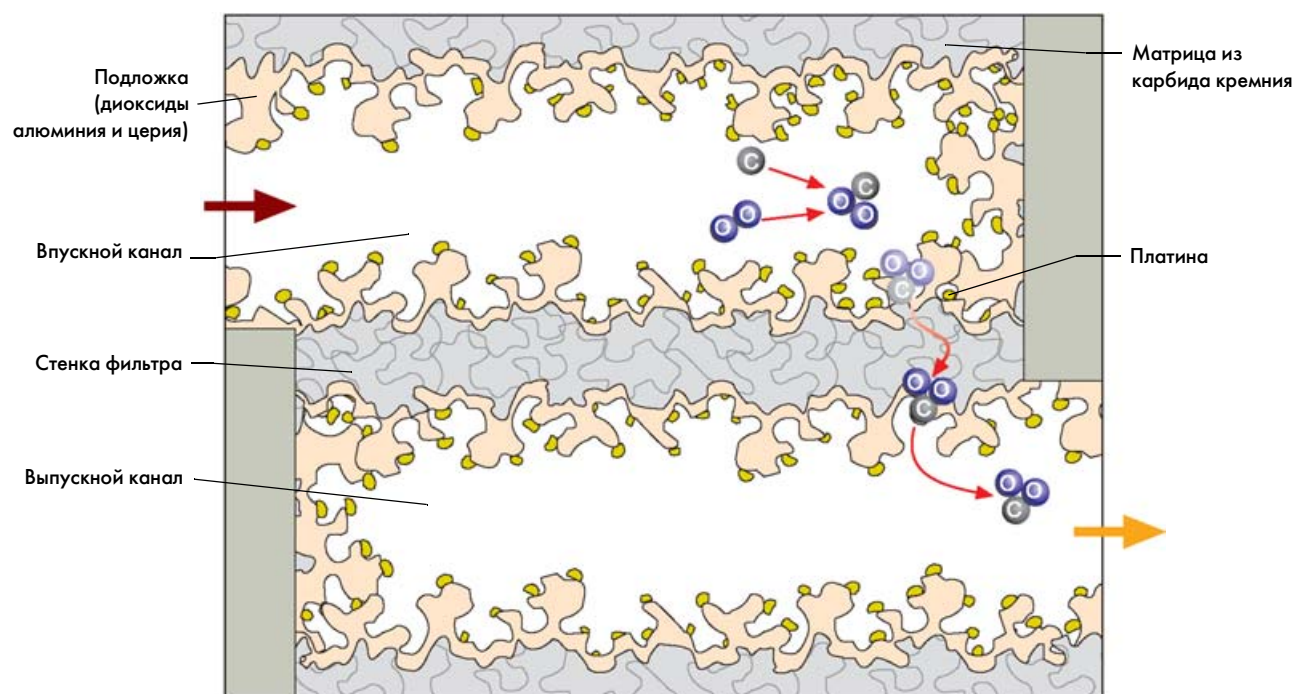


Окись углерода (CO) и окись азота (NO) реагируют с кислородом ( $\text{O}_2$ ), образуя диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ) и диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ).



## Активная регенерация

При активной регенерации частицы сажи выжигаются в условиях высоких температур, получаемых в результате направленного управления двигателем. Для эксплуатации автомобиля в городе характерны небольшие нагрузки двигателя, а соответствующие им невысокие температуры ОГ не обеспечивают пассивную регенерацию сажевого фильтра. При этом частицы сажи не удаляются из фильтра и забивают его каналы. При скоплении в фильтре определенного количества сажи запускается процесс его активной регенерации, протекающий по командам системы управления двигателем. Процесс активной регенерации длится приблизительно 10 минут. При этом температура ОГ повышается до 600-650°C, что достаточно для окисления сажи до диоксида углерода.



S336\_186

## Принцип действия

При активной регенерации частички сажи сгорают благодаря высокой температуре ОГ. При этом образующийся углерод соединяется с кислородом, образуя диоксид углерода.

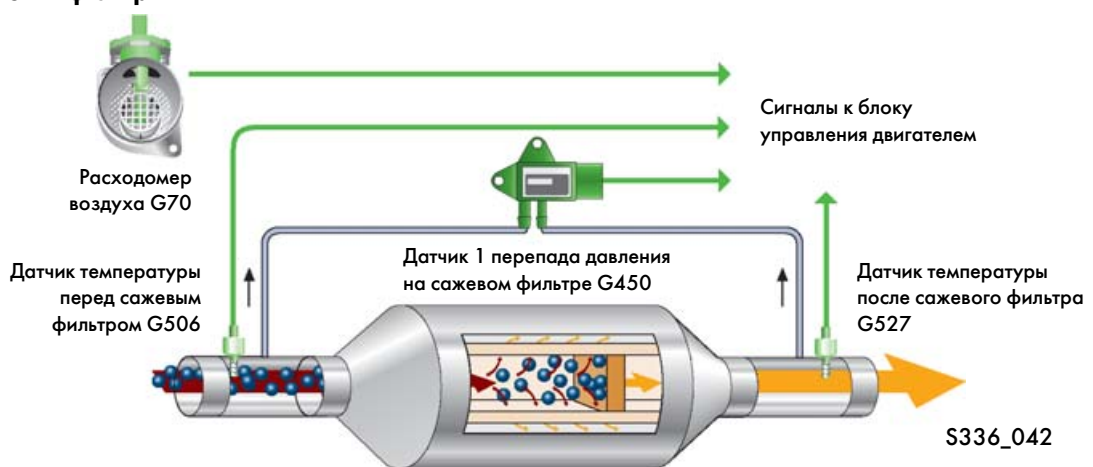


# Устройство и принцип действия

## Принцип действия фильтра при активной регенерации

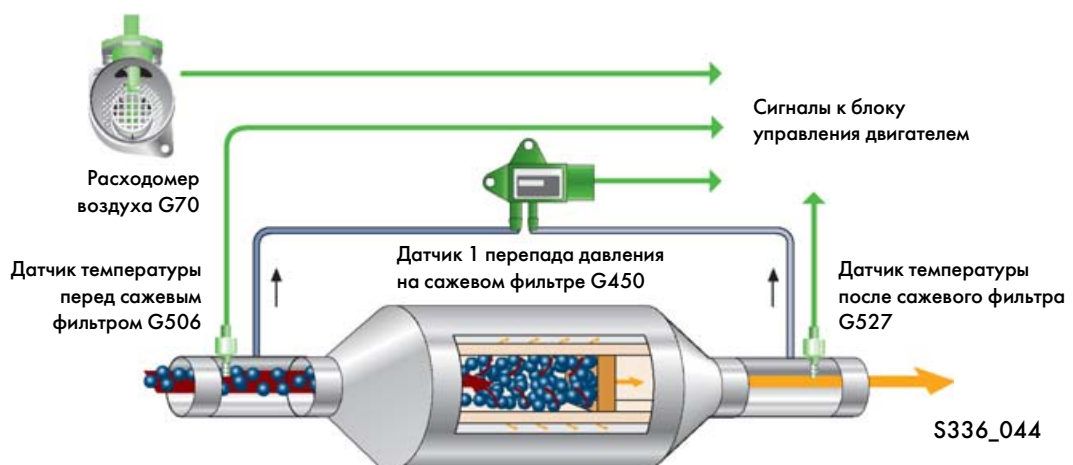
Частицы сажи скапливаются во впускных каналах. Необходимость в проведении активной регенерации определяется блоком управления двигателем по сигналам, поступающим с расходомера воздуха, датчиков температуры ОГ перед и после сажевого фильтра, а также датчика перепада давления на нем.

### Чистый сажевый фильтр



Чистый сажевый фильтр оказывает небольшое сопротивление потоку газов

### Заполненный сажей фильтр



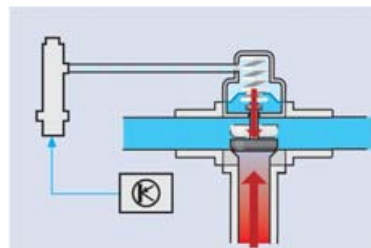
Заполненный сажевый фильтр оказывает большое сопротивление потоку газов

При заполнении фильтра сажей до определенной величины система управления двигателем запускает процесс активной регенерации.

## Функции системы управления двигателем при проведении активной регенерации

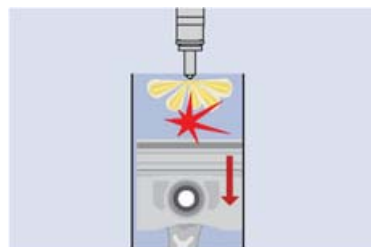
Степень заполнения фильтра сажей определяется блоком управления по его газодинамическому сопротивлению. Высокое сопротивление фильтра является признаком накопления в нем предельно допустимого количества сажи, поэтому блок управления двигателем запускает процесс активной регенерации. При этом выполняются следующие функции:

- прекращается рециркуляция ОГ, чтобы повысить температуры сгорания топлива;



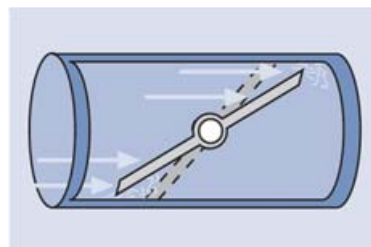
S336\_124

- чтобы повысить температуру ОГ, производится дополнительный впрыск топлива, подаваемого после основной дозы, а именно, при повороте коленчатого вала на  $35^\circ$  после ВМТ;



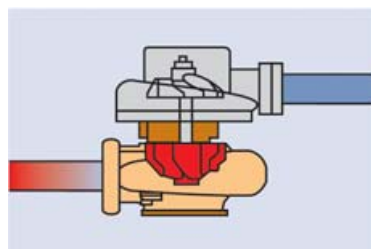
S336\_126

- подача воздуха в двигатель снижается посредством регулируемой дроссельной заслонки с электроприводом и



S336\_120

- давление наддува поддерживается на уровне, при котором водитель не может заметить перевод двигателя на режим рециркуляции.



S336\_122

Эти мероприятия позволяют кратковременно повысить температуру ОГ до  $600\text{--}650^\circ\text{C}$ . При этих значениях температуры скопившаяся в фильтре сажа окисляется до диоксида углерода. После проведения активной регенерации полностью восстанавливается способность фильтра задерживать содержащуюся в ОГ сажу.

# Устройство и принцип действия

## Степень заполнения фильтра сажей

Блок управления двигателем постоянно контролирует степень заполнения фильтра сажей, рассчитывая его газодинамическое сопротивление. При этом объемный расход газов соотносится с перепадом давления на сажевом фильтре.



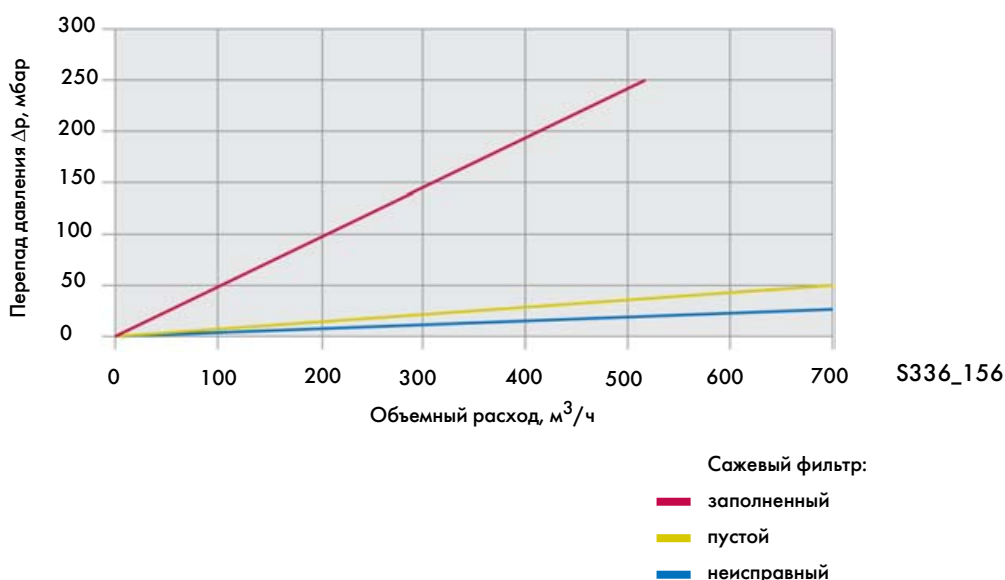
## Перепад давления на фильтре

Перепад давления на сажевом фильтре определяется посредством дифференциального датчика давления 1.

## Объемный расход ОГ

Объемный расход ОГ рассчитывается блоком управления двигателем по величинам массового расхода воздуха на входе в двигатель и температуры ОГ перед фильтром. Массовый расход ОГ практически равен массовому расходу воздуха, который определяется посредством расходомера. Объемный расход ОГ зависит, однако, от температуры. Последняя определяется посредством датчиков температуры до и после сажевого фильтра. Получая данные о температуре ОГ, блок управления двигателем может рассчитать объемный расход ОГ по величине массового расхода воздуха.

## Перепад давления на сажевом фильтре



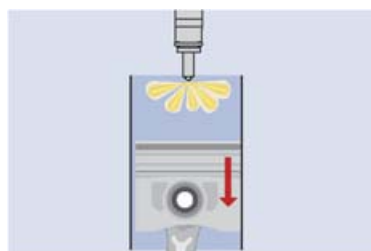
Блок управления двигателем определяет газодинамическое сопротивление сажевого фильтра по отношению перепада давления к объемному расходу ОГ. А газодинамическое сопротивление фильтра является мерой его заполнения сажей.



## Впрыск топлива при движении автомобиля накатом

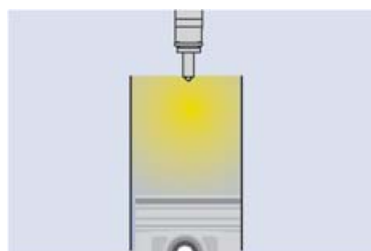
При экстремальных условиях движения в городе с резко меняющейся нагрузкой двигателя и частым движением накатом необходимо предпринимать особые меры для регенерации фильтра. Так как при движении накатом топливо в цилиндры двигателя обычно не впрыскивается, температура ОГ не поднимается до необходимого для регенерации фильтра уровня.

Поэтому для проведения регенерации фильтра при движении автомобиля накатом впрыскивают небольшие дозы топлива, а именно при повороте коленчатого вала на  $35^\circ$  после ВМТ.



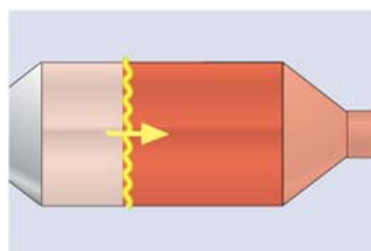
S336\_128

Ввиду отсутствия основной дозы топлива, впрыскиваемого при положении поршня вблизи ВМТ, поступившее в цилиндры двигателя на такте расширения топливо не сгорает, а испаряется.



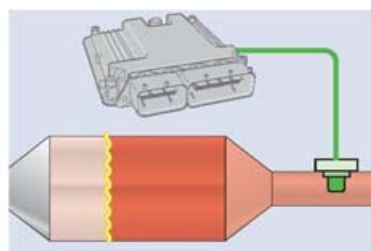
S336\_130

Образовавшиеся таким образом пары топлива сгорают в сажевом фильтре, а выделяющееся при этом тепло обеспечивает повышение температуры ОГ до необходимого для его регенерации уровня.



S336\_202

Дозы поддерживающего регенерацию топлива регулируются по сигналам датчика температуры ОГ, установленного после сажевого фильтра.



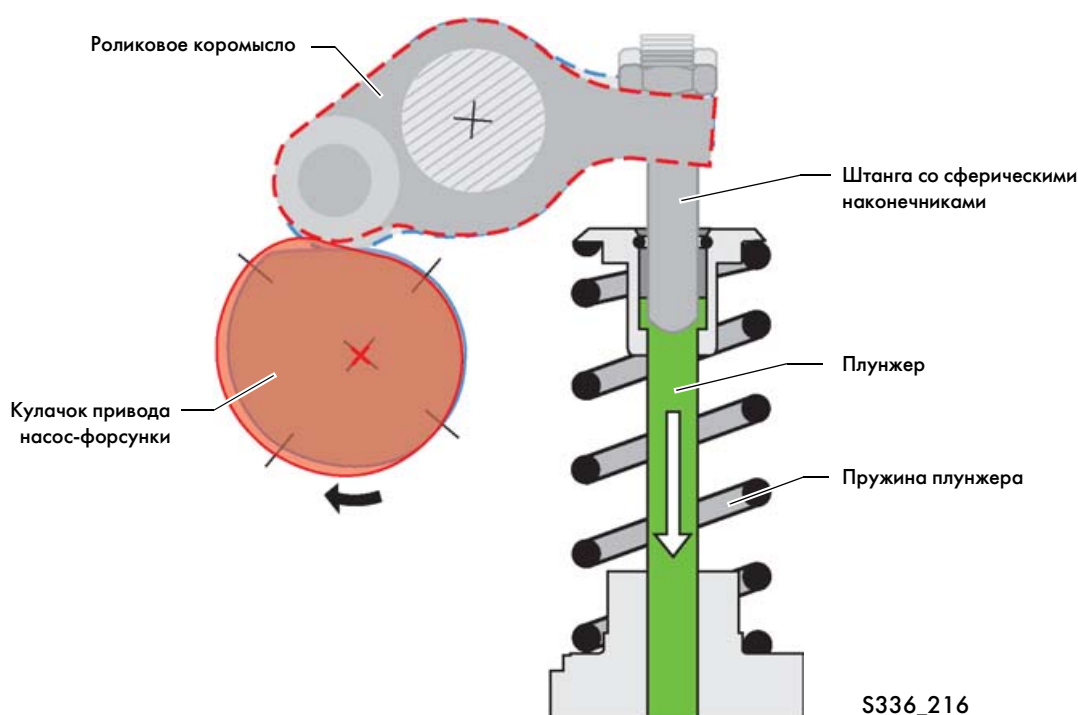
S336\_200

# Устройство и принцип действия

## Кулачки привода насос-форсунок

Кулачки привода насос-форсунок у дизелей с сажевым фильтром имеют специальный профиль, обеспечивающий впрыск дополнительных доз топлива.

При этом соответствующее подаче топлива движение плунжера завершается позже, чем у двигателей без сажевого фильтра. Благодаря этому остается активный ход плунжера для подачи дополнительной дозы топлива с достаточно большим запаздыванием.



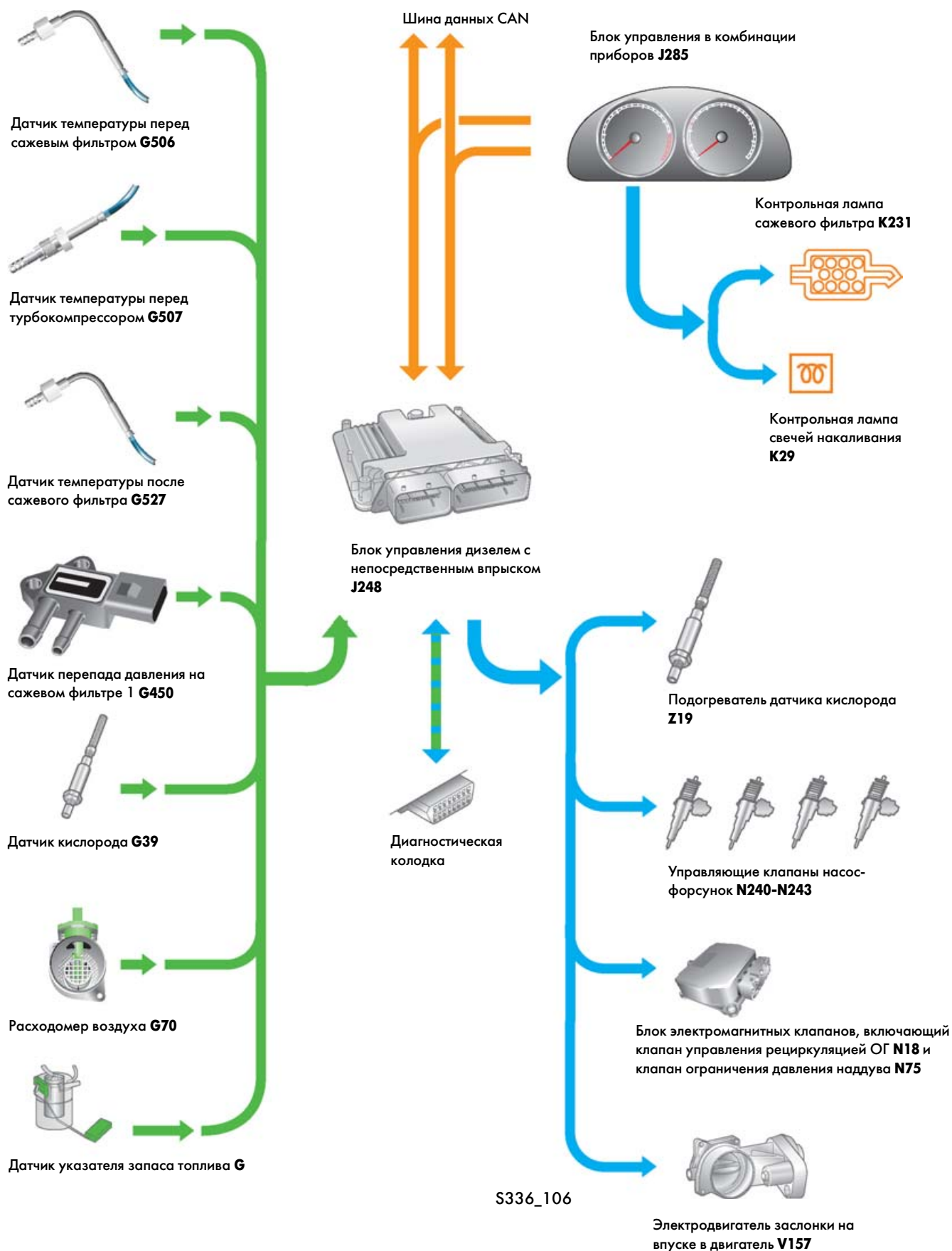
— Профиль кулачка привода насос-форсунки дизеля без сажевого фильтра

— Профиль кулачка привода насос-форсунки дизеля с сажевым фильтром



При установке насос-форсунки на двигатель необходимо учитывать указания по регулировке ее привода, приведенные в Руководстве по ремонту автомобиля.

# Схема системы управления



# Датчики и исполнительные устройства

## Датчик перепада давления на сажевом фильтре 1 (G450)

### Использование сигнала датчика

Этот датчик служит для измерения перепада давления ОГ на сажевом фильтре. Его сигналы используются совместно с сигналами датчиков температуры перед и после сажевого фильтра, а также сигналами расходомера воздуха для определения степени заполнения фильтра сажей.



### Последствия при отсутствии сигнала датчика

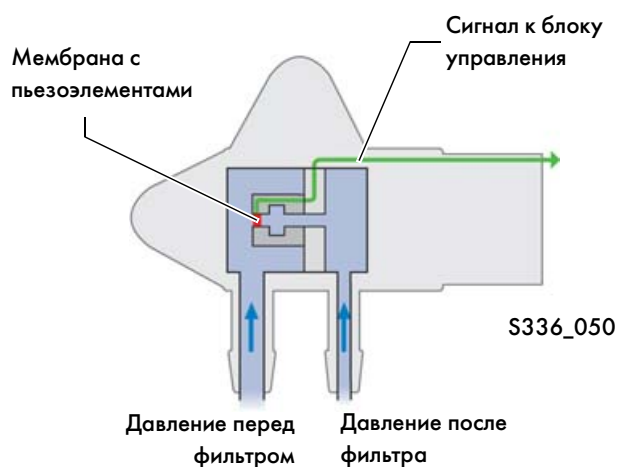
При отсутствии сигнала датчика перепада давления регенерация сажевого фильтра производится периодически по пробегу или по времени эксплуатации автомобиля. Однако, длительное время регенерация по такому принципу не может быть надежной.

Поэтому после определенного числа циклов регенерации сначала загорается контрольная лампа сажевого фильтра, а затем начинает мигать контрольная лампа свечей накаливания. Водитель предупреждается таким образом о необходимости обращения в сервисное предприятие.

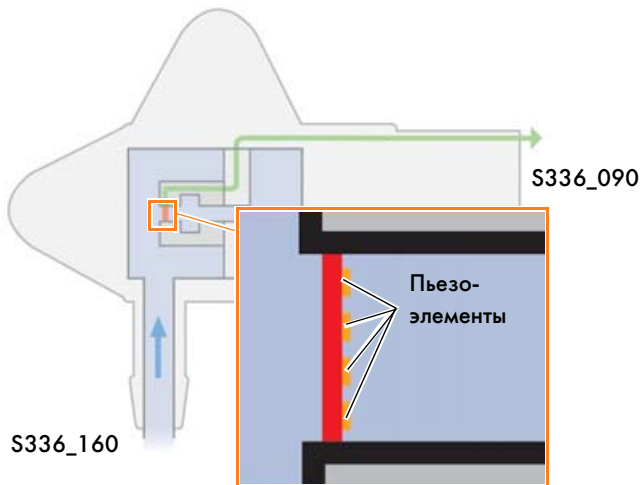
### Устройство датчика

У датчика перепада давления 1 предусмотрены два штуцера: один из них соединен с трубкой для измерения давления перед сажевым фильтром, а другой – после него.

Внутри датчика находится мембрана с пьезоэлементами, на которую действует разность давлений.



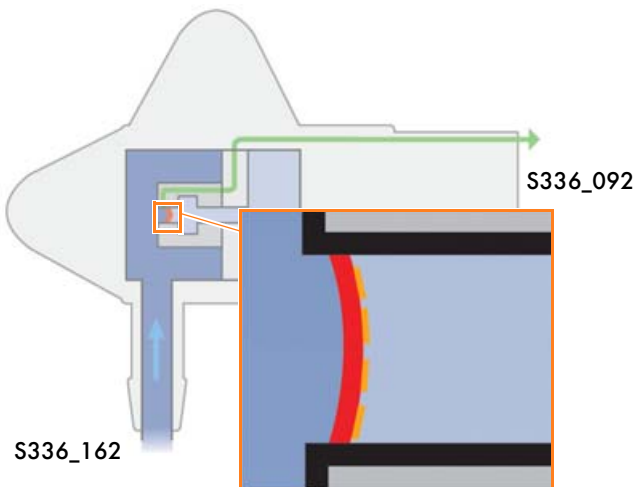
## Принцип действия



Давление перед фильтром равно давлению после фильтра

### Сажевый фильтр чистый

Если в фильтре находится очень мало сажи, давления перед ним и после него практически равны. При этом мембрана с пьезоэлементами находится в исходном положении.



Давление перед фильтром больше давлению после фильтра

### Фильтр заполнен сажей

Ввиду увеличения сопротивления фильтра при накоплении в нем сажи давление ОГ перед фильтром увеличивается. Давление ОГ после фильтра практически не изменяется. Мембрана прогибается в соответствии с действующей на нее разности давлений.

Деформация мембраны влечет за собой изменение омического сопротивления включенных по мостовой схеме пьезоэлементов. Выходное напряжение моста усиливается и преобразуется в электронной схеме датчика, сигнал с которой поступает в блок управления двигателем. По величине этого сигнала блок управления двигателем определяет степень заполнения фильтра сажей и при необходимости вырабатывает команду на его регенерацию.



Значение характеризующего состояние фильтра коэффициента его заполнения выводится посредством диагностического и информационного комплекса VAS 5051 в одном из блоков данных измерений.



# Датчики и исполнительные устройства

## Датчик температуры перед сажевым фильтром (G506)



Устанавливаемый перед сажевым фильтром датчик температуры содержит резистор с положительным температурным коэффициентом PTC (Positive Temperature Coefficient). То есть сопротивление резистора увеличивается с повышением его температуры.

Этот датчик служит для измерения температуры ОГ в месте его установки на выпускном трубопроводе перед сажевым фильтром.

### Использование сигнала датчика

Сигналы датчиков температуры перед и после сажевого фильтра используются в блоке управления двигателем для расчета объемного расхода ОГ, а затем степени заполнения фильтра сажей.

Точное определение степени заполнения фильтра сажей возможно только при совместном использовании сигналов расходомера воздуха, датчиков температуры ОГ перед и после фильтра, а также датчика перепада давления ОГ на фильтре.

Помимо сигналов указанных выше датчиков в системе управления предусмотрена подача аварийного сигнала, который используется для защиты сажевого фильтра от действия слишком высоких температур ОГ.

### Последствия при отсутствии сигнала датчика

После прекращения поступления сигнала датчика температуры перед фильтром его регенерация производится периодически по пробегу или по времени эксплуатации автомобиля.

Так как регенерация в этом режиме не должна повторяться многократно, после определенного числа ее циклов включается сначала контрольная лампа сажевого фильтра, а затем начинает мигать контрольная лампа свечей накаливания. Водитель предупреждается таким образом о необходимости обращения в сервисное предприятие.



## Датчик температуры после сажевого фильтра (G527)



Устанавливаемый после сажевого фильтра датчик температуры содержит резистор типа РТС.

### Использование сигнала датчика

По сигналу датчика температуры после фильтра блок управления двигателем регулирует дозу топлива, впрыскиваемую в цилиндры двигателя на такте расширения при движении автомобиля накатом.

Эта доза уменьшается с повышением температуры ОГ после фильтра.

Сигнал датчика температуры после сажевого фильтра используется также для его защиты от действия слишком высоких температур ОГ.



Он установлен на выпускном трубопроводе после сажевого фильтра и измеряет температуру омывающих его ОГ.

### Последствия при отсутствии сигнала датчика

После прекращения поступления сигнала датчика температуры перед фильтром его регенерация производится периодически по пробегу или по времени эксплуатации автомобиля.

Так как регенерация в таком режиме не может обеспечить нормальную работу сажевого фильтра в течение длительного времени, после определенного числа ее циклов включается контрольная лампа сажевого фильтра, а затем начинает мигать контрольная лампа свечей накаливания. Таким образом водитель предупреждается о необходимости обращения в сервисное предприятие.



# Датчики и исполнительные устройства

## Датчик температуры перед турбокомпрессором (G507)



На выпускном трубопроводе перед турбокомпрессором устанавливается датчик температуры типа РТС. Он служит для измерения температуры омывающих его ОГ.

### Использование сигнала датчика

Сигнал этого датчика используется блоком управления двигателем при расчете начала подачи и дозы дополнительно впрыскиваемого топлива при регенерации сажевого фильтра. Выжигание накопленной в нем сажи обеспечивается при этом в результате повышения температуры ОГ до необходимого уровня. Помимо этого по сигналу данного датчика осуществляется защита турбокомпрессора от действия слишком высоких температур.

### Последствия при отсутствии сигнала датчика

При выходе датчика температуры из строя защита турбокомпрессора от перегрева не действует. Поэтому регенерация сажевого фильтра отменяется, а водитель предупреждается посредством контрольной лампы свечей накаливания о необходимости обращения в сервисное предприятие. При этом рециркуляция ОГ прекращается, чтобы снизить образование сажи.

## Датчик кислорода (G39)



В данном случае применяется датчик кислорода с широкополосной характеристикой. Обычно он устанавливается на выпускном коллекторе перед нейтрализатором.

### Использование сигнала датчика

Датчик кислорода позволяет определять его концентрацию в ОГ в достаточно широком диапазоне измеряемых значений. У автомобилей с сажевым фильтром направляемый в блок управления двигателем сигнал этого датчика помогает повысить точность определения дополнительной дозы топлива и момента ее подачи при проведении регенерации фильтра. Наибольшая эффективность процесса регенерации достигается при определенной минимальной концентрации кислорода в ОГ и достаточно высокой их температуре. Регулирование при этом производится по сигналу датчика кислорода, который дополняется сигналом датчика температуры перед турбокомпрессором.



### Последствия при отсутствии сигнала датчика

При отсутствии сигнала датчика параметры регенерации определяются менее точно, но она проводится достаточно надежно. При выходе датчика кислорода из строя может иметь место повышенный выброс оксидов азота.



Подробная информация о датчике кислорода с широкополосной характеристикой содержится в Пособии по программе самообразования 231 "Система бортовой диагностики Euro-On-Board-Diagnose для бензиновых двигателей".

# Датчики и исполнительные устройства

## Расходомер воздуха (G70)

На впускном трубопроводе устанавливается термоанемометрический расходомер воздуха пленочного типа. По его сигналу блок управления двигателем достаточно точно определяет массовый расход воздуха, поступающего в цилиндры двигателя.



## Использование сигнала расходомера

В системе управления регенерацией сажевого фильтра сигнал расходомера воздуха используется для расчета объемного расхода ОГ с последующим определением степени наполнения фильтра сажей.

Сигнал расходомера воздуха используется для определения степени наполнения фильтра сажей только совместно с сигналами датчиков температуры перед и после фильтра, а также с сигналом датчика давления.

## Последствия при отсутствии сигнала расходомера

При отсутствии сигнала расходомера воздуха регенерация сажевого фильтра производится сначала периодически по пробегу или по времени эксплуатации автомобиля.

Так как регенерация в таком режиме не может обеспечить нормальную работу сажевого фильтра в течение длительного времени, после определенного числа ее циклов включается контрольная лампа сажевого фильтра, а затем начинает мигать контрольная лампа свечей накаливания. Водитель предупреждается таким образом о необходимости обращения в сервисное предприятие.

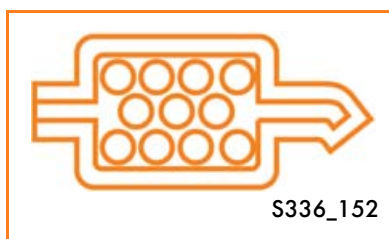
## Контрольная лампа K83 (MIL)

Состояние всех компонентов, влияющих на работу сажевого фильтра, контролируется бортовой системой диагностики Euro-On-Board-Diagnose (EOBD), которая сигнализирует о выявленных неисправностях посредством контрольной лампы MIL (Malfunktion Indicator light).



Подробная информация о системе EOBD и ее контрольной лампе приведена в Пособии по программе самообразования 315 "Система бортовой диагностики EOBD для дизелей".

## Контрольная лампа сажевого фильтра (K231)



Контрольная лампа сажевого фильтра находится на комбинации приборов. Она загорается, если регенерация фильтра невозможна, например, из-за длительной эксплуатации автомобиля в режиме движения на короткие расстояния.

### Назначение лампы

При длительной эксплуатации автомобиля в режиме движения на короткие расстояния регенерация сажевого фильтра может оказаться невозможной из-за слишком низкого уровня температур ОГ. В таких случаях фильтр может быть поврежден или заблокирован сажей. Чтобы предупредить водителя о возможности нежелательных последствий, на комбинации приборов предусмотрена контрольная лампа сажевого фильтра, которая загорается при накоплении в нем определенного количества сажи.

Если эта лампа загорелась, водителю рекомендуется двигаться в течение приблизительно 15 минут с равномерной по возможности скоростью, которая должна превышать 60 км/ч. Наиболее эффективно фильтр регенерируется при движении автомобиля на 4-ой или 5-ой передачах и работе двигателя с частотой вращения около 2000 об/мин.

При завершении регенерации контрольная лампа должна погаснуть.

Если, несмотря на проведение мероприятий по выжиганию сажи, контрольная лампа не гаснет, загорается контрольная лампа свечей накаливания и на дисплей комбинации приборов выводится предупреждение "Неисправность двигателя, сервис". После этого водитель должен обратиться в ближайшее сервисное предприятие.

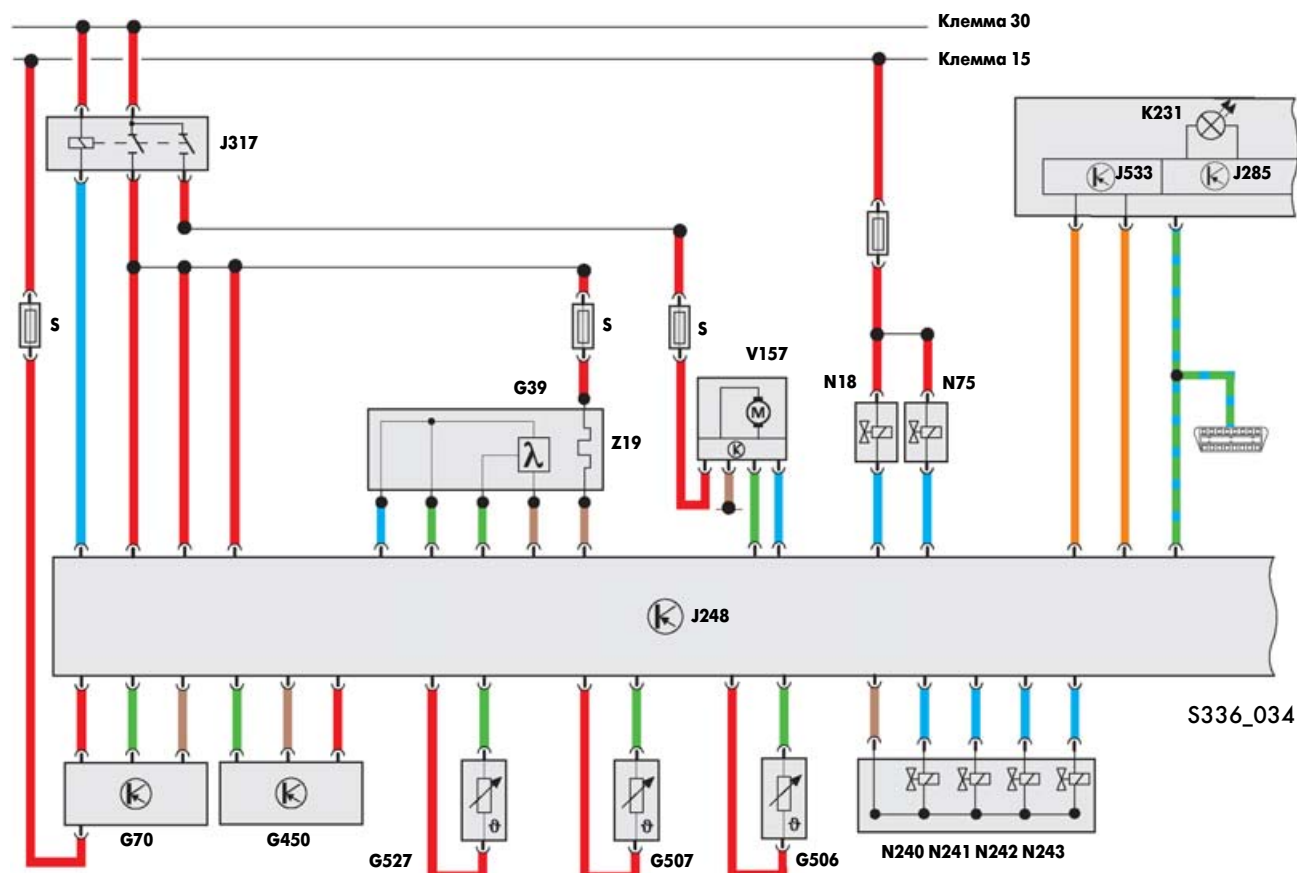


Точные рекомендации о режимах движения после включения контрольной лампы сажевого фильтра содержатся в Руководстве по эксплуатации автомобиля! В любом случае необходимо соблюдать Правила дорожного движения и местные ограничения скорости!



# Функциональная схема системы управления

## Принципиальная схема



- G39 – датчик кислорода
- G70 – расходомер воздуха
- G450 – датчик 1 перепада давления на сажевом фильтре
- G506 – датчик температуры перед сажевым фильтром
- G527 – датчик температуры после сажевого фильтра
- G507 – датчик температуры перед турбокомпрессором
- J248 – блок управления дизелем с непосредственным впрыском
- J285 – блок управления в комбинации приборов
- J317 – реле в цепи питания от клеммы 30
- J533 – диагностический интерфейс сопряжения шин данных
- K231 – контрольная лампа сажевого фильтра
- N240-N243 – клапаны насос-форсунок

- N18 – клапан управления рециркуляцией газов
- N75 – электромагнитный клапан ограничения давления наддува
- V157 – электродвигатель заслонки на впуске в двигатель
- Z19 – подогреватель датчика кислорода

### Условные обозначения цветом

- входной сигнал
- выходной сигнал
- "плюс"
- "масса"
- шина данных CAN



# Ограничения действия системы регенерации

## Эксплуатация автомобиля с короткими пробегами

Чтобы запустить процесс регенерации сажевого фильтра, система управления двигателем обеспечивает повышение температуры ОГ.

Однако, при длительной эксплуатации автомобиля с короткими пробегами не всегда удается повысить эту температуру до уровня, необходимого для регенерации фильтра. При последующей регенерации переполненного фильтра возможно его повреждение из-за перегрева в результате сгорания увеличенного количества сажи. Возможно также блокирование фильтра при переходе на режимы с повышенными нагрузками. В последнем случае двигатель может заглохнуть.

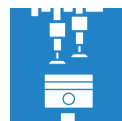
Чтобы предотвратить нежелательные последствия несостоявшейся регенерации фильтра, система управления включает контрольную лампу сажевого фильтра при определенном его заполнении или после нескольких несостоявшихся запусков режима регенерации. Водитель предупреждается таким образом о необходимости проведения регенерации фильтра в кратчайшие сроки. Он может это сделать, повысив скорость автомобиля до значений, при которых температура ОГ повышается до необходимого для регенерации уровня.

## Требования к топливу

Необходимо обращать внимание на соответствие топлива стандарту DIN, указанному в Руководстве по эксплуатации автомобиля.

Использование биодизельного топлива не допускается. При позднем впрыскивании этого топлива возможно попадание его несгоревшей части на стенки цилиндров. Движущиеся поршни сбрасывают это топливо в картер, где оно попадает в масло. Соответствующее стандартам топливо испаряется при работе двигателя на обычных режимах и удаляется таким образом из масла. Биодизельное топливо при этом полностью не испаряется, так как температуры его кипения выше, чем у обычного топлива. Разжиженное топливом масло может быть причиной повреждения деталей двигателя.

Если топливо содержит много серы, фильтр быстро заполняется сажей и повышается частота циклов его регенерации, что приводит к повышенному расходу топлива.



# Ограничения действия системы регенерации

---

## Повышенный выброс вредных веществ с ОГ

При проведении регенерации сажевого фильтра может увеличиться выброс вредных веществ с ОГ. Это объясняется окислением сажи не только до диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ), но и до оксида углерода (CO) из-за недостатка кислорода в ОГ.

Прекращение рециркуляции ОГ также приводит к некоторому увеличению выброса оксидов азота.

Испытания автомобилей на выброс вредных веществ с ОГ проводится по новому европейскому ездовому циклу (NEFZ). Эти испытания проводятся дважды: с регенерацией сажевого фильтра и без нее. Нормам Евро 4 должны соответствовать средние значения выброса вредных веществ, полученные в результате этих двух циклов испытаний.



# Контрольные вопросы

## 1. Что подразумевается под понятием "пассивная регенерация" сажевого фильтра?

- а) Накопившиеся в фильтре частицы сажи выжигаются при проведении очередного технического обслуживания, причем процесс регенерации вызывается посредством диагностического комплекса VAS 5051.
- б) Частицы сажи выжигаются в результате повышения температуры ОГ, вызываемого системой управления двигателем.
- в) Частицы сажи постепенно выжигаются без вмешательства в этот процесс системы управления двигателем.

## 2. Для чего служит установленный после сажевого фильтра датчик температуры G527?

- а) Сигнал датчика температуры после сажевого фильтра используется в блоке управления двигателем для регулирования дозы топлива, впрыскиваемого в цилиндры на такте расширения при движении автомобиля накатом.
- б) По сигналу этого датчика блок управления двигателем определяет перепад давления на сажевом фильтре.
- в) Сигнал этого датчика используется в блоке управления двигателем для определения количества перепускаемых во впускную систему ОГ.

## 3. Какое вещество способствует сгоранию сажи в фильтре с каталитическим покрытием в процессе пассивной регенерации?

- а) Присадка к топливу.
- б) Платина.
- в) Оксид алюминия.
- г) Диоксид серы.
- д) Карбид кремния.



1.) в; 2.) а; 3.) б

Центральный институт