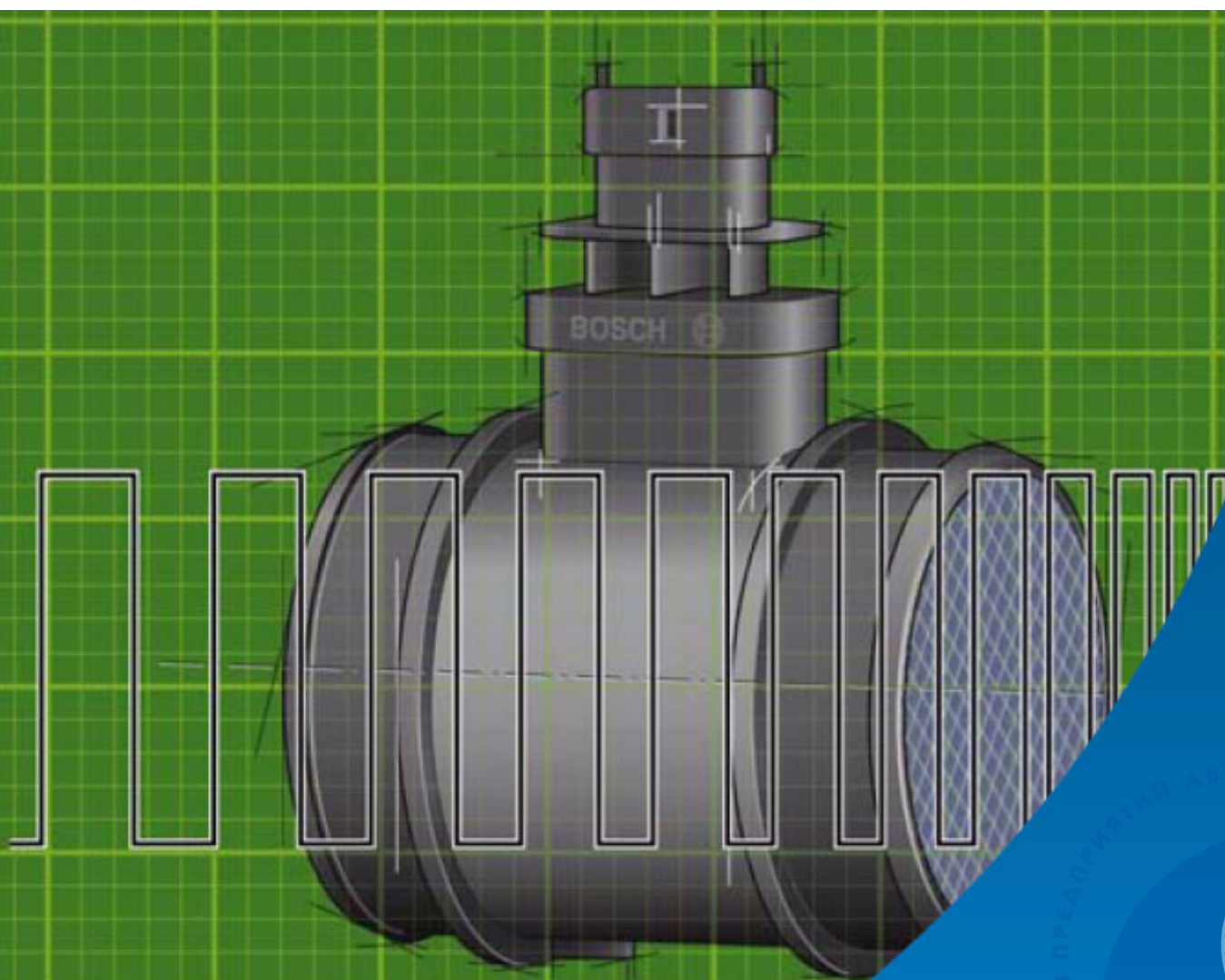




## Программа самообучения 358

# Термоанемометрический плёночный расходомер воздуха HFM 6

Конструкция и принцип действия



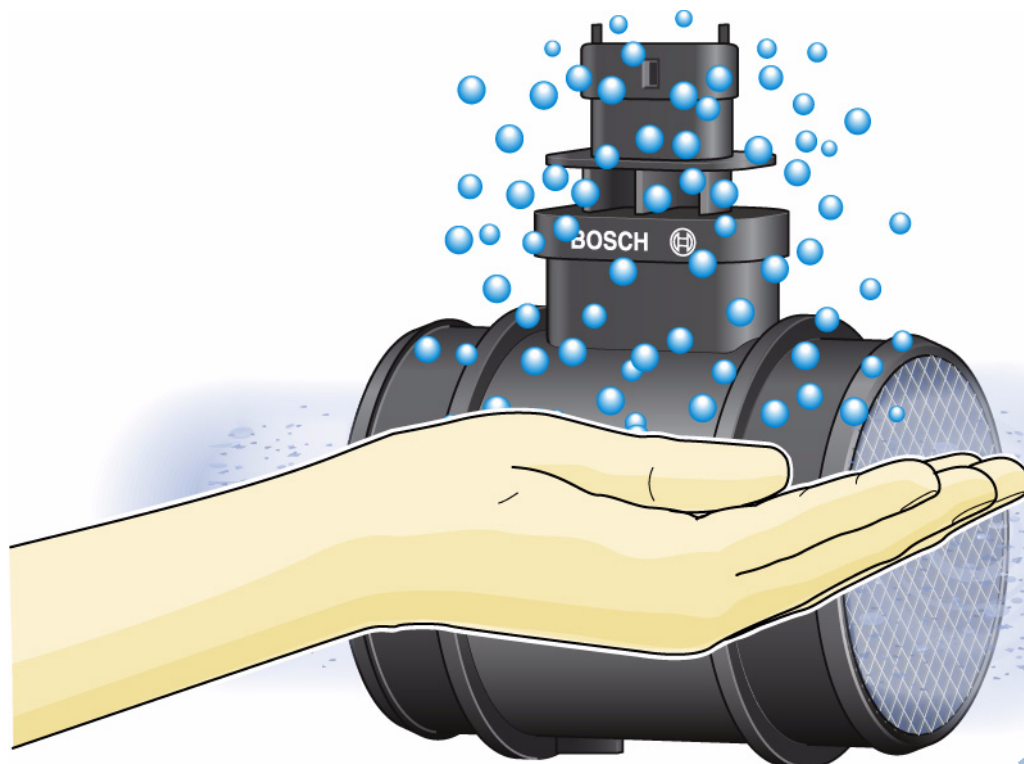
В связи с тем, что законодательство в области экологии и связанные с ним нормы токсичности отработанных газов транспортных средств постоянно совершенствуются, то потребность автомобилестроителей во всё более точных измерительных устройствах не снижается. Реакцией на этот процесс стало использование в системах управления двигателя термоанемометрических плёночных расходомеров воздуха нового поколения.

В настоящее время для выполнения требований законов и соблюдения норм токсичности просто каталитического дожигания ОГ после сгорания топлива уже недостаточно, объём их эмиссии должен поддерживаться на минимально возможном уровне благодаря повышению эффективности горения смеси.

Подобный подход приводит к тому, что современные двигатели развивают всё большую мощность при равном или даже меньшем расходе топлива.

Свой вклад в то, чтобы суметь уложиться в жёсткие рамки экологических требований, наряду с другими мерами вносит и точное определение количества всасываемого воздуха с помощью датчика массового расхода воздуха.

Настоящая программа самообучения призвана помочь в изучении и понимании основ определения количества всасываемого воздуха и принципа действия термоанемометрического плёночного расходомера воздуха HFM 6.



**НОВОЕ**



S358\_019

**Внимание  
Указание**

**В программе самообучения описываются только новые конструкции и принципы их действия! Содержание программы в дальнейшем не дополняется и не обновляется.**

Актуальную информацию по проверке, регулировке и ремонтным работам можно найти в специальной технической документации.

**НИИ «СПАС»**



|  |           |   |
|--|-----------|---|
| <b>Основы измерения массы воздуха</b> .....                                | <b>4</b>  |    |
| Температура и давление воздуха .....                                       | 4         |   |
| Влияние температуры и давления воздуха на массу воздуха .....              | 5         |   |
| <b>Основы сгорания топлива</b> .....                                       | <b>6</b>  |    |
| Соотношение воздух/топливо .....   | 6         |   |
| Нормы токсичности ОГ .....   | 7         |   |
| <b>Термоанемометрический плёночный расходомер воздуха HFМ 6</b> .....      | <b>8</b>  |    |
| Задача .....   | 8         |   |
| Место установки .....  | 8         |   |
| Конструкция .....  | 9         |   |
| <b>Чувствительный элемент</b> .....  | <b>10</b> |   |
| Конструкция .....  | 10        |   |
| Байпасный канал .....  | 11        |   |
| Процесс измерения .....  | 12        |   |
| Распознавание обратного потока .....                                       | 13        |   |
| Передача сигнала расходомера воздуха в блок управления двигателя ....      | 14        |   |
| Датчик температуры всасываемого воздуха для чувствительного элемента ..... | 15        |  |
| <b>Техническое обслуживание</b> .....                                      | <b>16</b> |   |
| Диагностика .....  | 16        |   |
| <b>Проверка знаний</b> .....   | <b>18</b> |  |

# Основы измерения массы воздуха



## Температура и давление воздуха

Услышав слово „воздух“, многие сразу думают о той среде, которая нас окружает. То есть о воздухе с нормальным атмосферным давлением и благоприятной температурой.

Но, как известно, температура и давление воздуха постоянно изменяются.

В разных местах температура и давление воздуха могут иметь сильно различающиеся значения.

(С увеличением высоты температура и давление воздуха постоянно снижаются).

### Влияние высоты на температуру и давление воздуха

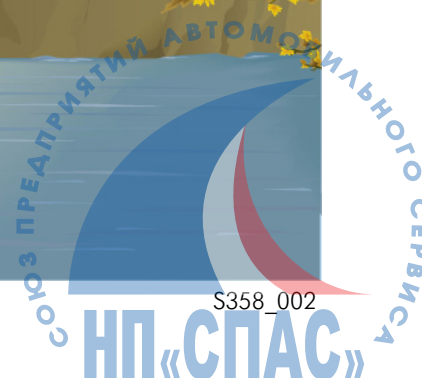
#### Пример:

Высота: 1000 метров  
Давление воздуха: 898 кПа (0,898 бар)  
Температура: 13,5 °С

Высота: 500 метров  
Давление воздуха: 954 кПа (0,954 бар)  
Температура: 16,75 °С

Высота: 100 метров  
Давление воздуха: 1001 кПа (1,001 бар)  
Температура: 19,35 °С

Высота: 0 метров  
Давление воздуха: 1013 кПа (1,013 бар)  
Температура: 20 °С



S358\_002

## Влияние температуры и давления воздуха на массу воздуха



В постоянном объёме с изменением температуры и давления масса воздуха изменяется.

### Низкое давление воздуха, высокая температура

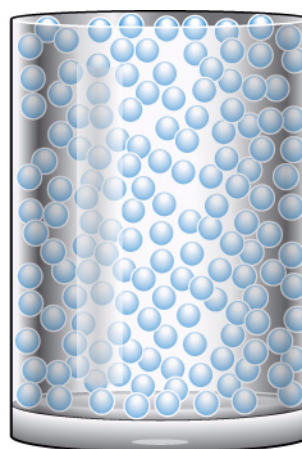
В цилиндрическом сосуде площадью  $1\text{ м}^2$  и высотой  $1\text{ м}$  находится  $1\text{ м}^3$  воздуха.

Давление воздуха низкое, температура воздуха высокая.

За счёт низкого давления и высокой температуры плотность воздуха небольшая.

(В сосуде находится незначительная масса воздуха).

Масса воздуха в сосуде небольшая.



S358\_003

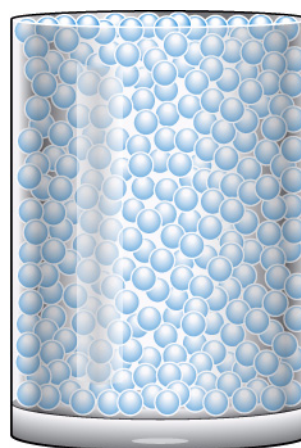
### Высокое давление воздуха, низкая температура

В сосуде аналогичных размеров находится воздух под высоким давлением и с низкой температурой.

За счёт высокого давления и низкой температуры плотность воздуха значительно выше.

(В сосуде находится значительно большая масса воздуха).

Масса воздуха в сосуде существенно больше.



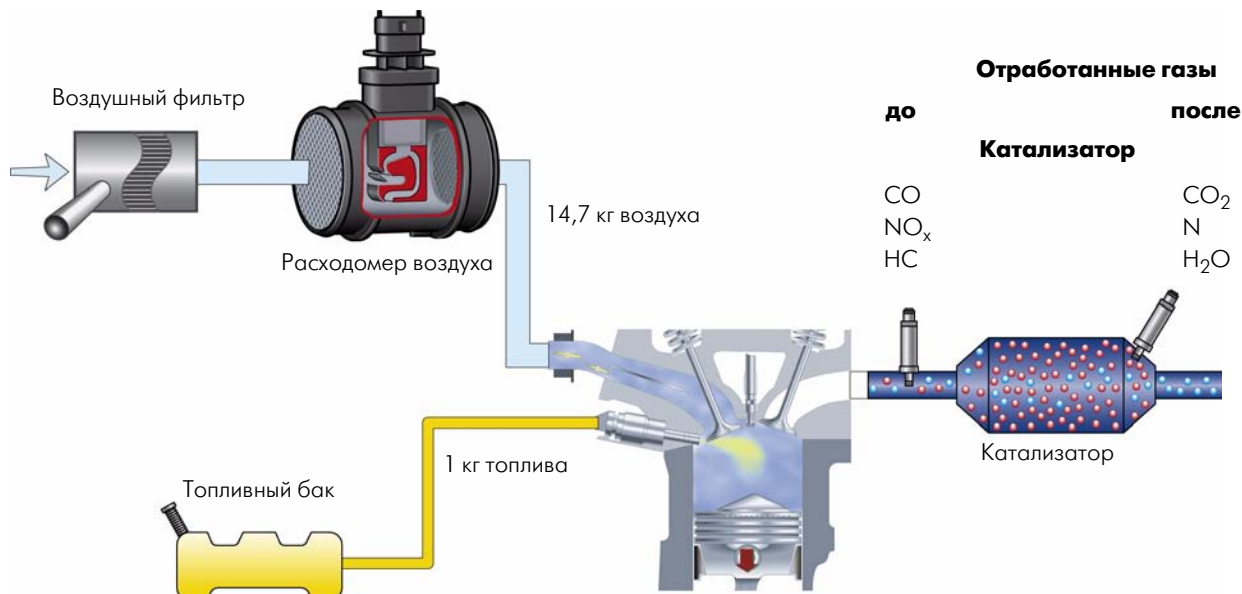
S358\_004



# Основы сгорания топлива

## Соотношение воздух/топливо

### Прохождение воздуха



### Прохождение топлива

S358\_005

Для оптимального сгорания 1 кг топлива в двигателе внутреннего сгорания требуется 14,7 кг воздуха. Это соотношение топлива и воздуха в технике именуется стехиометрическим соотношением.

Для того чтобы блок управления двигателя в любом режиме мог установить правильное соотношение топлива и воздуха, ему необходима точная информация о массе всасываемого воздуха.

В стехиометрическом режиме соотношение воздух/топливо имеет значение лямбда, равное 1. Только в стехиометрическом режиме можно почти полностью удалить вредные вещества из отработанных газов при помощи катализатора.

### Богатая горючая смесь

Если горючая смесь богатая (лямбда < 1), то в отработанных газах содержится слишком много окиси углерода (CO) и несгоревших углеводородов (HC).

Пример:  $\frac{1,2 \text{ кг топлива}}{14,7 \text{ кг воздуха}}$

### Бедная горючая смесь

Если горючая смесь бедная (лямбда > 1), то в отработанных газах содержится слишком много оксидов азота (NO<sub>x</sub>).

Пример:  $\frac{0,8 \text{ кг топлива}}{14,7 \text{ кг воздуха}}$

Точное измерение количества всасываемого воздуха помогает удерживать соотношение воздух/топливо стехиометрическим (лямбда = 1) и сократить тем самым эмиссию вредных веществ или даже избежать их образования.



## Нормы токсичности ОГ

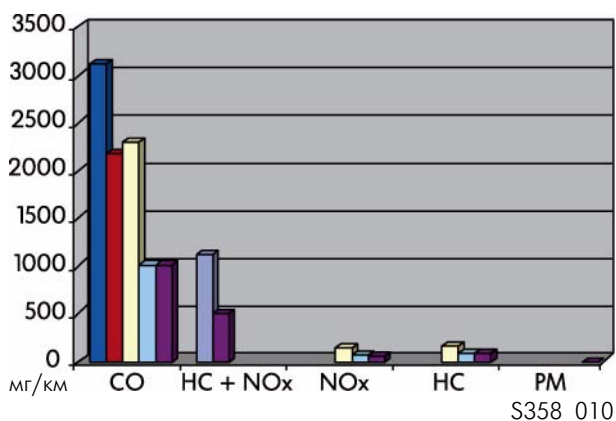
Термоанемометрический плёночный расходомер воздуха благодаря сокращённой погрешности измерений, в сравнении с предшествующими моделями, вносит свой вклад в соблюдение постоянно ужесточающихся норм токсичности ОГ в Европе и Соединённых Штатах.

Благодаря точному определению массы всасываемого воздуха оптимизируется смесеобразование и упрощается последующая обработка отработанных газов катализаторами.



### Разработка показателей токсичности ОГ на примере Европы

#### Бензиновые двигатели

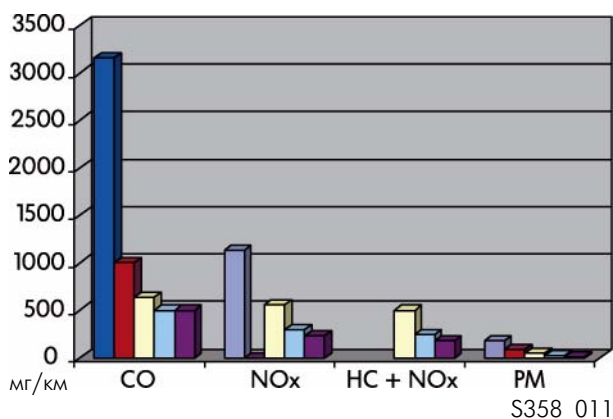


| Норма            | Euro 1   | Euro 2   | Euro 3   | Euro 4   | Euro 5** |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Действительно с: | 01.07.92 | 01.01.96 | 01.01.00 | 01.01.05 | 01.09.09 |
| CO               | 3160     | 2200     | 2300     | 1000     | 1000     |
| HC + NOx         | 1130     | 500      |          |          |          |
| NOx              |          |          | 150      | 80       | 60       |
| HC               |          |          | 200      | 100      | 100      |
| PM               |          |          |          | 5*       | 5*       |

\* Автомобили с непосредственным впрыском

\*\* Значения согласно прежней информации  
Расшифровка формул химических соединений и сокращений см. на странице 19

#### Дизельные двигатели



| Норма            | Euro 1   | Euro 2   | Euro 3   | Euro 4   | Euro 5** |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Действительно с: | 01.07.92 | 01.01.96 | 01.01.00 | 01.01.05 | 01.09.09 |
| CO               | 3160     | 1000     | 640      | 500      | 500      |
| HC + NOx         | 1130     | 700/900* | 560      | 300      | 230      |
| NOx              |          |          | 500      | 250      | 180      |
| PM               | 180      | 80/100*  | 50       | 25       | 5        |

\* Автомобили с непосредственным впрыском

\*\* Значения согласно прежней информации  
Расшифровка формул химических соединений и сокращений см. на странице 19

#### Легенда

- EURO 1 с 1992 г. также степень 1 EWG (Европейское экономическое сообщество)
- EURO 2 с 1996 г. также степень 2 EG (Европейское сообщество)
- EURO 3 с 2000 г.
- EURO 4 с 2005 г.
- EURO 5 с 2009 г.



# Термоанемометрический плёночный расходомер воздуха HFM 6

## Задача

Термоанемометрический плёночный расходомер воздуха HFM 6 служит для определения массы всасываемого воздуха. На основании его сигнала блок управления двигателя определяет точную массу всасываемого воздуха.

В бензиновых двигателях сигналы используются для расчёта всех зависящих от нагрузки функций.

В дизельных двигателях сигналы применяются для управления

Функции, зависящие от нагрузки:

- момент зажигания,
- время впрыска,
- количество впрыскиваемого топлива,
- абсорбер с активированным углем.

- количества рециркулируемых отработанных газов,
- времени впрыска.

Этим датчиком уже оснащены:

- Двигатель V6 FSI 3,2 л
- Двигатель V6 FSI 3,6 л
- Двигатель R5 TDI 2,5 л

## Место установки

Термоанемометрический плёночный расходомер воздуха установлен между воздушным фильтром и дроссельной заслонкой в системе воздушного питания двигателя.



Расходомер воздуха

Система воздушного питания двигателя

Воздушный фильтр  
S358\_016



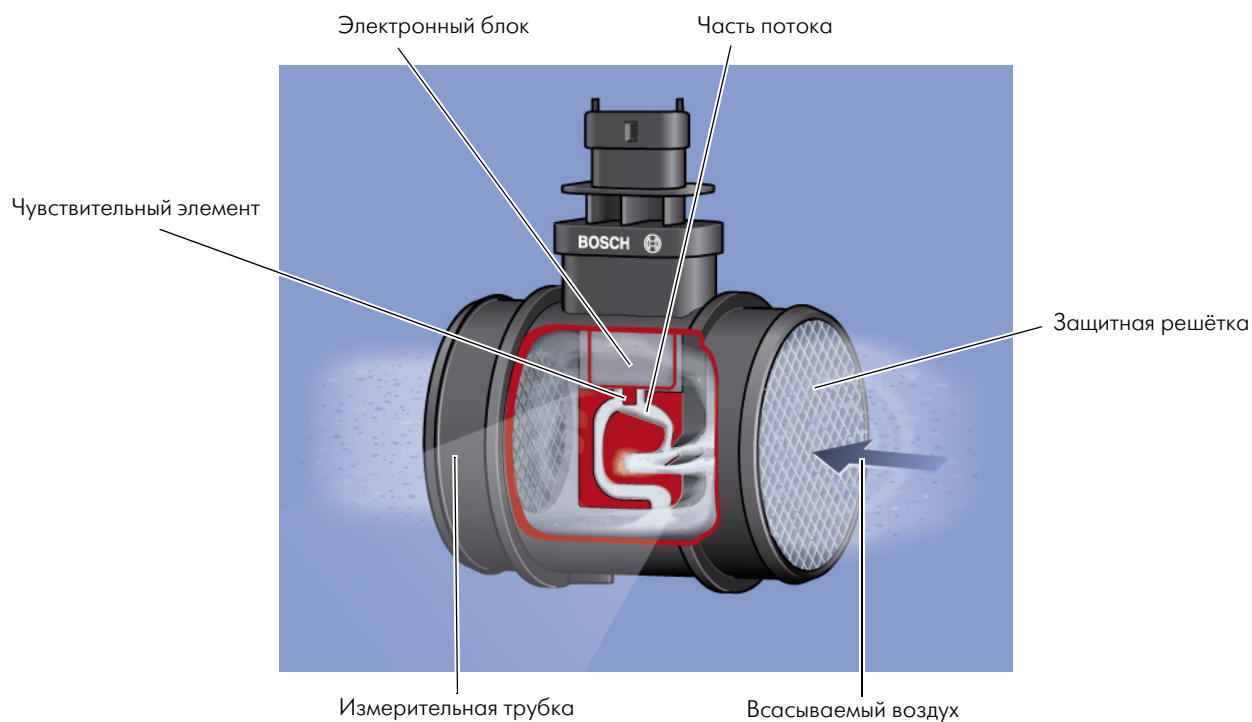


## Конструкция

Термоанемометрический плёночный расходомер воздуха HFМ 6 состоит из:

- измерительной трубки,
- электронного блока с чувствительным элементом.

Измерение количества воздуха осуществляется в части потока (байпасном канале). Благодаря специальной конструкции расходомер воздуха может измерять массу прямого и обратного потока воздуха.



S358\_006

При попадании в чувствительный элемент частиц грязи, паров моторного масла и влаги результат измерения искажается. По этой причине при конструировании измерительной трубки и защитной решётки особенно внимание было уделено тому, чтобы загрязнения не попали на электронный чувствительный элемент.

# Чувствительный элемент

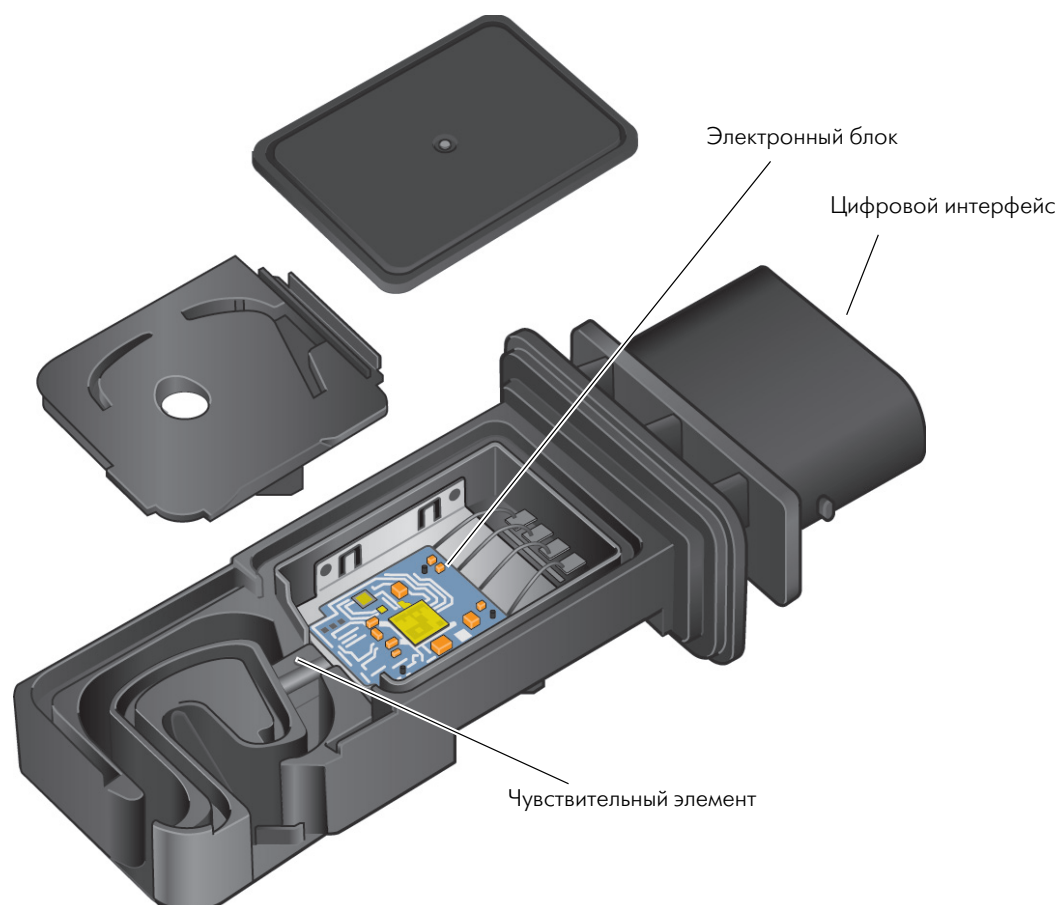
## Конструкция

Новый расходомер воздуха, как и его предшественник, работает по термическому принципу измерения.

Он состоит из следующих основных деталей:

- микромеханического чувствительного элемента с функцией распознавания обратного потока и датчиком температуры всасываемого воздуха;
- электронного блока, который осуществляет обработку цифрового сигнала;
- цифрового интерфейса.

Благодаря наличию в расходомерах воздуха нового поколения цифрового интерфейса, в блоке управления двигателя осуществляется более точная и стабильная обработка сигнала по сравнению с используемыми ранее приборами.



S358\_001

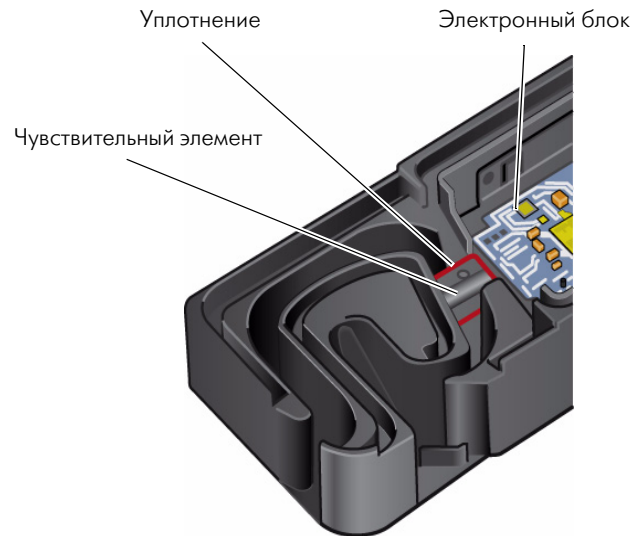
## Обработка цифрового сигнала

В отличие от предшествующих моделей расходомер воздуха HFM 6 посылает в блок управления двигателя цифровой сигнал. До этого блок управления двигателя получал аналоговый сигнал, который по мере старения и под воздействием переходных сопротивлений искажался.



## Байпасный канал

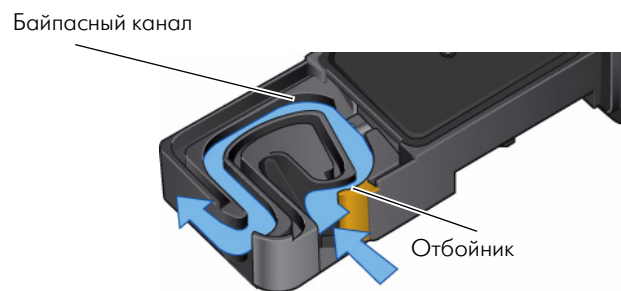
В сравнении с предшествующей моделью HFM 5 байпасный канал оптимизирован к потоку. Часть потока, необходимая для измерения массы воздуха, всасывается в байпасный канал за отбойником.



S358\_013

## Стабильность датчика

Байпасный канал полностью изолирован от электронного блока клеевыми соединениями и уплотнениями чувствительного элемента. Кроме того, упрочнён материал чувствительного элемента. Благодаря принятым мерам достигается повышенная прочность датчика.



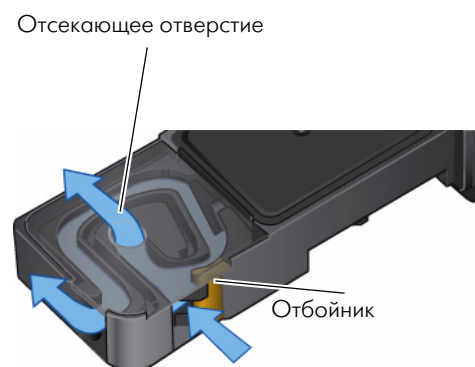
S358\_008

## Принцип действия:

За счёт конструкции отбойника за ним образуется вакуум.

Под действием вакуума часть потока, необходимая для измерения массы воздуха, всасывается в байпасный канал. Медленно движущиеся частицы грязи не могут следовать за быстрым потоком и через отсекающее отверстие снова попадают в основной поток всасываемого воздуха.

Таким образом, частицы грязи не могут исказить результат измерения и повредить чувствительный элемент.



S358\_012

# Чувствительный элемент

## Процесс измерения

На электронном блоке находится чувствительный элемент.

Чувствительный элемент выступает в часть потока, используемую для измерения массы воздуха.

На чувствительном элементе находятся:

- нагревательный резистор,
- два терморезистора R1 и R2,
- датчик температуры всасываемого воздуха.

## Принцип действия:

Нагревательный резистор нагревает центр чувствительного элемента до температуры на 120 °C выше температуры всасываемого воздуха.

## Пример функционирования:

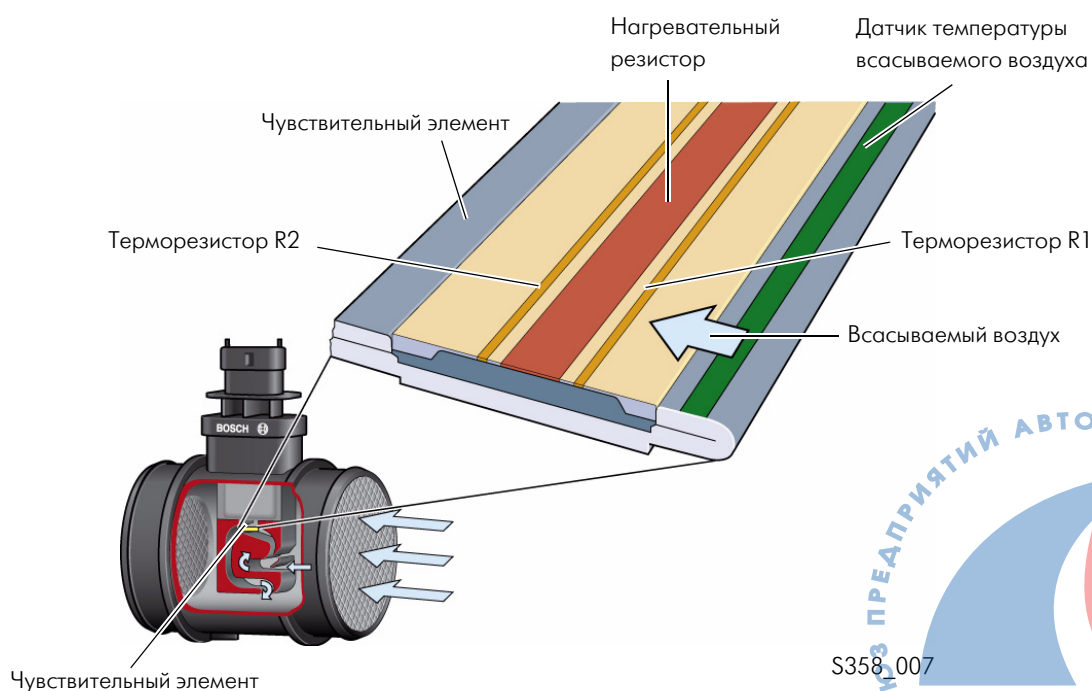
Температура всасываемого воздуха 30 °C  
Нагревательный резистор нагревается до 120 °C  
Измеренная температура 120 °C + 30 °C = 150 °C

По мере удаления от нагревательного резистора к кромке чувствительного элемента температура снижается.

## Пример измерения:

|   |                    |
|---|--------------------|
| Температура всасываемого воздуха:                               | 30 °C              |
| Температура на кромке чувствительного элемента:                 | 30 °C              |
| Нагревательный резистор:  | 150 °C             |
| Температура резисторов R1 и R2 без потока всасываемого воздуха: | 90 °C              |
| Температура резистора R1 с потоком всасываемого воздуха:        | 50 °C              |
| Температура резистора R2 с потоком всасываемого воздуха:        | остается ок. 90 °C |

По разнице температур резисторов R1 и R2 электронный модуль определяет массу всасываемого воздуха и направление воздушного потока.



S358\_007



## Распознавание обратного потока

При закрытых впускных клапанах всасываемый воздух отражается от них и движется обратно к расходомеру воздуха. Если обратный поток воздуха не распознается, то результат измерения искажается.

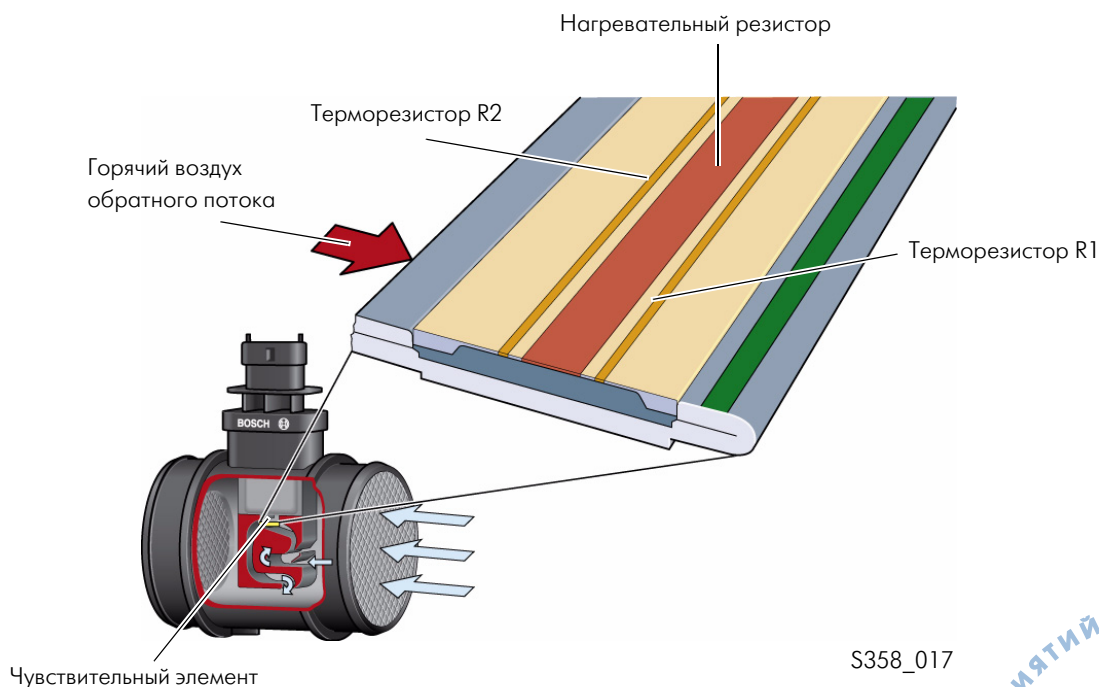
### Принцип действия:

Воздух обратного потока, движущийся в направлении чувствительного элемента, предварительно проходит через терморезистор R2, потом через нагревательный резистор и в завершение через терморезистор R1.

### Пример:

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Температура всасываемого воздуха: | 30 °C  |
| Нагревательный резистор:          | 150 °C |
| Температура резистора R2:         | 50 °C  |
| Температура резистора R1:         | 90 °C  |

По разнице температур резисторов R1 и R2 электронный модуль определяет количество воздуха обратного потока и направление воздушного потока.



S358\_017



# Чувствительный элемент

## Передача сигнала расходомера воздуха в блок управления двигателем

Расходомер воздуха посылает цифровой сигнал измеренной массы воздуха на блок управления двигателя в форме частотного сигнала. По длине периодов импульсов блок управления двигателя может определить измеренную массу воздуха.

### Преимущество:

Цифровые сообщения менее подвержены помехам, чем аналоговые сигналы, передаваемые по проводам.

### Частотный сигнал



## Использование сигнала

### Бензиновый двигатель

Информация о количестве всасываемого воздуха необходима блоку управления двигателя для точного расчёта зависящих от нагрузки функций.

### Дизельный двигатель

Измеренные значения необходимы блоку управления двигателя для расчёта количества рециркулируемых ОГ и количества впрыскиваемого топлива.

## Последствия при пропадании сигнала

### Бензиновый двигатель и дизельный двигатель

При пропадании сигнала расходомера воздуха блок управления двигателя использует эквивалентную модель массы воздуха, которая записана на этот случай в блоке управления двигателя.



## Датчик температуры всасываемого воздуха для чувствительного элемента

Датчик температуры всасываемого воздуха находится на чувствительном элементе, который благодаря этому и определяет фактическую температуру всасываемого воздуха.

### Использование сигнала

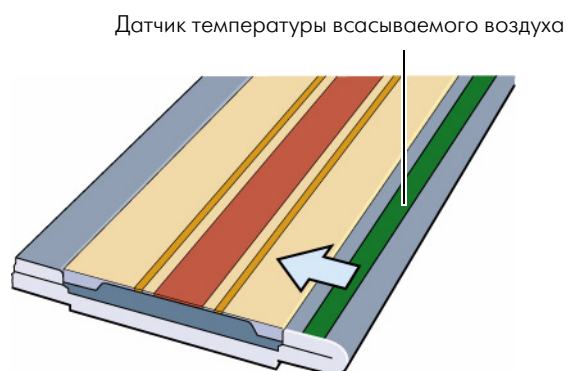
Датчик температуры всасываемого воздуха служит для оценки значений температуры внутри расходомера воздуха.

#### Указания:

В блоке управления двигателя для определения температуры всасываемого воздуха имеется собственный независимый датчик.

Для определения температуры всасываемого воздуха 3,2-литровый двигатель V6 FSI и 3,6-литровый двигатель V6 FSI оснащены датчиком температуры всасываемого воздуха G42.

На 2,5-литровом двигателе R5 TDI для определения температуры всасываемого воздуха установлен датчик температуры всасываемого воздуха G42. Вместе с датчиком давления наддува G31 он составляет единую деталь.



S358\_009



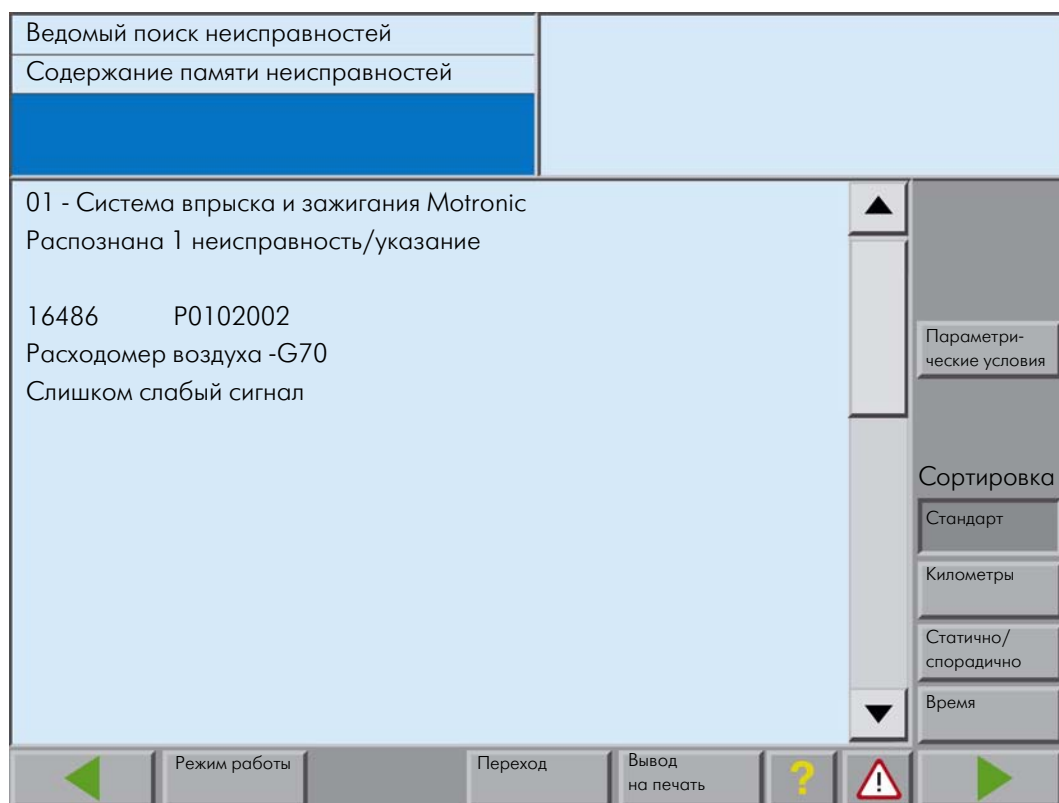
# Техническое обслуживание

## Диагностика

### Память неисправностей

Ошибки в работе расходомера воздуха регистрируются в памяти неисправностей блока управления двигателя J623.

Если в процессе работы возникает функциональное нарушение, то в память неисправностей заносится соответствующая запись.



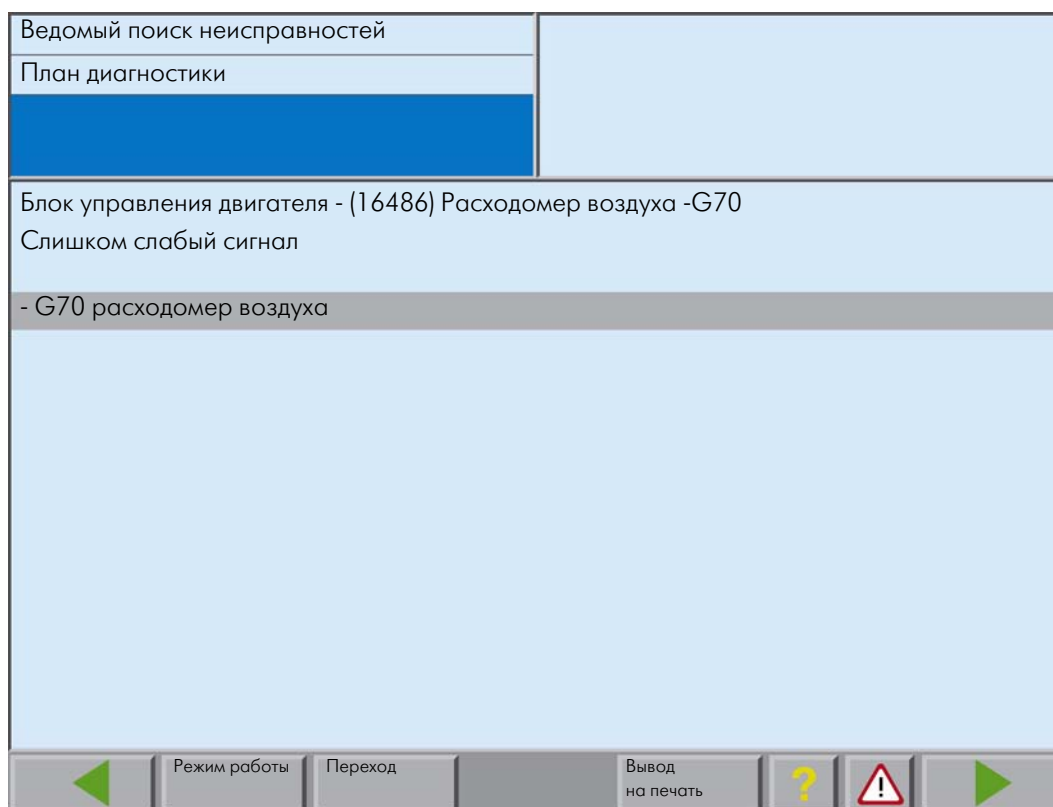
S358\_014





## План диагностики

В зависимости от записи в памяти неисправностей составляется план диагностики системы. В этом плане диагностики описываются отдельные этапы диагностики.



S358\_015

Расходомер воздуха не требует технического обслуживания.

Необходимые ремонтные работы содержатся в режиме „Ведомый поиск неисправностей“.



# Проверка знаний

## 1. Какое высказывание относительно плотности воздуха верно?

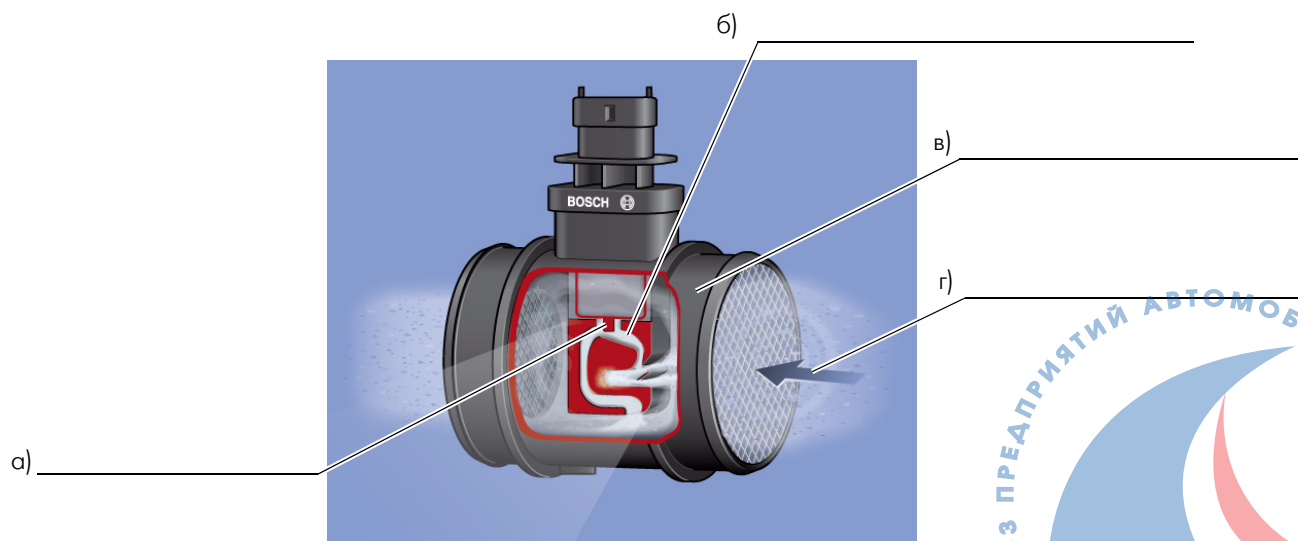
- а) Небольшая плотность воздуха соответствует небольшой массе воздуха.
- б) Высокая плотность воздуха соответствует большой массе воздуха.
- в) Небольшая плотность воздуха соответствует большой массе воздуха.
- г) Плотность и масса воздуха не зависят друг от друга.

## 2. Какое высказывание верно?

Для оптимального сгорания 1 кг топлива в двигателе внутреннего сгорания требуется

- а) 1 кг воздуха
- б) 7,4 кг воздуха
- в) 14,7 кг воздуха
- г) 17,4 кг воздуха

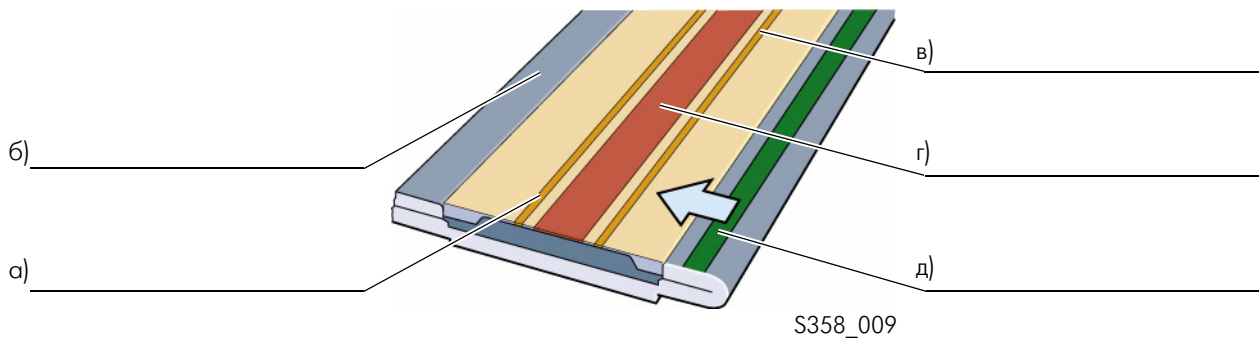
## 3. Назовите детали.



S358\_006



#### 4. Назовите детали.



#### 5. С помощью каких деталей расходомер воздуха определяет обратный поток воздуха?

- а) с помощью терморезистора R2
- б) с помощью нагревательного резистора
- в) с помощью датчика температуры всасываемого воздуха G42
- г) с помощью терморезистора R2

## Глоссарий

### Расшифровка формул химических соединений и сокращений

- CO окись углерода
- HC углеводороды
- NOx оксиды азота
- PM частицы



1 а, б, в, г: чувствительный элемент; б: частичный поток воздуха в: измерительная трубка г: всасываемый воздух;  
4 а: терморезистор R2, б: чувствительный элемент, в: терморезистор R1, г: нагревательный резистор, д: датчик температуры  
всасываемого воздуха; а, б, г