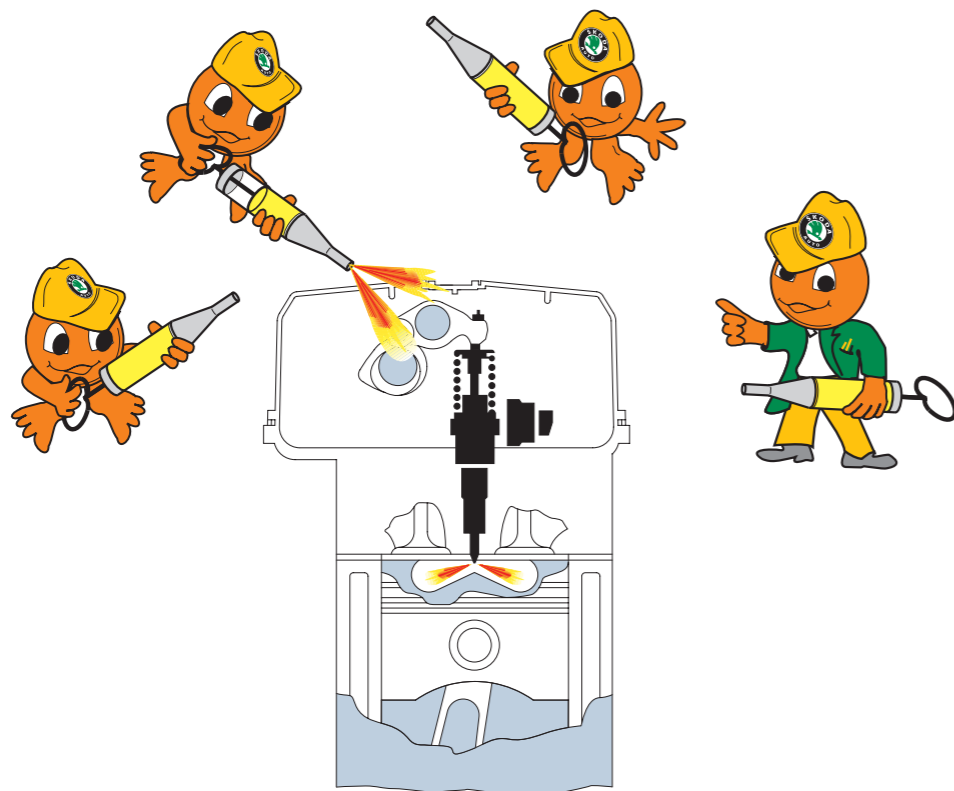


## Новая технология впрыска топлива дизельного двигателя



SP36\_01

Требования, предъявляемые к современным дизельным двигателям в отношении мощности, расхода топлива, токсичности отработавших газов и уровня шума, постоянно ужесточаются. Важным фактором, от которого зависит удовлетворение этих требований, является качественное смесеобразование. Для этого двигателям необходима эффективная система впрыска топлива, обеспечивающая высокое давление впрыска для исключительно тонкого распыления топлива, а также прецизионная система управления моментом начала впрыска и количеством впрыскиваемого топлива.

Решением, позволяющим удовлетворить таким высоким требованиям, является использование насос-форсунок.

В сотрудничестве с компанией Robert Bosch AG, концерну Volkswagen впервые удалось создать дизельный двигатель с насос-форсунками, управляемыми электромагнитными клапанами, предназначенный для использования в легковых автомобилях.

Этот двигатель удовлетворяет требованиям в отношении высокой мощности, и в то же время обладает низкой токсичностью отработавших газов. Сделан шаг в направлении дизельных двигателей будущего, отработавшие газы которых не будут содержать ни дыма, ни запаха.

Двигатели нового поколения будут все шире использоваться на автомобилях марки SKODA.

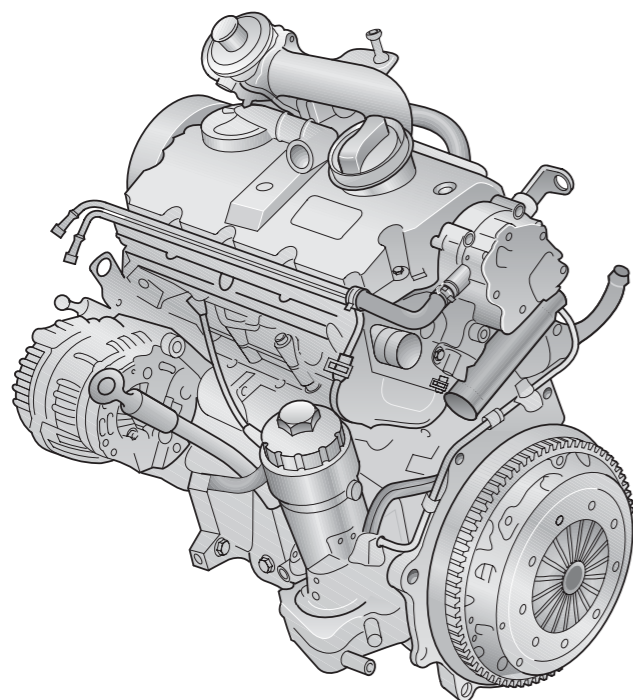
■	Введение	4
■	Система насос-форсунок	6
■	Топливная система	18
■	Система свечей накаливания	25
■	Система управления двигателем	26
■	Функциональная схема	38
■	Самодиагностика	41
■	Механические узлы двигателя	42
■	Проверка знаний	46

Сведения о проверке и техническом обслуживании, а также инструкции по настройке и ремонту приведены в Руководстве для сервисных центров.



# Введение

## 1,9-литровый двигатель TDI с системой насос-форсунок



SP36\_05

1,9-литровый двигатель TDI с системой насос-форсунок разработан на базе 1,9-литрового двигателя TDI с ТНВД распределительного типа.

Основное отличие от этого двигателя заключается в принципе впрыска топлива.

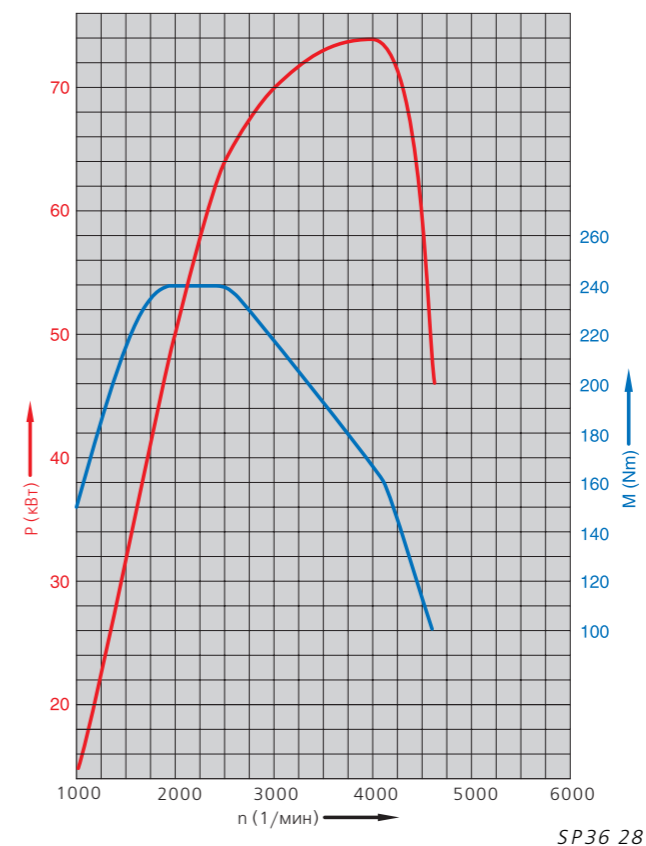
В настоящей программе самообучения рассмотрены конструкция и принцип работы этой новой системы впрыска. Здесь также приведена информация о новых особенностях системы питания, системы управления двигателем и о новых механических узлах двигателя.

По сравнению с системой, в которой используется ТНВД распределительного типа, система с насос-форсунками обеспечивает следующие преимущества:

меньшее количество отложений, образующихся в процессе горения  
низкий уровень токсичности отработавших газов  
низкий расход топлива  
более высокая мощность

Эти преимущества обеспечиваются за счет:

высокого давления впрыска, достигающего 205 МПа (2050 бар)  
прецизионного управления процессом впрыска  
фазой предварительного впрыска



SP36\_28

### Механические узлы двигателя

- Турбодизельный двигатель с охладителем наддувочного воздуха.
- Сдвоенный насос для подачи топлива и создания разрежения, электрический подкачивающий топливный насос.
- Блок цилиндров, отлитый из серого чугуна.
- Цилиндрические толкатели клапанов с гидравлической компенсацией клапанных зазоров.
- В каждом цилиндре имеется насос-форсунка, создающее высокое давление впрыска до 205 МПа (2050 бар).
- Сливаемое обратно в бак топливо охлаждается воздушным охладителем в полу автомобиля.

### Технические характеристики

Буквенное обозначение двигателя:	ATD
Система управления двигателем:	Bosch EDC 15P 4-цилиндровый, рядный
Тип:	2
Число клапанов на цилиндр:	1896 см <sup>3</sup>
Рабочий объем:	79,5 мм
Диаметр цилиндра:	95,5 мм
Ход поршня:	19,0
Степень сжатия:	74 кВт при 4000 об/мин
Номинальная мощность:	240 Н·м при 1900 – 2600 об/мин
Максимальный крутящий момент:	Рециркуляция отработавших газов и катализатор окислительного типа
Система снижения токсичности отработавших газов:	Стандарт токсичности Евро 3
Стандарт токсичности отработавших газов:	Дизельное топливо с ЦЧ не менее 49,
Топливо:	биотопливо РМЕ, не менее 48

# Система насос-форсунок

## Общие сведения

### Что такое насос-форсунка?

Насос-форсунка представляет собой ТНВД для одного цилиндра, управляемый электромагнитным клапаном, и распылительное сопло, объединенные в единый блок.

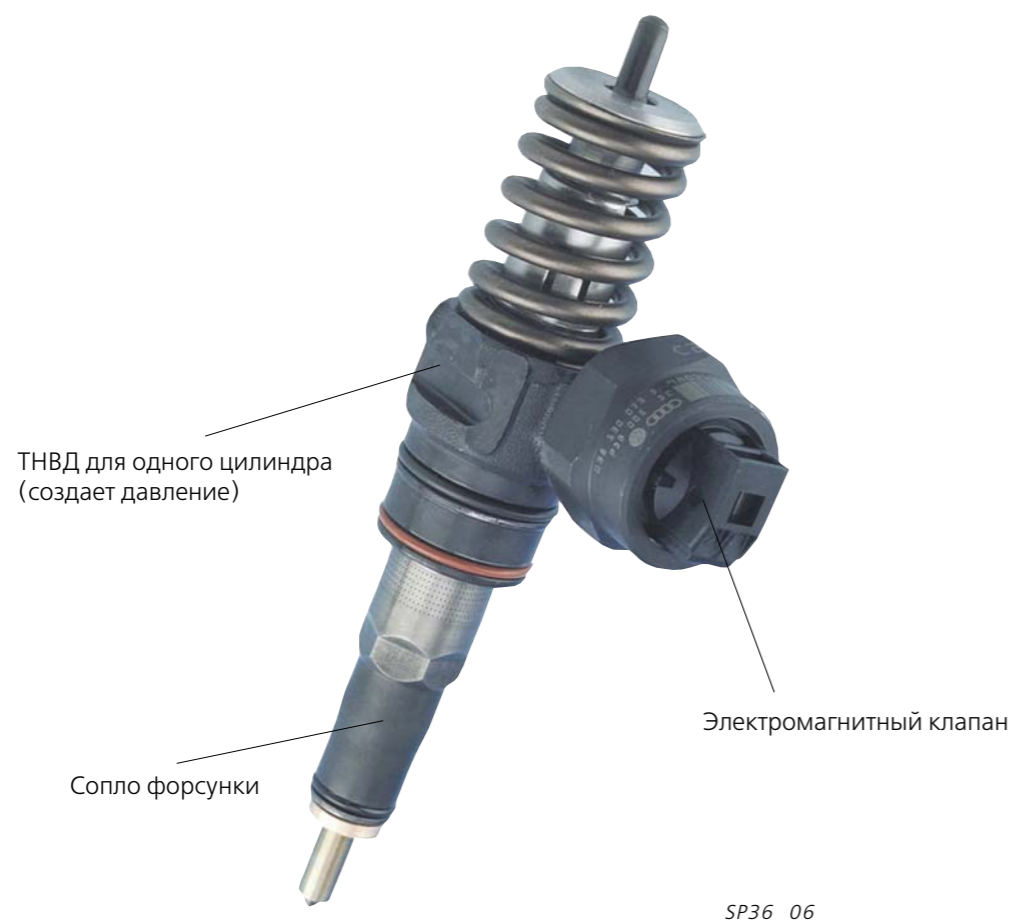
Как и в случае ТНВД распределительного типа с форсунками, система с насос-форсунками выполняет следующие функции:

- создает высокое давление для впрыска топлива,
- обеспечивает впрыск необходимого количества топлива в точно определенный момент.

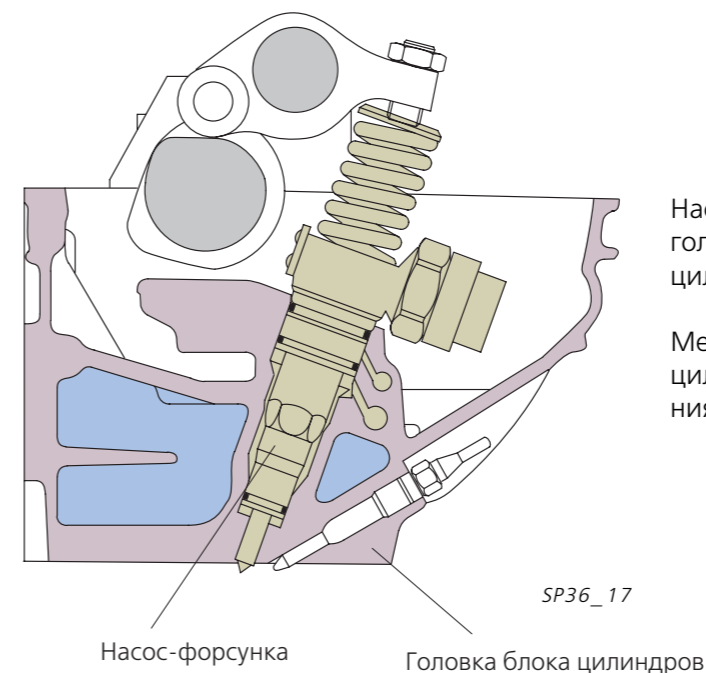
### Примечание:

**Насос-форсунка называется также UIS (Unit Injector System, система насос-форсунок)**

В каждом цилиндре установлено по одной насос-форсунке. Следовательно, под высоким давлением работают лишь несколько деталей двигателя.



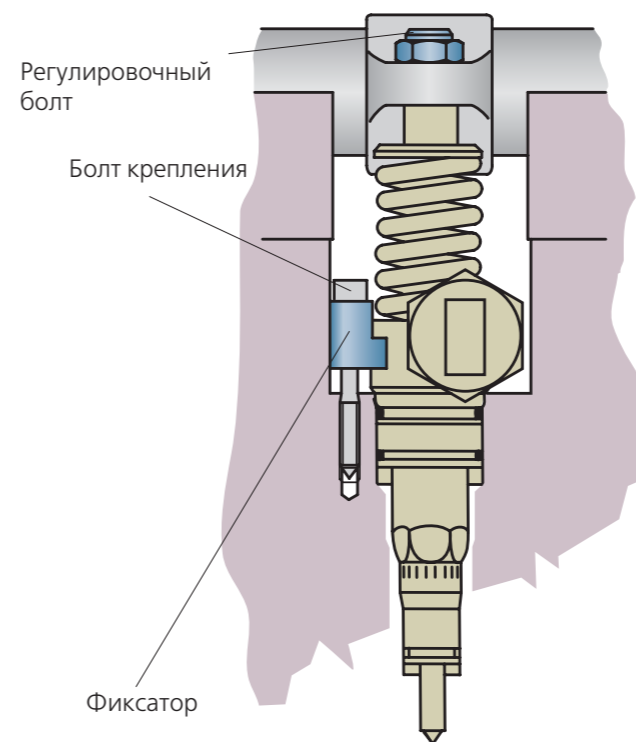
## Установочное положение



Насос-форсунки установлены непосредственно в головке блока цилиндров в камерах сгорания цилиндров.

Между насос-форсунками и головкой блока цилиндров устанавливаются кольцевые уплотнения.

## Присоединение / Регулировка



Насос-форсунка крепится в головке блока цилиндров с помощью фиксатора. После установки насос-форсунки положение поршня насоса выставляется регулировочным болтом.

После установки насос-форсунки следует убедиться, что она правильно расположена и отрегулирована. Если она не будет установлена под прямым углом к фиксатору, затяжка болта крепления может ослабнуть. В этом случае могут быть повреждены насос-форсунка или головка блока цилиндров.

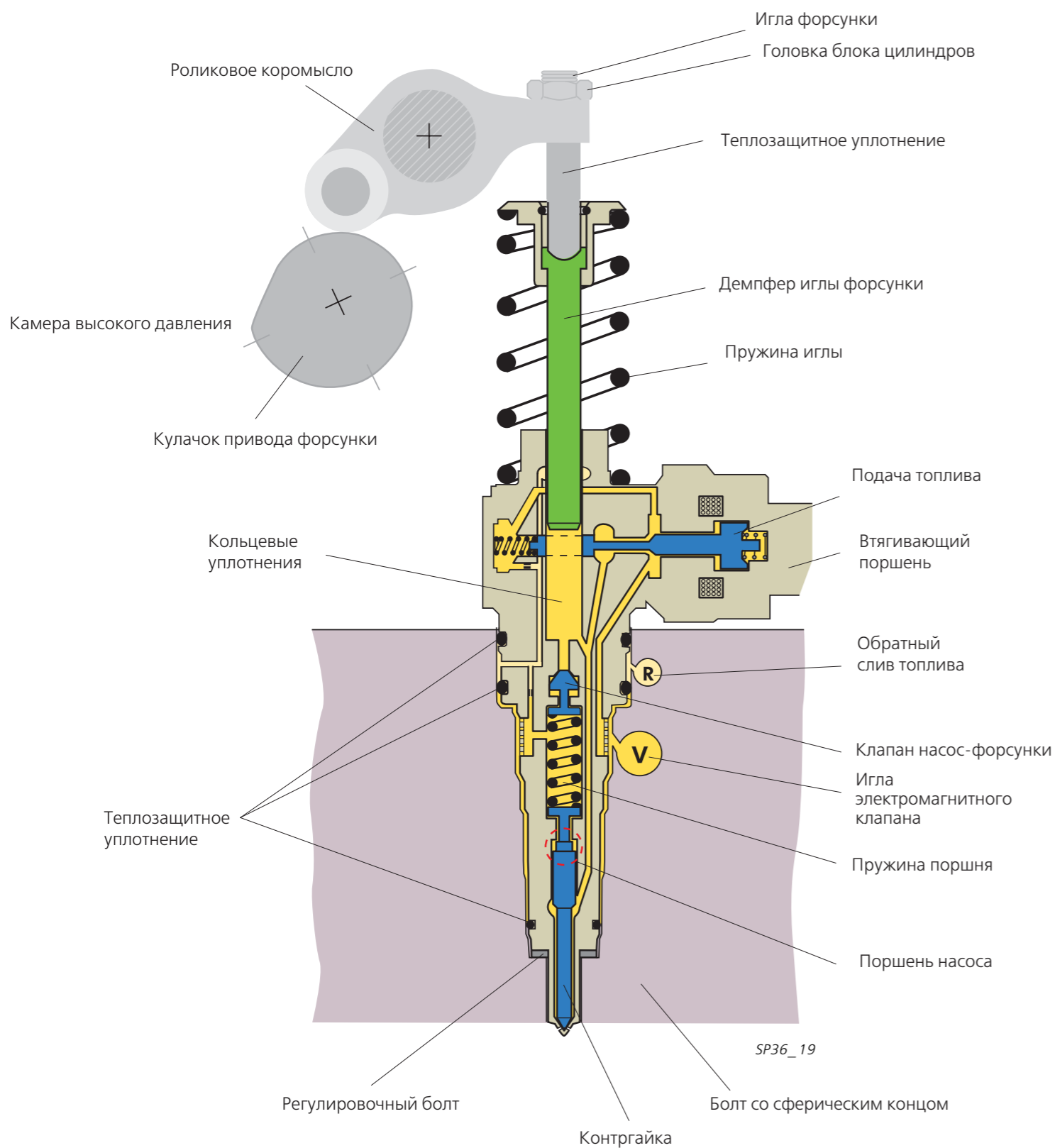
При правильной регулировке между дном камеры высокого давления и поршнем насоса, находящемся в нижней точке хода, должен быть небольшой зазор (см. также стр.8). Благодаря зазору предотвращается удар поршня насоса о дно камеры высокого давления при нагреве поршня.



**Примечание:**  
См. также инструкции в Руководстве для сервисных центров.

# Система насос-форсунок

## Конструкция

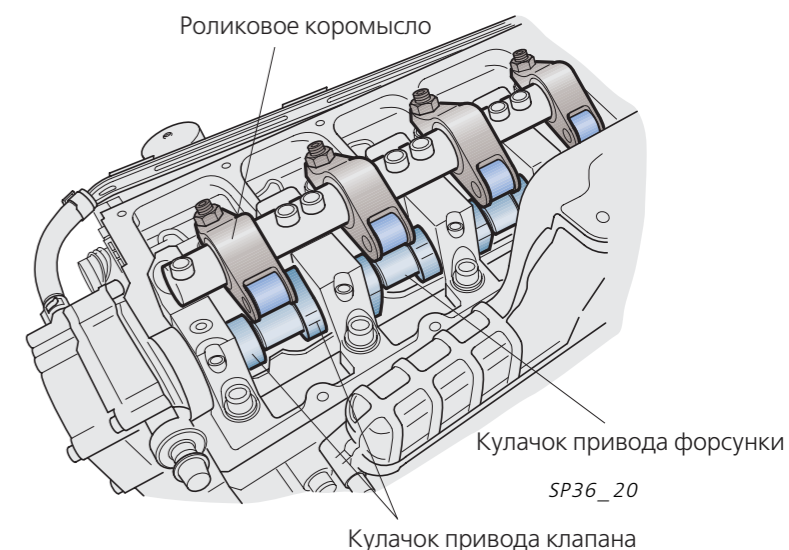


SP36\_19

## Привод

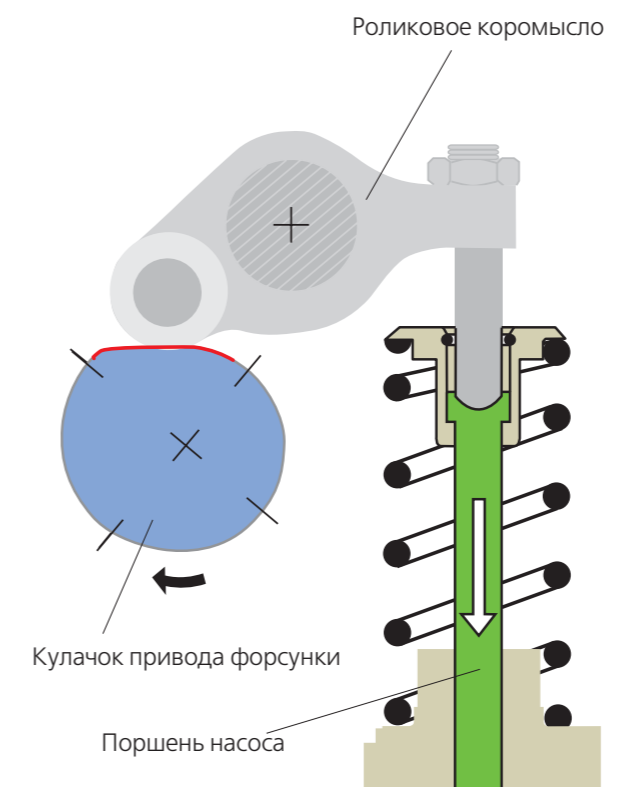
Насос-форсунки приводятся в действие роликовыми коромыслами от кулачков распределительного вала.

На распределительном вале имеется четыре дополнительных кулачка привода форсунок, которые расположены между кулачками привода клапанов. Кулачки воздействуют на поршни насосов насос-форсунок через роликовые коромысла.



**У кулачков привода насос-форсунок имеется резкий подъем ...**

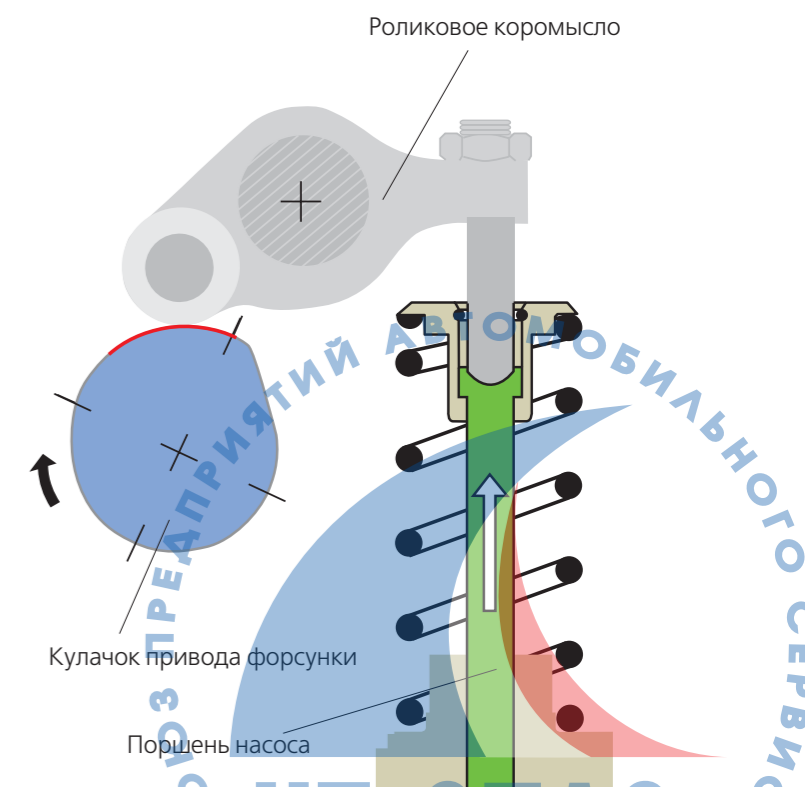
Поршень насоса перемещается вниз с большой скоростью. Это позволяет быстро создать высокое давление впрыска.



SP36\_29

**... и плоская опускающаяся часть.**

Благодаря этому поршень насоса движется вверх медленно и равномерно и топливо может втекать в камеру высокого давления насос-форсунки без пузырьков воздуха.



SP36\_30

# Система насос-форсунок

Важным фактором, от которого зависит к.п.д. сгорания топлива, является качественное смесеобразование.

Для этого требуется, чтобы топливо впрыскивалось в нужном количестве, в нужный момент и при нужном давлении.

Даже незначительные отклонения приведут к увеличению токсичности отработавших газов, к более высокому уровню шума сгорания и к повышению расхода топлива.

## Фаза предварительного впрыска

Перед началом основной фазы впрыска, впрыскивается небольшое количество топлива при малом давлении – предварительный впрыск – чтобы сделать процесс сгорания топлива, как можно более равномерным. При сгорании этого небольшого количества топлива в камере сгорания повышаются давление и температура.

## Основная фаза впрыска

Во время основной фазы впрыска очень важно обеспечить качественное смесеобразование, чтобы сгорело максимально возможное количество топлива. Благодаря высокому давлению впрыска топливо распыляется очень мелко, в результате чего обеспечиваются условия для качественного смешивания топлива с воздухом. Полное сгорание топлива приводит, в свою очередь, к уменьшению токсичности отработавших газов и к увеличению мощности.

Цикл впрыска топлива системы с насос-форсунками, с малым давлением на фазе предварительного впрыска, за которой следует «пауза впрыска», с повышением давления на основной фазе впрыска, с быстрым завершением впрыска, полностью согласуется с высокими требованиями, предъявляемыми двигателем.

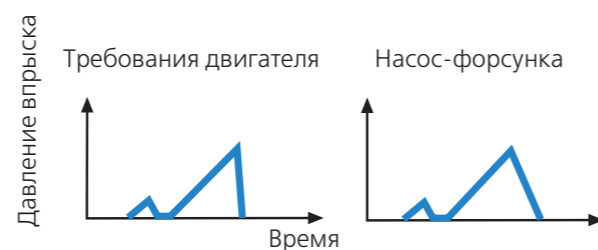
Важным моментом в процессе сгорания топлива в дизельном двигателе является небольшое запаздывание воспламенения. Запаздывание воспламенения – это время между началом впрыска и началом увеличения давления в камере сгорания. Если в этот период впрыскивается большое количество топлива, это приводит к резкому повышению давления и к громкому шуму, сопровождающему сгорание.

Таким образом создаются предпосылки для быстрого воспламенения топлива, впрыскиваемого во время основной фазы и, в свою очередь, уменьшается запаздывание воспламенения. Благодаря наличию фазы предварительного впрыска и «паузы впрыска» между фазой предварительного впрыска и основной фазой впрыска давление в камере сгорания будет увеличиваться не резко, а постепенно. Вследствие этого понижается уровень шума сгорания и уменьшается содержание оксидов азота в отработавших газах.

## Завершение впрыска

В конце цикла впрыска важно, чтобы давление впрыска резко упало и чтобы быстро закрылась игла форсунки.

Таким образом предотвращается попадание топлива в камеру сгорания под низким давлением и в виде больших капель. В этом случае топливо сгорало бы не полностью, что привело бы к увеличению токсичности отработавших газов.



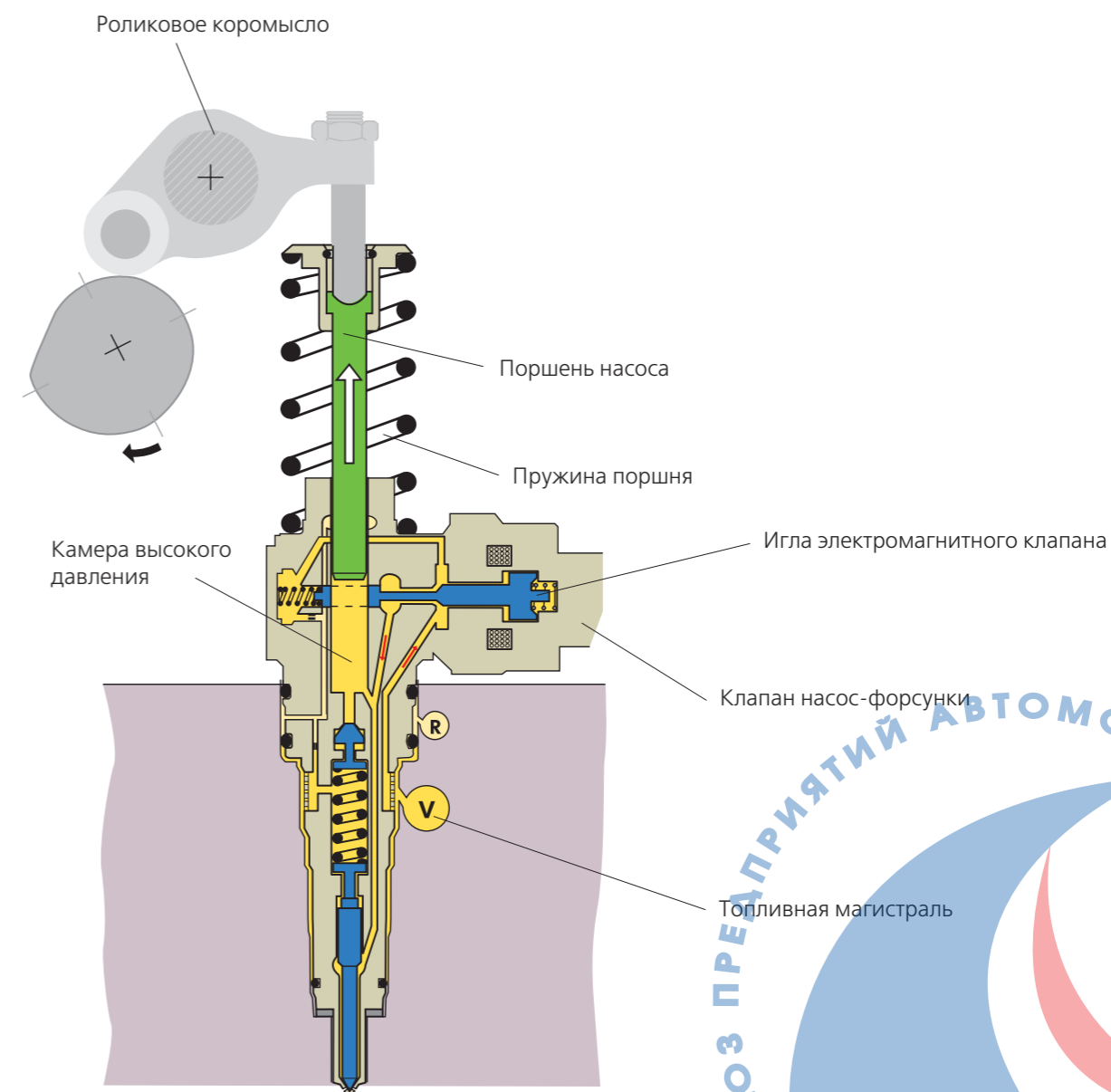
## Процесс впрыска

### Камера высокого давления заполнена

Во время заполнения поршень насоса поднимается под воздействием пружины, при этом увеличивается объем камеры высокого давления.

Клапан насос-форсунки выключен. Игла электромагнитного клапана находится в нерабочем положении и открывает канал от топливной магистрали в камеру высокого давления.

Под воздействием давления, созданного топливным насосом в топливной магистрали, топливо поступает в камеру высокого давления.



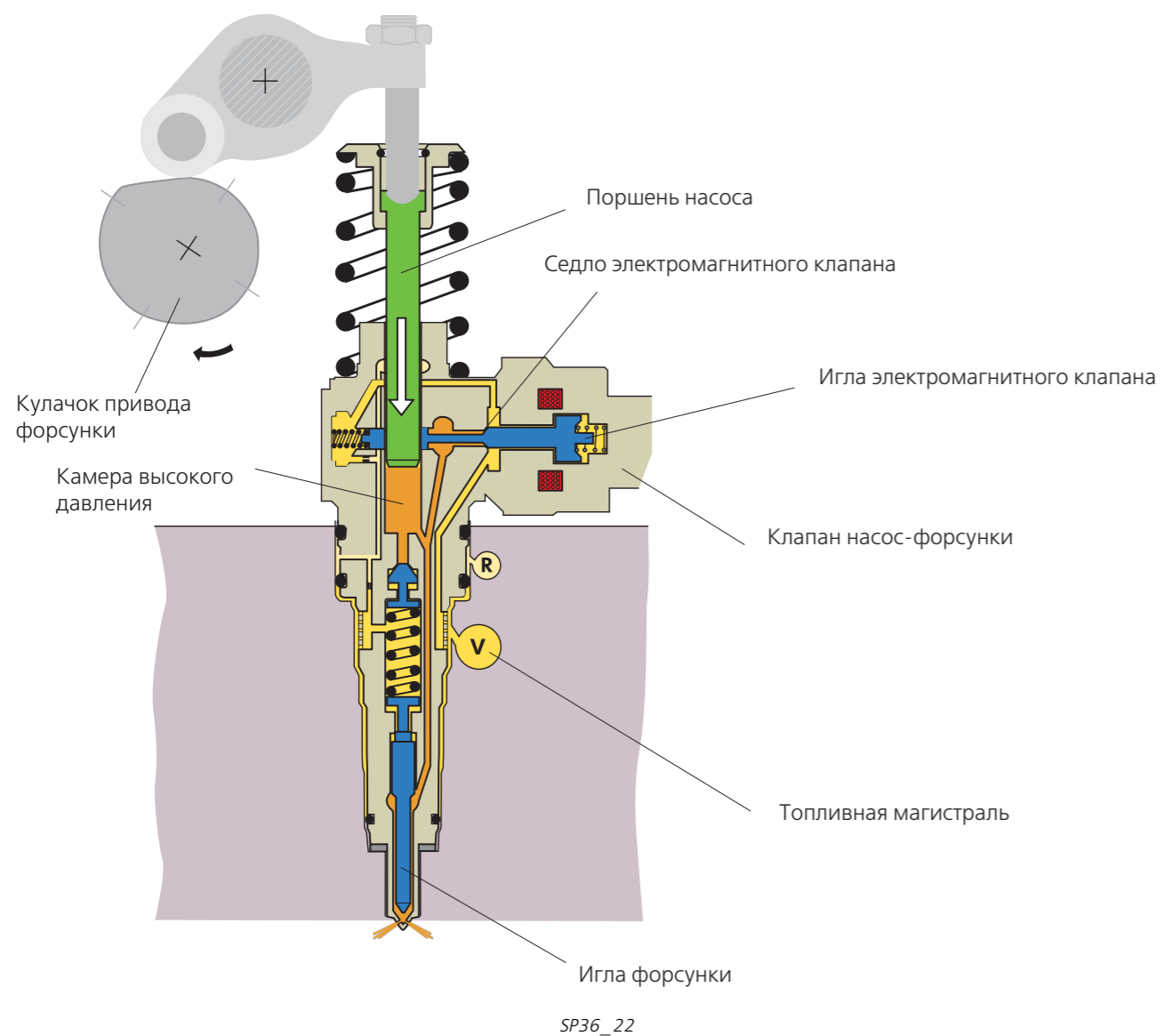
SP36\_21

# Система насос-форсунок

## Процесс впрыска

### Начало фазы предварительного впрыска

В результате воздействия кулачка на ролик коромысло поршень насоса смещается вниз и, таким образом, выталкивает топливо из камеры высокого давления в топливную магистраль. Процесс впрыска начинается по сигналу блока управления двигателя. Для этого блок управления включает клапан насос-форсунки. При этом игла электромагнитного клапана опускается на седло и перекрывает канал от камеры высокого давления к топливной магистрали. В результате в камере высокого давления начинает подниматься давление. Как только давление достигнет значения 18 МПа (180 бар), преодолевается усилие пружины иглы. Игла форсунки поднимается и начинается фаза предварительного впрыска.

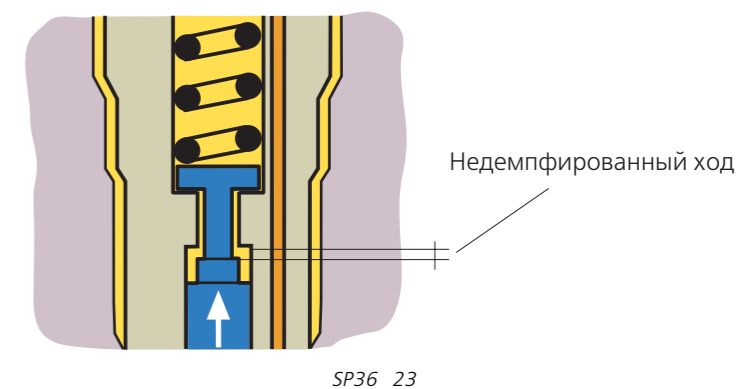


### Демпфер иглы форсунки

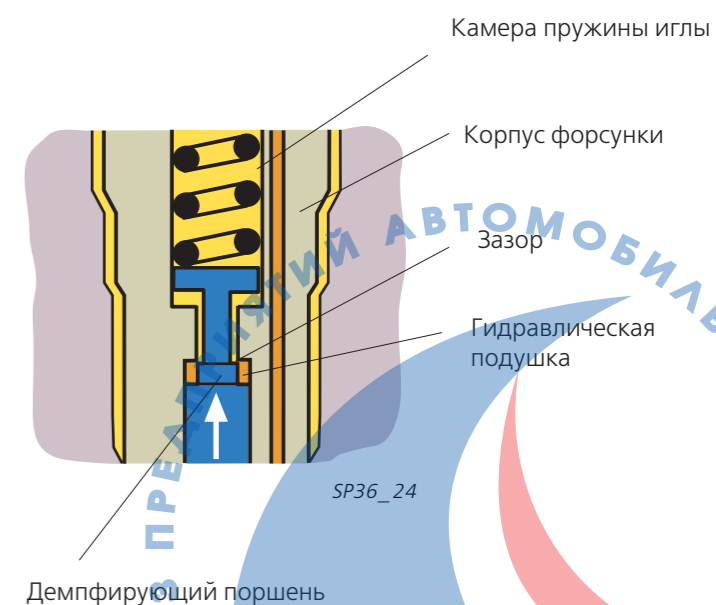
В фазе предварительного впрыска ход иглы форсунки демпфируется за счет гидравлической подушки, это позволяет обеспечить точную дозировку впрыскиваемого топлива.

### Процесс

На первой трети полного хода игла форсунки открывается без демпфирования. После этого в камеру сгорания впрыскивается топливо в количестве, необходимом для предварительного впрыска.



Как только демпфирующий поршень погружается в отверстие в корпусе форсунки, топливо над иглой форсунки может выдавливаться в камеру пружины иглы только через небольшой зазор. Это, в свою очередь, образует гидравлическую подушку, которая ограничивает ход иглы форсунки на фазе предварительного впрыска.

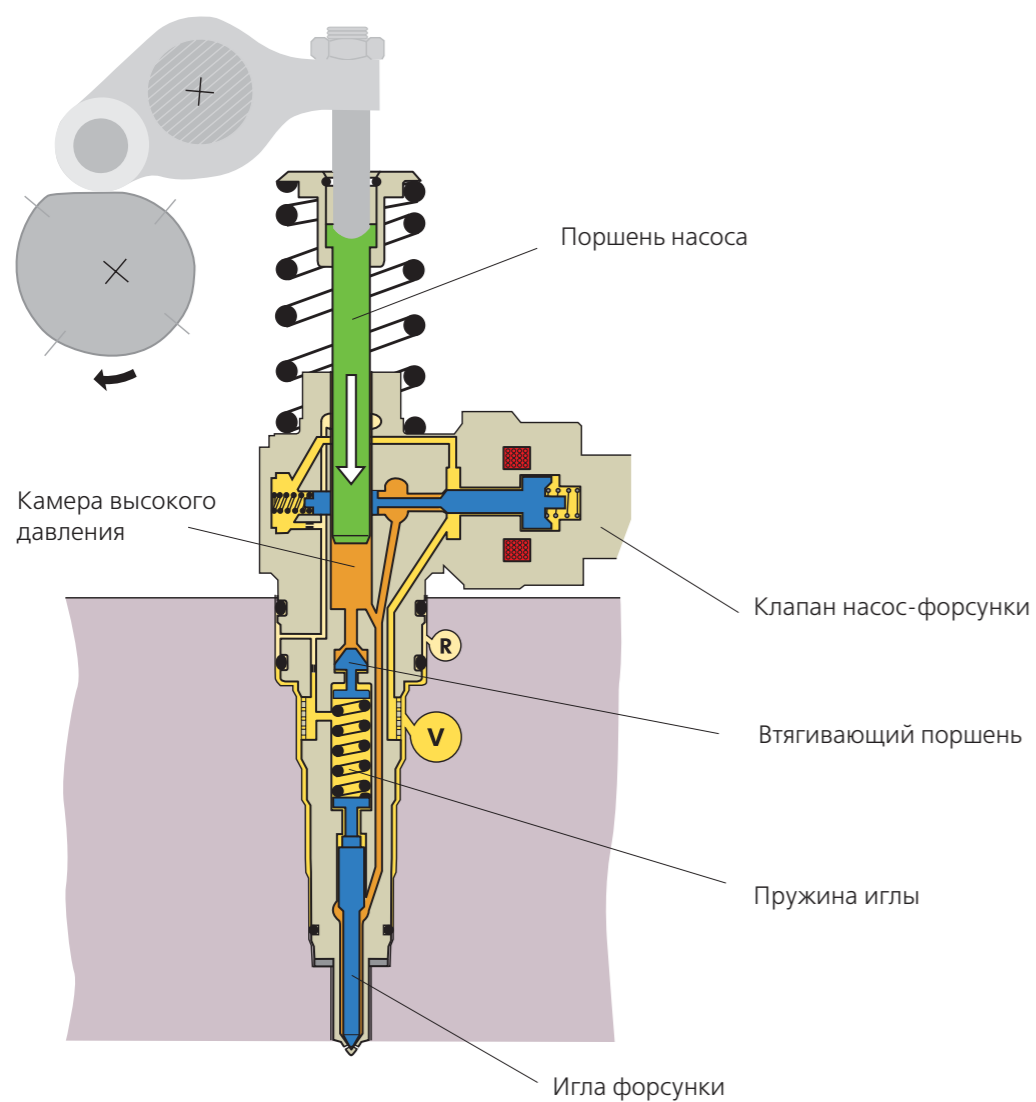


# Система насос-форсунок

## Процесс впрыска

### Завершение фазы предварительного впрыска

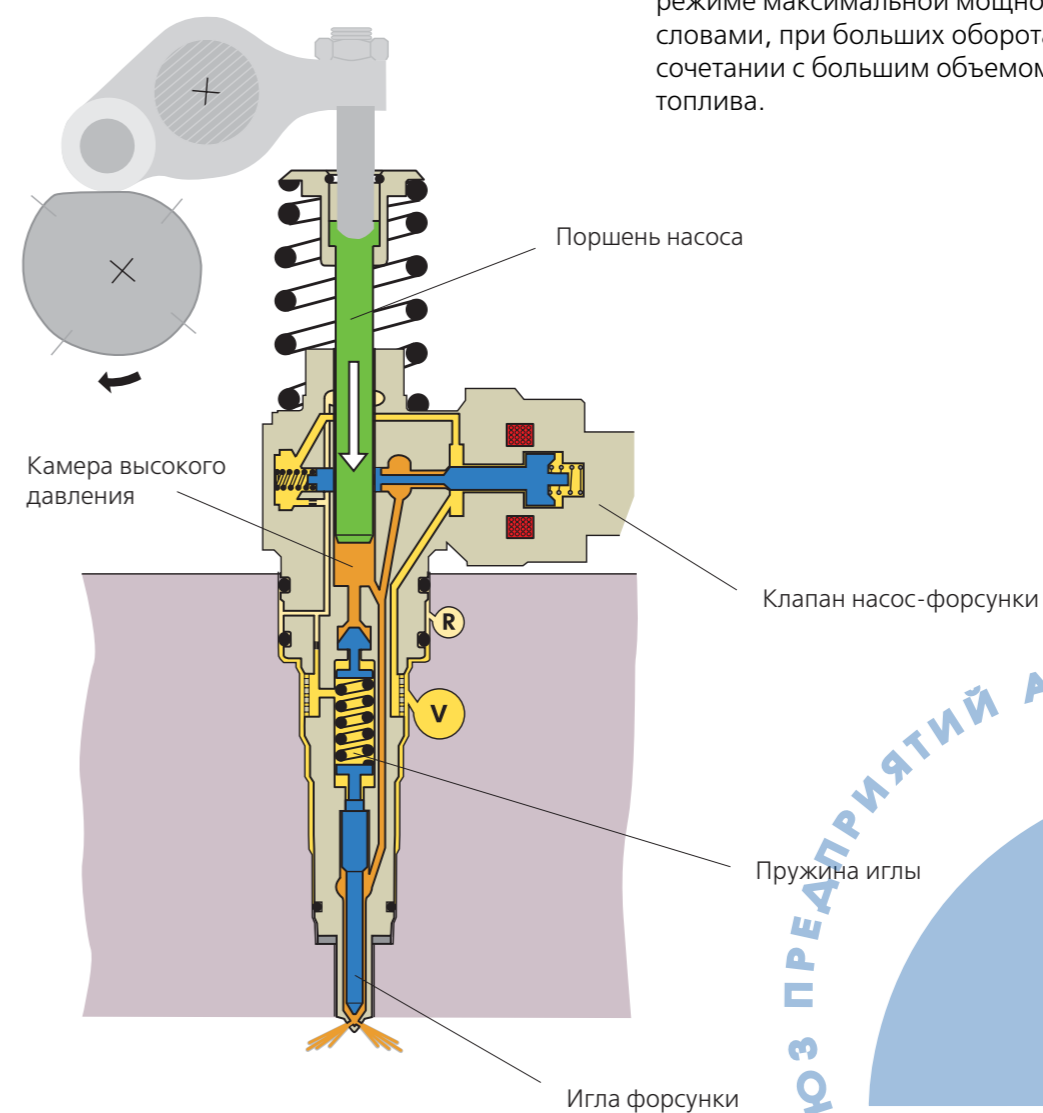
Фаза предварительного впрыска начинается сразу же после открывания иглы форсунки. За счет повышения давления втягивающий поршень смещается вниз и, таким образом, увеличивает объем камеры высокого давления. В результате давление кратковременно падает и игла форсунки закрывается. На этом фаза предварительного впрыска завершается. В результате движения втягивающего поршня вниз пружина иглы сжимается с еще большим усилием. Поэтому, чтобы еще раз открыть иглу форсунки на основной фазе впрыска, требуется еще более высокое давление, чем на фазе предварительного впрыска.



SP36\_25

### Начало основной фазы впрыска

Почти сразу после закрывания иглы форсунки давление в камере высокого давления снова повышается. В этот момент клапан насос-форсунки еще закрыт и поршень насоса движется вниз. При давлении около 30 МПа (300 бар) сила давления топлива начинает превышать усилие пружины иглы. Игла форсунки еще раз поднимается и впрыскивается топливо в количестве, необходимом для основной фазы впрыска. На этой фазе давление повышается до значения 205 МПа (2050 бар), так как в единицу времени в камеру высокого давления поступает больше топлива, чем может быть распылено через отверстия сопла. Давление достигает наибольшего значения, если двигатель работает на режиме максимальной мощности, другими словами, при больших оборотах двигателя в сочетании с большим объемом впрыскиваемого топлива.



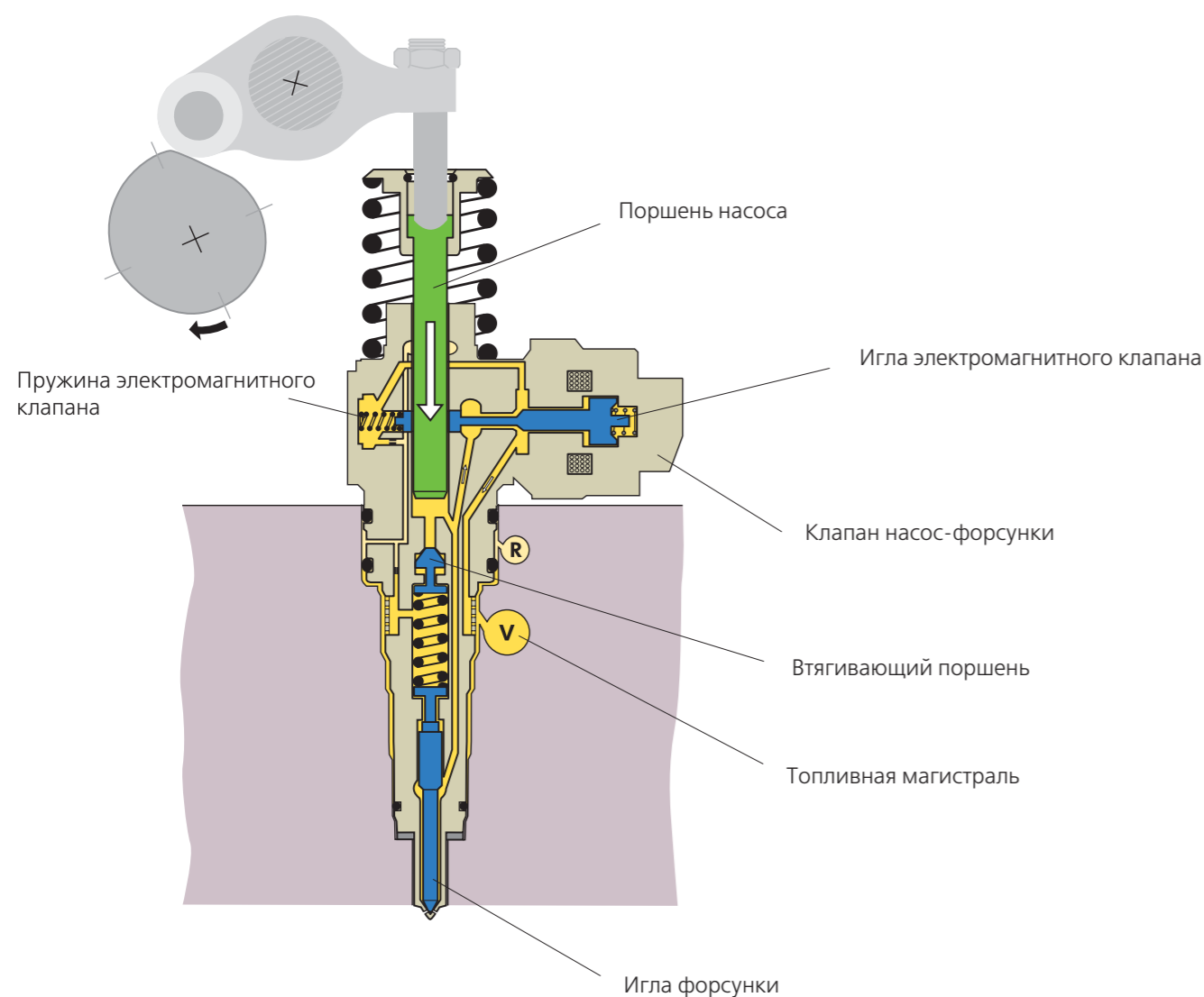
SP36\_26

# Система насос-форсунок

## Процесс впрыска

### Завершение основной фазы впрыска

Основная фаза впрыска заканчивается в тот момент, когда блок управления двигателя выключает клапан насос-форсунки. При этом игла электромагнитного клапана открывается под действием пружины. Топливо, вытесненное поршнем насоса, возвращается в топливную магистраль. Давление падает. Игла форсунки закрывается и втягивающий поршень, под воздействием пружины иглы, возвращается в исходное положение. Основная фаза впрыска завершена.

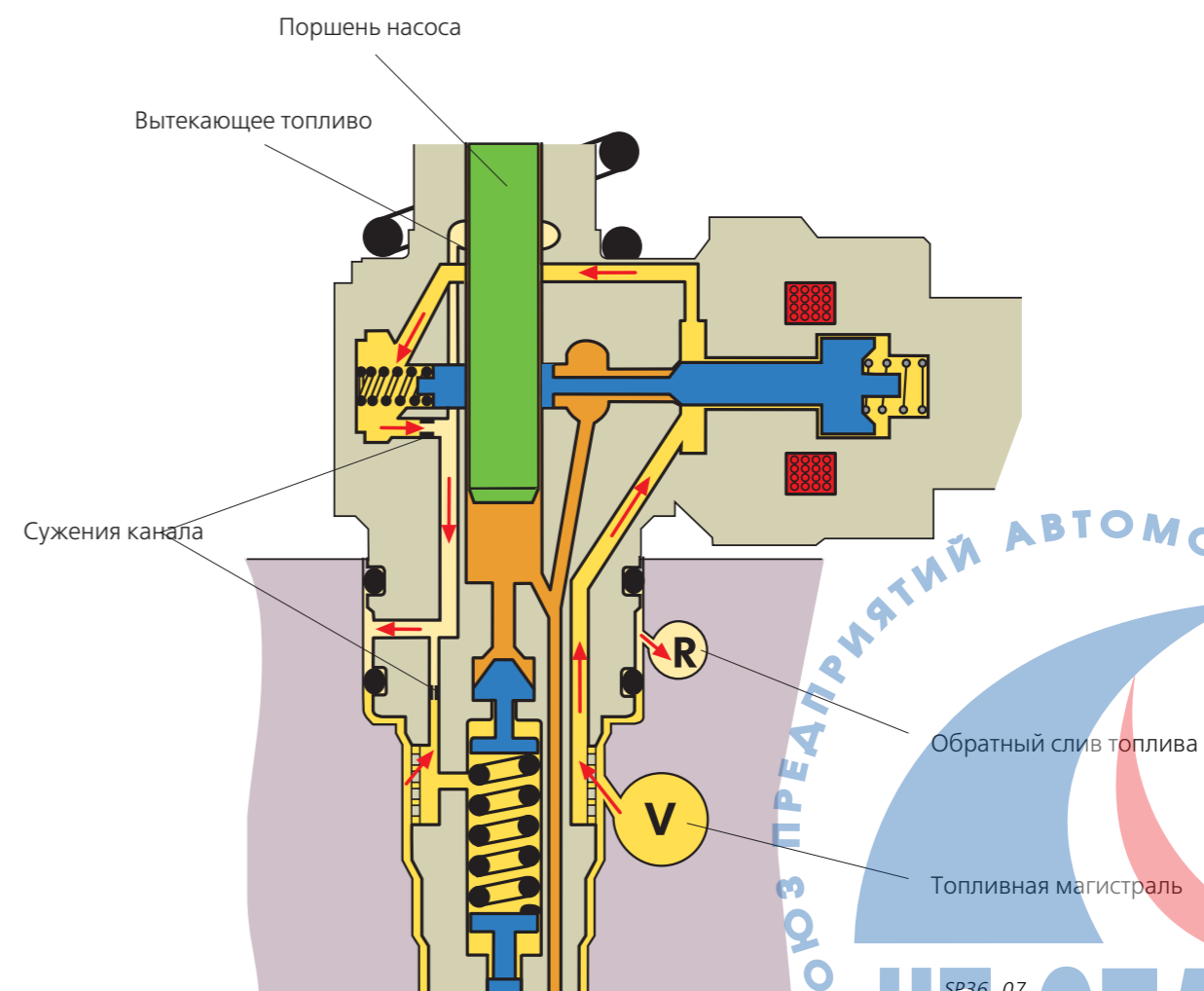


SP36\_16

## Обратный слив топлива в насос-форсунке

Канал обратного слива топлива в насос-форсунке обеспечивает выполнение следующих функций:

- Охлаждение насос-форсунки. Это достигается за счет прохождения топлива из топливной магистрали по каналам насос-форсунки в канал обратного слива топлива.
- Отвод топлива, вытекающего под давлением поршня насоса.
- Удаление пузырьков пара из поступающего топлива за счет сужений в канале обратного слива топлива.



SP36\_07



# Топливная система

## Топливная система

Подачу топлива обеспечивают два насоса:  
- электрический топливный насос\*  
- механический топливный насос.

Электрический подкачивающий топливный насос обеспечивает предварительное давление топлива в системе. Он установлен в топливном баке. Насос подает топливо под давлением 0,05 МПа (0,5 бар) в механический топливный насос.

Последний прикреплен к двигателю непосредственно у вакуумного насоса на головке блока цилиндров.

При включении зажигания электрический насос работает в течение 2 секунд, после чего выключается на время, пока двигатель проворачивается стартером.

Затем электрический насос работает постоянно и вместе с механическим топливным насосом обеспечивает подачу топлива в двигатель.

Клапан ограничения давления в электрическом топливном насосе обеспечивает на входе в механический насос давление топлива около 0 МПа (0 бар).

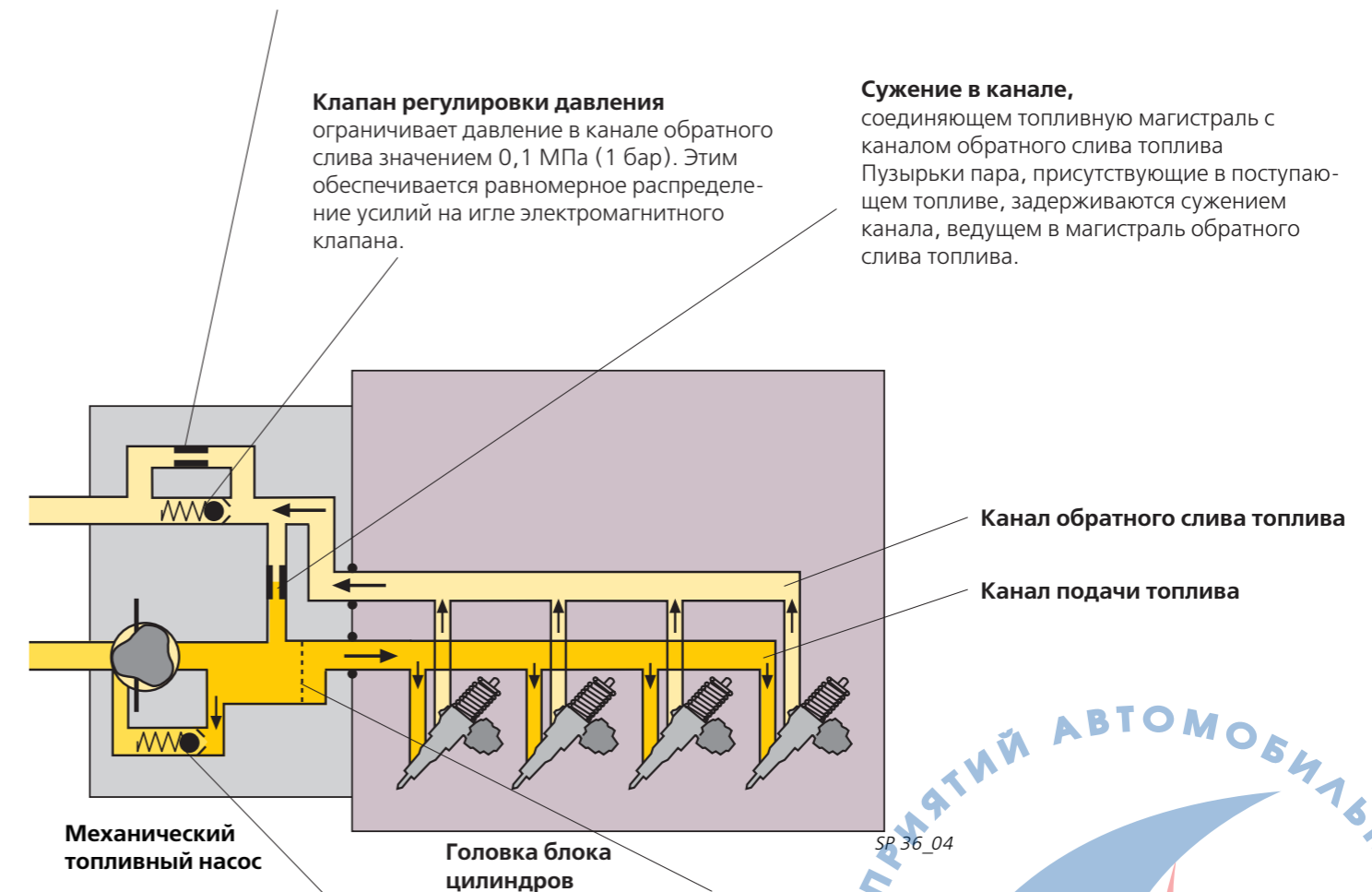
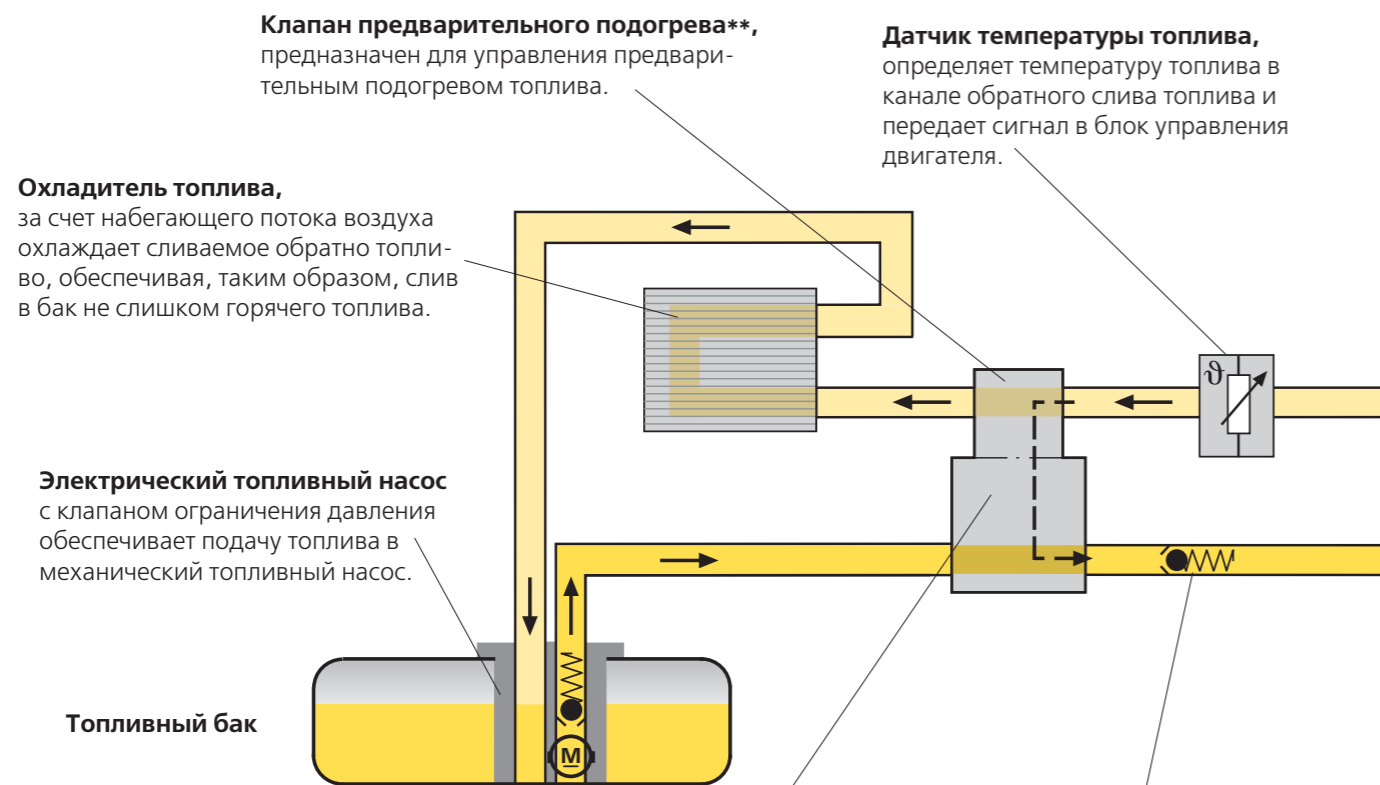
После этого, под воздействием механического топливного насоса, топливо поступает через топливные каналы в головке блока цилиндров непосредственно в насос-форсунки.

Излишнее топливо, не использованное для впрыска, направляется механическим топливным насосом через канал обратного слива топлива в головке блока цилиндров обратно в топливный бак.

В магистраль обратного слива топлива встроены датчик температуры и охладитель топлива.

## Байпас (перепускная трубка)

Если в топливной системе присутствует воздух, например, если двигатель был запущен с пустым топливным баком, клапан ограничения давления остается закрытым. Воздух удаляется из системы со сливаемым обратно топливом.



\* Некоторые модели выпускались со струйным перекачивающим насосом (SOP) без электрического топливного насоса.

\*\* При определенной температуре топлива клапан предварительного подогрева направляет подогретое топливо из канала обратного слива топлива через топливный фильтр снова в топливную магистраль.

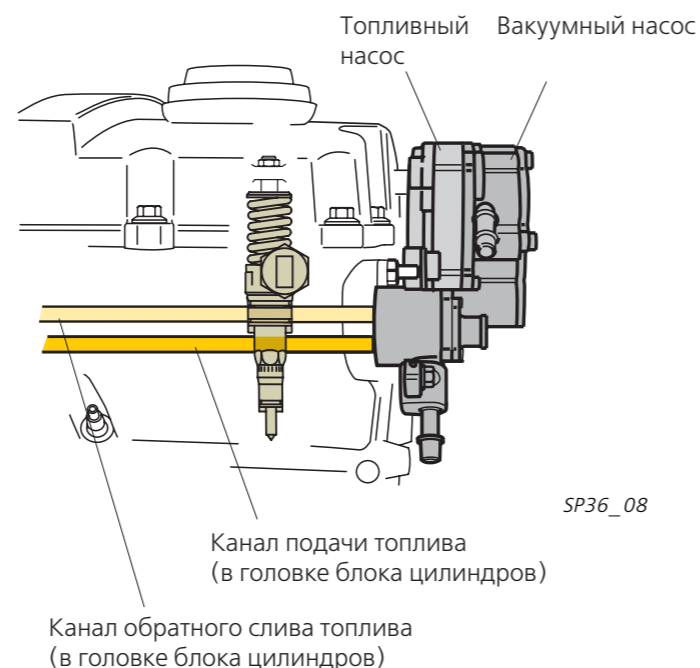
# Топливная система

## Механический топливный насос

Насос расположен непосредственно за вакуумным насосом на боковой поверхности головки блока цилиндров. Привод обоих насосов осуществляется совместно от распределительного вала. Узел также называется сдвоенным насосом.

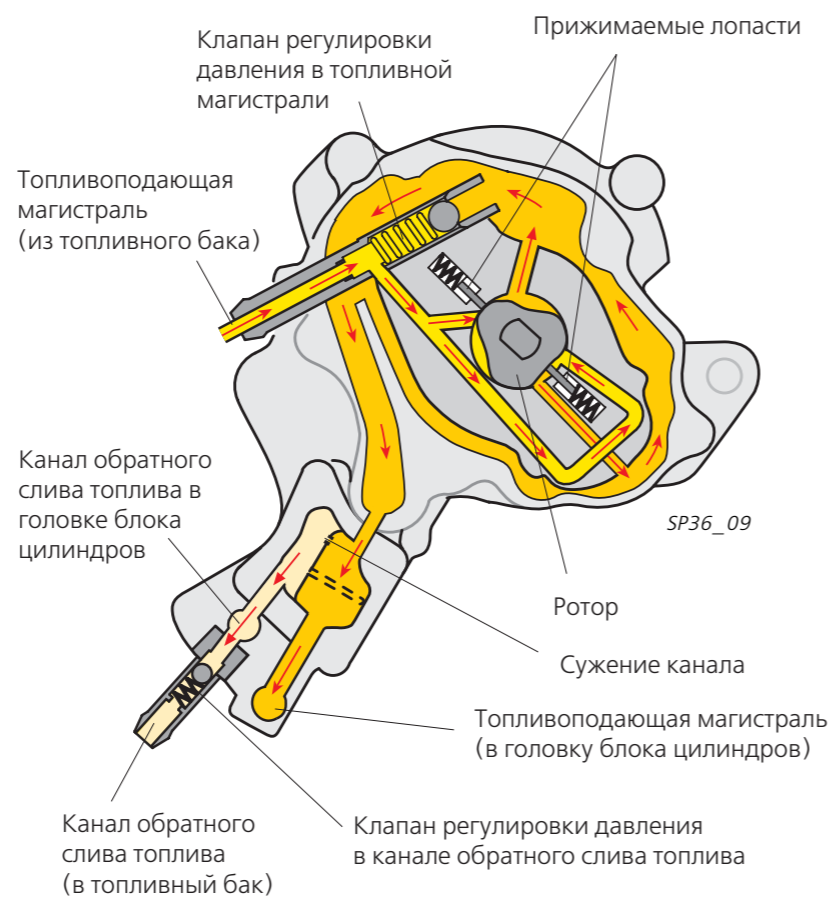
Топливо, подаваемое из бака электрическим насосом, накачивается механическим насосом через топливоподающий канал (в головке блока цилиндров) в насос-форсунки.

В механическом топливном насосе имеется резьбовое отверстие с пробкой для присоединения манометра. Манометром можно проверить давление подачи топлива в магистрали.



Механический топливный насос имеет прижимаемые лопасти. В насосе такой конструкции лопасти прижимаются к ротору пружинами. Преимущество этой конструкции в том, что подача топлива осуществляется уже при низких оборотах. (Обычные лопастные насосы не качают топливо, пока частота вращения не будет достаточно высокой, чтобы лопасти прижимались к статору за счет центробежной силы.)

Поток топлива в насосе организован таким образом, что ротор всегда остается покрытым топливом, даже при пустом топливном баке. За счет этого обеспечивается всасывание топлива.



## Принцип работы

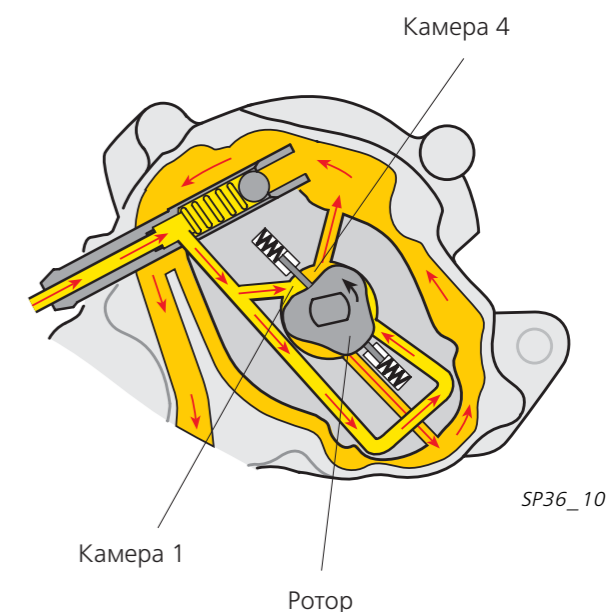
Топливный насос работает следующим образом:

- всасывание топлива осуществляется за счет увеличения объема
- нагнетание топлива осуществляется за счет уменьшения объема

Всасывание и нагнетание топлива осуществляется в каждой из двух камер. Впускные камеры и выпускные камеры разделены прижимаемыми лопастями.

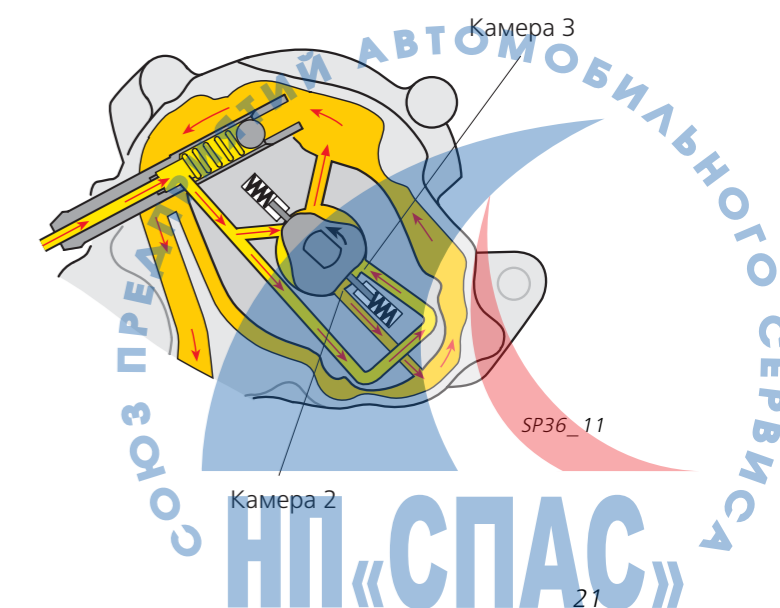
## Описание работы камер 1 и 4

Топливо всасывается камерой 1 (всасывающая камера) и нагнетается под давлением камерой 4 (выпускная камера). При вращении ротора объем камеры 1 увеличивается, а объем камеры 4 уменьшается.



## Описание работы камер 2 и 3

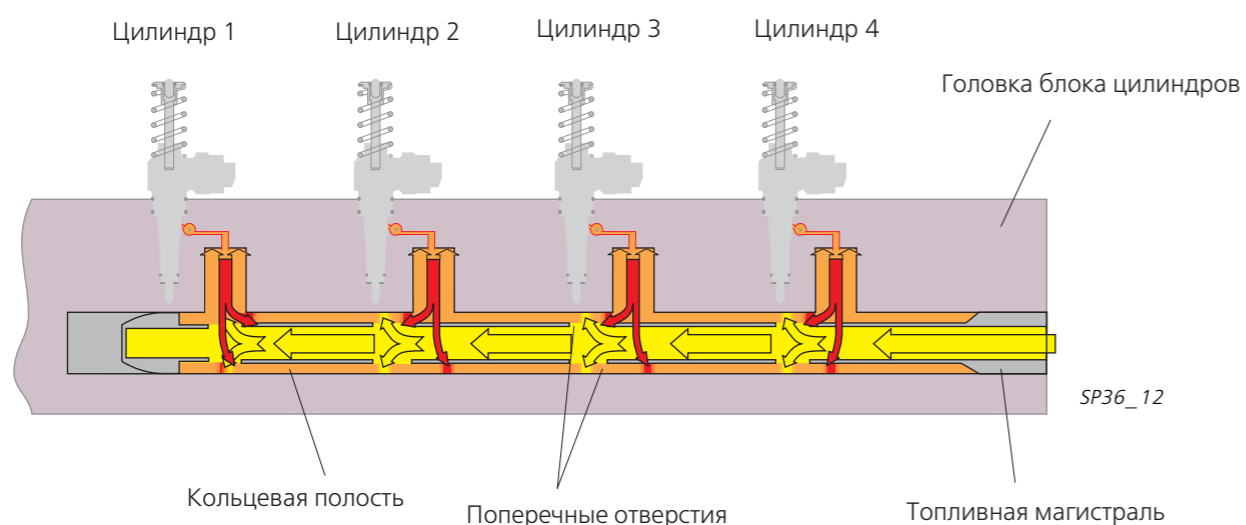
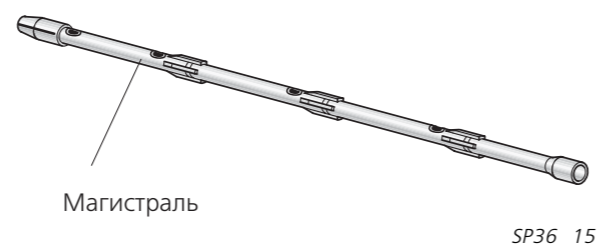
В этом случае работают две других камеры. Топливо нагнетается камерой 2 и всасывается камерой 3.



# Топливная система

## Топливная магистраль

Топливная магистраль расположена вместе с каналами в головке блока цилиндров. Она предназначена для равномерного распределения топлива между насос-форсунками и для обеспечения одинаковой температуры топлива, поступающего в насос-форсунки.



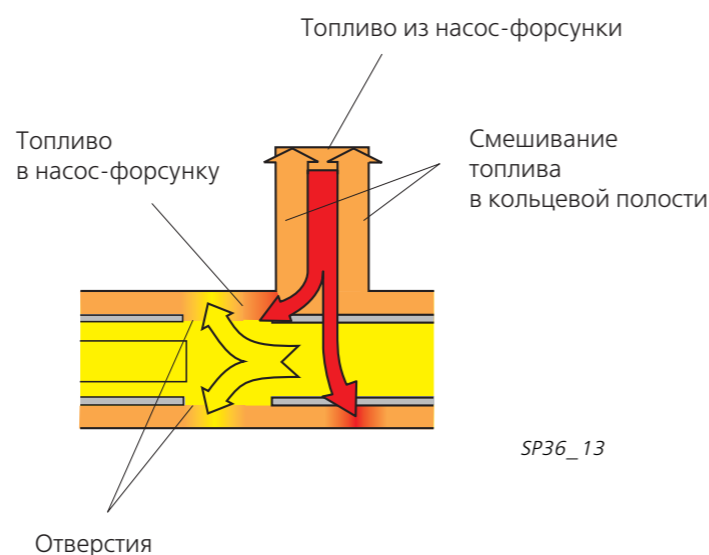
## Принцип работы

Топливный насос подает топливо в топливную магистраль в головке блока цилиндров. Топливо течет внутри топливной магистрали в направлении цилиндра 1.

Топливо может вытекать через отверстия в кольцевую полость между магистралью и стенкой головки блока цилиндров. Здесь топливо смешивается с горячим топливом, поступающим в каналы из насос-форсунок.

В результате обеспечивается равенство температуры топлива, поступающего во все цилиндры.

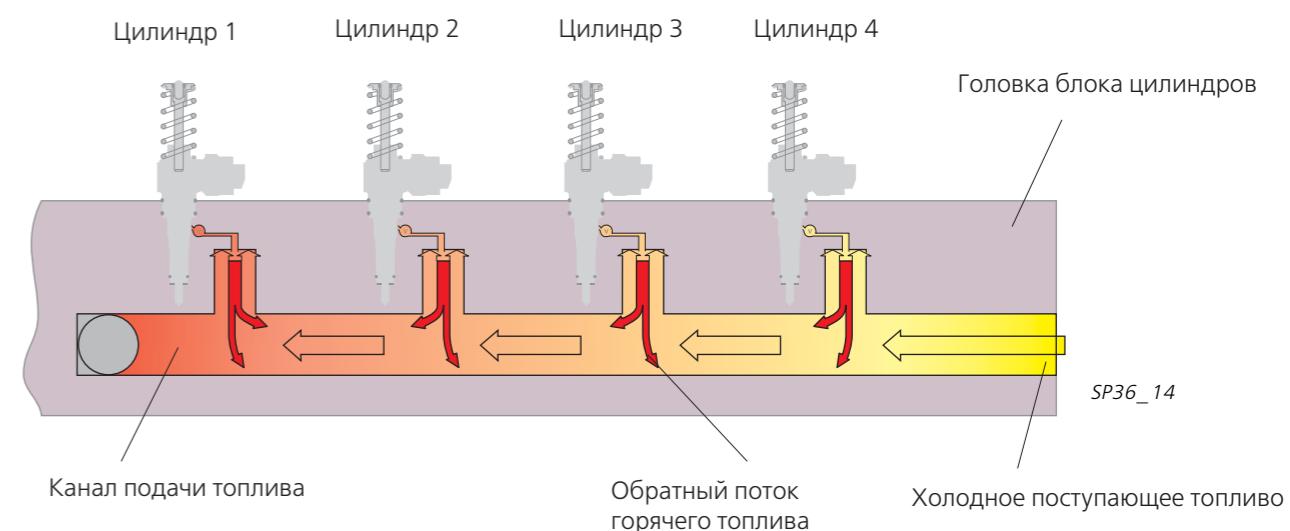
Во все насос-форсунки поступает одинаковое количество топлива. Этим достигается плавность работы двигателя.



Если бы в конструкции не было этой топливной магистрали, температура топлива, поступающего в насос-форсунки, была бы неодинаковой. Горячее топливо, поступающее в топливоподающие каналы из насос-форсунок, вытеснялось бы поступающим холодным топливом в направлении от цилиндра 4 к цилиндру 1.

Температура топлива поднималась бы от цилиндра 4 к цилиндру 1 и в насос-форсунки поступало бы разное количество топлива. Последствия были бы следующие:

- неравномерная работа двигателя
- перегрев передних цилиндров



## Проверка давления топлива

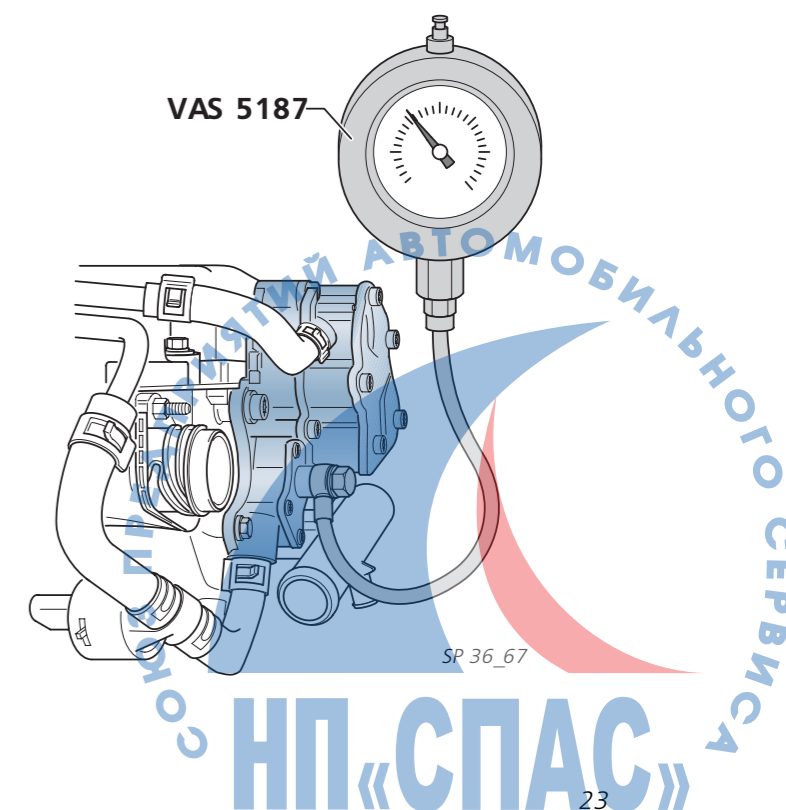
В двоярном насосе имеется специальное резьбовое отверстие, для проверки давления топлива, закрытое пробкой. Вывернув пробку можно присоединить устройство для проверки давления VAS 5187.

Условия проверки:

- Температура охлаждающей жидкости не менее 85°C
- Высокие обороты холостого хода 1500 об/мин

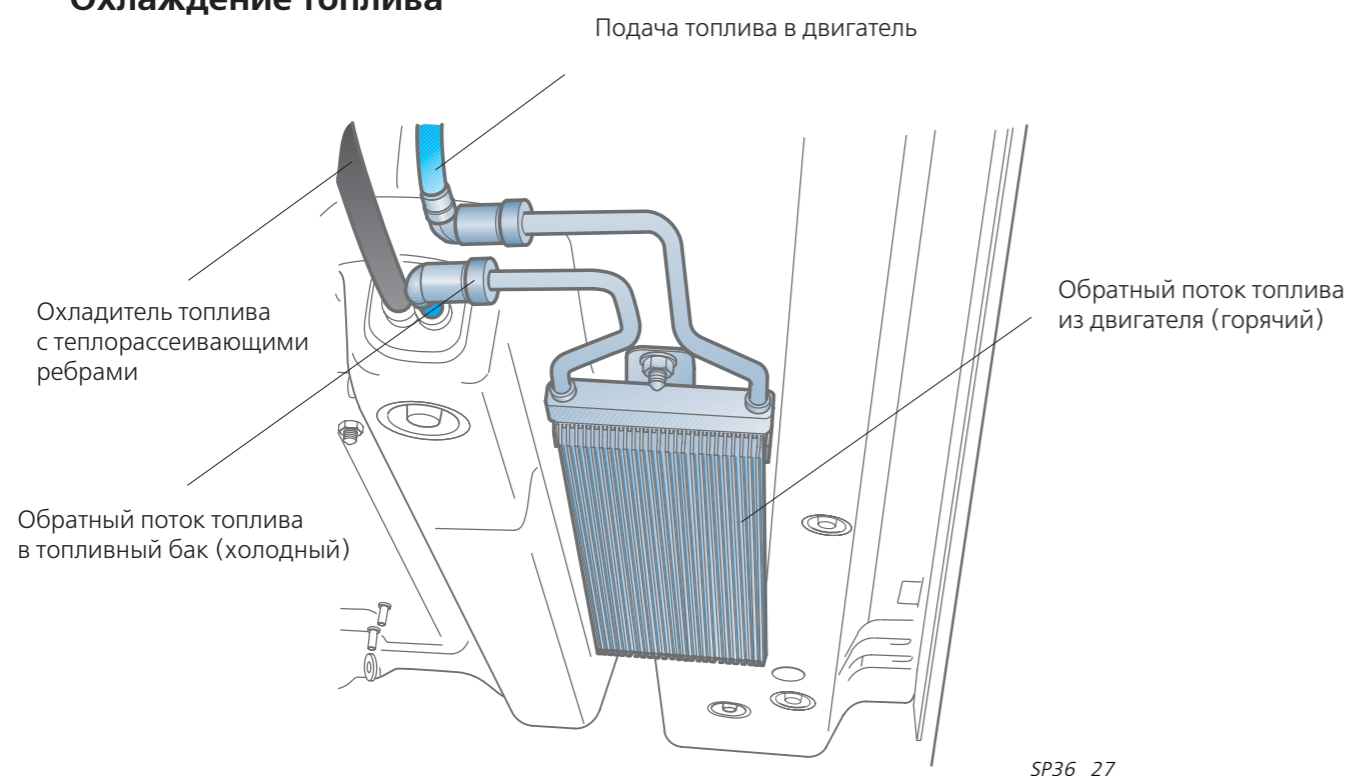
Давление топлива должно быть не менее номинального значения 0,35 МПа (3,5 бар).

Обороты определяются с помощью тестера одновременно с проверкой давления.



# Топливная система

## Охлаждение топлива



В результате высокого давления в насос-форсунках, топливо нагревается настолько, что перед сливом в топливный бак его следует охладить.

Поэтому в магистраль обратного слива топлива встроен охладитель топлива.

Топливо, вытекающее из насос-форсунок через топливный насос, проходит через охладитель топлива, в котором имеются теплорассеивающие ребра и который поглощает тепло из топлива.

Отвод тепла от горячего топлива осуществляется потоком набегающего воздуха.

Охлажденное топливо теперь не оказывает отрицательного воздействия на топливный бак, на электрический топливный насос и на датчик уровня топлива.

Охладитель топлива установлен слева под днищем автомобиля в магистрали обратного слива топлива в бак.

При необходимости топливные трубки можно легко отсоединить от топливного бака (быстросъемные муфты).

# Система свечей накаливания

## Система свечей накаливания

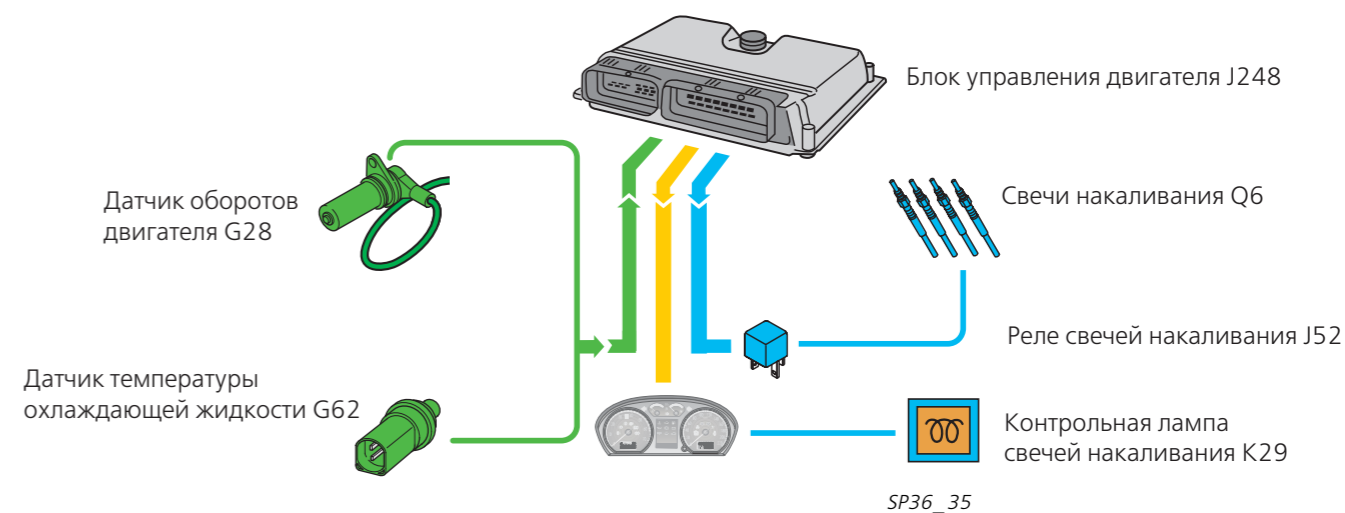
При низкой температуре запуск двигателя облегчается за счет системы свечей накаливания. Система включается блоком управления двигателя, если температура охлаждающей жидкости ниже +9°C.

В этом случае блок управления двигателя включает реле свечей накаливания. Оно, в свою очередь, подает в свечи накаливания рабочий ток.

В кратком обзоре системы показано, сигналы каких датчиков используются для управления системой свечей накаливания и какие исполнительные устройства включаются.

Контрольная лампа свечей накаливания включается по команде, передаваемой по шине CAN блоком управления двигателя в блок управления комбинации приборов.

## Краткий обзор системы свечей накаливания



## Предпусковой нагрев свечами накаливания

Если температура охлаждающей жидкости ниже +9°C, при включении зажигания включаются свечи накаливания. Включается контрольная лампа свечей накаливания.

После окончания предпускового нагрева свечами накаливания контрольная лампа выключается и двигатель можно запускать.

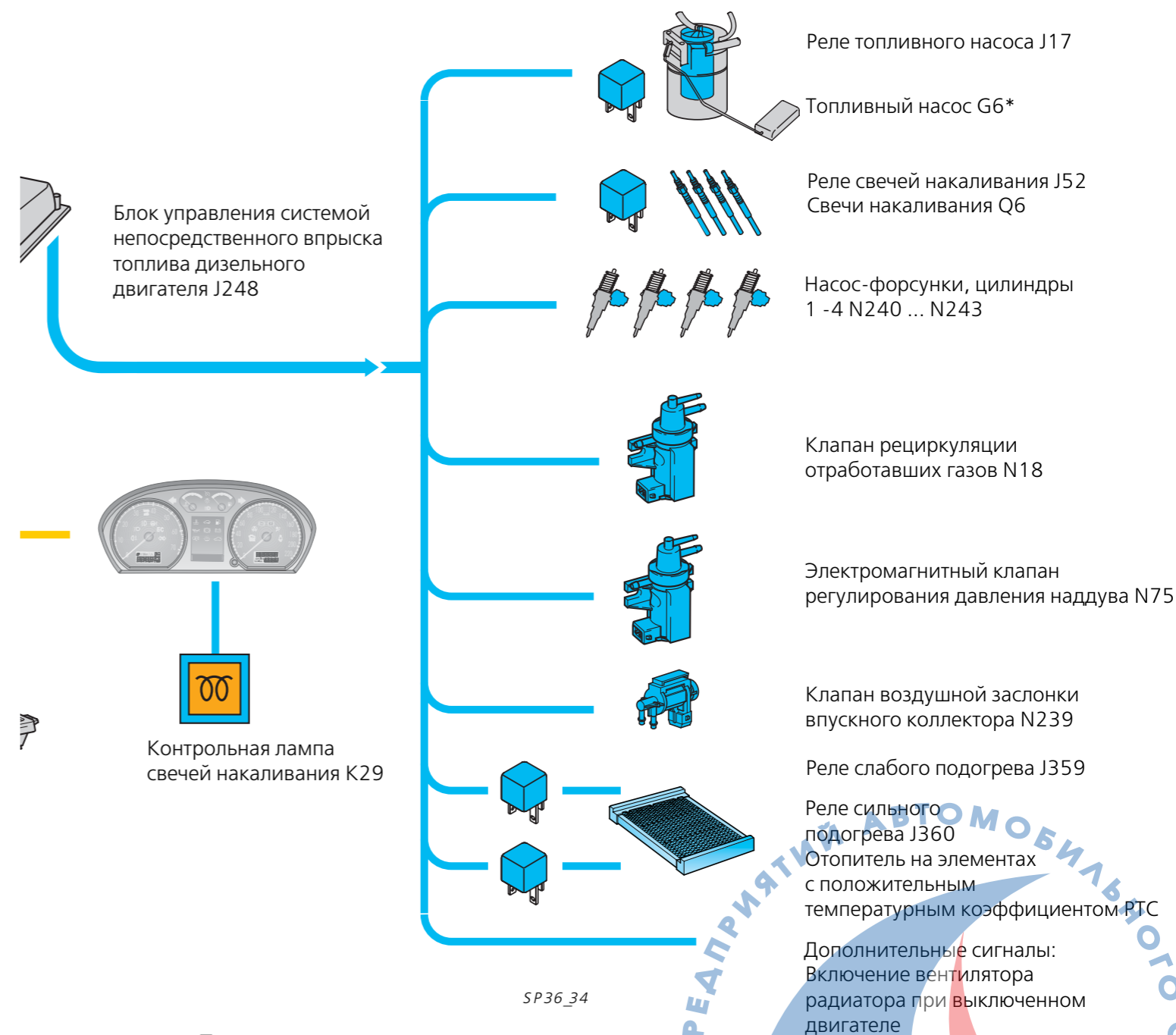
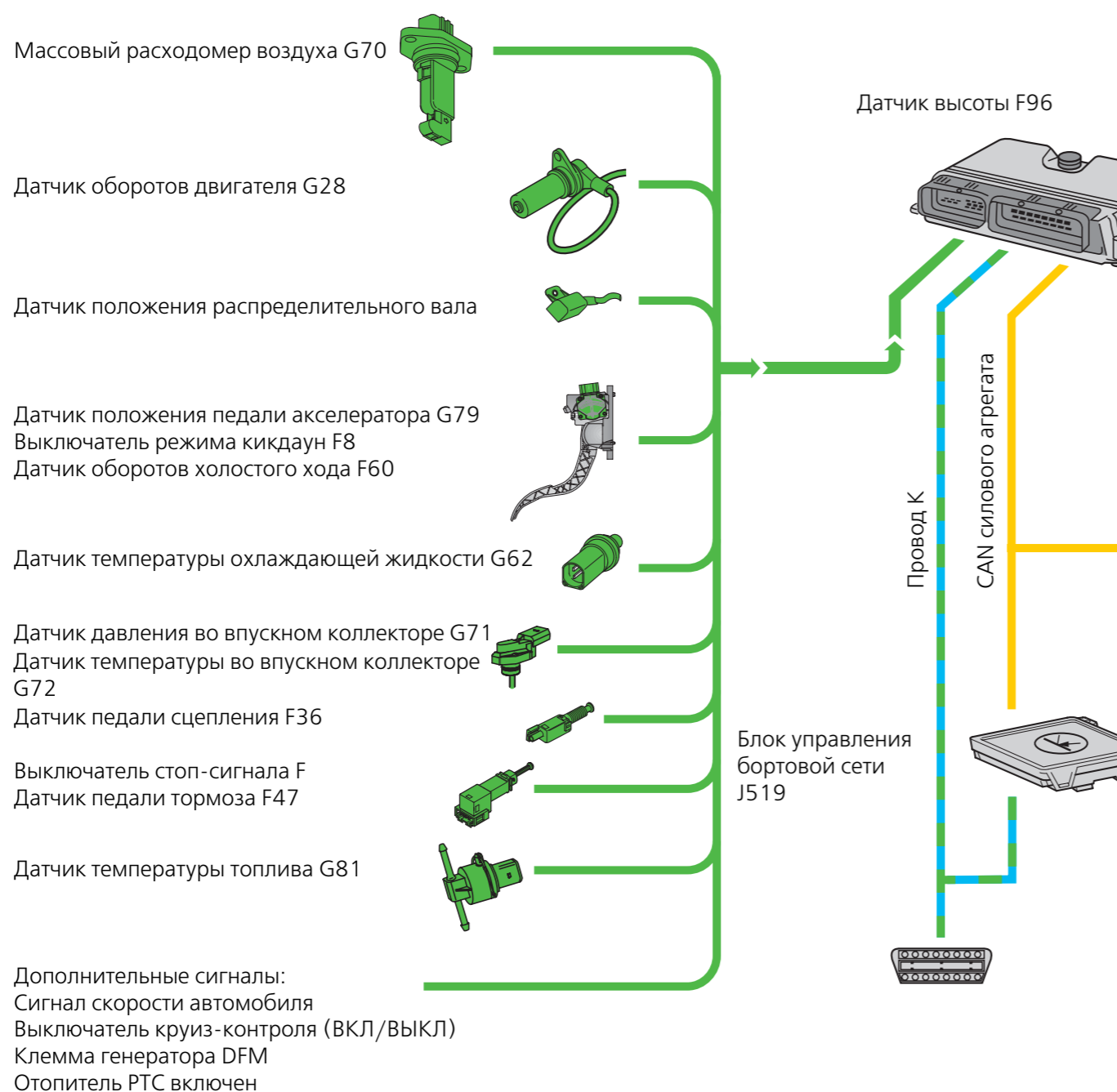
## Работа свечей накаливания после запуска двигателя

Свечи накаливания включаются при каждом запуске двигателя независимо от того, были ли они включены перед запуском.

Свечи накаливания включаются для уменьшения шума сгорания топлива, для улучшения характеристик двигателя на холостом ходу и уменьшения содержания углеводородов в отработавших газах.

Длительность фазы послепускового включения свечей накаливания составляет не более четырех минут или она прекращается, когда обороты двигателя достигают 2500 об/мин.

# Система управления двигателем



**\*Примечание:**  
Некоторые модели выпускались со струйным перекачивающим насосом (SOP) без электрического топливного насоса.

# Система управления двигателем

## Датчик положения распределительного вала G40



Датчик положения распределительного вала работает по принципу датчика Холла. Датчик установлен на кожухе зубчатого ремня под звездочкой распределительного вала. Он генерирует сигнал при помощи зубьев ротора на распределительном вале (7 зубьев, расположенных с различными интервалами).

Датчик положения распределительного вала

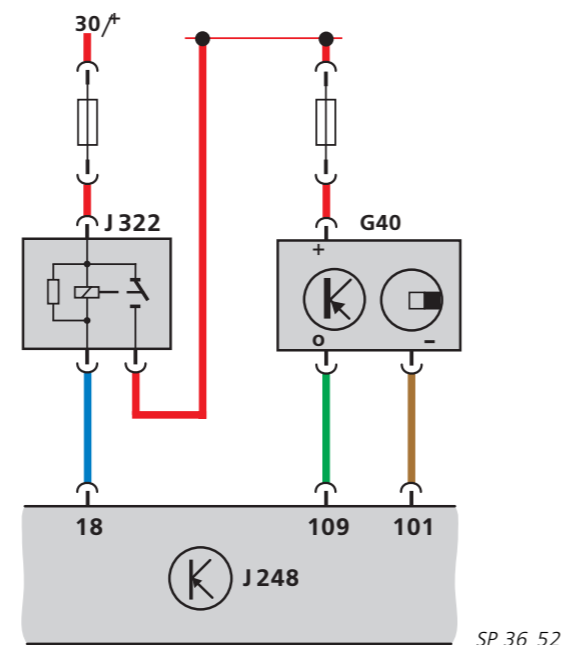
### Использование сигнала

Сигнал датчика положения распределительного вала используется блоком управления двигателя при запуске двигателя для определения цилиндров, в которые следует подавать топливо.

### Работа при пропадании сигнала

Если сигнал не поступает, блок управления использует сигнал с датчика оборотов двигателя G28.

### Электрическая схема



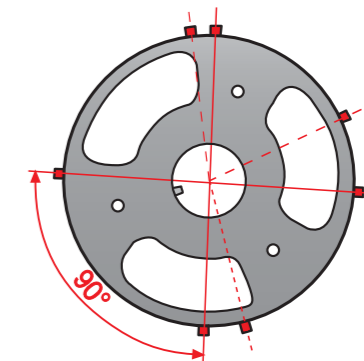
SP 36\_52

## Определение цилиндров, в которые следует подавать топливо при запуске двигателя

При запуске двигателя блок управления двигателя должен определить, в каком из цилиндров такт сжатия, чтобы включить клапан соответствующей насос-форсунки. Это распознается блоком по сигналу датчика положения распределительного вала, который воспринимает перемещение зубьев ротора распределительного вала и, таким образом, позволяет определить положение распределительного вала.

### Ротор датчика положения распределительного вала

Так как за рабочий цикл распределительный вал поворачивается на 360°, на роторе датчика имеются зубья, соответствующие рабочему ходу в каждом цилиндре, расположенные с интервалом в 90°. Чтобы зубья однозначно соответствовали каждому из цилиндров, на роторе имеются дополнительные зубья для цилиндров 1, 2 и 3, расположенные с разными интервалами.



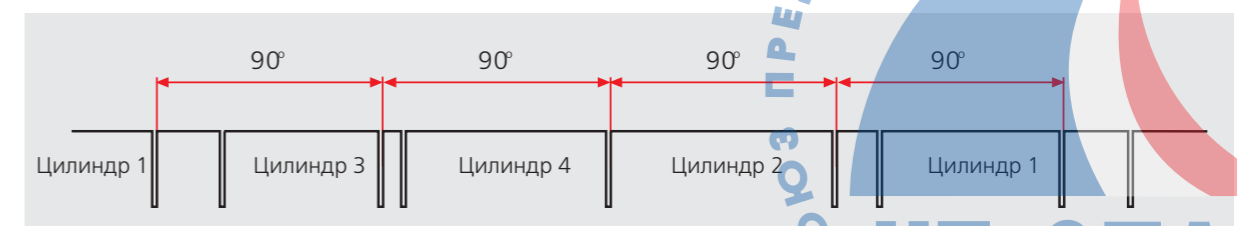
SP 36\_54

Система работает следующим образом:

Каждый раз, при прохождении зуба вблизи датчика положения распределительного вала, генерируется сигнал напряжения Холла, который передается в блок управления двигателя. Из-за разного интервала между зубьями импульсы напряжения Холла поступают с разными временными интервалами.

Блок управления двигателя анализирует сигналы, по ним опознает цилиндр и включает клапан соответствующей насос форсунки.

### Последовательность сигналов датчика Холла

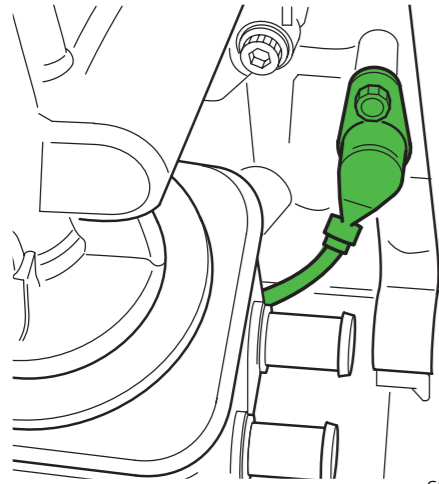


SP36\_55



# Система управления двигателем

## Датчик оборотов двигателя G28



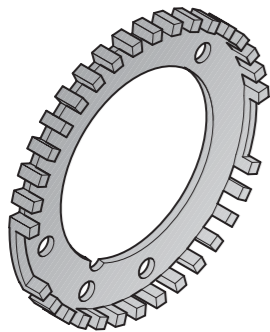
SP 36\_46

Для измерения оборотов двигателя используется индуктивный датчик. Он установлен на блоке цилиндров со стороны маховика.

### Ротор датчика оборотов двигателя

Датчик оборотов двигателя генерирует сигналы при помощи ротора, установленного на коленчатом вале. По окружности ротора имеется 56 зубьев с двумя зазорами шириной в 2 пропущенных зуба. Зазоры смещены на 180° друг относительно друга и используются в качестве синхронизирующих меток для определения положения коленчатого вала.

### Использование сигнала



SP 36\_46

Сигнал, поступающий с датчика оборотов двигателя, позволяет определить обороты двигателя и точное положение коленчатого вала. Эта информация используется для вычисления момента впрыска и количества впрыскиваемого топлива.

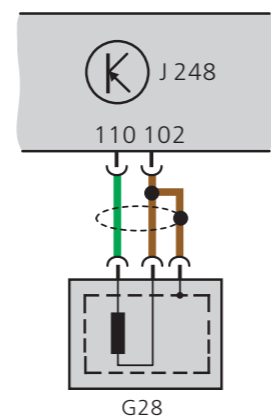
### Работа при пропадании сигнала

Сигнал датчика оборотов двигателя позволяет определить обороты двигателя и точное положение коленчатого вала. Эта информация используется для вычисления момента впрыска и количества впрыскиваемого топлива.

### Работа при пропадании сигнала

Если с датчика оборотов двигателя не поступает сигнал, двигатель выключится и запустить его будет невозможно.

### Электрическая схема



SP 36\_48

G28

RU

## Функция быстрого распознавания запуска

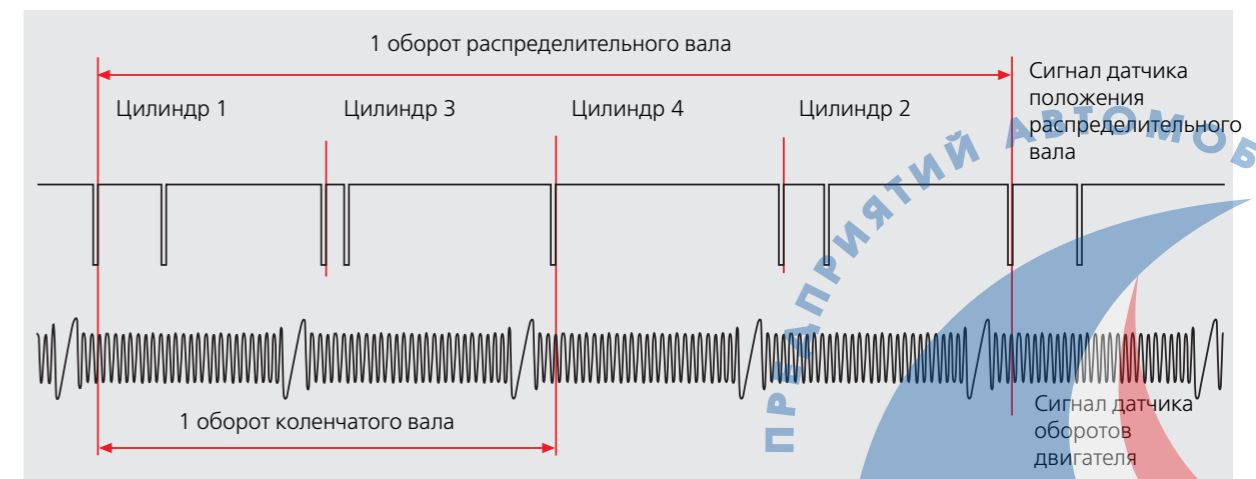
При запуске двигателя блок управления двигателем постоянно анализирует сигналы, поступающий с датчика положения распределительного вала и с датчика оборотов двигателя.

Он опознает цилиндры по сигналу, поступающему с датчика положения распределительного вала, который генерирует сигналы с помощью ротора распределительного вала.

За счет двух зазоров на роторе датчика оборотов коленчатого вала, блок управления двигателем получает синхронизирующий сигнал уже на первом полуобороте коленчатого вала.

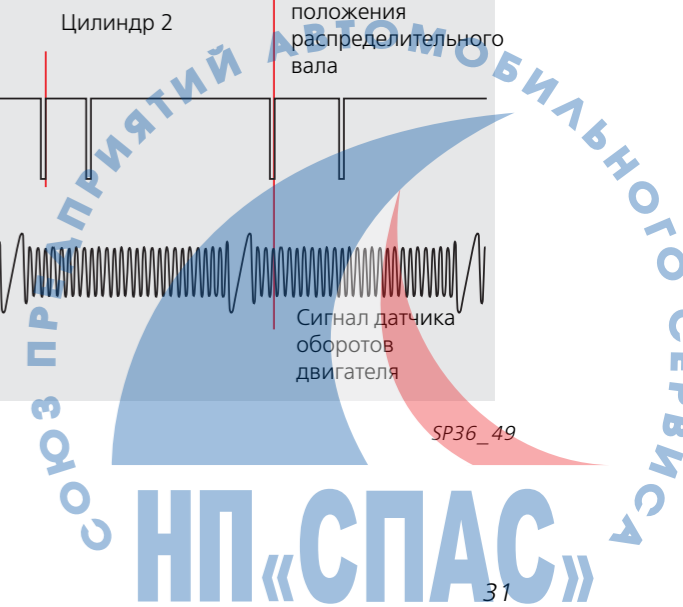
Следовательно, блок управления двигателем распознает положение коленчатого вала на самой ранней стадии и может включить соответствующий электромагнитный клапан, чтобы начать процесс впрыска топлива.

## Последовательность сигналов датчика положения распределительного вала и датчика оборотов двигателя



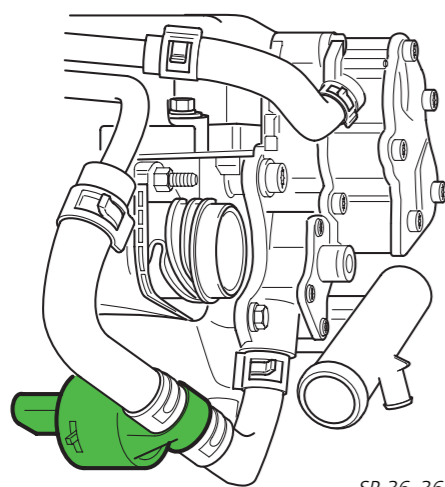
SP36\_49

RU



# Система управления двигателем

## Датчик температуры топлива G81



SP 36\_36

Датчик установлен на канале обратного слива топлива за топливным насосом. Он определяет фактическую температуру топлива.

Используется датчик температуры с отрицательным температурным коэффициентом NTC.

При повышении температуры топлива сопротивление датчика уменьшается.

### Использование сигнала

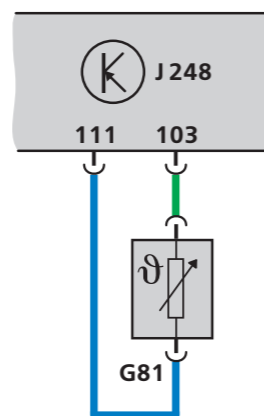
Сигнал используется для определения температуры топлива.

Эта информация необходима блоку управления двигателя для вычисления момента начала впрыска и количества впрыскиваемого топлива с учетом плотности топлива при разной температуре.

### Работа при пропадании сигнала

Если сигнал не поступает, блок управления двигателя вычисляет замещающее значение по сигналу, поступающему с датчика температуры охлаждающей жидкости G62.

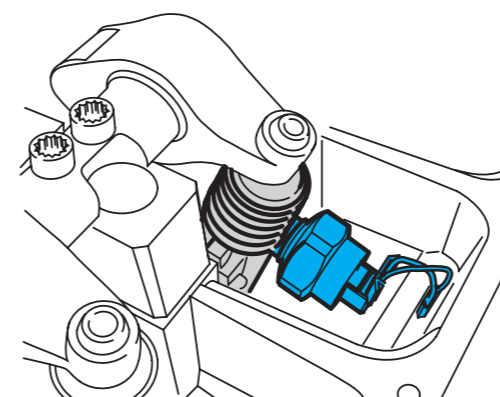
### Электрическая схема



SP 36\_37

RU

## Клапаны насос-форсунок N240, N241, N242, N243



SP 36\_33

### Начало впрыска

На каждой насос-форсунке имеется клапан. Управление этими электромагнитными клапанами осуществляет блок управления двигателя.

С помощью этих клапанов блок управления двигателя регулирует момент начала впрыска и количество впрыскиваемого топлива.

При включении клапана игла электромагнитного клапана опускается на седло. Канал от топливной магистрали к камере высокого давления насос-форсунки перекрывается. Начинается впрыск топлива.

### Количество впрыскиваемого топлива

Количество впрыскиваемого топлива определяется временем включения клапана. Топливо впрыскивается в камеру сгорания при закрытом клапане.

### Последствия неисправности

Если клапан неисправен, работа двигателя становится неустойчивой и мощность уменьшается.

В клапанах насос-форсунок имеется двойная система защиты:

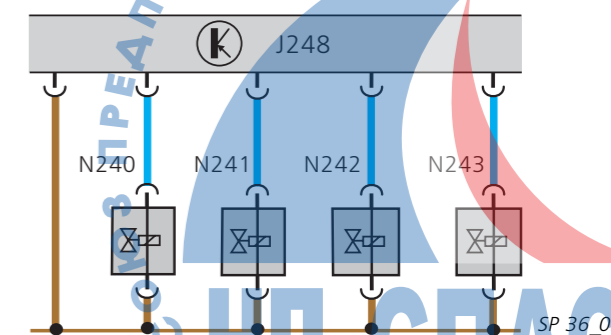
- Если клапан открыт, давление в насос-форсунке не поднимается.
- Если клапан закрыт, камера высокого давления насос-форсунки не заполняется.

В обоих случаях топливо в цилиндр не поступает

### Электрическая схема

J248 Блок управления системой непосредственного впрыска топлива дизельного двигателя

N240 ... N243 Клапан насос-форсунки для цилиндров 1 - 4



SP 36\_03

RU



# Система управления двигателем

## Управление работой клапана насос-форсунки

Блок управления двигателя регулирует ток, поступающий в клапан насос-форсунки.

Для управления моментом начала впрыска предусмотрена обратная связь по фактическому моменту начала впрыска. Имеется возможность определить неисправность клапана.

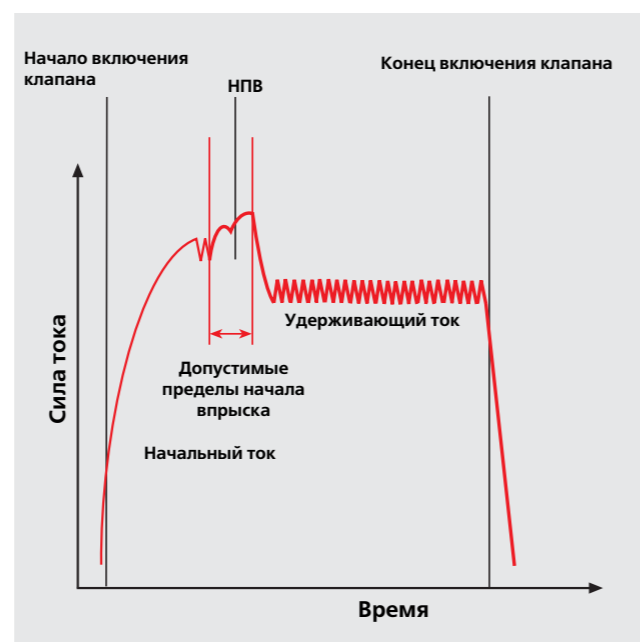
### Процесс

Процесс впрыска топлива начинается при включении электромагнитного клапана. При этом создается магнитное поле, ток увеличивается и клапан закрывается.

Когда игла электромагнитного клапана опускается на седло, сила тока сигнала резко уменьшается. Этот спад называется НПВ (сокращение от Начало Периода Впрыска).

По НПВ блок управления двигателя определяет, что клапан насос-форсунки полностью закрыт и это является моментом начала впрыска.

### Сила тока сигнала клапана насос-форсунки



SP36\_50

RU

### Пример неисправности

Если клапан закрыт, сила тока уменьшается до постоянного удерживающего значения. После окончания требуемого времени впрыска, питание отключается и клапан открывается.

Фактический момент закрывания клапана определяется блоком управления двигателя для вычисления момента включения клапана для следующего цикла впрыска. Если фактический момент начала впрыска отличается от табличных значений, записанный в блоке управления двигателя, в момент включения клапана вносится поправка.

Диапазон, в котором блок управления двигателя ожидает сигнала НПВ, сканируется и анализируется, по результату анализа определяется работоспособность клапана. Этот диапазон соответствует допустимым пределам времени начала впрыска. При нормальной работе клапана НПВ формируется в пределах допустимого времени.

В случае неисправности в работе клапана НПВ формируется за пределами допустимого интервала времени. В этом случае управление началом впрыска осуществляется по фиксированным табличным значениям; управление с обратной связью невозможно.

Если в насос-форсунке присутствует воздух, игла электромагнитного клапана при закрывании преодолевает меньшее сопротивление. Клапан закрывается быстрее и НПВ формируется раньше, чем ожидалось.

В этом случае в системе диагностики выводится сообщение о неисправности:

Control limit not reached  
(Выход за допустимый предел)



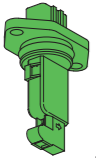

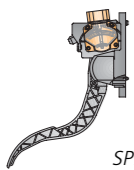
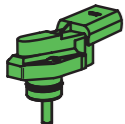
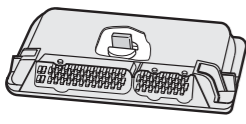
# Система управления двигателем



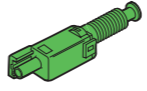
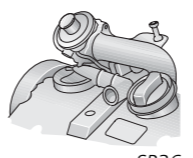
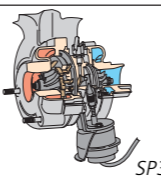

## Примечание:

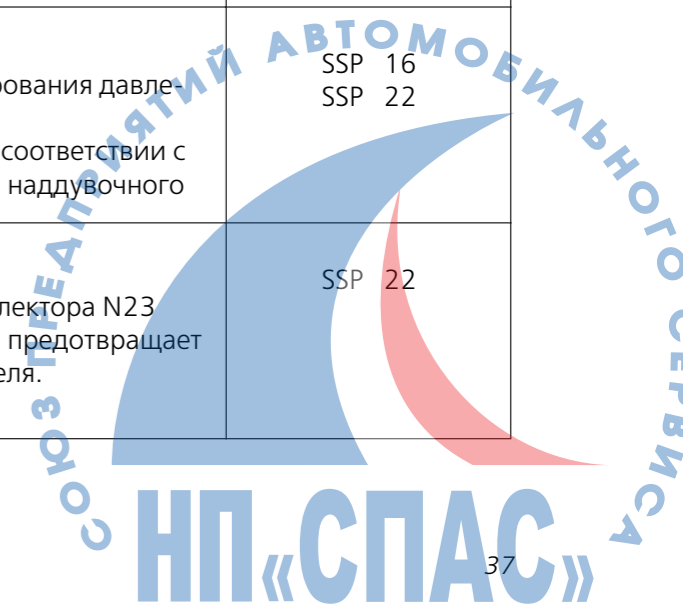
Для управления системой насос-форсунок в 1,9-литровом двигателе используются те же функциональные узлы, что и в 1,9-литровых двигателях TDI мощностью 81 и 50 кВт, а также в бензиновых двигателях.

Более подробная информация об этих узлах приведена в других программах самообучения.

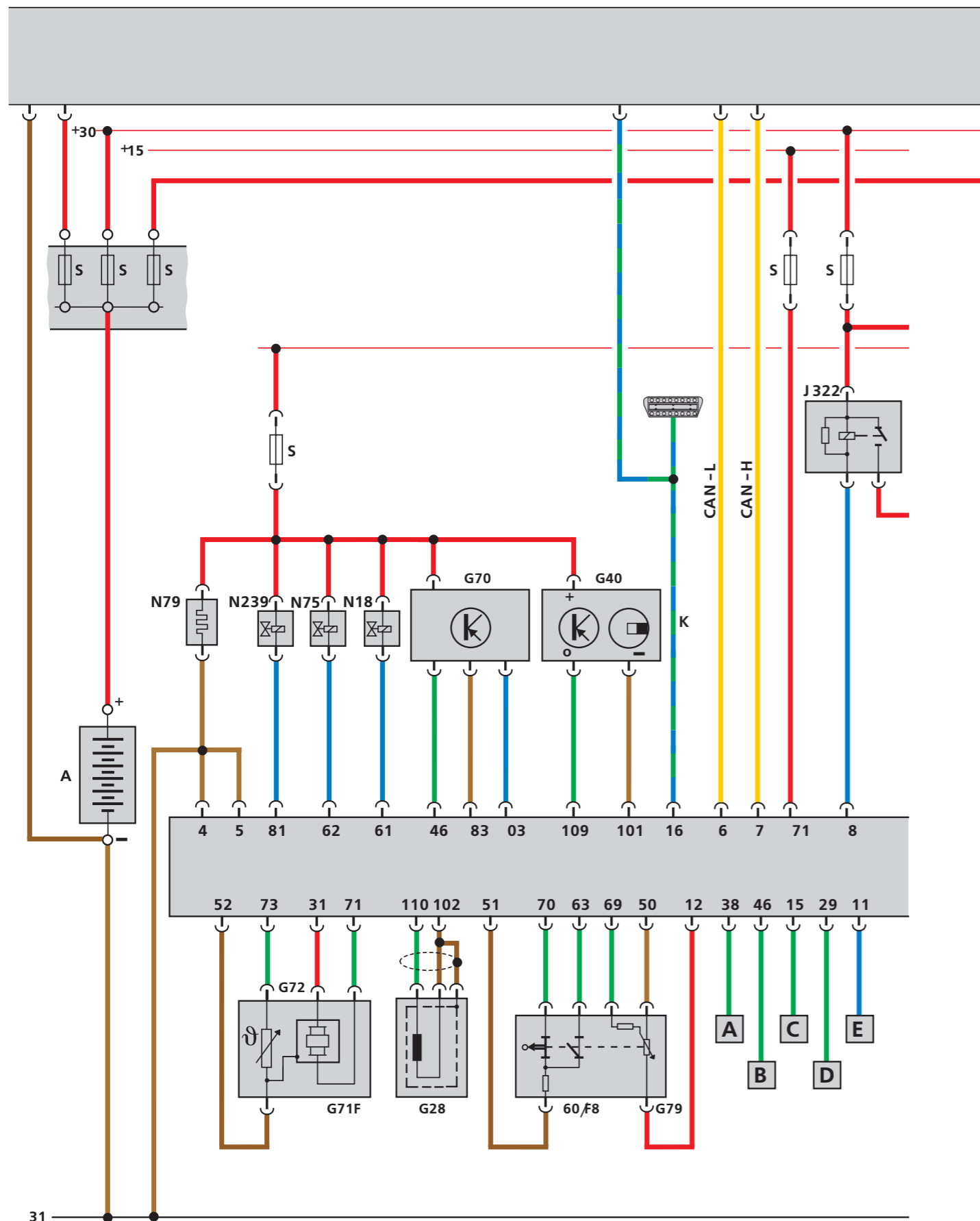
Функциональный узел	Описание работы
 SP36_38	Массовый расходомер воздуха G70 Определяет массу поступившего воздуха во впускном коллекторе.
 SP36_39	Датчик температуры охлаждающей жидкости G62 Передаёт в блок управления двигателя фактическую температуру охлаждающей жидкости.
 SP27_27	Датчик положения педали акселератора G79, F8, F60 Передаёт в блок управления двигателя информацию (в виде электрического сигнала) о фактическом положении педали акселератора.
 SP36_40	Датчик давления во впускном коллекторе G71 и датчик температуры во впускном коллекторе G72 SSP 16 Сигналы используются для ограничения давления наддува.
 SP16_04	Датчик высоты F96 Сигнал используется блоком управления двигателя для поправки давления наддува на высоту над уровнем моря.

SSP

Функциональный узел	Описание работы
 SP36_41	Датчик педали сцепления F36 Влияет на управление количеством впрыскиваемого топлива при переключении передач (плавность работы).
 SP36_42	Контактный датчик педали тормоза F и F4 Включает стоп-сигнал и передает в блок управления сигнал включения тормоза.
 SP36_58	Рециркуляция отработавших газов Часть отработавших газов смешивается с поступающим воздухом. Снижается токсичность отработавших газов.
 SP36_45	Клапан EGR N18 Регулирует количество отработавших газов, смешиваемое со свежим воздухом.
 SP36_59	Турбокомпрессор с изменяемой геометрией. Обеспечивает наддув в цилиндры дополнительного воздуха.
 SP27_44	Электромагнитный клапан регулирования давления наддува N75 Ограничивает давление наддува в соответствии с табличными значениями давления наддувочного воздуха.
 SP36_43	Воздушная заслонка впускного коллектора N23 Перекрывает впускной коллектор и предотвращает вибрацию при выключении двигателя.

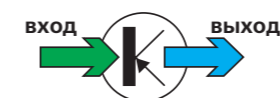
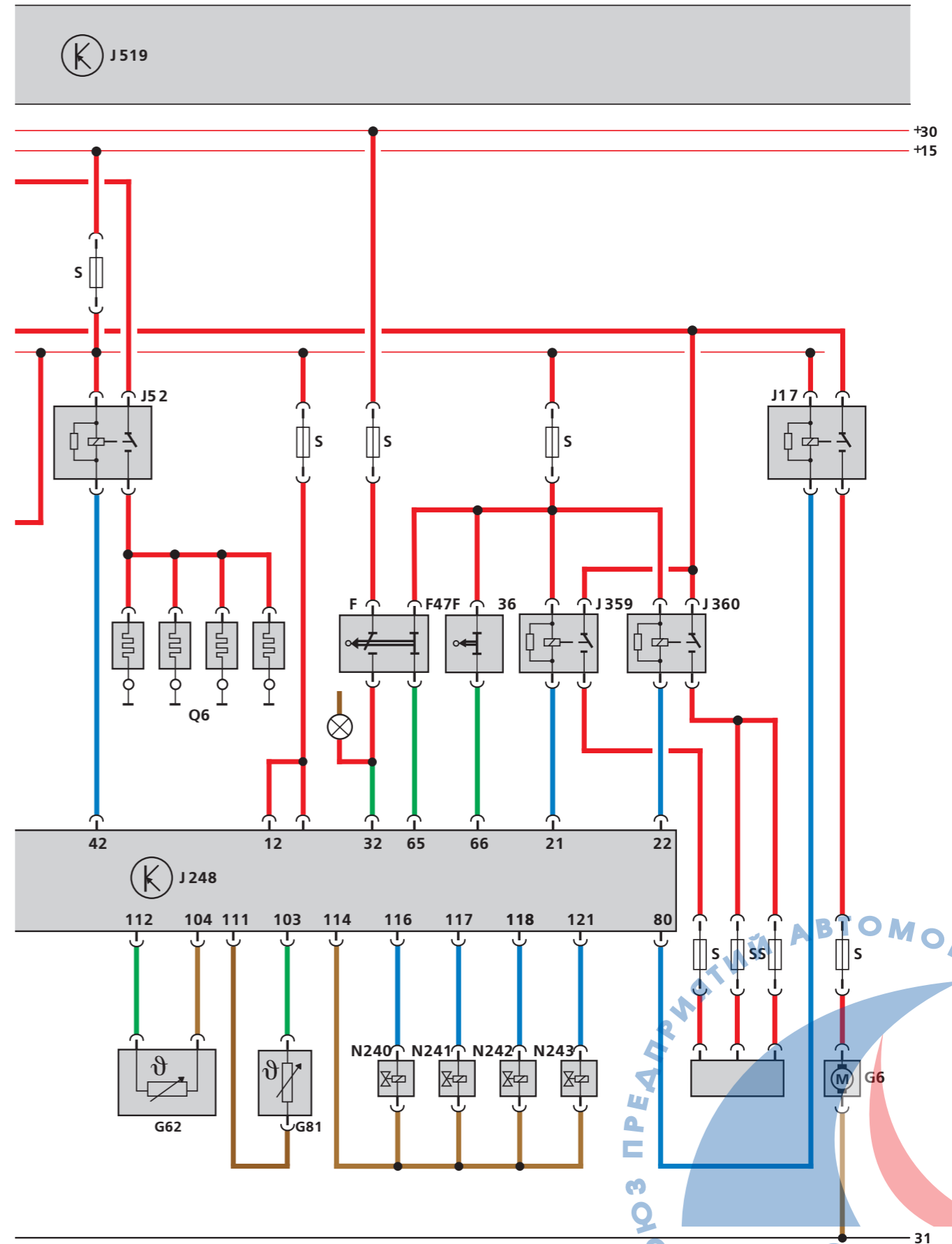


# Функциональная схема



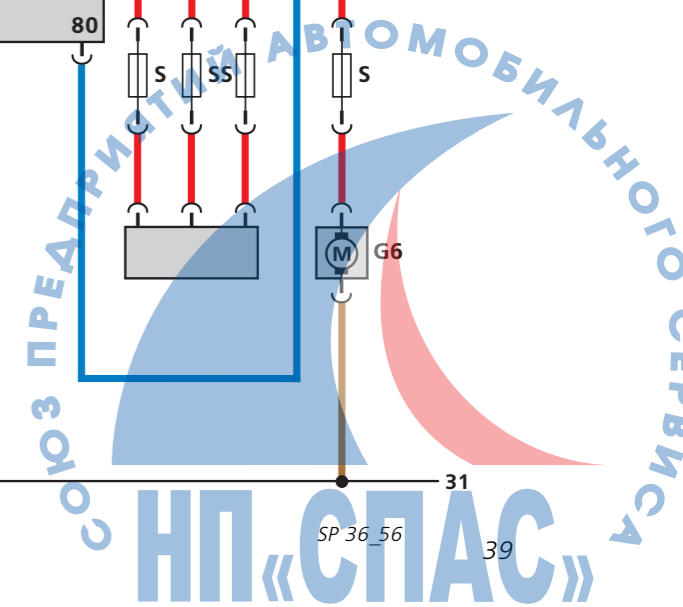
Обозначения на функциональной схеме на стр.40

RU



RU

SP 36\_56



# Функциональная схема

## Обозначения на функциональной схеме

### Узлы и детали

A	Аккумуляторная батарея
F	Выключатель стоп-сигнала
F8	Выключатель режима кикдаун
F36	Датчик педали сцепления
F47	Датчик педали тормоза для системы круиз-контроля/системы непосредственного впрыска топлива дизельного двигателя
F60	Датчик оборотов холостого хода
G6	Топливный насос (подкачивающий топливный насос)*
G28	Датчик оборотов двигателя
G40	Датчик положения распределительного вала
G62	Датчик температуры охлаждающей жидкости
G70	Массовый расходомер воздуха
G71	Датчик давления во впускном коллекторе
G72	Датчик температуры во впускном коллекторе
G79	Датчик положения педали акселератора
G81	Датчик температуры топлива
J17	Реле топливного насоса
J52	Реле свечей накаливания
J248	Блок управления системы непосредственного впрыска топлива дизельного двигателя
J322	Реле системы непосредственного впрыска топлива дизельного двигателя
J359	Реле слабого подогрева
J360	Реле сильного подогрева
J519	Блок управления бортовой сети
N18	Клапан системы рециркуляции отработавших газов EGR
N75	Электромагнитный клапан регулирования давления наддува
N79	Нагревательный элемент (вентиляция картера)
N239	Клапан воздушной заслонки впускного коллектора
N240	Клапан насос-форсунки цилиндра 1
N241	Клапан насос-форсунки цилиндра 2
N242	Клапан насос-форсунки цилиндра 3
N243	Клапан насос-форсунки цилиндра 4
Q6	Свечи накаливания (двигатель)
SF	Предохранители

### Дополнительные сигналы:

	Клемма DFM генератора
	Выключатель круиз-контроля (ВКЛ/ВЫКЛ)
	Отопитель PTC включен
	Сигнал скорости автомобиля
	Включение вентилятора радиатора при выключенном двигателе

### Цветом обозначены

	= Входной сигнал
	= Выходной сигнал
	= Положительный вывод аккумуляторной батареи
	= Заземление
	= Шина данных CAN
	= Диагностический разъем



**\*Примечание:**  
Некоторые модели выпускались со струйным перекачивающим насосом (SOP) без электрического топливного насоса.

Функциональная схема - это упрощенная схема электрооборудования. На схеме показаны все соединения системы управления двигателя Bosch EPC 15 P.

# Самодиагностика

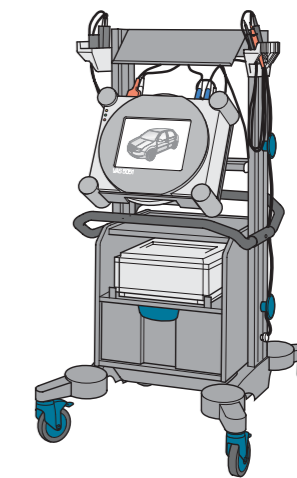
В блоке управления системы непосредственного впрыска топлива дизельного двигателя имеется память неисправностей. Пункты меню : 01 - Электронные системы двигателя

Следующие диагностические функции можно выполнить с помощью тестера VAS 5051 или V.A.G 1552:

- 01 - Запрос версии блока управления
- 02 - Запрос сохраненных в памяти ошибок
- 03 - Диагностика оконечных устройств управления
- 04 - Основные настройки
- 05 - Удаление кодов ошибок из памяти
- 06 - Завершение вывода
- 07 - Программирование блока управления
- 08 - Считывание блока измеренных значений

Любые неисправности, присутствующие в выделенных цветом узлах, выводятся в функции 02 - Запрос сохраненных в памяти ошибок.

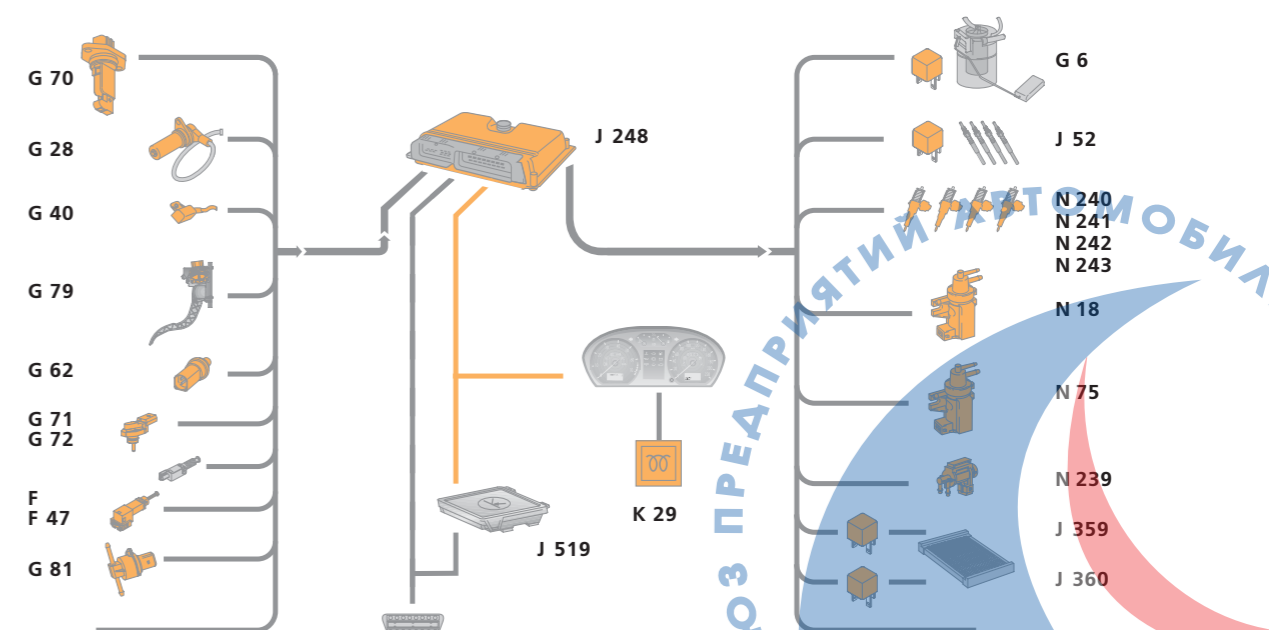
Обозначения узлов ==> Функциональная схема.



SP 33\_73



**Примечание:**  
Для выполнения этой функции двигатель должен работать на холостом ходу.



СОЮЗ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЬНОГО СЕРВИСА  
**НП «СПАС»**  
 SP 36\_57  
 41

# Механические узлы двигателя

В двигателе с насос-форсунками создается более высокое давление сгорания, чем в обычном дизельном двигателе.

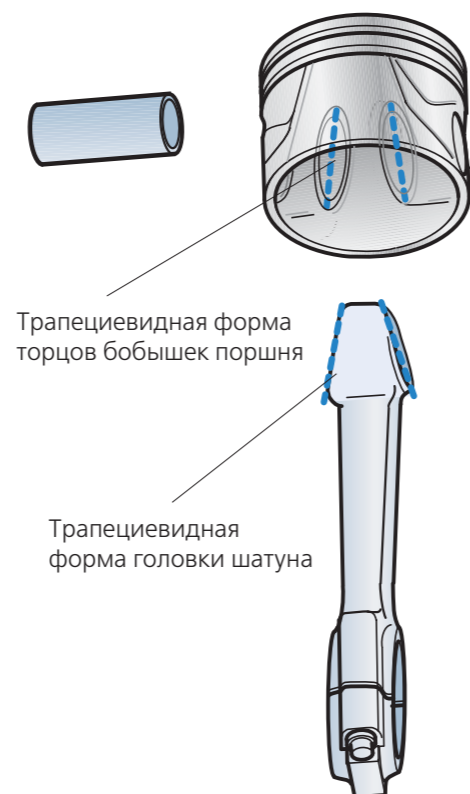
Конструкция поршня и шатуна изменена с учетом этого обстоятельства:

## Поршень и шатун с элементами трапецевидной формы

Место сопряжения бобышек поршня и малой головки шатуна имеет трапецевидную форму.

По сравнению с традиционным соединением поршня и шатуна, сопрягающаяся поверхность малой головки шатуна и ступицы поршня у поршневого пальца, вследствие трапецевидной формы, имеет увеличенную площадь.

Распределение образующейся в процессе сгорания силы по большей площади поверхности позволяет уменьшить нагрузку на поршневой палец и на шатун.

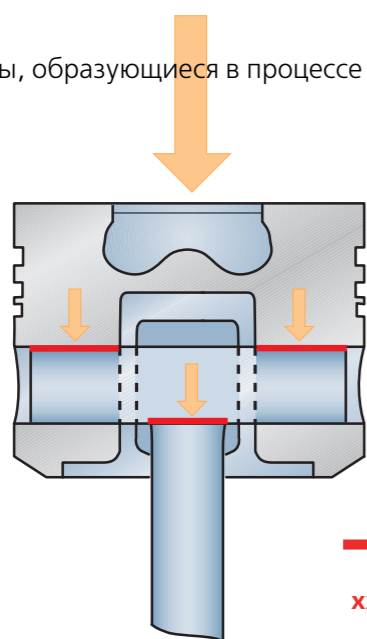


Трапецевидная форма торцов бобышек поршня

Трапецевидная форма головки шатуна

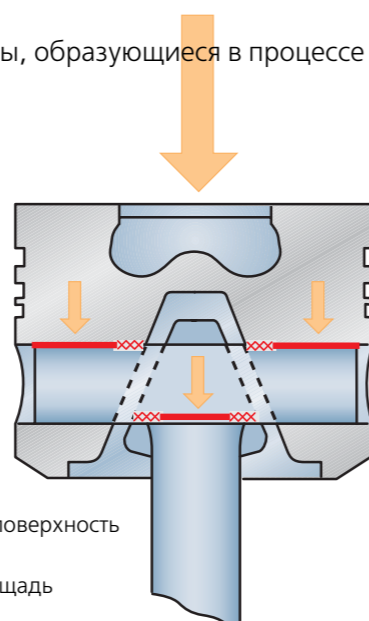
SP36\_65

Силы, образующиеся в процессе сгорания



SP36\_63

Силы, образующиеся в процессе сгорания



SP36\_64

— Сопрягающаяся поверхность  
 XXXX Увеличенная площадь поверхности

Распределение сил в поршне и шатуне при сопряжении прямоугольной формы

Распределение сил в поршне и шатуне при сопряжении трапецевидной формы

## Охлаждение поршней

Как вам уже известно, небольшое количество масла из системы смазки для охлаждения впрыскивается внутрь поршня.

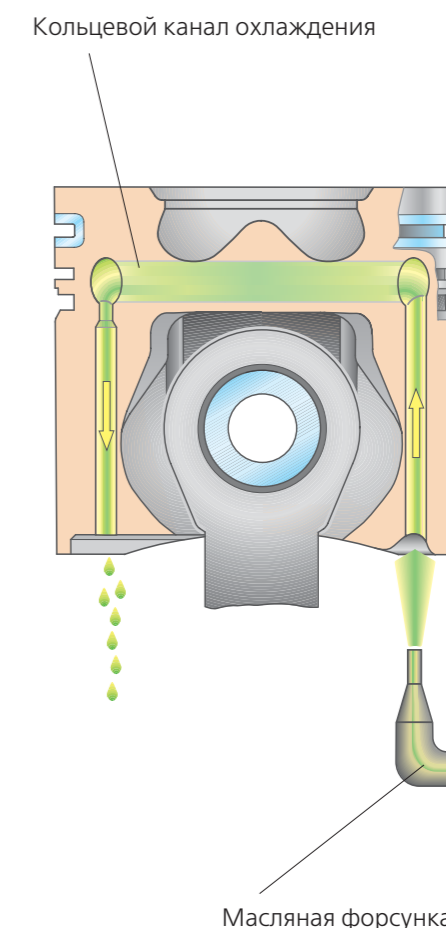
Форсунка, в которое масло поступает непосредственно из масляного насоса по каналу, расположена под поршнем.

Теперь в поршнях имеется дополнительный кольцевой канал охлаждения, расположенный в области поршневых колец вблизи канавок, благодаря которому уменьшается температура в этой зоне.

Охлаждающее масло теперь не разбрызгивается на внутреннюю поверхность поршня. Вместо этого, когда поршень находится в нижней мертвой точке, струя масла из форсунки направляется в воронкообразное углубление масляного канала поршня.

Масло под давлением поступает в небольшой кольцевой канал и снова вытекает из поршня.

Масло, проходящее через кольцевой канал, охлаждает поршень изнутри.



Кольцевой канал охлаждения

Масляная форсунка

SP36\_66



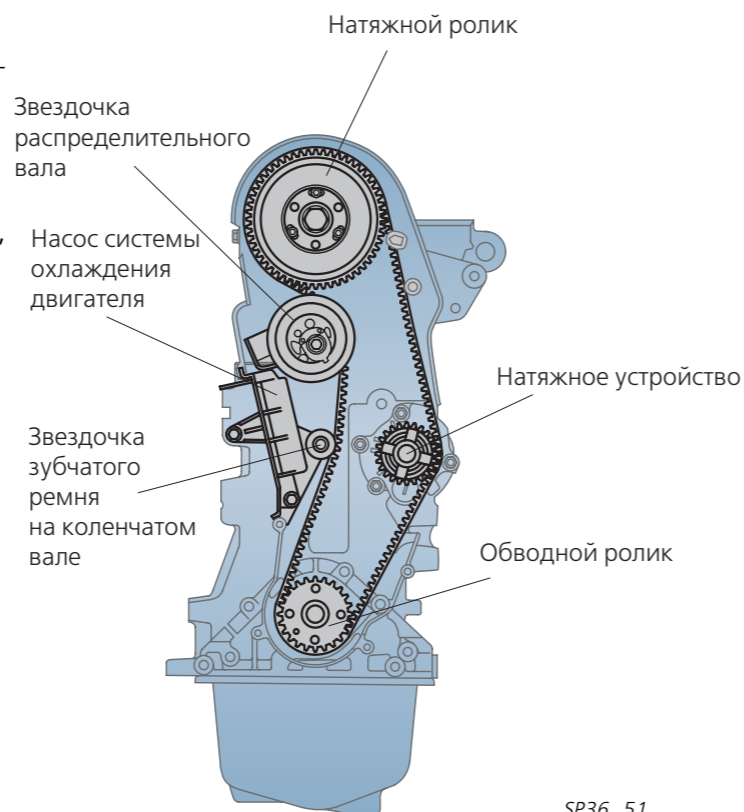
# Механические узлы двигателя

## Привод с зубчатым ремнем

Чтобы обеспечить давление впрыска на уровне 205 МПа (2050 бар), к насосу требуется приложить значительное усилие. При этом детали привода с зубчатым ремнем подвергаются существенной нагрузке.

Чтобы уменьшить нагрузку на зубчатый ремень, предпринят ряд конструктивных мер:

- В звездочке распределительного вала установлен гаситель колебаний, позволяющий уменьшить вибрации привода с зубчатым ремнем.
- Для обеспечения передачи большего усилия ширина зубчатого ремня увеличена на 5 мм.
- Натяжитель обеспечивает равномерное натяжение зубчатого ремня даже при изменении нагрузки.
- Для уменьшения износа зубчатого ремня на звездочке коленчатого вала имеется 2 пары увеличенных зазоров между зубьями.

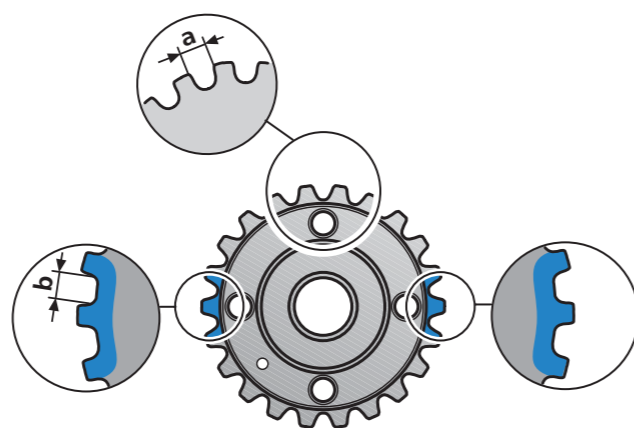


При высоком давлении впрыска, удлинение ремня, образующееся вследствие высокой нагрузки, минимально.

Нагрузки, которым подвергается зубчатый ремень в процессе впрыска, уменьшены за счет 2 последовательно расположенных зазоров между зубьями, расположенных в 2 точках по окружности звездочки коленчатого вала с интервалом 180°. Эти зазоры имеют больший размер, чем остальные зазоры между зубьями.

Благодаря такой конструкции, зуб вытянутого зубчатого ремня попадает в увеличенный зазор между зубьями и не ударяет по зубу звездочки коленчатого вала.

a – нормальная ширина зазора  
b – увеличенная ширина зазора

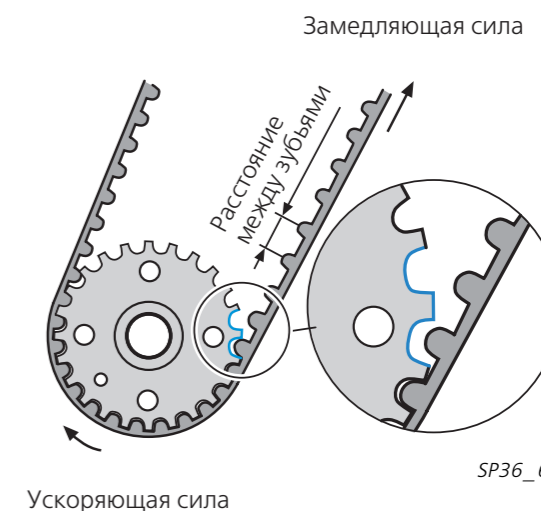


## Процесс

Во время впрыска, в результате значительного сопротивления в насосе, зубчатый ремень подвергается существенной нагрузке. Звездочка распределительного вала замедляется под действием сопротивления насоса, и в то же время начавший процесс сгорания топлива ускоряет вращение звездочки зубчатого ремня на коленчатом вале. Это приводит к удлинению зубчатого ремня и расстоянию между зубьями ремня увеличивается.

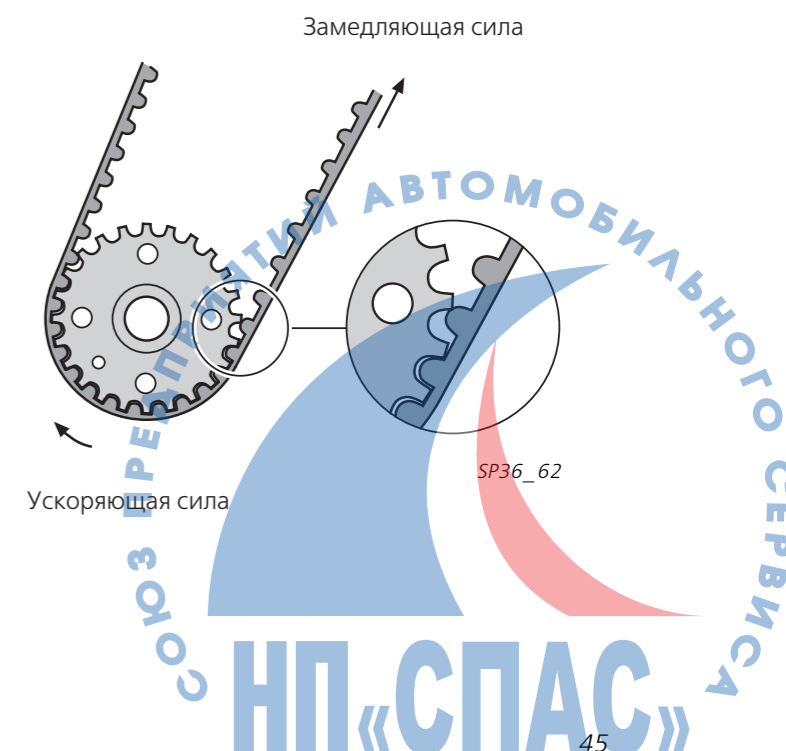
В соответствии с порядком зажигания, процесс периодически повторяется, при этом в зацепление вступают одни и те же зубья зубчатого ремня.

В соответствующих точках звездочки на коленчатом вале зазор между зубьями увеличен, что обеспечивает больший люфт между зубчатым ремнем и звездочкой, установленной на коленчатом вале. Такая конструкция позволяет компенсировать изменение расстояния между зубьями и уменьшить износ зубчатого ремня.



Если бы расстояние между зубьями на звездочке, установленной на коленчатом вале, было одинаковым, то при воздействии на ремень повышенной нагрузки за счет сопротивления насоса зубья ремня ударялись бы о края зубьев звездочки коленчатого вала.

Это привело бы к увеличению износа и к сокращению срока эксплуатации зубчатого ремня.



# Проверка знаний

Выберите правильные ответы.  
Количество правильных ответов может  
быть больше одного.  
А иногда – все!



1. Двигатель с системой насос-форсунок

- А. Оборудован насос-форсункой на каждом цилиндре,
- В. Работает с большим давлением впрыска, обеспечивающим качественное сгорание топлива,
- С. Обладает более высокой мощностью и уменьшенной токсичностью отработавших газов по сравнению с двигателем с ТНВД распределительного типа.

2. В каждой насос-форсунке имеется клапан,

- А. Представляющий собой электромагнитный клапан, управляемый блоком управления двигателя,
- В. Который открывается на основной фазе впрыска,
- С. Который закрывается на основной фазе впрыска.

3. Поршень насоса в насос-форсунке

- А. Приводится в действие непосредственно кулачком насоса,
- В. Приводится в действие распределительным валом через ролик коромысло,
- С. Управляется электромагнитным клапаном.

4. Топливо подается из топливного бака в двигатель при помощи

- А. Поршня насоса,
- В. Электрического топливного насоса,
- С. Электрического подкачивающего топливного насоса и механического топливного насоса.

5. Фаза предварительного впрыска завершается под действием

- А. Клапана насос-форсунки,
- В. Втягивающего поршня,
- С. Демпфера иглы форсунки.

6. Зачем нужна система охлаждения топлива?

- А. Она защищает топливный бак, электрический топливный насос и датчик уровня топлива от повреждения слишком горячим топливом.
- В. Она позволяет уменьшить температуру сгорания за счет охлажденного топлива.
- С. Система охлаждения топлива обеспечивает равномерное распределение топлива из топливной магистрали по цилиндрам.

7. Датчик положения распределительного вала G40 ...

- А. ... определяет обороты двигателя,
- В. ... используется для распознавания отдельных цилиндров,
- С. ... используется только для распознавания цилиндра 1.

8. Если не поступает сигнал с

- А. Датчика оборотов двигателя G28
- В. Датчика положения распределительного вала G40
- С. Датчика температуры топлива G81

Двигатель выключается и запустить его снова невозможно.