
Губертус Гюнтер

ДИАГНОСТИКА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Service-Fibel

Hubertus Günther

DIESELDIAGNOSE

Fehlersuche an modernen Dieselmotoren

Volkswagen Technical Site: <http://volkswagen.msk.ru> <http://vwts.info>
огромный архив документации по автомобилям Volkswagen, Skoda, Seat, Audi

**VOGEL**

СИСТЕМА С НАСОС-ФОРСУНКАМИ BOSCH

Система с насос-форсунками Bosch (рис. 7.1) устанавливается на трех- и четырехцилиндровых двигателях Volkswagen. При небольшом числе цилиндров эта система обладает экономическими преимуществами: стоимость насос-форсунки примерно такая же, как стоимость форсунки в аккумуляторной системе, но при этом отпадают расходы на установку ТНВД. Недостатком системы с насос-форсунками является высокая и пульсирующая нагрузка на привод распределительного вала. Ак-

кумуляторная система впрыска топлива нагружает привод распределительного вала при постоянном создании высокого давления только на 10% от максимального крутящего момента, возникающего на двигателе с насос-форсунками. При эксплуатации автомобиля система с насос-форсунками, по сравнению с аккумуляторной системой впрыска топлива, работает с большими давлениями впрыскивания, благодаря чему имеет некоторое преимущество по расходу топлива.



Рис. 7.1. Моторный отсек трехцилиндрового двигателя Volkswagen рабочим объемом 1,4 л, снабженного системой с насос-форсунками: 1 — блок управления; 2 — клапан рециркуляции ОГ; 3 — электромагнитный клапан заслонки останова двигателя; 4 — преобразователь разрежения системы рециркуляции ОГ; 5 — преобразователь давления наддува; 6 — топливоподкачивающий насос; 7 — разъем насос-форсунки; 8 — датчик температуры топлива; 9 — разъем датчика угла поворота распределительного вала; 10 — датчики давления наддува и температуры всасываемого воздуха; 11 — датчик массового расхода

7.1. КОНТУР НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Система с насос-форсунками снабжена шибберным топливоподкачивающим насосом (рис. 7.2), приводимым от распределительного вала. Для проверки давления подкачки топлива в отверстие штуцера (показан стрелкой, рис. 7.2, 7.3), после отворачивания болта М12, может быть установлен манометр (рис. 7.3). На режиме холостого хода давление подкачки топлива должно составлять 3 бар, при максимальной частоте вращения коленчатого вала — 7,5 бар. Во время процесса пуска двигателя давление подкач-



Рис. 7.2. Топливоподкачивающий насос (стрелкой показан штуцер для проверки давления подкачки топлива): 7 — разъем насос-форсунки; 8 — датчик температуры топлива



Рис. 7.3. Подсоединение манометра для проверки давления подкачки топлива (стрелкой показан штуцер для проверки давления подкачки топлива): 1 — топливоподводящая магистраль; 2 — магистраль обратного слива топлива



Рис. 7.4. Датчик температуры топлива 8 расположен в топливопроводе обратного слива топлива

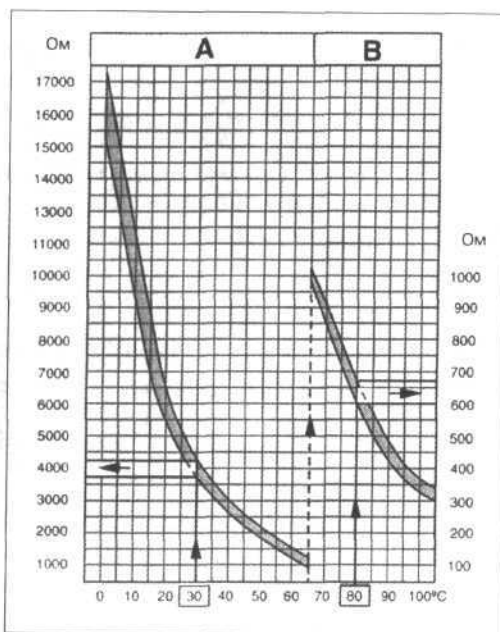


Рис. 7.5. Зависимость сопротивления датчика температуры топлива от температуры (источник: V.A.G [18])

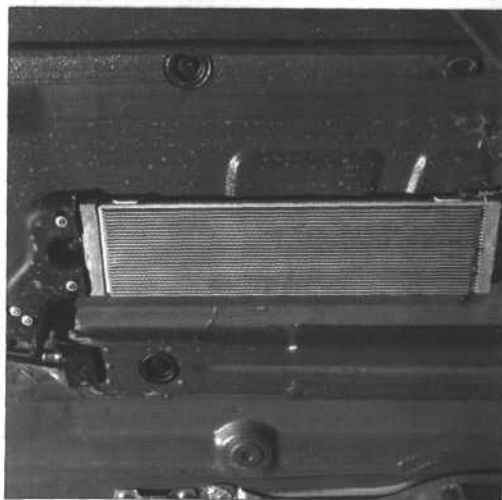


Рис. 7.6. Теплообменник на автомобиле Volkswagen Lupo. При использовании автомобильного подъемника или домкрата следует действовать осторожно!

ки топлива составляет примерно 1 бар. Если замеренное давление не соответствует предписанным значениям, прежде чем менять топливоподкачивающий насос, следует проверить топливный фильтр и все топливопроводы контура низкого давления.

В топливопроводе обратного слива находится датчик температуры топлива (рис. 7.4), представляющий собой резистор с отрицательной температурной характеристикой (рис. 7.5). По температуре топлива блок управления определяет его плотность. В четырехцилиндровых двигателях, начиная с температуры топлива 70 °C, включается электрический насос системы охлаждения топлива: тепло от топлива к охлаждающей жидкости передается через теплообменник. Температура охлаждающей жидкости снижается путем использования дополнительного низкотемпературного радиатора. В трехцилиндровом двигателе автомобиля Volkswagen Lupo теплообменник крепится под днищем автомобиля сбоку от сиденья водителя (рис. 7.6). При выходе датчика температуры топлива из строя блок управления в качестве временного параметра использует показания датчика температуры охлаждающей жидкости.

7.2. КОНТУР ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Высокое давление развивается в насос-форсунке непосредственно в зоне впрыскивания топлива в камеру сгорания. Из-за экстремально короткого топливного канала высокого давления в насос-форсунке, имеющего длину примерно 30 мм, каждый скачок давления происходит практически безынерционно. Только так могут быть достигнуты пиковые давления порядка 2000 бар. Высокое давление впрыскивания топлива снижает выброс твердых частиц с ОГ и обеспечивает получение высокой мощности двигателя. Однако характерная для этого процесса короткая продолжительность впрыскивания вызывает резкое повышение давления сгорания, что приводит к высокой шумности работы двигателя и повышенной эмиссии оксидов азота с ОГ. Оптимальные условия в камере сгорания создаются применением предварительного впрыскивания топлива. Впрыскивание небольшой дозы топлива усиливает предварительный подогрев камеры сгорания и интенсивность движения в ней потоков воздуха. Основная порция топлива при последующем впрыскивании сгорает с коротким периодом задержки и, соответственно, с меньшим шумом и меньшим количеством вредных компонентов в ОГ. В отличие от системы с насос-форсунками Lucas/Delphi (см. разд. 6.1), предварительное впрыскивание топлива осуществляется не путем двухразового открытия электромагнитного клапана, а с помощью специального гидравлического приема.

При движении плунжера насос-форсунки вверх рабочий объем насос-форсунки заполняется под действием давления нагнетания. При изменении направления движения плунжера насос-форсунки топливо нагнетается через открытый электромагнитный клапан в подводящий топливопровод. Предварительное впрыскивание топлива инициируется, когда электромагнитный клапан обесточивается и прерывается связь между контурами высокого и низкого давления (рис. 7.7). По достижении давления топлива в распылителе 180 бар игла распылителя приподнимается, преодолевая силу пружины насос-форсунки. Происходит предварительное впрыскивание топлива. Игла распылителя в процессе своего микропе-

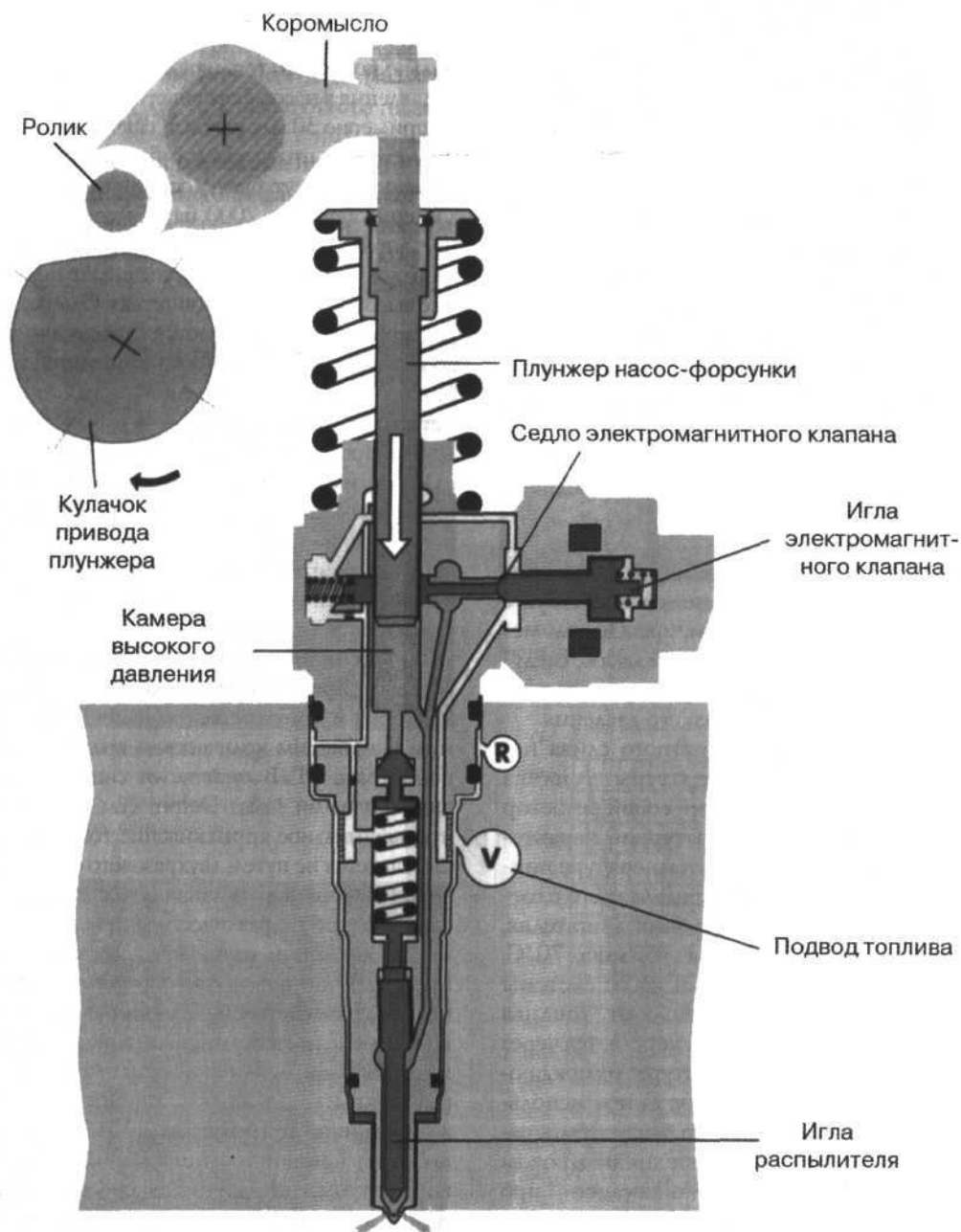


Рис. 7.7. Начало предварительного впрыскивания топлива в контуре высокого давления (источник: V.A.G [19])

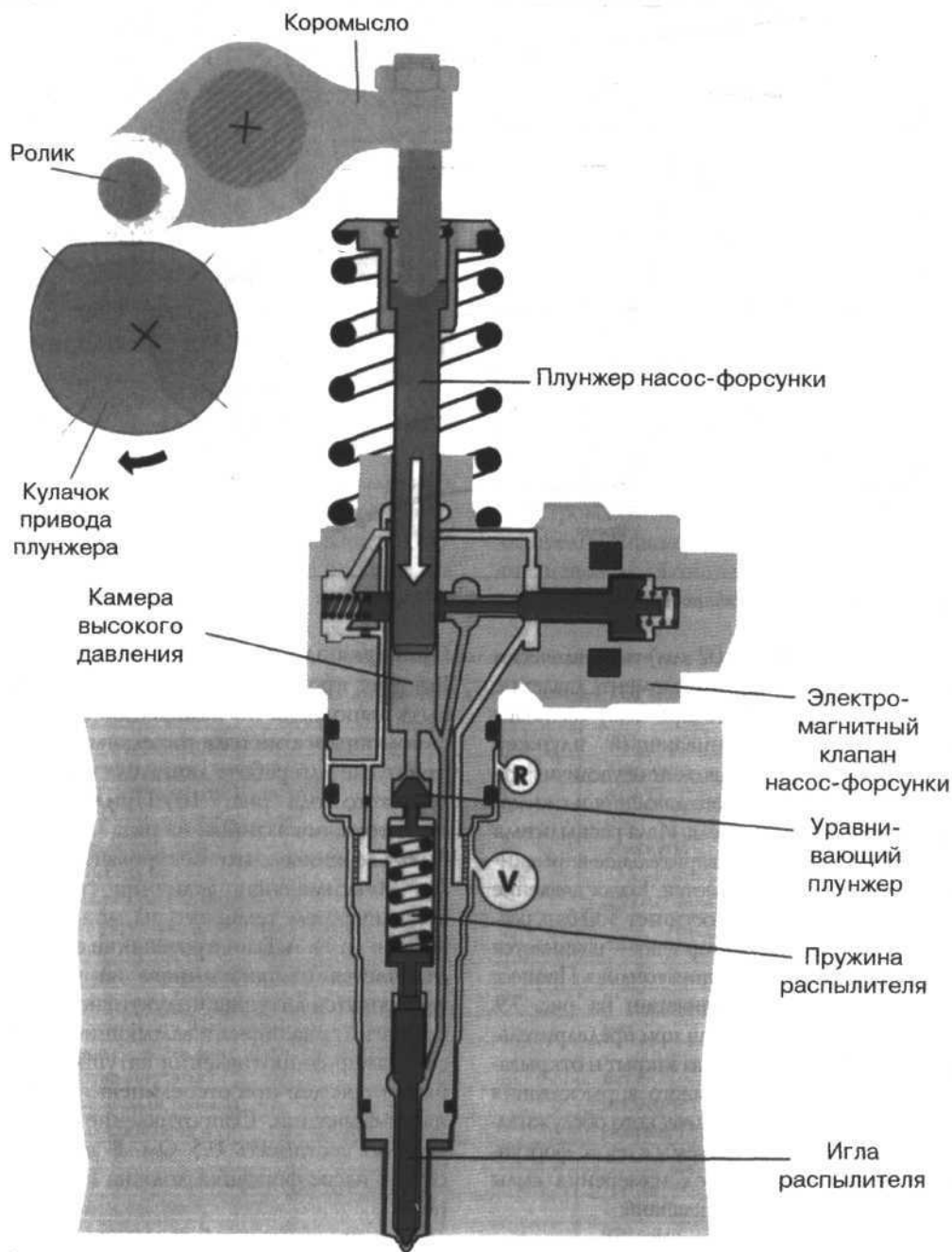


Рис. 7.8. Окончание предварительного впрыскивания топлива в контуре высокого давления
(источник: V.A.G [19])

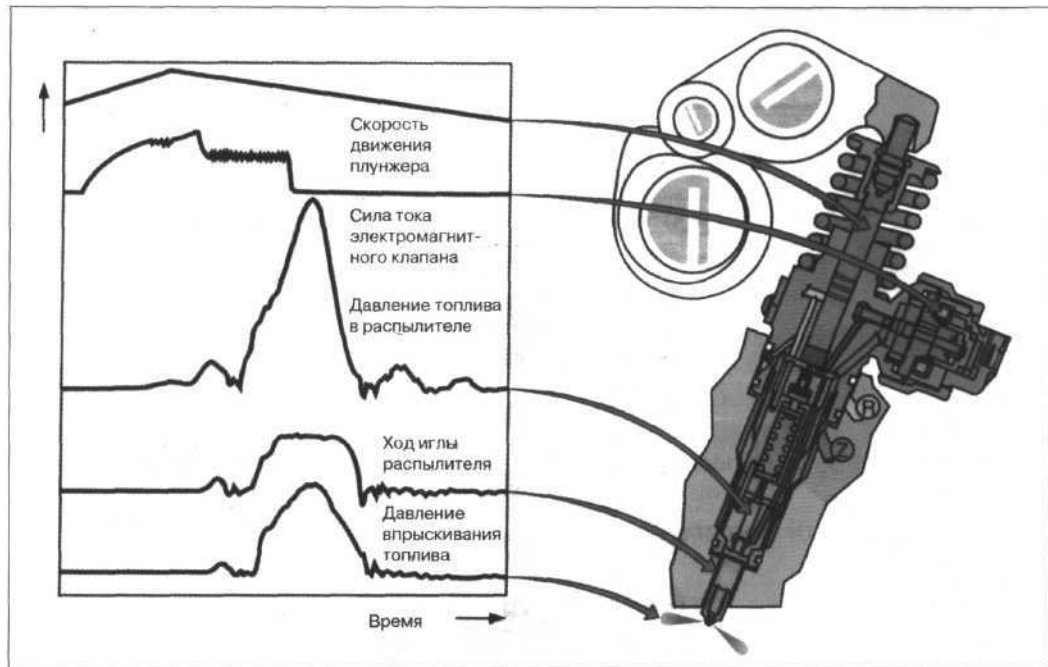


Рис. 7.9. Процесс впрыскивания топлива насос-форсункой (источник: Bosch [20])

ремещения (порядка 0,02 мм) гидравлически затормаживается. В этот момент давление вновь повышается, благодаря чему начинает двигаться вниз уравнивающий плунжер (рис. 7.8). За счет этого движения увеличивается объем камеры высокого давления и сжимается пружина распылителя. Игла распылителя садится на седло — предварительное впрыскивание топлива заканчивается. Когда давление топлива в распылителе достигнет 300 бар, распылитель открывается вторично — начинается основная фаза впрыскивания топлива. Процесс впрыскивания топлива показан на рис. 7.9. Электромагнитный клапан при предварительном впрыскивании топлива закрыт и открывается по окончании основного впрыскивания топлива. На станции технического обслуживания при диагностике системы с насос-форсунками используется метод измерения силы тока электромагнитного клапана.

7.3. ПРОВЕРКА НАСОС-ФОРСУНОК

Если в ходе поиска неисправностей подозрение падает на дефект насос-форсунки, перед ее демонтажом следует провести проверку электрики и гидравлики.

Проверка электрики

Быстрая проверка электромагнита может быть выполнена по измерению силы тока с помощью токоизмерительных клещей при пуске или работе двигателя на режиме холостого хода (рис. 7.10). При изменении силы тока, показанном на рис. 7.11, можно быть уверенным, что электромагнит в норме. Максимальная величина силы тока с увеличением температуры может понижаться до 18 А. Если протекание силы тока отличается от показанного на рис. 7.11, проверяется катушка индуктивности электромагнита на обрыв и замыкание на «массу». Замер сопротивления катушки может быть проведен при отсоединении штекера насос-форсунки. Сопротивление катушки должно составлять 0,5 Ом. В противном случае насос-форсунка должна быть заменена.

Если при исправной катушке индуктивности сигнал силы тока отсутствует, то провод, идущий к блоку управления, проверяется на обрыв и короткое замыкание. Если никаких неисправностей проводки не обнаружено, с блока управления следует считать



Рис. 7.10. Установка токоизмерительных клещей на управляющий провод (показан стрелкой) электромагнитного клапана для определения силы тока

данные памяти неисправностей. Возможно, таким образом можно будет определить, почему блок управления отказывается выдавать сигнал управления на электромагнитный клапан.

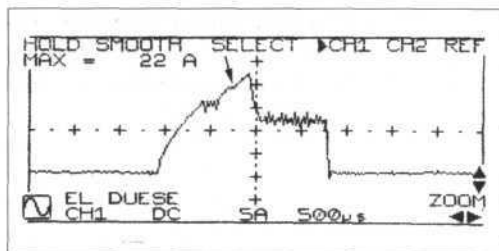


Рис. 7.11. Протекание силы тока электромагнитного клапана насос-форсунки на режиме холостого хода. Стрелкой показано начало посадки якоря электромагнита

Проверка гидравлики

Неполадки в гидравлике насос-форсунок система самодиагностики не определяет. Проверяется лишь протекание силы тока электромагнитного клапана. Если время между первым ограничением силы тока и посадкой электромагнитного клапана не соответствует предписанному, блок управления извещает о неполадке в соответствующей насос-форсунке. Дополнительно по таблице данных

Таблица 7.1. Отрывок из протокола таблицы данных двигателя, оснащенного системой с насос-форсунками

Volkswagen Lupo 1999 года выпуска с дизельным двигателем 1,4 TDI модели AFM	
Компьютерные данные	
Действительная частота вращения коленчатого вала	903 мин ⁻¹
Базовая величина подачи топлива	5 мг/цикл
Температура охлаждающей жидкости	82,4 °C
Положение педали подачи топлива	0 %
Контакты холостого хода	замкнуты
Расчетный расход воздуха	285 мг/цикл
Действительный расход воздуха	280 мг/цикл
Сквозность управляющего сигнала клапана рециркуляции отработавших газов	75 %
Расчетное начало впрыскивания топлива	2° угла поворота коленчатого вала до ВМТ
Действительное начало впрыскивания топлива	2° угла поворота коленчатого вала до ВМТ
Активация темпомата (системы круиз-контроля)	нет
Установление скорости автомобиля по темпомату (системе круиз-контроля)	нет
Выключатель педали тормоза	отключен
Выключатель сцепления	включен
Температура топлива	42 °C
Температура воздуха на впуске	19,8 °C
Атмосферное давление	1000 мбар
Давление наддува воздуха	979 мбар
Сквозность управляющего сигнала клапана управления давлением наддува воздуха	73,2 %
Напряжение аккумуляторной батареи	14,4 В
Отклонение от заданной величины подачи топлива цилиндра 1	0,32 мг/цикл
Отклонение от заданной величины подачи топлива цилиндра 2	-0,5 мг/цикл
Отклонение от заданной величины подачи топлива цилиндра 3	0,28 мг/цикл

можно определить, в каком цилиндре наблюдаются нестандартные условия сгорания топлива. В протоколе, выдаваемом блоком управления, имеется пункт «Отклонение цикловой подачи топлива». Неизбежные отклонения в работе цилиндров от параметров, допустимых производителем, выравниваются индивидуальной регулировкой цикловой подачи топлива. Блок управления рассчитывает среднюю цикловую подачу топлива и выдает на считывающий прибор отклонения от нее по каждому цилиндру. В табл. 7.1 приведен протокол таблицы данных для исправного двигателя. Фирма Volkswagen допускает отклонения цикловой подачи топлива порядка 2,8 мг на каждое впрыскивание. Однако по опыту автора, поиск неисправностей следует начинать уже при отклонениях цикловой подачи от 1,5 мг на каждое впрыскивание топлива. Неисправности в этом случае следует искать в работе механизмов двигателя или гидравлики насос-форсунки. Прежде чем подозревать отклонения в работе насос-форсунок, следует проверить компрессию в цилиндрах и убедиться, что детали двигателя не изношены.

Если автомастерская не имеет диагностического тестера для считывания таблицы данных, работу гидравлики насос-форсунок можно проверить с помощью дымомера. На режиме холостого хода при отключенной рециркуляции ОГ показатель дымности ОГ прогретого двигателя должен быть ниже 5% (коэффициент поглощения $k_{\max} = 0,12 \text{ м}^{-1}$). Повышенное значение дымности ОГ свидетельствует о нарушениях процесса сгорания рабочей смеси.

Для определения дефектного цилиндра следует последовательно отключать цилиндры путем отсоединения штекеров электромагнитных клапанов насос-форсунок. Если при повторном пуске двигателя уровень дымности ОГ существенно падает, дефектный цилиндр определен. Если компрессия в цилиндрах в порядке, подозрение падает на насос-форсунку. На первый взгляд, этот путь поиска неисправности может показаться слишком затратным, однако он себя оправдывает, если учесть высокую стоимость заменяемой насос-форсунки.

7.4. ДЕМОНТАЖ И МОНТАЖ НАСОС-ФОРСУНКИ

Замена насос-форсунок производится специальным инструментом (рис. 7.12), без которого не следует начинать работу. В первую очередь отворачиваются установочные болты коромысел и снимается ось с коромыслами (рис. 7.13). С помощью ручного насоса удаляется топливо из головки блока цилиндров через штуцеры топливопроводов обратного слива топлива. Наконец, демонтируется запорное кольцо, и насос-форсунка с легким постукиванием вынимается из головки блока цилиндров. При проведении этой операции следует исключить попадание грязи на насос-форсунку и головку блока цилиндров. Если этого не избежать, насос-форсунка может оказаться разрушенной. Снятые детали и специальный инструмент укладываются на чистую бумагу (рис. 7.14). Очистка насос-форсунки и головки блока цилиндров в моечной машине недопустима. Если снова будет устанавливаться старая насос-форсунка, следует заменить три уплотнительных кольца и теплозащитную шайбу (они показаны стрелками, рис. 7.14). Для того чтобы уплотнительные кольца посадить на посадочные места насос-форсунки без повреждений, следует использовать защитные оправки (рис. 7.12). Некачественное уплотнение может привести к разжижению топливом моторного масла, а это, в свою очередь, будет способствовать интенсивному износу цилиндро-поршневой группы.

Насос-форсунка устанавливается на место в головке блока цилиндров и самоконтрящиеся установочные болты заворачиваются от руки. Прежде чем затянуть их окончательно, следует зафиксировать правильное

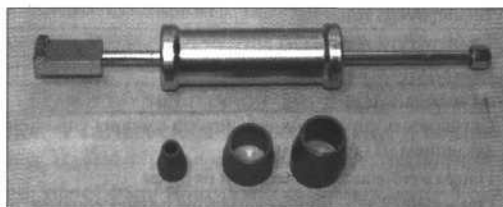


Рис. 7.12. Специальное приспособление для замены насос-форсунки

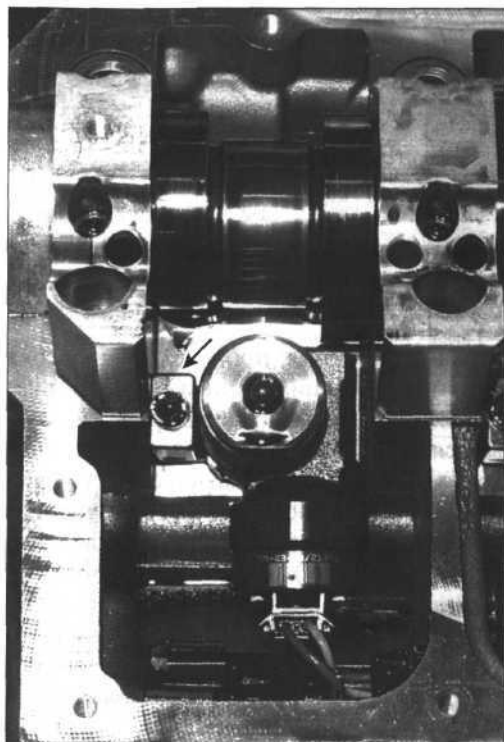


Рис. 7.13. Насос-форсунка после снятия оси с коромыслами. Стрелкой показано крепление насос-форсунки

положение насос-форсунки, установив ее строго перпендикулярно распределительному валу. Правильность ее установки должна быть перепроверена с помощью штангенциркуля, который приставляется к привалочной плоскости головки блока цилиндров и к закругленной части электромагнитного клапана насос-форсунки (рис. 7.15). Установочные размеры положения насос-форсунок для трех- и четырехцилиндровых двигателей приведены в табл. 7.2.

После выравнивания положения насос-форсунок установочные болты затягиваются моментом 12 Н·м и доворачиваются

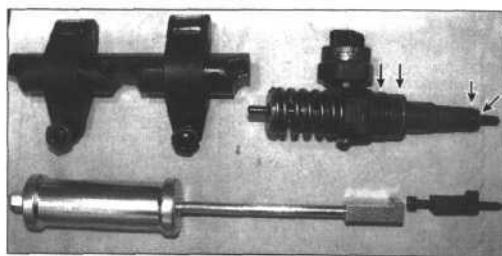


Рис. 7.14. Снятые детали и специальный инструмент. Уплотнительные кольца и теплозащитная шайба (показаны стрелками) перед монтажом насос-форсунки заменяются

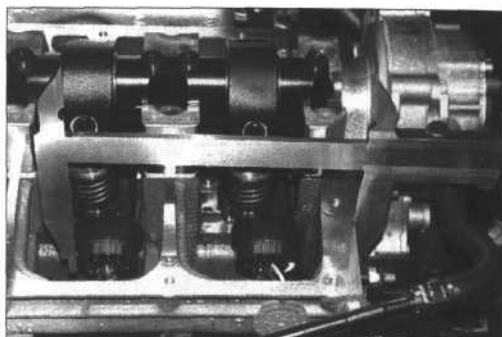


Рис. 7.15. Коррекция положения насос-форсунки в головке блока цилиндров при помощи штангенциркуля

на 270°. После монтажа оси коромысел (болты крепления затягиваются моментом 20 Н·м и доворачиваются на 90°) плунжер насос-форсунки следует установить в исходное положение. Для этого коленчатый вал двигателя проворачивают до тех пор, пока коромысло насос-форсунки не окажется в крайнем нижнем положении. Установка проверяется с помощью индикатора (рис. 7.16). Регулировочный болт на коромысле заворачивается до ощутимого сопротивления — это означает, что плунжер насос-форсунки находится в нижнем положении. После этого регулировочный

Таблица 7.2. Установочные размеры положения насос-форсунок

Четырехцилиндровый двигатель		Трехцилиндровый двигатель	
№ цилиндра	Установочный размер, мм	№ цилиндра	Установочный размер, мм
1	332,2 ± 0,8	1	244,2 ± 0,8
2	244,2 ± 0,8	2	156,2 ± 0,8
3	152,8 ± 0,8	3	64,8 ± 0,8
4	64,8 ± 0,8		



Рис. 7.16. Проверка установки коромысла насос-форсунки в крайнее нижнее положение с помощью индикатора

болт отворачивается на 225° и затягивается контргайкой (момент затяжки — $30 \text{ Н}\cdot\text{м}$). Высокая точность установки обеспечит получение высокого давления впрыскивания в момент начала подачи топлива.

7.5. УПРАВЛЕНИЕ ЦИКЛОВОЙ ПОДАЧЕЙ ТОПЛИВА

Цикловая подача топлива, впрыскиваемого насос-форсункой, зависит от частоты вращения коленчатого вала двигателя и продолжительности включения электромагнитного клапана насос-форсунки. Блок управления непосредственно влияет на цикловую подачу топлива только изменением этой продолжительности включения. Для вычисления цикловой подачи топлива блок управления должен иметь информацию о двух параметрах: частоте вращения коленчатого вала и задаваемой водителем нагрузке по датчику педали подачи топлива. Обычно датчик состоит из контактов холостого хода и потенциометра, который, в зависимости от положения педали подачи топлива, передает на блок управления сигнал напряжения. Система самодиагностики фиксирует выход из строя потенциометра и контактов холостого хода — в этом случае блок управления поднимает частоту вращения коленчатого вала на режиме холостого хода двигателя для реализации аварийного режима работы двигателя. С помощью данных запоминающего устройства

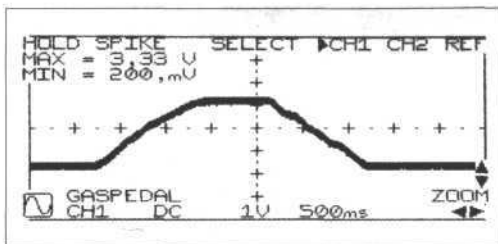


Рис. 7.17. Испытание на шум потенциометра датчика педали подачи топлива

блока управления происходит проверка функционирования датчика — сигналы напряжения должны равномерно увеличиваться с 0 % на режиме холостого хода до 100 % при полной нагрузке. Небольшие отклонения, характерные для изношенных потенциометров, вызывают нестабильную работу («толчки») двигателя во время движения автомобиля. Этот дефект, не определяемый блоком управления, лучше всего устанавливается испытанием потенциометра на шум, при котором может быть проверен сигнал напряжения в каждой точке контактной дорожки потенциометра (рис. 7.17). Контакты холостого хода служат для логической проверки потенциометра и создают напряжение 5 В на выводе блока управления. На режиме холостого хода контакты замкнуты.

В качестве датчика частоты вращения коленчатого вала служит индуктивный датчик, сообщающий блоку управления (в соответствии с формой диска (рис. 7.18)) информацию о мгновенном положении коленчатого вала, необходимую для расчета начала впрыскивания топлива и формирования управляющего сигнала на насос-форсунку. При выходе датчика из строя двигатель останавливается. Искерпывающий результат проверки датчика может быть получен с помощью осциллографа, регистрирующего сигнал напряжения. На протекание сигнала напряжения (рис. 7.19 и 7.20) могут влиять погрешности геометрии диска или неправильное расположение датчика относительно диска. При отсутствии осциллографа грубый функциональный анализ работы датчика можно провести с помощью вольтметра, установленного на режим

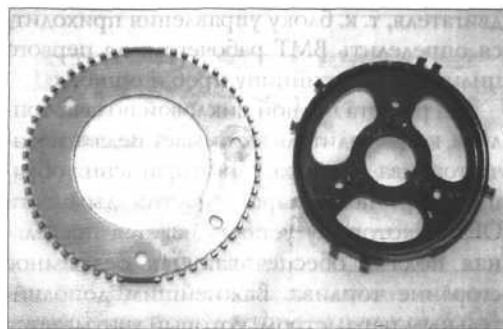


Рис. 7.18. Диск датчика ВМТ (на фото слева) четырехцилиндрового двигателя, оснащенного системой с насос-форсунками, и диск датчика Холла (на фото справа) на распределительном валу

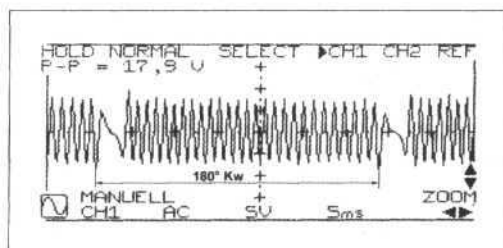


Рис. 7.19. Протекание сигнала напряжения датчика ВМТ на четырехцилиндровом двигателе

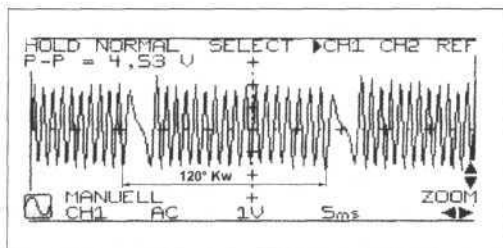


Рис. 7.20. Протекание сигнала напряжения датчика ВМТ на трехцилиндровом двигателе

переменного тока. При пуске двигателя измеряется переменное напряжение минимальной величиной 1 В. Дополнительно можно измерить сопротивление катушки индуктивности датчика (базовая величина — от 450 до 600 Ом). Разъемы датчиков ВМТ (разъем серого цвета) и Холла находятся на передней стороне двигателя (рис. 7.21). По сигналу датчика Холла, диск которого располагается на распределительном валу,

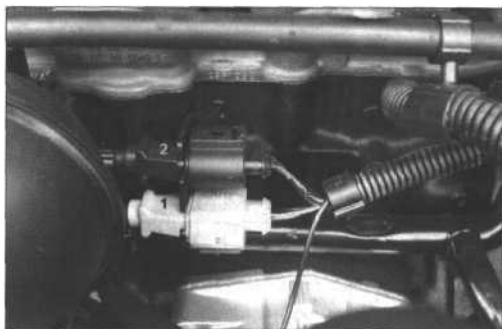


Рис. 7.21. Разъемы датчиков ВМТ (1) и Холла (2) на передней стороне двигателя

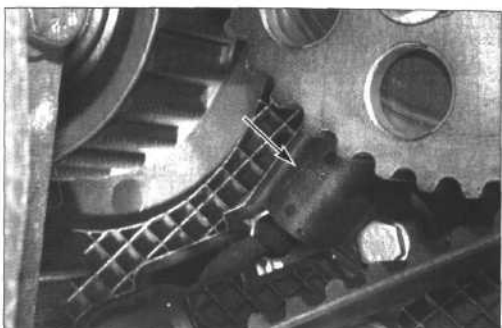


Рис. 7.22. Датчик Холла (показан стрелкой) расположен под диском, закрепленным на распределительном валу

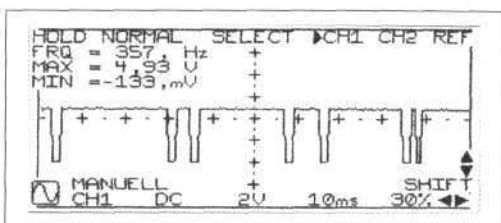


Рис. 7.23. Протекание сигнала напряжения датчика Холла на четырехцилиндровом двигателе

блок управления идентифицирует цилиндры по номерам. Форма этого диска (рис. 7.18) позволяет блоку управления при пуске двигателя уже за первые пол-оборота коленчатого вала приступить к управлению насос-форсунками. Сам датчик Холла, расположенный под диском (рис. 7.22), питается напряжением (равным напряжению аккумуляторной батареи), которое подается блоком управления. Протекание сигнала

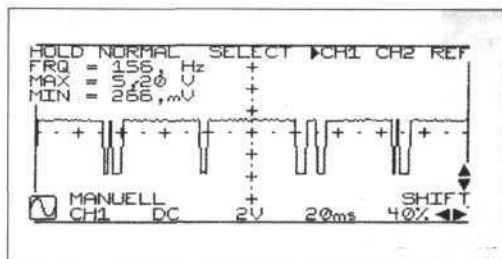


Рис. 7.24. Протекание сигнала напряжения датчика Холла на трехцилиндровом двигателе

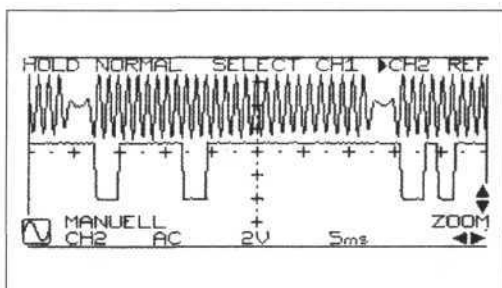


Рис. 7.25. Протекание сигналов напряжения датчиков ВМТ и Холла на четырехцилиндровом двигателе

напряжения датчика Холла (рис. 7.23 и 7.24) замеряется при подключении осциллографа к среднему выводу штекера датчика (разъем черного цвета) и «массе». При наличии двухканального осциллографа можно наблюдать одновременно сигналы напряжения датчиков ВМТ и Холла (рис. 7.25). Таким образом, выявляется погрешность синхронизации сигналов, возникающая, например, при ошибке установки зубчатого ремня привода ГРМ. При выходе из строя датчика Холла увеличивается время пуска

двигателя, т. к. блоку управления приходится определять ВМТ рабочего хода первого цилиндра по принципу проб и ошибок.

Для расчета полной цикловой подачи топлива, когда водитель выжимает педаль подачи топлива до упора, блок управления обращается к полю характеристик дымности ОГ, по которому устанавливается предельная подача, обеспечивающая бездымное сгорание топлива. Важнейшим дополнительным параметром, который учитывается блоком управления, является показание датчика массового расхода воздуха. В качестве такого датчика в настоящее время обычно используется пленочный анемометр, который посылает в блок управления сигнал напряжения, пропорциональный расходу воздуха. Проверка датчика производится либо по хранящейся в памяти блока управления характеристике, которая позволяет непосредственно сравнивать действительные и предписанные значения расхода воздуха, либо с помощью осциллографа или вольтметра. Предписанные значения сигнала напряжения датчика массового расхода воздуха приведены в табл. 7.3. Перед заменой дефектного датчика массового расхода воздуха следует проверить исправность механизмов двигателя, турбокомпрессора и системы рециркуляции ОГ. При открытом клапане рециркуляции ОГ длительное время должно выявляться значительное различие в параметрах действительных и предписанных значений расхода воздуха. В качестве экспресс-метода может быть проведен замер сигнала напряжения с помощью осциллографа на режимах свободного ускоре-

Таблица 7.3. Предписанные значения сигнала напряжения датчика массового расхода воздуха для трех- и четырехцилиндровых двигателей. Двигатель прогрет, механически исправен, турбокомпрессор — также, рециркуляция ОГ отключена

Трехцилиндровый двигатель		Четырехцилиндровый двигатель	
Режим эксплуатации	Напряжение, В	Режим эксплуатации	Напряжение, В
Включен выключатель стартера и свечей накаивания	0,95–1,05	Включен выключатель стартера и свечей накаивания	0,95–1,05
Режим холостого хода	2,0–2,2	Режим холостого хода	2,1–2,3
2000 мин ⁻¹	2,7–2,9	2000 мин ⁻¹	3,0–3,2
3000 мин ⁻¹	3,2–3,5	3000 мин ⁻¹	3,5–3,7
4000 мин ⁻¹	3,6–3,8	4000 мин ⁻¹	3,8–4,0
Свободное ускорение	4,0–4,2	Свободное ускорение	4,2–4,4

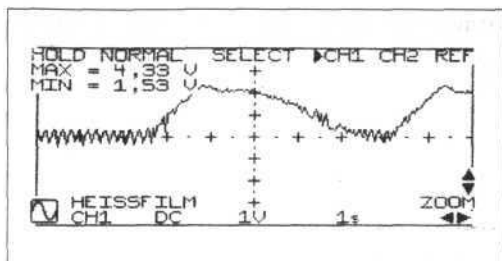


Рис. 7.26. Протекание сигнала напряжения датчика массового расхода воздуха на режимах свободного ускорения четырехцилиндрового двигателя

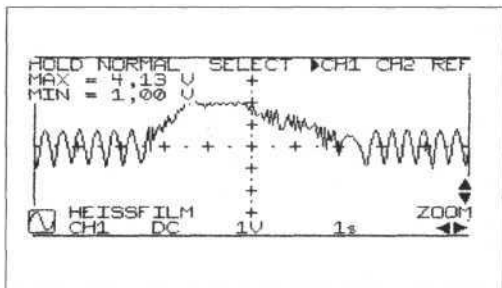


Рис. 7.27. Протекание сигнала напряжения датчика массового расхода воздуха на режимах свободного ускорения трехцилиндрового двигателя

ния (рис. 7.26 и 7.27). Если сигнал напряжения отсутствует, следует сначала проверить, есть ли напряжение питания. Если датчик массового расхода воздуха, несмотря на наличие напряжения питания, не выдает сигнала, его следует заменить. При выходе из строя датчика массового расхода воздуха блок управления принимает за цикловую подачу топлива константу 539 мг/цикл, записанную в характеристике двигателя. В этом случае мощность двигателя при полной нагрузке снижается.

7.6. РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ОГ

На режиме холостого хода и при частичных нагрузках сигналы датчика массового расхода воздуха используются блоком управления для расчета степени рециркуляции ОГ. Ужесточающиеся нормы содержания вредных веществ в ОГ требуют от производителей для снижения выбросов оксидов азота обеспечивать все более высокую степень рециркуляции ОГ, а это может быть достигнуто только при отрегулированной системе рециркуляции ОГ.

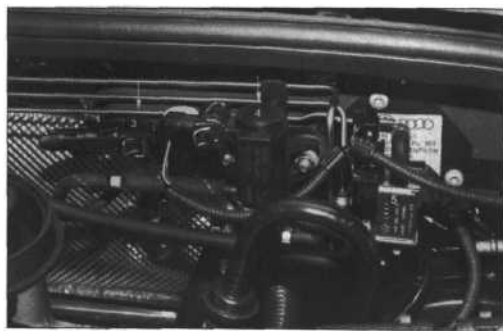


Рис. 7.28. Клапан рециркуляции ОГ двигателя рабочим объемом 1,4 л, оснащенного системой с насос-форсунками: 3 — электромагнитный клапан заслонки останова двигателя; 4 — клапан рециркуляции ОГ; 5 — электропневматический преобразователь давления в системе управления давлением наддува

В качестве контролирующего органа в этом контуре служит датчик массового расхода воздуха, с помощью которого блок управления определяет, достаточно ли поступающей в цилиндры массы воздуха для низкотоксичного сгорания рабочей смеси. Изменением скважности управляющего сигнала электропитания электропневматического преобразователя давления в системе управления давлением наддува (рис. 7.28) блок управления определяет величину разрежения, действующего на мембрану клапана рециркуляции ОГ. Последний открывается при увеличении разрежения. На большинстве автомобилей подвод рециркулирующих ОГ активен на режиме холостого хода и при частичных нагрузках до значения частоты вращения коленчатого вала примерно 3000 мин⁻¹. В зоне полных и частичных нагрузок при частоте вращения коленчатого вала свыше 3000 мин⁻¹ рециркуляция ОГ отключается, поскольку в этом диапазоне нагрузок уже ощущается дефицит свежего воздуха. На неполадки в системе рециркуляции ОГ двигатель реагирует заметным повышением дымности ОГ или потерей мощности.

Проверку системы рециркуляции следует начинать со считывания памяти неисправностей, с тем чтобы установить, есть ли у блока управления причины для

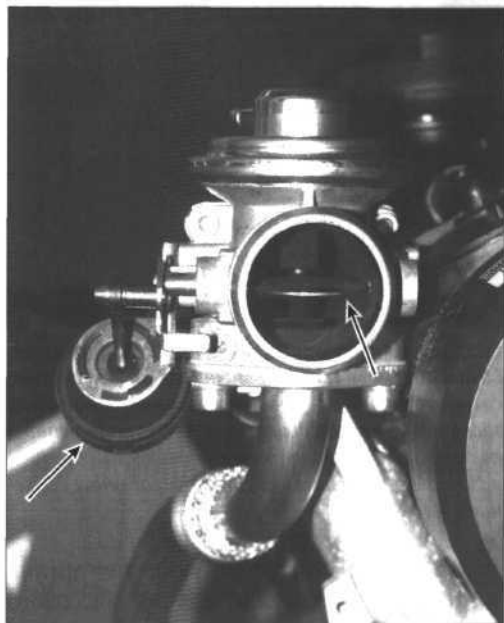


Рис. 7.29. Вид на клапан рециркуляции ОГ (показан левой стрелкой). Заслонка останова двигателя (показана правой стрелкой) закрывается в течение трех секунд после останова двигателя

отказа в работе. Например, при неисправном датчике массового расхода воздуха подвод рециркулирующих ОГ отключается.

Самая простая возможность проверки системы рециркуляции — визуальная. Для этого необходимо снять трубопровод, соединяющий клапан рециркуляции с охладителем наддувочного воздуха (рис. 7.29), подсоединить ручной насос и проверить, происходит ли открытие и закрытие клапана в соответствии с вырабатываемым ручным насосом разрежением. Если клапан не реагирует или реагирует рывками на изменение разрежения, его следует заменить. Также клапан рециркуляции ОГ может быть испытан с помощью датчика массового расхода воздуха. Для этого к клеммам сигнала напряжения датчика массового расхода воздуха подсоединяется вольтметр и устанавливается величина частоты вращения коленчатого вала примерно 2000 мин^{-1} . Если трубопровод разрежения отсоединить от клапана рециркуляции ОГ, напряжение сигнала должно

отчетливо возрасти. В противном случае клапан рециркуляции ОГ неисправен. Вместо измерения вольтметром напряжения сигнала может быть проведено сравнение действительного расхода воздуха на впуске с величиной, записанной в памяти блока управления — при неисправном клапане рециркуляции ОГ наблюдается существенное различие этих значений.

Другой возможностью проверки рециркуляции ОГ является замер дымности ОГ на режимах свободного ускорения. Сначала воспроизводится кривая дымности ОГ при подсоединенной системе рециркуляции ОГ (рис. 7.30). Затем клапан рециркуляции ОГ отсоединяется от вакуумного насоса и повторяются режимы свободного ускорения. Если значения дымности ОГ существенно возрастают, клапан рециркуляции ОГ в норме (рис. 7.31). Резкое изменение величины дымности ОГ указывает на повышенный подвод рециркулирующих ОГ. Поэтому блок управления по замеру расхода воздуха определяет недостаток свежего воздуха в заряде и уменьшает цикловую подачу топлива. Следствием этого является длительный разгон на режимах свободного ускорения, составляющий 5 с (рис. 7.31). Если дымность ОГ в первом случае разгона на режимах свободного ускорения (рис. 7.30) высокая, а во втором случае не изменилась, клапан рециркуляции ОГ слишком продолжительное время открыт. Если значения дымности ОГ при обоих испытаниях незначительны, клапан рециркуляции ОГ слишком длительное время закрыт. Для того чтобы проверить, насколько правильно блок управления регулирует рециркуляцию ОГ, в качестве манометра используют вакуумный насос, подсоединенный к электропневматическому преобразователю давления. Вакуумный насос должен воспринимать разрежение только в диапазоне описанных выше режимов нагрузки и значений частоты вращения коленчатого вала. В противном случае следует проверить преобразователь давления. Подсоединив осциллограф к «массе» и проводу, идущему от блока управле-

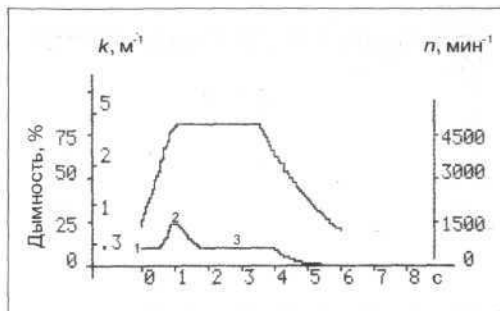


Рис. 7.30. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения k) и частоты вращения коленчатого вала n дизеля Volkswagen 1,4 TDI: 1 — дымность ОГ на режиме холостого хода при активном клапане рециркуляции ОГ; 2 — дымность ОГ на режиме полной нагрузки, $k_{\max} = 0,6 \text{ м}^{-1}$; 3 — дымность ОГ при $n_{\max}$; время разгона до $n_{\max}$ — 1 с

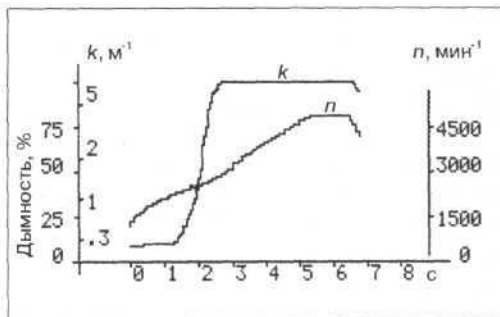


Рис. 7.31. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения k) и частоты вращения коленчатого вала n дизеля Volkswagen 1,4 TDI при открытом клапане рециркуляции ОГ: $k_{\max} = 9,5 \text{ м}^{-1}$; время разгона — 5,0 с

ния к преобразователю давления, проверяют скважность управляющего сигнала включения преобразователя давления. При неработающем двигателе и включенном выключателе стартера и свечей накаливания преобразователь давления управляется сигналом со скважностью 6 % (рис. 7.32). Так блок управления проверяет исправность электрических функций преобразователя давления. С аналогичной скважностью преобразователь управляется и в случае, когда рециркуляция ОГ отключается, например, при полной нагрузке. В диапазоне нагрузок, при которых осуществляется рециркуляция ОГ, скважность управляющего сигнала преобразователя давления находится в пределах 20–85 %

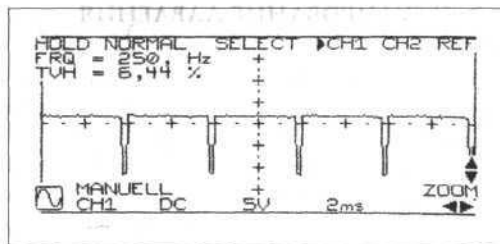


Рис. 7.32. Скважность управляющего сигнала преобразователя давления на клапане рециркуляции ОГ при неработающем двигателе и включенном выключателе стартера и свечей накаливания

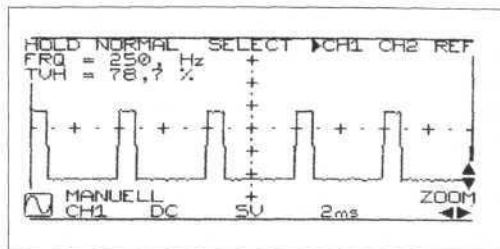


Рис. 7.33. Увеличивая скважность управляющего сигнала преобразователя давления, блок управления включает клапан рециркуляции ОГ

(рис. 7.33). При отсутствии скважности управляющего сигнала или нулевом напряжении на выводе преобразователя давления следует, в первую очередь, произвести считывание данных из памяти неисправностей. Таким образом можно установить, где следует искать повреждение — в блоке управления или датчиках. Дополнительно следует проверить катушку индуктивности преобразователя давления на обрыв и короткое замыкание (номинальное сопротивление — от 14 до 18 Ом), а также проверить наличие питания на клеммах преобразователя давления (номинальное напряжение соответствует напряжению аккумуляторной батареи). Если замеренные значения соответствуют номинальным, проверяется, не замкнут ли на «массу» провод, идущий от преобразователя давления к блоку управления. Если на управляющем проводе регистрируется неизменяющееся напряжение 12 В, это указывает либо на обрыв в проводе, либо на неисправность блока управления.

7.7. РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАДДУВА

Давление наддува регулируется электропневматическим способом. При использовании турбокомпрессора с изменяемой геометрией турбины регулирование геометрии турбины происходит созданием разрежения. Такие турбокомпрессоры применяются в четырехцилиндровых двигателях рабочим объемом 1,2 и 1,9 л. В трехцилиндровых двигателях рабочим объемом 1,4 л из экономических соображений уменьшения стоимости двигателя используется перепуск. В этом случае исполнительное устройство преобразователя давления приводится давлением наддува. Важнейшими параметрами регулирования давления наддува являются частота вращения коленчатого вала, давление наддува и атмосферное давление (замеряемое для того, чтобы на большой высоте над уровнем моря турбокомпрессор не перегружался). Датчик атмосферного давления встроен в блок управления и может быть заменен только вместе с ним.

Проверка системы регулирования давления наддува возможна только при анализе данных памяти неисправностей. На неработающем двигателе датчики атмосферного давления и давления наддува должны давать одинаковые показания с погрешностью до 20 мбар. Если эти показания сильно различаются, следует заменить блок управления. Если показания датчика давления наддува неправдоподобны, датчик необходимо проверить с помощью манометра при воспроизведении различных давлений наддува. Более быстрым тестом датчика служит проверка напряжения сигнала на датчике при свободном ускорении (рис. 7.34). При отклонениях от кривой протекания напряжения, показанной на рис. 7.34, датчик следует заменить. Этот датчик смонтирован на соединительном трубопроводе между охладителем наддувочного воздуха и впускным трубопро-

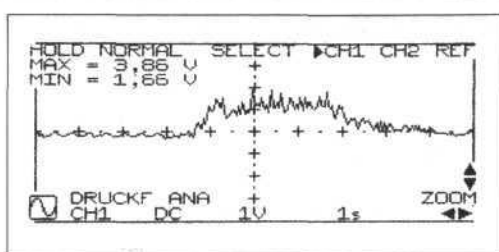


Рис. 7.34. Протекание сигнала напряжения датчика давления наддува при свободном ускорении

водом. Установление неисправности датчика давления наддува должно быть зарегистрировано в памяти неисправностей. Перед демонтажом датчика следует проверить, в порядке ли подаваемое на него напряжение питания (номинальное — от 4,8 до 5,2 В) и сигнальный провод, идущий к блоку управления. При выходе из строя датчика давление наддува ограничивается, и, соответственно, падает мощность двигателя. Если замеры показывают, что датчик в порядке, при имитации давления наддува необходимо провести проверку турбокомпрессора и преобразователя давления. Давление наддува при частоте вращения коленчатого вала 3000 мин^{-1} и на режиме полной нагрузки у двигателя рабочим объемом 1,9 л должно составлять от 1,0 до 1,2 бар, у двигателя рабочим объемом 1,4 л — от 0,8 до 1,1 бар и у двигателя рабочим объемом 1,2 л — от 0,7 до 1,1 бар. При отклонении от этих номинальных значений в первую очередь следует проверить преобразователь давления. Существуют два испол-

- в металлическом корпусе (показан на рис. 7.28) — преобразователь управляет турбокомпрессором с помощью избыточного давления (двигатель рабочим объемом 1,4 л);
- в пластмассовом корпусе — преобразователь управляет турбокомпрессором с переменной геометрией турбины путями создания разрежения (двигатели рабочим объемом 1,2 и 1,9 л).

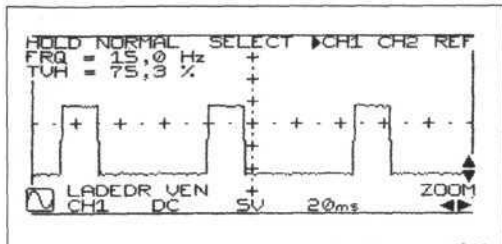


Рис. 7.35. При повышении давления наддува управление преобразователем давления осуществляется с высокой скважностью сигнала

При испытаниях обоих исполнений преобразователей давления они должны демонстрировать одинаковую скважность управляющего сигнала. При повышении давления наддува преобразователь управляется с высокой скважностью (рис. 7.35). Для ограничения давления наддува блок управления эту скважность снижает (рис. 7.36). При отклонении от этих управляющих действий следует проверить катушку индуктивности преобразователя на обрыв и короткое замыкание (номинальные значения сопротивления для преобразователя в пластмассовом корпусе — от 14 до 18 Ом, для преобразователя в металлическом корпусе — от 25 до 45 Ом). Если величина сопротивления соответствует заданным значениям, следует вольтметром замерить напряжение питания на клеммах преобразователя (должно соответствовать номинальному напряжению аккумуляторной батареи). Если напряжение питания и провод, идущий к блоку управления, в норме, блок управления следует заменить. Если цепь электрического подключения преобразователя в порядке, следует с помощью манометра проверить, преобразуются ли электрические импульсы в пневматические, что означает, происходит ли изменение давления в зависимости от изменения скважности управляющего сигнала. Если этого не происходит, следует заменить преобразователь давления. Только если есть уверенность, что все другие конструктивные элементы узла управления давлением наддува в порядке, придется заменять

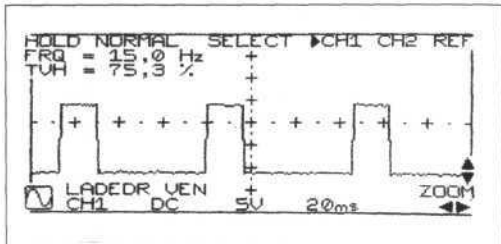


Рис. 7.36. Скважность управляющего сигнала уменьшается при ограничении или отключении давления наддува

турбокомпрессор. Зачастую неисправность турбокомпрессора проявляется в появлении дыма синеватого оттенка.

Заслонка останова двигателя

У последних моделей трех- и четырехцилиндровых дизельных двигателей Volkswagen с турбонаддувом и непосредственным впрыскиванием топлива установлена так называемая заслонка останова двигателя. Эта заслонка (рис. 7.29) закрывается в течение 3 с после остановки двигателя. Благодаря этому во впускной трубопровод при выбеге турбины не попадает свежий воздух, благодаря чему уменьшается давление сжатия и тем самым предотвращаются колебания и рывки значений частоты вращения коленчатого вала при выбеге автомобиля. В случае неисправности заслонки, находящейся постоянно в закрытом положении, двигатель не запускается. В памяти неисправностей никаких ссылок на этот дефект нет. Если при проворачивании с высокой частотой коленчатого вала стартером двигатель не запускается, следует произвести осмотр этой заслонки. Электромагнитный клапан заслонки после отключения двигателя должен находиться под напряжением, соответствующим напряжению аккумуляторной батареи, в течение 3 с. Сопротивление катушки индуктивности должно составлять от 25 до 45 Ом. План поиска неисправностей в случае, когда двигатель с насос-форсунками не запускается или запускается с трудом, приведен на рис. 7.37.

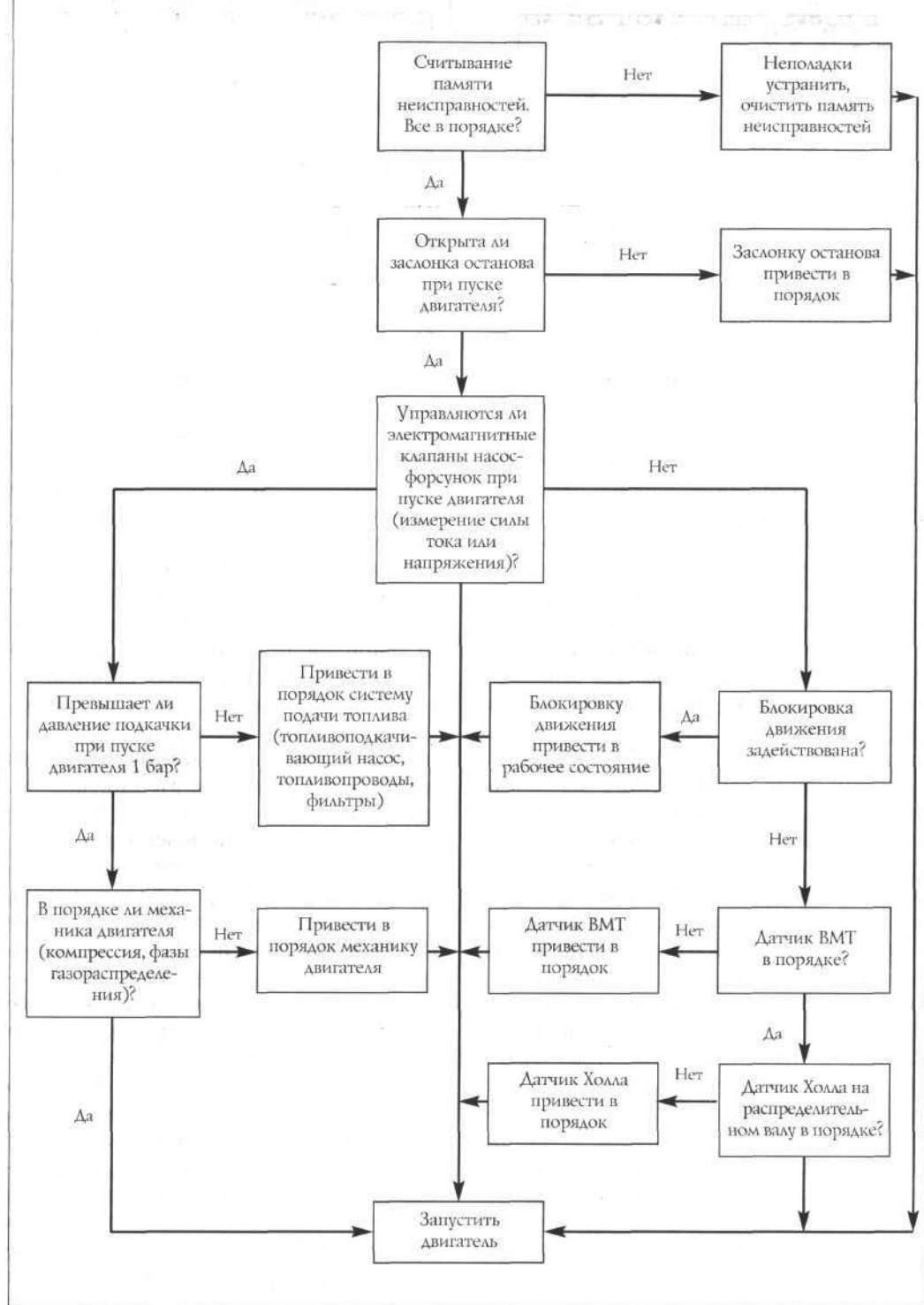


Рис. 7.37. План поиска неисправностей: двигатель не запускается или запускается с трудом