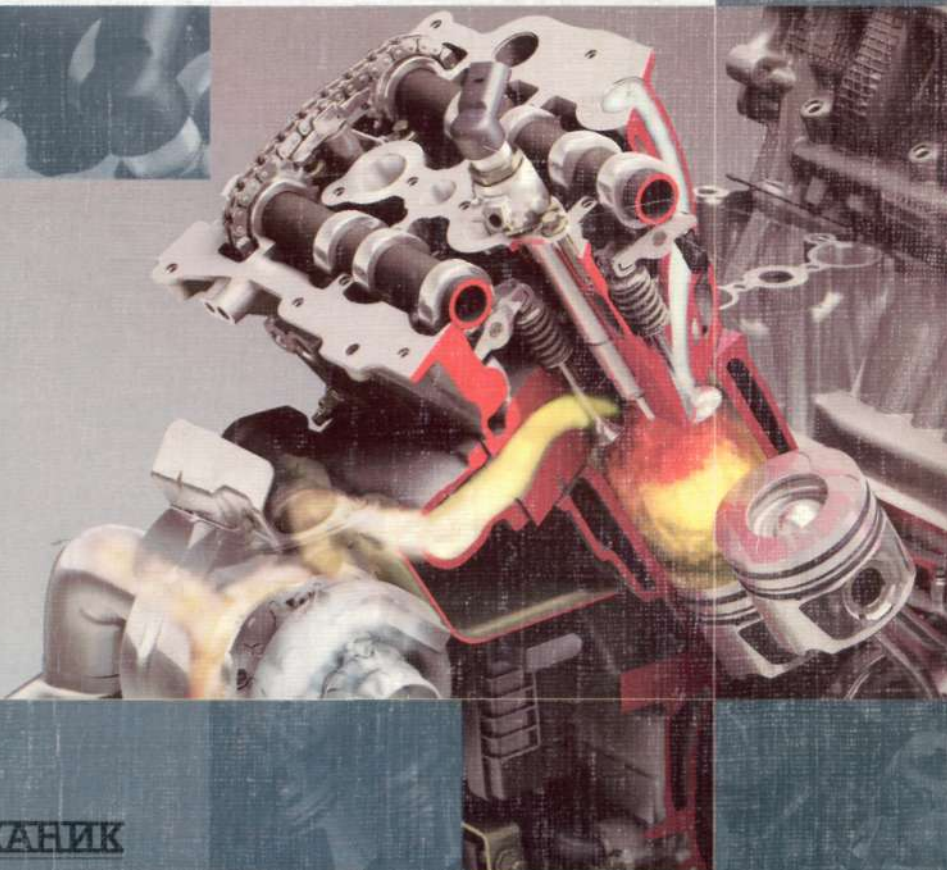


 **VOGEL**

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
**За рулем**

Губертус Гюнтер

# ДИАГНОСТИКА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ



**АВТОМЕХАНИК**

ISBN 5-85907-365-8



9 785859 073658 >

ОК 005-93, т. 2; 953750

УДК 629.113.004.58

ББК 39.35

Г 99

*Производственно-практическое издание*

Губертус Гюнтер

## ДИАГНОСТИКА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Редактор* Виктор Маслов

*Рецензент д.т.н.* Владимир Марков

*Макет и обложка* Ольга Шиян

*Верстка* Наталья Дородницына

Игорь Кишин

Наталья Сычева

*Технический редактор* Лариса Рассказова

*Корректор* Надежда Алексеева

Подписано в печать с готовых диапозитивов ЗАО «КЖИ «За рулем» 08.09.04

Формат 70x100<sup>1</sup>/<sub>i</sub> мм. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,3.

Тираж 5 000 экз. Заказ 2893. Цена свободная.

ЗАО «Книжно-журнальное издательство «За рулем»

107045, Москва, Селиверстов пер., д. 10, стр. 1

Отпечатано в ОАО «Молодая гвардия», ООО «УМОП»

107030, Москва, Сушевская ул., д. 21

### **Губертус Гюнтер**

Г 99 Диагностика дизельных двигателей.

Серия «Автомеханик». Пер. с нем. Ю. Г. Грудского. — М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004 г. — 176 с: ил.

ISBN 5-85907-365-8

Книга содержит подробные описания диагностики систем впрыска топлива, механического и электронного регулирования дизельных двигателей, дает представление о методах поиска неисправностей и о специальном оборудовании для регулировок систем питания дизелей. Представлены новейшие узлы и агрегаты. Большое внимание уделено снижению токсичности отработавших газов.

Издание адресовано инженерам-двигателистам, работникам транспортных предприятий и станций технического обслуживания, преподавателям и студентам технических учебных заведений.

Редакция и/или издатель не несут ответственности за несчастные случаи, травматизм и повреждения техники, произошедшие в результате использования данного издания, а также за изменения, внесенные в конструкцию заводами-изготовителями.

Воспроизведение в любой форме настоящего издания или любой его части запрещается без предварительного разрешения обладателя авторских прав.

УДК 629.113.004.58

ББК 39.35

© Copyright of the Original German Language edition by  
Vogel und Druck GmbH & Co. KG, Wurzburg (Germany).

All Rights Reserved.

ISBN 5-85907-365-8 (рус.)

ISBN 3-8023-1771-8 (нем.)

© ЗАО «КЖИ «За рулем», перевод на русский язык, 2004

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. СТРАТЕГИЯ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ</b> . . . . .	<b>5</b>
1.1. Стратегия поиска неисправностей ...	5
1.2. Самодиагностика — чудо-оружие против «заколдованных» неисправностей? ..	7
1.2.1. Таблица данных . . . . .	9
1.2.2. Диагностика исполнительных механизмов ...	10
1.2.3. Основные регулировки. . . . .	11
1.3. Шум и дым — поиск неисправностей с использованием дымомера типа «Хартридж». . . . .	11
1.3.1. Характеристики дымления дизельного двигателя. . . . .	11
1.3.2. Относительное определение источника дымления. . . . .	16
1.3.3. Проверка пусковой подачи. . . . .	17
1.4. Момент начала подачи топлива должен быть «just in time» (как раз вовремя) ....	18
1.4.1. Статическая установка начала подачи. . . . .	18
1.4.2. Динамическое измерение начала подачи. . . . .	19
1.5. Измерение давления в дизельных двигателях . . . . .	21
1.5.1. Измерение давления в дизельной аппаратуре впрыскивания. . . . .	22
1.5.2. Измерение давления наддува ...	24
1.6. Проверка утечек из камеры сгорания. . . . .	25
1.6.1. Проверка компрессии и утечек из камеры сгорания измерением силы тока стартера. . . . .	26
1.6.2. Проверка компрессии в цилиндрах оценкой сигнала частоты вращения коленчатого вала _____	28
1.7. Проверка элементов топливной аппаратуры системы впрыска . . . . .	29
1.7.1. Испытание распылителей. . . . .	29
1.7.2. Анализ кривой давления впрыскивания. . . . .	30
1.8. Проверка устройства облегчения пуска дизеля. . . . .	36
1.9. Проверка электрических блоков осциллографом и мультиметром ...	38
1.9.1. Использование измерительных приборов. . . . .	38
1.9.2. Подключение измерительных приборов . . . . .	39
1.9.3. Проверка датчиков. . . . .	40
1.9.4. Проверка электрических исполнительных механизмов ...	40
1.10. Установление тюнинга двигателя, связанного с повышением мощности. . . . .	43
1.10.1. Повышение мощности двигателя манипуляцией с датчиками. . . . .	44
1.10.2. Повышение мощности двигателя изменением параметров импульсных сигналов, поступающих на исполнительные механизмы. . . . .	45
1.10.3. Изменение основных регулировок. . . . .	45
1.10.4. Чип-тюнинг. . . . .	46
<b>2. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТНВД ФИРМЫ BOSCH ТИПА VP37/36 С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ</b> . . . . .	<b>47</b>
2.1. Самодиагностика . . . . .	47
2.2. Регулирование начала подачи. . . . .	48
2.3. Управление величиной подачи топлива. . . . .	53
<b>3. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТНВД ФИРМЫ BOSCH ТИПА VP30 И VP44 С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ</b> . . . . .	<b>62</b>
3.1. Подача топлива. . . . .	64
3.2. Самодиагностика . . . . .	66

## 4 Содержание

3.3. Конструктивные элементы регулирования подачи топлива . . .	67
3.4. Регулирование начала подачи топлива . . . . .	73
3.5. Регулирование давления наддува . . . . .	75
3.6. Рециркуляция ог. . . . .	77
<b>4. ТНВД ЕРИС ФИРМЫ LUCAS. . . . .</b>	<b>79</b>
4.1. Поиск неисправностей в устройствах тнвд ерис. . . . .	81
4.2. Проверка регулирования начала подачи топлива . . . . .	84
4.3. Проверка регулирования подачи топлива . . . . .	88
4.4. Испытание системы рециркуляции ог. . . . .	91
<b>5. АККУМУЛЯТОРНАЯ СИСТЕМА ВПРЫСКА ТОПЛИВА ФИРМЫ BOSCH. . . . .</b>	<b>94</b>
5.1. Система подачи топлива . . . . .	94
5.2. Поиск неисправностей в аккумуляторной системе. . . . .	97
5.3. Гидравлические испытания форсунок . . . . .	101
5.4. Проверка датчиков и исполнительных механизмов . . . . .	102
5.5. Датчики положения коленчатого и распределительного валов. . . . .	103
5.6. Исполнительные механизмы. . . . .	108
<b>6. СИСТЕМА С НАСОС-ФОРСУНКАМИ ФИРМЫ LUCAS/DELPHI . . . . .</b>	<b>113</b>
6.1. Система с насос-форсунками автомобилей land rover. . . . .	113
6.2. Поиск неисправностей в системе с насос-форсунками_____	119
6.3. Система с насос-форсунками lucas/delphi для грузовых автомобилей. . . . .	128
6.4. Поиск неисправностей в двигателе volvo fh12. . . . .	133
6.5. Проверка элементов аппаратуры системы с насос-форсунками двигателя volvo fh12. . . . .	137
<b>7. СИСТЕМА С НАСОС-ФОРСУНКАМИ BOSCH. . . . .</b>	<b>143</b>
7.1. Контур низкого давления. . . . .	144
7.2. Контур высокого давления. . . . .	145
7.3. Проверка насос-форсунок . . . . .	148
7.4. Демонтаж и монтаж насос-форсунки. . . . .	150
7.5. Управление цикловой подачей топлива . . . . .	152
7.6. Рециркуляция ог. . . . .	155
7.7. Регулирование давления наддува . . . . .	158
<b>8. РЯДНЫЙ ТНВД С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВТУЛКОЙ. . . . .</b>	<b>161</b>
8.1. Управление подачей топлива . . . . .	163
8.2. Регулирование начала впрыскивания топлива . . . . .	164
8.3. Поиск неисправностей в системе впрыска топлива . . . . .	166
8.4. Проверка элементов рядного тнвд с дополнительной втулкой . . . . .	169
8.4.1. Элементы системы регулирования начала впрыскивания топлива. . . . .	169
8.4.2. Элементы системы управления подачей топлива. . . . .	172
Список литературы. . . . .	176

# СТРАТЕГИЯ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ

## 1.1. СТРАТЕГИЯ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Основанием для поиска неисправностей в ремонтной мастерской, как правило, служит обращение клиента. У обратившегося в мастерскую клиента в первую очередь необходимо досконально выяснить, при каких условиях возникла неисправность. Для этого существует такой документ как опросный лист (рис. 1.1).

Если клиент не может ответить на все вопросы достаточно полно, обстоятельства возникновения неисправности следует определить во время пробной поездки. Такие действия могут отнять много времени, однако имеют свои преимущества: клиент почувствует внимательное отношение к себе и будет уверен, что неисправность в мастерской определена точно.

Работник сервиса сильно рискует, прерывая клиента после первой фразы и тут же выписывая наряд на необходимые работы, заметив со снисходительной улыбкой: «Да, да, все понятно». Если после ремонта обнаружится, что неисправность по-прежнему не устранена и при этом она не связана с той, что была замечена и у многих автомобилей той же модели, сотрудники мастерской окажутся в весьма затруднительном положении. Теперь им придется объясняться перед рассерженным клиентом, почему они провели столь безуспешный ремонт, за который клиент, скорее всего, откажется платить. К тому же специалистам понадобится как-то оправдать повышенные затраты на диагностику и ремонт, что в любом случае приведет к неудовольствию клиента, который, конечно, не сохранит эту досаду в себе. В Германии переживания вокруг ремонта автомобиля — одна из излюбленных тем разговоров за кружкой пива.

Для того чтобы подобных ситуаций не возникало, работникам сервиса следует сразу приучать клиентов к тому факту, что грамотный ремонт включает в себя также и поиск неисправностей. У клиента готовность оплатить диагностику существенно

Неисправность: \_\_\_\_\_

1) Является ли неисправность длительной?  
 да  нет

2) При каких условиях наступает неисправность?  
 после \_\_\_\_\_ км пробега  
 при частоте вращения \_\_\_\_\_ об/мин  
 при скорости \_\_\_\_\_ км/ч  
 на \_\_\_\_\_ передаче  
 при езде  
 с постоянной скоростью  да  нет  
 при ускорении  да  нет  
 на принудительном х.х.  да  нет  
 при  холодном  прогревом двигателя

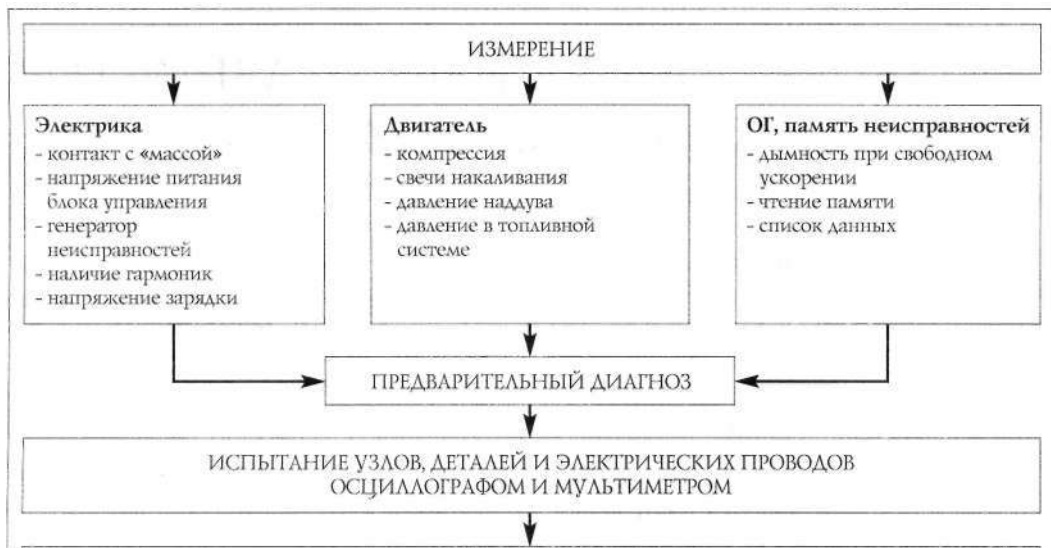
3) Мощность двигателя  
 нормальная  
 низкая  
 высокая

4) Расход топлива  
 нормальный  
 низкий  
 высокий

5) Как эксплуатируется транспортное средство?  
 при коротких поездках  
 при продолжительных поездках  
 полностью нагруженным  
 ненагруженным

6) Автомобиль был заправлен бензином  
 или дизельным топливом?  
 бензин  
 дизельное топливо

Рис. 1.1. Форма опросного листа



Термометр с отрицательным температурным коэффициентом (воздух — вода — топливо), датчик массового расхода воздуха, датчик педали подачи топлива, датчик ВМТ, датчик давления во впускном трубопроводе, датчик перемещения регулирующего органа, датчик хода иглы форсунки, исполнительный орган регулятора расхода, магнитный клапан начала подачи, рециркуляция ОГ, давление наддува

Рис. 1.2. Общий алгоритм поиска неисправности

выше перед первым ремонтом, чем после двух безуспешных попыток ремонта, которые проводились на основе предположений и статистики. Только таким образом ремонтная мастерская сможет обеспечить возмещение затрат, необходимых для поиска неисправности.

После опроса клиента предварительное предположение должно быть подтверждено проведенными затем измерениями. Выбор измерений определяется наличием оборудования для диагностики и необходимыми затратами времени. Для электронных систем с самодиагностикой сначала считывают информацию из памяти неисправностей. Преимущество метода состоит в легком доступе к информации и возможности предварительной диагностики всех имеющихся электронных блоков. Разумеется, эффект от применения этого метода не должен переоцениваться, т. к. блок управления контролирует другие блоки большей частью лишь по конечному результату. Рано или поздно любой механик сталкивается с ситуациями, когда при неудовлетвори-

тельно работающем двигателе из памяти неисправностей может поступать сообщение о том, что они отсутствуют. В этом случае механик целенаправленными измерениями (рис. 1.2) должен проверять блоки, которые не определяются самодиагностикой. Например, проверку работы механизмов двигателя и системы впрыска топлива придется осуществлять измерением компрессии и давления подачи топлива. При жалобах на плохой пуск, низкую мощность двигателя или дымный выхлоп рационально провести замер дымности ОГ дымометром типа «Хартридж» (разд. 1.3). Преимущество такого замера — в легком доступе к выпускной трубе, которая даже в эру вездесущих пластмассовых кожухов пока еще находится снаружи автомобиля.

Большая часть блоков управления поставляется с так называемым перечнем параметров, куда входят все измеряемые величины, обрабатываемые блоком управления (некоторые автопроизводители перечень параметров также называют блоком измеряемых величин). Эти величины при опро-

се датчиков проверяются на достоверность. Комбинируя различные данные результатов проверки, механик, имеющий большой опыт измерений и хорошо знающий систему управления, может определить дальнейшие шаги проверки. В особенно сложных случаях рекомендуется зарегистрировать проведенные измерения, включая результаты их обработки, и соответствующим образом распечатать. Только действуя последовательно, методом исключения исправных блоков, можно выделить неисправный конструктивный элемент. Когда дефектный блок будет установлен — либо обнаружением в памяти неисправностей, либо с помощью соответствующих тестов — дефектная часть блока должна быть определена дальнейшими измерениями. Например, блок измерения температуры охлаждающей жидкости состоит из датчика температуры охлаждающей жидкости, электрических проводов, соединительных колодок и соответствующей части блока управления. В памяти неисправностей может оказаться испорченным один из вышеназванных конструктивных элементов. Измерением напряжения или сопротивления неисправный конструктивный элемент может быть окончательно определен и заменен. Такой метод проверки может потребовать очень много времени, однако в сложных случаях он является единственным, действительно приводящим к положительному результату.

## 1.2. САМОДИАГНОСТИКА - ЧУДО-ОРУЖИЕ ПРОТИВ «ЗАКОЛДОВАННЫХ» НЕИСПРАВНОСТЕЙ?

Уже первые электронные системы впрыска топлива включали самодиагностику. В ремонтных мастерских с появлением двигателей, оснащенных системой впрыска, появилась надежда, что одним лишь опросом памяти неисправностей подозрительный конструктивный элемент может быть обнаружен и заменен, а данные о нем удалены из памяти неисправностей. Традиционные измерения и методы диагностики, требующие больших затрат времени, долж-

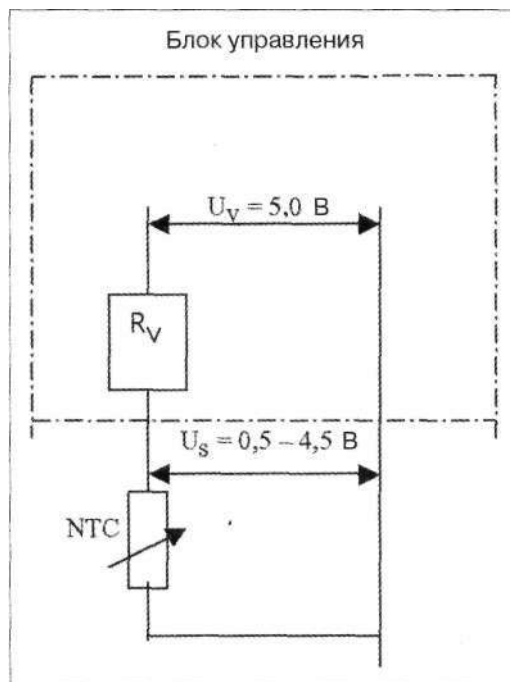


Рис. 1.3. Схема датчика с отрицательным температурным коэффициентом (NTC):  $R$  — добавочное сопротивление;  $U_V$  — напряжение питания;  $U_S$  — напряжение сигнала

ны были бы остаться в прошлом. Опыт все эти надежды разрушил: очень часто на явно неисправных транспортных средствах самодиагностика не определяет никаких повреждений или неправильно устанавливает причину неисправности. При гидродинамических или механических неисправностях самодиагностика либо слепа, либо выдает неправильные заключения.

Ограниченные возможности системы самодиагностики можно продемонстрировать на примере датчика температуры. Мерой температуры для блока управления служит падение напряжения на термисторе с отрицательным температурным коэффициентом NTC (рис. 1.3). Разработчик устанавливает допустимый диапазон температур, например, от  $-40$  до  $+140$  °C (рис. 1.4).

Для блока управления все сигналы, соответствующие этому диапазону температур, находятся в области напряжений от 0,5 до 4,5 В. Только когда напряжение выходит из этой «зеленой области», блок управле-

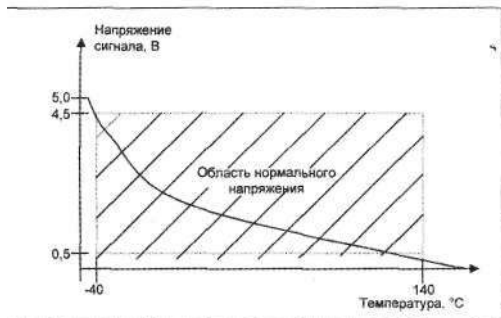


Рис. 1.4. Контролируемое блоком управления напряжение сигнала датчика с отрицательным температурным сопротивлением (NTC). В заштрихованной области блок управления не регистрирует неисправность

ния устанавливает ошибку, которая соответствует либо короткому замыканию ( $I_f = 0 \text{ В}$ ), либо обрыву ( $U_s = 5 \text{ В}$ ). Однако, если из-за повышенного переходного сопротивления в электрическом разъеме измеряется слишком низкая температура, а напряжение сигнала при этом не вышло из «зеленой области», блок управления посчитает эту информацию правильной и будет использовать ее, например, при расчете начала впрыскивания топлива или величины пусковой подачи топлива. Эти соображения относятся ко всем датчикам, у которых величина напряжения сигнала является мерой таких физических величин, как расход воздуха, давление наддува, положение педали подачи топлива и т. д. Отсюда следует, что сообщение блока управления «неисправность отсутствует» не всегда означает исправность блока. Даже если память неисправностей содержит сообщение о дефекте в блоке, необходимо быть начеку. При помощи системы самодиагностики блок управления производит мониторинг узла, который в нашем примере состоит из датчика температуры, жгута проводов с разъемами и блока питания. Прежде чем заменить датчик температуры, нужно с помощью дальнейших измерений убедиться, что неисправность действительно связана с дефектом датчика температуры, а не с дефектом жгута проводов или блока управления. Эти измерения будут иметь тем большее значение,

чем выше стоимость неисправной детали. Очевидно, при включении в работу самодиагностики «электронные мозги» блока управления ни в коем случае не должны отключаться. Тем не менее в существующих в настоящее время системах нельзя отказываться от использования самодиагностики. В будущем во все более труднопроходимых «джунглях» электронных систем указание на возможную неисправность можно будет получать читая память неисправностей. Остается надеяться, что с широким внедрением протокола бортовой диагностики (OBD) глубина самодиагностики существенно расширится.

Рассмотрим еще несколько указаний по рациональному использованию самодиагностики.

Если в сложном случае неисправности возможно предположение, что ранее уже было несколько безуспешных поисков неисправности, память неисправностей следует стереть и провести пробные поездки — до тех пор, пока неисправность не возникнет снова. Тем самым можно избежать опасности, что память неисправностей покажет их во всех тестах, которые, например, проводились с рассоединенными разъемами.

В сложных случаях может оказаться рациональным опрашивать память неисправностей всех имеющихся на транспортном средстве систем. В настоящее время электрооборудование, оснащенное бортовым контроллером связи CAN, позволяет, например, обнаружить неполадки в питании блока управления — одну из наиболее часто встречающихся неисправностей у дизельных двигателей Volkswagen с непосредственным впрыском и турбонаддувом, возникающих из-за дефектов реле. Сам блок управления не может регистрировать нарушение питания, т. к. в этот момент из-за неполадок в питании у него не работает память. Одновременно нарушается обмен данными с другими блоками управления, что регистрируется работающими блоками управления как ошибки в передаче данных.

Многие блоки управления (например, на автомобилях Mercedes-Benz) при появлении ошибок фиксируют рабочее состо-

яние двигателя, например температуру, частоту вращения коленчатого вала, скорость и пройденный путь автомобиля. Последующая оценка граничных условий позволит быстрее выявить неисправность и воспроизвести ее при испытательной поездке.

### 1.2.1. Таблица данных

Все современные блоки управления передают на считывающее устройство замеренные параметры, относящиеся к наиболее значимой части самодиагностики. Имея таблицу этих данных, можно за короткое время получить полную информацию о работе блока управления, даже если память неисправностей не заполнена. Многие блоки управления показывают также соответствующие заданные параметры и дают быстрое сравнение заданных и действительных значений.

Данные можно вызвать для всех рабочих состояний двигателя, начиная с включения выключателя стартера и свечей накаливания. Если автомобиль долгое время не запускался, стоит обратить внимание на все значения измеряемой температуры — охлаждающей жидкости, топлива и воздуха на впуске (строки 4, 18 и 19, табл. 1.1). После длительной стоянки автомобиля измеряемые величины температуры должны отличаться от заданных не более чем на 2 °С. Если эта величина превышена, датчик температуры должен быть протестирован, в частности, с использованием термометра. В процессе прогрева двигателя показания температуры могут проверяться, как и все другие величины, на логичность изменения. Например, начало впрыскивания должно оставаться вблизи установочного угла поворота коленчатого вала и смещаться в направлении «раньше» с ростом частоты вращения коленчатого вала. При полном выходе из строя датчика, к примеру датчика температуры, показания будут различаться в зависимости от производителя и модели. У большей части производителей автомобилей в этом случае будет отображаться значение —50 °С, которое сразу бросится в глаза (хотя в северных регионах такая

Таблица 1.1. Данные дизельного двигателя Volkswagen TDI мощностью 66 кВт, полученные на режиме холостого хода. Список данных может отличаться в зависимости от применяемой системы впрыска

Audi A4 1996 года выпуска с дизельным двигателем TDI модели 1Z Компьютерные данные		
1	Действительная частота вращения коленчатого вала	903 мин <sup>-1</sup>
2	Базовая величина подачи топлива	5 мг/цикл
3	Напряжение на датчике воздушной заслонки	1,78 В
4	Температура охлаждающей жидкости	41,4 °С
5	Положение педали подачи топлива	0 %
6	Выключатель компрессора кондиционера	отключен
7	Контакты холостого хода	замкнуты
8	Расчетный расход воздуха	285 мг/цикл
9	Действительный расход воздуха	280 мг/цикл
10	Скважность управляющего сигнала клапана рециркуляции отработавших газов	54 %
11	Расчетное начало впрыскивания топлива	2° угла поворота коленчатого вала до ВМТ
12	Действительное начало впрыскивания топлива	2° угла поворота коленчатого вала до ВМТ
13	Скважность управляющего сигнала электромагного клапана управления началом впрыскивания топлива	56 %
14	Активация темпомата (системы круиз-контроля)	нет
15	Установление скорости автомобиля по темпомату (системе круиз-контроля)	нет
16	Выключатель педали тормоза	отключен
17	Выключатель сигнала сцепления	включен
18	Температура топлива	42 °С
19	Температура воздуха на впуске	19,8 °С
20	Атмосферное давление	1000 мбар
21	Давление наддува воздуха	979 мбар
22	Скважность управляющего сигнала клапана регулирования давления наддува воздуха	73,2 %
23	Напряжение аккумуляторной батареи	14,4 В
24	Отклонение от заданной величины подачи топлива цилиндра 1	0,42 мг/цикл
25	Отклонение от заданной величины подачи топлива цилиндра 2	-0,8 мг/цикл
26	Отклонение от заданной величины топлива цилиндра 3 мг/цикл	0,26 подачи

Прибор AVL Discan 863

температура может и не удивить — прим. ред.). На некоторых моделях автомобилей Volkswagen появляется либо последнее измеренное значение параметра, либо значение «по умолчанию», по которому блок управления делает расчеты. Показания моделей автомобилей Volkswagen следует принимать с особенной осторожностью — с учетом логичности изменений.

При работе двигателя с перебоями стоит обратить внимание на отклонение от заданной величины подачи топлива (строки с 24-й по 26-ю, табл. 1.1). Для выравнивания работы двигателя по цилиндрам блок управления изменяет подачу топлива в отдельных цилиндрах до тех пор, пока все цилиндры не будут работать одинаково. Такое регулирование по цилиндрам осуществляется по сигналам датчика ВМТ. В строках с 24-й по 26-ю (табл. 1.1) отклонение подачи топлива указывается по отношению к опорному цилиндру. В системах впрыска, оснащенных датчиком подъема иглы распылителя форсунки, опорным является цилиндр, в который установлена форсунка с этим датчиком. В аккумуляторных системах впрыска или системах с насос-форсунками рассчитывается средняя подача топлива и указывается отклонение по отдельным цилиндрам. Если в каком-либо цилиндре возникла серьезная неисправность, блок управления попытается изменением подачи топлива по цилиндрам выровнять работу двигателя на режиме холостого хода. Величину допуска для отклонения в подаче топлива по цилиндрам указывает производитель. По опыту автора, причину неисправности необходимо искать при отклонении подачи топлива больше чем на 1,5 мг/цикл или на 30 % от базовой величины подачи (строка 2, табл. 1.1). Оценка отклонений подачи топлива дает возможность быстро найти дефектный цилиндр, что особенно эффективно для аккумуляторной системы впрыска или системы с насос-форсунками, т. к. в этих системах нельзя обнаружить неисправность путем последовательного отсоединения по цилиндрам трубок высокого давления. Если неисправный цилиндр найден по большому откло-

нению подачи топлива, измерением компрессии в цилиндрах (разд. 1.6) следует установить, идет ли речь о неисправности гидравлики форсунок или об ошибке в работе других механизмов двигателя. Типичные неисправности в электросхеме должны быть зарегистрированы в памяти неисправностей блока управления.

При всех преимуществах, которые дает просмотр таблицы данных, у этого метода диагностики имеются определенные ограничения по скорости передачи данных из блока управления в принимающие устройства и датчики. Считается, что чем больше передается данных, тем медленнее идет обновление измеряемых величин и тем менее точно, таким образом, определяются отклонения от заданных значений. Поэтому для целенаправленного поиска неисправности необходимо отображать только те величины, которые требуются для повторного тестирования подсистемы. Например, если необходимо проверить систему наддува во время пробной поездки, достаточно зафиксировать частоту вращения коленчатого вала, положение педали подачи топлива, давление наддува и время открытия клапана регулирования давления наддува. Однако резко изменяющиеся значения (которые особенно часто возникают при работе старых потенциометров, применяемых, в частности, на педалях подачи топлива или поворотных заслонках измерителя расхода воздуха) не всегда определяются даже с использованием сокращенной таблицы данных. В этом случае потребуется применение осциллографа (разд. 1.9).

### **1.2.2. Диагностика исполнительных механизмов**

Функционирование исполнительных механизмов, действующих по команде блока управления, может быть предварительно определено визуально или на слух. Однако, хотя этот способ поиска неисправностей производит впечатление на клиентов, его эффективность сильно ограничена. Реле, например, может шелкать и при наличии сгоревших контактов, а гидравлический или пневматический клапан может сраба-

тывать не только под действием электрических команд. В любом случае при оценке закрытых конструктивных элементов без диагностики исполнительных механизмов не обойтись.

### 1.2.3. Основные регулировки

Если при эксплуатации аппаратуры впрыскивания с механическим регулированием для регулировки начала подачи топлива, частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу или полной нагрузки достаточно было применять отвертку, пробойник или секундомер, то регулировки в современных системах впрыска осуществляются установкой программного обеспечения в блоках управления. Соответствующие функции имеют выпускаемые для этих систем тестовые устройства, которые из-за высокой ответственности за качество продукции в свободную продажу не поступают, а поставляются в фирменные автосервисы производителей автомобилей.

## 1.3 ШУМ И ДЫМ - ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЫМОМЕРА ТИПА «ХАРТРИДЖ»

Дымомер типа «Хартридж» имеется в распоряжении крупных мастерских для предварительной оценки дымности отработавших газов (далее ОГ) без больших затрат времени. Для большинства приборов по измерению дымности ОГ имеются специальные программы по поиску неисправности, включающие постоянные измерения действительных значений дымности ОГ, проводимые при пуске двигателя и на режиме холостого хода. Для определения дымности ОГ при полной

нагрузке и максимальной (ограничиваемой регулятором) частоте вращения коленчатого вала регистрируются показания дымомера на режимах свободного ускорения.

Прибор для измерения дымности ОГ типа «Хартридж» оценивает отработавшие газы на просвет, т. е. точно так же, как это определяет своим зрением человек, поэтому этот прибор иногда называют «калиброванным глазом». Непрозрачность ОГ определяется наличием частиц сажи, несгоревшего топлива, моторного масла и водяного пара (рис. 1.5).

### Режимы измерения А или В?

В немецком тесте ОГ контроллеру задается измерительный режим определения непрозрачности ОГ. В зависимости от выбранного режима отклик измерительного прибора устанавливается на более или менее быстрые изменения величины коэффициента поглощения. В измерительном режиме В показания прибора сильно задемпфированы. В измерительном режиме А величина дымности ОГ записывается без демпфирования, поэтому этот режим лучше всего подходит для диагностики. При пробном измерении для предстоящего теста дымности ОГ должен выбираться режим, который предписывает производитель транспортного средства для данного теста. В дальнейшем показатели дымности ОГ даются по измерению в режиме А.

### 1.3.1. Характеристики дымления дизельного двигателя

Выброс сажи увеличивается с ростом нагрузки на двигатель, сопровождаемым обогащением топливо-воздушной смеси. Граница прекращения дымления соответствует

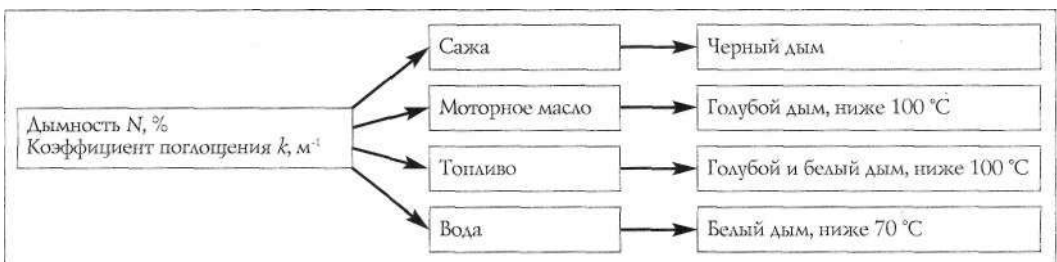


Рис. 1.5. Факторы дымности ОГ и состав твердых частиц

составу смеси при коэффициенте избытка воздуха  $A = 1,2$ . Исправный дизельный двигатель на холостом ходу частиц сажи (твердых частиц) почти не выбрасывает. Усиленный выброс твердых частиц или неосторожного топлива указывает на нарушения процесса сгорания, вызванные плохой подготовкой топливо-воздушной смеси, например, из-за неисправных распылителей форсунок, ошибочно установленного начала подачи или высокого расхода масла при износе деталей ЦП Г. Нарушения процесса сгорания могут приводить к повышенному дымлению на всех рабочих режимах. Большинство дымомеров позволяют регистрировать изменение непрозрачности  $OT$  в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, обеспечивая возможность поиска неисправности на режимах свободного ускорения (рис. 1.6). Кривая дымности ОГ определена на всех рабочих режимах двигателя. Точка 1 (рис. 1.6) характеризует дымность на холостом ходу — у исправного дизельного двигателя с отключенной рециркуляцией ОГ она должна быть менее 5 %, соответственно,  $k = 0,12 \text{ м}^1$ . Превышение этого значения дымности ОГ свидетельствует о нарушениях процесса сгорания. В этом случае нужно проверить аппаратуру впрыскивания, распылители форсунок и момент начала подачи топлива. Неплотность прилегания поршневых колец также вызывает повышенное дымление, что можно объяснить, с одной стороны, низким давлением в конце такта сжатия, с другой стороны, повышенным расходом масла

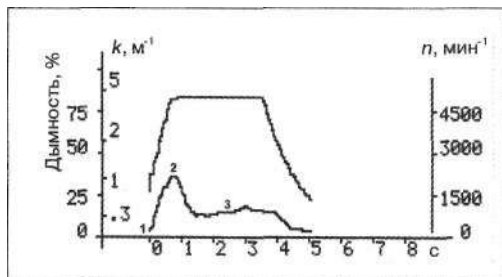


Рис. 1.6. Типичные кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  при свободном ускорении:  $h_{та} = 1,05 \text{ м}$ ; время разгона  $h = 0,7 \text{ с}$

Точка 2 (рис. 1.6) характеризует максимальное дымление на полной нагрузке. Так как дизельный двигатель на режимах свободного ускорения работает с полной нагрузкой только в течение короткого времени, наибольшая подача топлива происходит также очень недолго. В исправном двигателе изменение непрозрачности ОГ приблизительно соответствует измене-

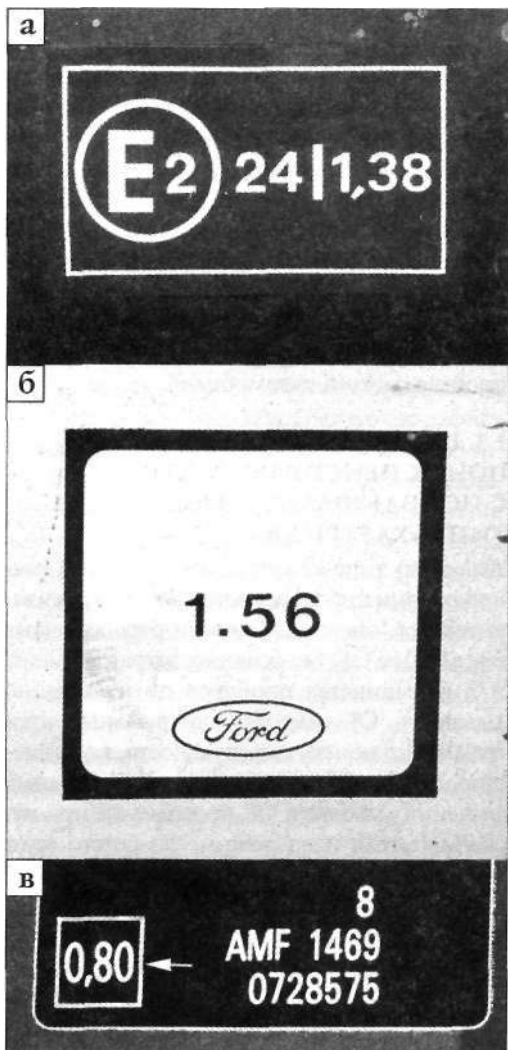


Рис. 1.7. Места нанесения по правилам ЕЖ ООН R24 значений коэффициента поглощения  $k$  в табличке для автомобиля: а — Peugeot (прежних лет выпуска); б — Ford Transit; в — Volkswagen Lupo

нию подачи топлива. В немецком тесте ОГ точка 2 (рис. 1.6) берется как значение максимального дымления. У современных дизельных двигателей максимальное дымление приблизительно соответствует  $k = 1,0 \text{ м}^3$ . Более точные сведения о значении дымления двигателя на полной нагрузке указываются в табличке автомобиля (рис. 1.7): в обрамленном прямоугольнике приводится значение  $k$ , которое было установлено на режиме полной нагрузки при утверждении типа транспортного средства. Даже если бы это значение  $k$  устанавливалось при других условиях, оно, по опыту автора, соответствовало бы в большинстве случаев дымлению двигателя на режимах свободного ускорения.

Тот факт, что контрольное значение  $k$  можно обнаружить под капотом каждого автомобиля, значительно облегчает применение этого метода испытания. Если измеренное значение в точке 2 (рис. 1.6) находится выше контрольной величины, двигатель получает при полной нагрузке слишком большое количество топлива или слишком малое количество воздуха. Прежде чем делать выбор между этими возможными неисправностями, желательно спросить клиента о мощности двигателя. Если клиент радостно подтверждает высокую мощность двигателя, следует искать причину отклонения значения  $k$  в слишком большой дозе топлива. Если клиент категорически отрицает, что двигатель когда-либо подвергался тюнингу (разд. 1.9 и 1.10), связанному с повышением мощности, следует более точно посмотреть замеренные сигналы датчиков, используемые блоком управления для расчета подачи топлива на полной нагрузке. Это сигналы датчиков температуры всасываемого воздуха, топлива и в зависимости от устройства двигателя давления наддува и расхода воздуха. Если мощность двигателя находится в допусках для серийной продукции, а значение дымности ОГ при этом слишком завышено, это означает, что двигатель получает при полной нагрузке слишком мало воздуха. Тогда при поиске причины неисправности следует пройти по пути всасываемого двигателем воздуха, начиная с про-

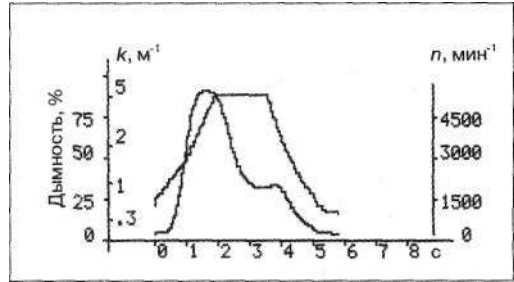


Рис. 1.8. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  при свободном ускорении с постоянно открытым клапаном рециркуляции ОГ

верки внешнего вида воздушного фильтра. Затем измерением давления наддува при полной нагрузке проверяют турбокомпрессор. Частой причиной повышенного дымления являются неисправности в системе рециркуляции ОГ. На режиме полной нагрузки рециркуляция ОГ обычно отключается. Если клапан рециркуляции ОГ из-за механической или электрической неисправности открыт на режиме полной нагрузки, двигатель выбрасывает густой черный дым, т. к. ОГ в системе рециркуляции вытесняют из впускного трубопровода свежий воздух. Действие клапана рециркуляции может быть проверено визуально или измерением с помощью дымомера при открытом клапане системы рециркуляции ОГ (рис. 1.8).

На полное открытие клапана рециркуляции ОГ (с помощью ручного вакуумного насоса) двигатель должен реагировать повышенным дымлением. Если дымление было сильным и при контрольном измерении с открытым клапаном рециркуляции ОГ осталось неизменным, значит клапан рециркуляции ОГ «завис» и должен быть тщательно проверен. У большинства дизельных двигателей величина расхода воздуха используется блоком управления для расчета полной подачи топлива. Такие двигатели на недостаток воздуха, который создает открытый клапан рециркуляции ОГ, реагируют потерей мощности и черным дымом (рис. 1.9 и 1.10). Точно так же сопротивление на выходе выпускной трубы приведет к низкому давлению наддува и снижению мощности двигателя.

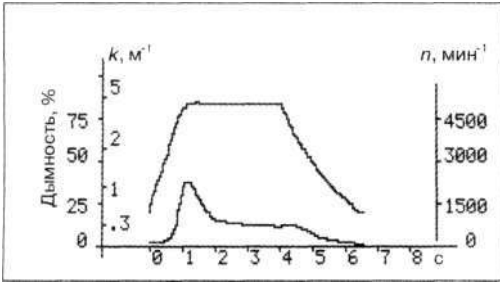


Рис. 1.9. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  при свободном ускорении исправного двигателя TDI (код двигателя IZ)

Если дымление на режиме полной нагрузки заметно ниже нормального значения, подача топлива на этом режиме является слишком низкой. Так как блоки управления при любой неисправности (из соображений безопасности) снижают подачу на полной нагрузке, всякий раз необходимо сначала просмотреть память неисправностей. При незаполненной памяти неисправностей проверяется давление подкачки, создаваемое насосом низкого давления (раздел 1.5), и затем с помощью таблицы данных или осциллографа проверяются все замеренные датчиками величины, необходимые блоку управления АЛЯ расчета подачи на полной нагрузке. Сюда относятся датчики расхода воздуха, давления наддува и температуры всасываемого воздуха и топлива.

Если дымность в точке 3 (рис. 1.6) слишком высока при срабатывании ограничителя оборотов коленчатого вала, проблемы

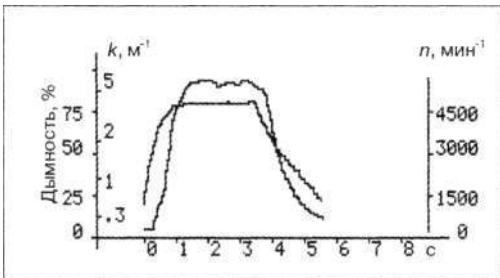


Рис. 1.11. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  при свободном ускорении безнаддувного дизельного двигателя с заблокированным механизмом начала подачи

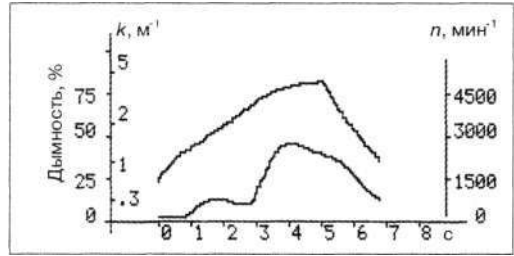


Рис. 1.10. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  при свободном ускорении двигателя Volkswagen 1,9 TDI (код двигателя IZ) с постоянно открытым клапаном рециркуляции ОГ

связаны не с величиной подачи, а с частотой вращения коленчатого вала. При допустимом дымлении на холостом ходу и полной нагрузке следует сначала проверить функционирование регулятора начала подачи (рис. 1.11, 1.12, 1.13).

Претензии клиента в этом случае могут быть следующими: двигатель не развивает мощность и дымит. Потери мощности можно определить по медленному достижению максимальной частоты вращения и «скругленной» кривой частоты вращения коленчатого вала. На слишком поздно установленное начало подачи топлива указывают высокие значения дымности ОГ на всех режимах и недостаток мощности (рис. 1.14).

Однако видимое изменение значения дымности ОГ можно установить только при точно определенной погрешности начала подачи. Не все двигатели реагиру-

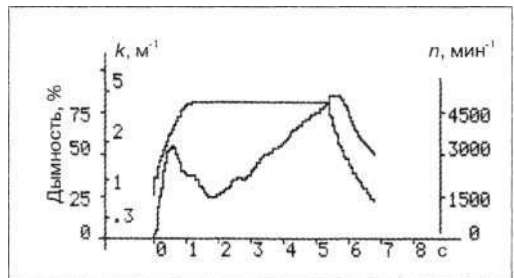


Рис. 1.12. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  при свободном ускорении двигателя с турбонаддувом и заблокированным механизмом начала подачи

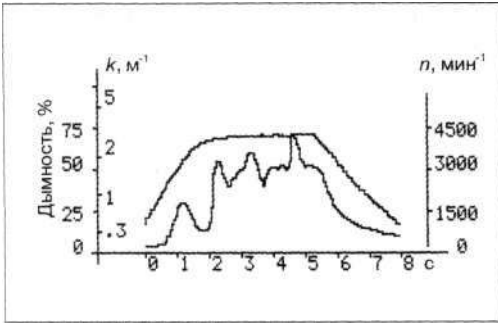


Рис. 1.13. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  при свободном ускорении двигателя IFAW 318TDS с турбонаддувом, заблокированным механизмом начала подачи и постоянно открытым электромагнитным клапаном механизма начала подачи

ют одинаково на неправильно установленное начало подачи. Если начало подачи слишком раннее, величина дымности ОГ снижается на холостом ходу, однако увеличивается на режиме полной нагрузки (рис. 1.15).

Если величина дымления находится слишком высоко во всех трех точках (рис. 1.6), наряду с уже упомянутыми нарушениями сгорания, которые вызываются неисправностями в аппаратуре впрыскивания, речь может идти о повышенном расходе масла или плохом качестве топлива. При повышенном расходе масла значения дымности ОГ находятся высоко на всех режимах (рис. 1.16) — двигатель выпускает синий дым.

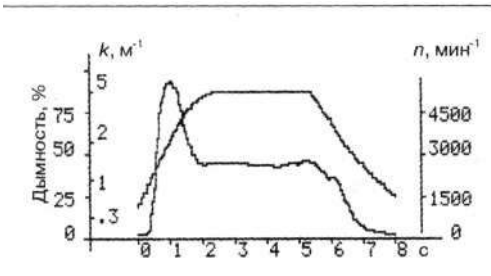


Рис. 1.15. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  при свободном ускорении дизельного двигателя со слишком ранним началом подачи топлива —  $10^\circ$  до ВМТ

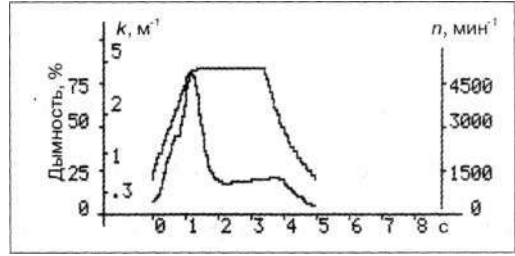


Рис. 1.14. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  при свободном ускорении дизельного двигателя со слишком поздним началом подачи топлива —  $8^\circ$  после ВМТ

Плохое качество топлива также является причиной высоких значений дымности ОГ во всех трех точках (рис. 1.6). Двигатель выбрасывает черный дым при ощутимо сниженной мощности. При подозрении на плохое качество топлива пробы на запах из горловины топливного бака недостаточно (хотя самая распространенная причина — заправка автомобиля бензином, а не дизельным топливом). Для надежности необходимо запустить двигатель, «питая» его из емкости с проверенным топливом. Если все симптомы повышенной дымности ОГ исчезли, причина определена. Уловить по запаху плохое качество дизельного топлива очень трудно: так можно, например, пытаться в течение половины дня помочь дизельному двигателю справиться с пропусками воспламенения, не подозревая, что в топливе имеется большое количество средства А^Я ОЧИСТКИ системы питания.

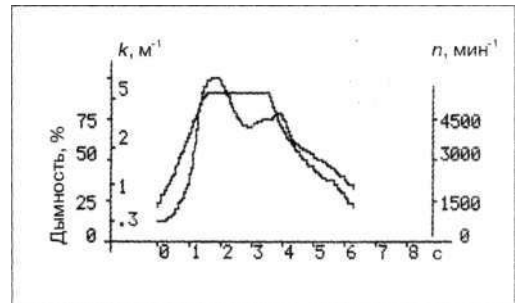


Рис. 1.16. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  при свободном ускорении изношенного дизельного двигателя с высоким расходом масла

Что касается заправки автомобиля по ошибке бензином, то, т. к. бензин не имеет смазывающих свойств дизельного топлива, современные системы впрыска высокого давления реагируют на это частичными отказами или прекращением работы. В этом случае следует заранее предупредить клиента о возможных затратах на ремонт. Особенно восприимчивы к переходу на бензин распределительные топливные насосы высокого давления и насосы высокого давления аккумуляторной системы впрыска Рядный топливный насос высокого давления и насос-форсунки в этом случае не пострадают, благодаря тому что в этих системах кулачковый вал смазывается моторным маслом.

Поиск неисправности с дымомером типа «Хартридж», как и просмотр памяти неисправностей, хорошо подходят для предварительного определения дефектов, т. к. в течение короткого времени дают направление для дальнейших проверок. По сравнению с памятью неисправностей поиск с дымомером имеет преимущество в том, что позволяет оценивать конечный продукт процесса сгорания и, таким образом, показывает результат как механических дефектов, так и неисправностей в системе топливоподачи. Поиск неисправностей по измерениям дымности ОГ приведен в таблице 1.2.

### 1.3.2. Относительное определение источника дымления

Если дымность ОГ на режиме холостого хода превышает 5 % (или коэффициент поглощения  $k$  превышает величину  $0,1 \text{ м}^{-1}$ ) и есть подозрение, что неисправность может быть связана с дефектом одного из цилиндров двигателя, следует последовательно отключать цилиндры отсоединением трубопроводов высокого давления и при этом фиксировать значения дымности ОГ. Если после отключения одного из цилиндров спустя самое позднее 10 с значение дымности ОГ явно снизится, это означает, что найден дефектный цилиндр, приводящий к повышенной дымности ОГ (табл. 1.3 и рис. 1.17).

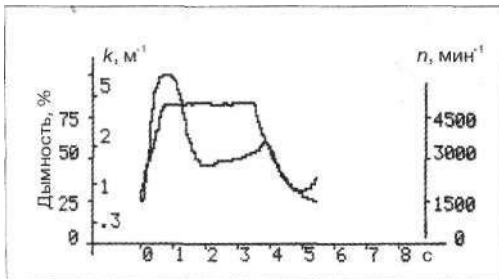
Этот метод испытания особенно пригоден для систем с насос-форсунками и аккумуляторных систем впрыска, потому как элементы насос-форсунок и, соответственно, форсунки аккумуляторной системы по своей конструкции не могут быть проверены каким-либо иным способом. У двигателей с насос-форсунками для отключения цилиндра требуется отсоединить штекер от соответствующего электромагнитного клапана. В аккумуляторной системе впрыска понадобится дополнительная, электрически исправная форсунка, которую присоединяют вместо проверяемой форсунки.

Таблица 1.2. Поиск неисправностей по измерениям дымности ОГ: «н» - нормальная величина; «+» — высокое значение; «-» — низкое значение

Мощность двигателя	Величина дымности при свободном ускорении			Возможная причина
	Холостой ход	Полная нагрузка	Обороты регулятора	
+	н	+	н	Тюнинг, слишком большая подача на полной нагрузке и частота вращения регулятора
-	н	-	н	Слишком низкие величина подачи и давление наддува, блок управления в аварийном режиме, неисправен измеритель расхода воздуха
н (-)	н	+	н	Неисправность в системе рециркуляции, загрязнен воздушный фильтр, неисправен турбокомпрессор
-	н	+	н	Экстремально раннее начало подачи, жесткий шум сгорания
-	+	+	н	Слишком позднее начало подачи
-	н	н (+)	+	Неисправный механизм опережения впрыска
-	+	+	+	Дефектный распылитель, стук процесса
-	+	+	+	Заправка не тем топливом
н	+	+	+	Перерасход масла (голубой дым). Неисправность двигателя или турбокомпрессора

Таблица 1.3. Измерение относительной дымности. При отключении дефектного цилиндра с неплотно установленной форсункой дымность снизилась в среднем с 17 до 3 %.

Определение дефектного цилиндра				
	Цилиндр 1	Цилиндр 2	Цилиндр 3	Цилиндр 4
Дымность, измеренная при отключении одного из цилиндров, %	23	23	26	3

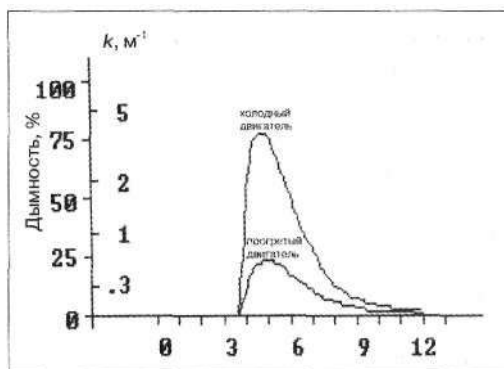
Рис. 1.17. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $\kappa$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  при свободном ускорении дизельного двигателя с неплотно установленной форсункой в одном из цилиндров

У некоторых двигателей Mercedes-Benz, например, восьмицилиндровых с аккумуляторной системой или предназначенных для грузовых автомобилей с системой насос-форсунок, цилиндры можно отключать по отдельности специальным пробником с соответствующей управляющей программой. Тем, кому затраты на такой метод проверки покажутся слишком высокими, следует учесть, что запасные части элементов насос-форсунок и форсунок аккумуляторных систем впрыска имеют трехзначную цену (в евро).

### 1.3.3. Проверка пусковой подачи

При возникновении проблем холодного пуска дизельного двигателя станции технического обслуживания ограничиваются проверкой компрессии, свечей накаливания и подачи топлива. При этом работники сервиса часто забывают, что для уверенного холодного пуска дизельному двигателю необходима определенная пусковая подача, которая при частоте вращения коленчатого вала, приводимого стартером, может осуществляться ТНВД с механическим регулированием. Системы с электронным регулированием задают пусковую подачу в за-

висимости от температуры охлаждающей жидкости. До внедрения в практику авто-сервисов приборов для измерения дымности ОГ пусковая подача могла быть проверена только на стендах для испытания топливных насосов. Прибор для измерения дымности ОГ используют следующим образом: запускают двигатель и наблюдают изменение дымности ОГ после того, как двигатель выйдет на режим холостого хода. У топливных насосов с механическим регулированием предельная величина дымности ОГ должна составлять минимум 50 % или  $\kappa = 2,0 \text{ м}^{-1}$ . При более низких значениях дымности ОГ могут появиться затруднения при холодном пуске. При слишком низкой подаче на режиме полной нагрузки снижается также пусковая подача. У пятицилиндровых вихрекамерных двигателей Audi (код двигателя CN) пусковая подача регулируется с помощью температурного датчика в виде сильфона. В таких двигателях, как и при использовании топливной аппаратуры с электронным управлением, дымление пуска следует проверять при двух значениях температуры. У прогретого дви-

Тис. 1.18. Кривые дымности ОГ и коэффициента поглощения  $\kappa$  на режиме холодного пуска при  $-10^\circ\text{C}$  на рабочем режиме прогретого двигателя с электронным регулированием

гателя дымность при пуске должна находиться в пределах от 20 до 35 % или  $I_c - 0,6-1,0 \text{ м}^1$  (рис 1.18).

При проверке пусковой подачи дизелей, оснащенных ТНВД с электронным регулированием, имитируется температура — 5 °С установкой в разъем датчика температуры резистора сопротивлением ~10 кОм и запускают двигатель. При этом дымность ОГ при пуске должна увеличиться минимум до 50 % (рис. 1.17). При более низких значениях дымности ОГ в некоторых блоках управления (например, двигателей BMW) пусковая подача регулируется специальным тестером (Modic III или DIS). Перед изменением пусковой подачи необходимо с помощью диагностического прибора проверить датчик температуры.

У некоторых распределительных ТНВД фирмы Bosch пусковая подача регулируется винтом с внутренним шестигранником, который представляет собой упор для рычага, расположенного на боковой стороне насоса (рис. 1.19).

Пусковую подачу уменьшают поворотом винта по часовой стрелке. Однако этот рычаг нельзя путать с рычагом холостого хода, который находится на другой стороне насоса. Действие рычага пусковой подачи можно отличить по тому, что он полностью прекращает работу двигателя, поэтому его также называют *рычагом останова*.

#### 1.4. МОМЕНТ НАЧАЛА ПОДАЧИ ТОПЛИВА ДОЛЖЕН БЫТЬ «JUST IN TIME» (КАК РАЗ ВОВРЕМЯ)

Установка начала подачи топлива влияет на шум сгорания, мощность двигателя, расход топлива и содержание вредных веществ в ОГ. Если подача топлива начинается слишком рано, двигатель работает жестко, с сильным шумом сгорания, низким расходом топлива, но повышенным содержанием оксидов азота в ОГ. При слишком ранней установке начала подачи увеличивается и дымность, потому что увеличенная задержка воспламенения приводит к низкой температуре цикла. Резкое нарастание давления сгорания может вызвать повреждение кривошипно-шатунного механизма,

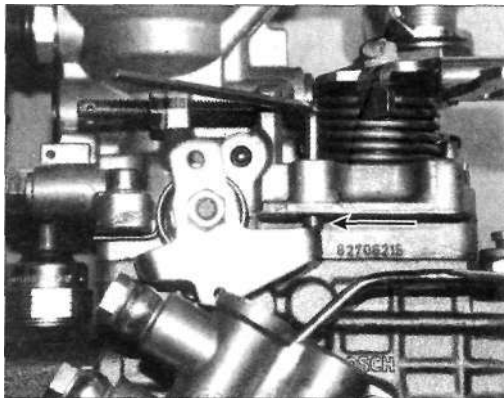


Рис. 1.19. Для установки пусковой подачи в регулировочный винт вставлен шестигранный ключ

особенно поршня. На позднее начало подачи топлива двигатель реагирует потерей мощности, увеличенным расходом топлива и повышенным дымлением. При позднем завершении сгорания увеличивается температура ОГ, а следовательно, риск повреждения выпускных клапанов и турбокомпрессора. Таким образом, в данном случае большую роль играют проверка и точная установка начала подачи топлива.

#### 1.4.1. Статическая установка начала подачи

Регулирование ТНВД с механическим регулированием осуществляется в основном при помощи механического инструмента на неработающем двигателе. Таким образом производится регулирование предва-

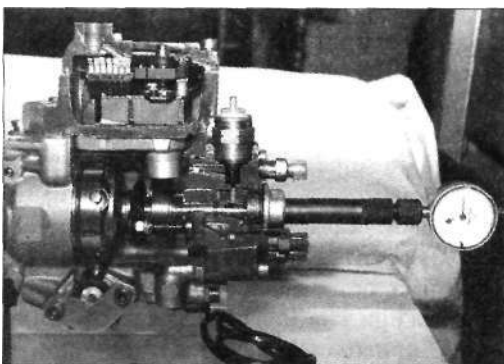


Рис. 1.20. Измерение предварительного хода плунжера у распределительного ТНВД типа VP37 с электронным регулированием фирмы Bosch

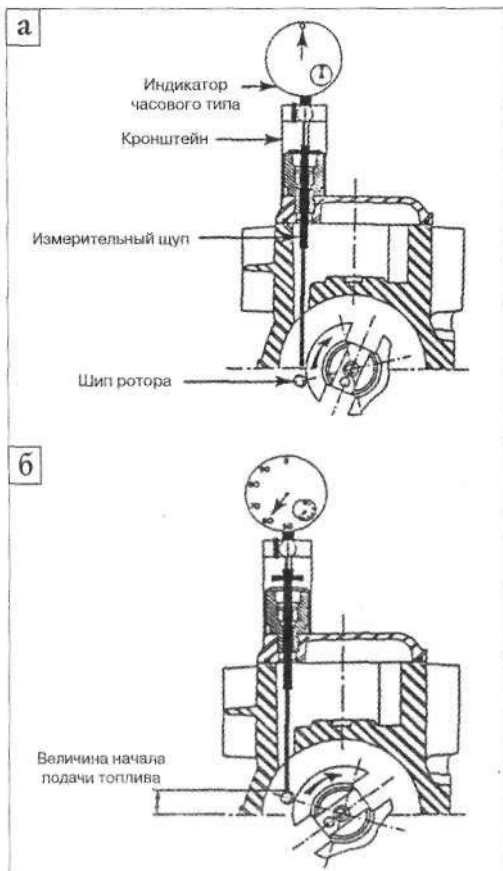


Рис. 1.21. Измерение начала подачи топлива на насосах типа DPC фирмы Lucas (иллюстрации фирмы Lucas):

а — измерительный шуп в исходном положении, индикатор выставлен на ноль;  
 б — измерительный шуп в положении начала подачи топлива

рительного хода плунжера у распределительных ТНВД фирмы Bosch. Этот же метод может применяться и для распределительных ТНВД этой фирмы с электронным регулированием — у насосов типа VP 37/36 (рис. 1.20).

У распределительных ТНВД типа DPC с радиальными плунжерами фирмы Lucas ход плунжера не может быть измерен непосредственно. Здесь оценивается величина начала подачи по положению ротора. Приваренный к ротору шип должен приподнять штифт индикатора на определенную величину (рис. 1.21 и 1.22).

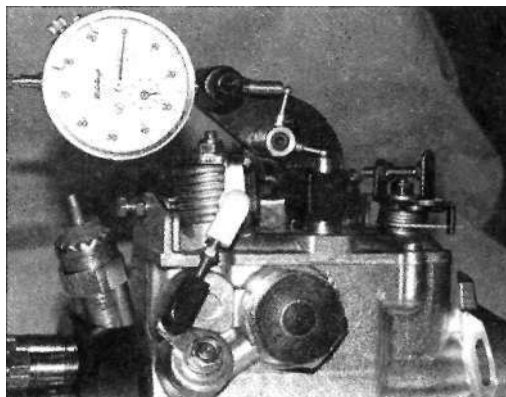


Рис. 1.22. Измерительный инструмент для регулирования ТНВД типа DPC фирмы Lucas

Шип приваривается к ротору с определенным допуском, поэтому требуемое значение устанавливается на заводе индивидуально для каждого насоса и заносится в табличку, укрепленную на рычаге управления. Без учета этой контрольной величины установка начала подачи невозможна.

С возрастанием точности изготовления насосов стал применяться т. н. метод разметки, особенно у аппаратуры впрыскивания с электронным управлением. При этом коленчатый для распределительный валы, а также топливный насос при сборке двигателя блокируются штифтами, которые удаляются после установки зубчатого ремня или цепи привода механизма газораспределения. Этот метод экономит время и дает достаточную точность, т. к. электронные устройства могут компенсировать ошибку установки до  $4^\circ$ .

#### 1.4.2. Динамическое измерение начала подачи

Так же, как у бензиновых двигателей, начало подачи топлива на работающем дизеле может контролироваться и устанавливаться. В качестве измерителя применяют зажимной датчик, который устанавливается на топливопроводе высокого давления первого цилиндра. Топливопровод высокого давления расширяется при увеличении давления в начале подачи топлива примерно на 0,001 мм по диаметру. Пьезопленка датчика также растягивается, меняя свое

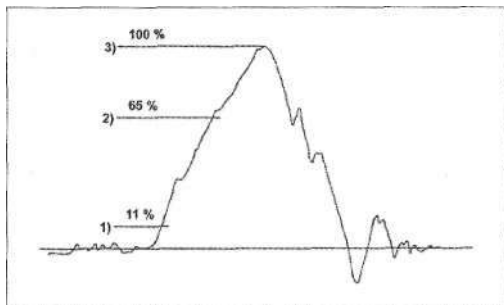


Рис. 1.23. Вид сигнала зажимного датчика (источник: фирма AVL)

электрическое сопротивление. Сигнал обрабатывается в измерительном приборе и, при определенном уровне, выраженном в процентах от максимальной величины (рис. 1.23), можно считать что началась подача топлива.

Теперь можно определять начало подачи топлива, освещая вспышкой метку ВМТ первого цилиндра на маховике или шкиве коленчатого вала. Если на двигатель установить отдельный датчик ВМТ, начало подачи топлива можно непосредственно считывать с дисплея прибора. Преимуществами этого метода являются быстрая готовность к измерению и возможность проверять функционирование регулятора начала подачи (рис. 1.24).

Тем не менее при оценке результатов необходима осторожность. Как показано на рис. 1.23, измерительные приборы фирмы

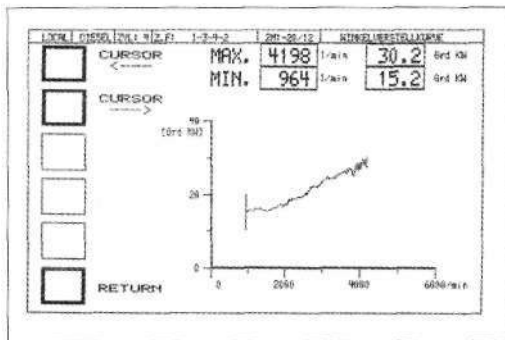


Рис. 1.24. Зависимость опережения впрыскивания (в градусах угла поворота коленчатого вала), измеренного зажимным датчиком, расположенным вблизи от ТНВД от частоты вращения коленчатого вала (в мин<sup>-1</sup>)

AVL, которые продаются также через фирменную сеть Bosch и Sun, принимают уровень в 11 % (срабатывание триггера) как начало подачи, и затем давление может подниматься равномерно приблизительно до 65 %. Другие производители выбрали иной уровень срабатывания триггера. У прибора Time Trac фирмы Lucas уровень триггера может устанавливаться даже между 20 и 80 %. При этом результат измерения с увеличением уровня срабатывания триггера сдвигается в направлении «поздно» (рис. 1.23). Следует всегда обращать внимание на наличие для используемого устройства контрольной величины. Фирма Autodata указывает, например, на контрольные величины для четырех различных устройств.

На результат измерения влияет также место установки датчика. Волна давления, двигаясь к распылителю форсунки в начале подачи топлива со скоростью 1350 м/с, достигает распылителя через несколько градусов угла поворота коленчатого вала. Большинство производителей рекомендуют монтировать датчик по возможности ближе к топливному насосу. Однако есть и исключения: у автомобилей PSA (Peugeot, Citroen) зажимной датчик установлен в форсунке. Уровень срабатывания триггера в этом случае составляет 15 %.

В настоящее время зажимные датчики поставляются двумя производителями. Датчики с коленчато-рычажным замком выпускаются фирмой AVL и применяются с устройствами фирм AVL, Bosch и Sun. Все другие производители используют датчики JMC с винтовым креплением. Эти два типа датчиков не взаимозаменяемы из-за их различной чувствительности, но для обоих типов важно учитывать, что они не могут быть повернуты на трубке в смонтированном состоянии и должны точно соответствовать диаметру топливопровода высокого давления. Некоторые японские автомобили имеют трубки высокого давления диаметром 1/4 дюйма или 6,35 мм. Для этих топливопроводов требуется специальный зажимной датчик. Датчик диаметром 6 мм разрушился бы при установке.

## Импульсный датчик регулятора (датчик RI)

У автомобилей Mercedes-Benz серии 124/190D зажимной датчик заменен индуктивным датчиком RI, который заворачивается в соответствующее резьбовое отверстие корпуса топливного насоса (рис. 1.25 и 1.26).

Штифт в регулирующей втулке рядного ТНВД или во вращающейся втулке ротора распределительного ТНВД фирмы Lucas вырабатывает при прохождении датчика сигнал, который оценивается как начало подачи топлива. Установочная величина начала подачи топлива для всех рядных ТНВД, устанавливаемых на автомобили Mercedes-Benz с датчиком RI, составляет  $15^\circ$  до ВМТ, для ТНВД фирмы Lucas —  $14^\circ$  до ВМТ. Это не означает, что действительное начало подачи происходит при  $15$  или, соответственно,  $14^\circ$  до ВМТ, а только то, что при таких установочных величинах начала подачи насос будет правильно отрегулирован. При проверке на режиме холостого хода начала подачи с зажимным датчиком измеренные величины, в зависимости от типа двигателя, обычно должны находиться в пределах между  $10$  и  $20^\circ$



Рис. 1.26. Монтаж датчика типа RI на распределительном ТНВД EPIC фирмы Lucas. Блокировочный штифт и данный датчик типа RI для рядных насосов не подходят

до ВМТ. При установке ТНВД на двигатель необходим один блокировочный винт для фиксации положения насоса (рис. 1.25 и 1.26). Следует удалить блокировочный винт перед пуском двигателя. Болт крепления ведущей шестерни топливного насоса имеет левую резьбу.

После установки насоса на двигатель крепежные болты затягиваются и вместо блокировочных штырей монтируются датчики RI. Датчики ВМТ заворачиваются в держатель рядом со шкивом коленчатого вала, и оба датчика подключают к измерительному прибору. После пуска двигателя на измерительном приборе можно считать начало подачи. Если полученные значения отличаются от заданных, то поворотом регулировочного винта (размер ключа —  $8$  мм) во фланце ТНВД можно подкорректировать начало подачи. Затем крепежные болты топливного насоса затягиваются.

## 1.5. ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Неисправности, возникающие в аппаратуре впрыскивания и не определяющиеся в большинстве случаев самодиагностикой, могут быть обнаружены с помощью манометра. Каждая аппаратура впрыскивания имеет

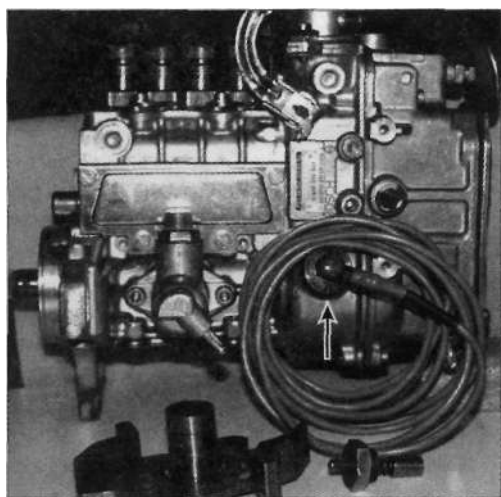


Рис. 1.25. Монтаж датчика типа RI (показан стрелкой) на рядном ТНВД. Перед насосом лежит блокировочный штифт. Демонтированный насос можно проверить за ступицу муфты опережения впрыска

контуры высокого и низкого давления. В контуре низкого давления находится электрический или механический подкачивающий насос, который подает топливо через фильтр в контур высокого давления. При проблемах с пуском или при потере мощности следует провести измерение давления подкачки на проблемном рабочем режиме.

### 1.5.1. Измерение давления в дизельной аппаратуре впрыскивания

У распределительных насосов Bosch в присоединительном штуцере топливопровода обратного слива находится дроссельное отверстие, которое вместе с клапаном управления давлением поддерживает давление в полости насоса. С адаптером, выполненным из штуцера обратного слива и гайки топливопровода высокого давления, можно измерить давление в насосе (рис. 1.27).

Адаптер подходит ко всем распределительным топливным насосам Bosch, которые имеют резьбу M12x1,5 (рис. 1.28 и 1.29) в штуцере обратного слива.



Рис. 1.27. Адаптер, для измерения давления в распределительных насосах Bosch

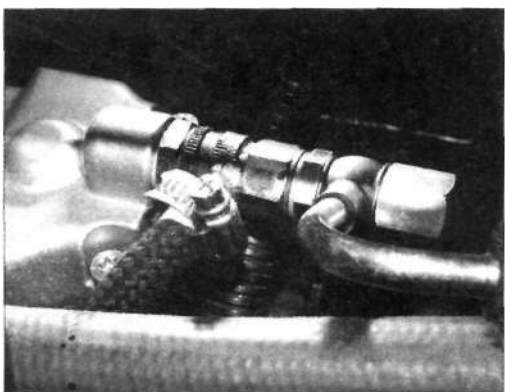


Рис. 1.28. Подсоединение адаптера к ТНВД типа VP37

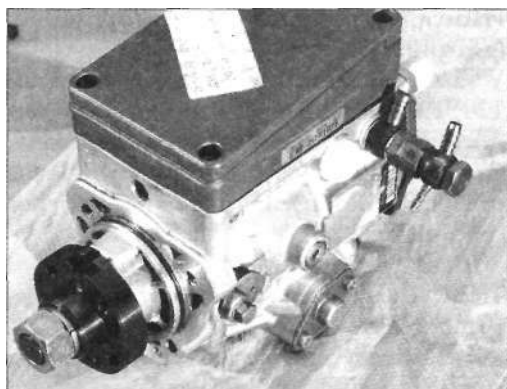


Рис. 1.29. Подсоединение адаптера к ТНВД типа VP44. Слева — подсоединение для манометра, справа — подсоединение для штуцера топливопровода обратного слива с резьбой M14x1,5

Требуемые давления указаны в таблице 14. Автомобили BMW с распределительным ТНВД VP37 снабжены электрическим подкачивающим насосом в топливном баке. Насос работает при включенном выключателе стартера и свечей накаливания и создает давление от 0,2 до 0,3 бар. Для ТНВД EPIC фирмы Lucas требуются два адаптера. Один адаптер — от ТНВД с электронным регулированием двигателя Mercedes 2,2 л (OM 604). Второй адаптер — от ТНВД двигателя Ford Transit (рис. 1.30).

Эти насосы требуют минимального давления — в 5,6 бар. Обычно устанавливают 7 бар. Все распределительные ТНВД имеют



Рис. 1.30. ТНВД EPIC фирмы Lucas: стрелки указывают на места подключения манометров

Таблица 1.4. Давление подкачки распределительных насосов фирмы Bosch

Тип ТНВД	VE, с механическим регулированием	VP37, с электронным регулированием	VP44, с электронным регулированием
Давление на режиме холостого хода, бар	2-3	5-7	10
Давление при частоте вращения коленчатого вала, ограничиваемой регулятором, бар	8-10	8-10 14-16	20-24

ют гидравлическое устройство регулирования начала подачи, поэтому давление подкачки должно проверяться также и при высокой частоте вращения коленчатого вала.

У двигателей Volkswagen, оснащенных системой насос-форсунок, имеется проверочный штуцер с резьбой М12, при подсоединении к которому манометра можно измерить давление подкачки (рис. 1.31).

Избыточное давление при пуске должно составлять минимум 1,0 бар, на режиме холостого хода — 3 бар и при максимальной частоте коленчатого вала, ограничиваемой регулятором, — 8 бар. У двигателей с аккумуляторной системой впрыска манометр присоединяют между насосами низкого и высокого давления (рис. 1.32).

Избыточное давление при пуске должно составлять по меньшей мере 1,0 бар, на режиме холостого хода — 2,5 бар и на всех других рабочих режимах — 3,0 бар. У дви-

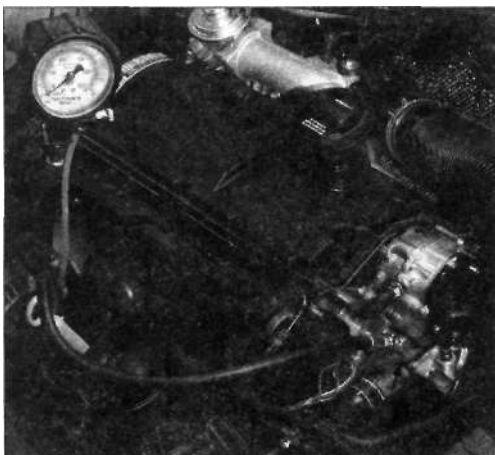


Рис. 1.31. Измерение давления подкачки у двигателей Volkswagen, оснащенных системой насос-форсунок

гателей Rover и BMW с аккумуляторной системой впрыска топлива низкое давление контролируется блоком управления с помощью датчика давления, который располагается в топливном фильтре. Давление можно проверить по протоколу данных устройства при чтении памяти неисправностей.

Для стабилизации давления в системе обратного слива топлива у двигателей с аккумуляторной системой впрыска поддерживается давление от 0,6 до 0,9 бар (FIAT) или 0,7 бар (Peugeot). Порядок действий при отклонениях давления подачи топлива от требуемого приведен в таблице 1.5.

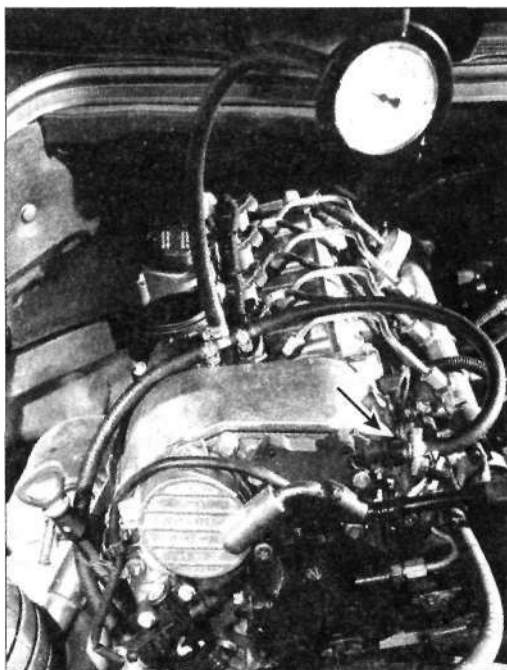


Рис. 1.32. Измерение давления в контуре низкого давления у двигателей Mercedes с аккумуляторной системой впрыска

Таблица 1.5. Таблица поиска неисправностей при отклонениях давления подачи топлива от требуемого

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Слишком высокое давление подкачки Признаки: жесткий ход двигателя (опережение впрыскивания)	1) Неисправен клапан регулирования давления в ТНВД	Отремонтировать клапан или заменить насос
	2) У распределительных насосов фирмы Bosch засорен штуцер обратного слива (OIT)	Заменить штуцер обратного слива. Обратит внимание на диаметр отверстия!
	3) Засорен или замят трубопровод обратного слива	Очистить или заменить трубопровод обратного слива
Давление подкачки слишком низкое Признаки: проблемы с запуском и потеря мощности	1) Загрязнены топливный фильтр или предварительный фильтр в баке	Заменить фильтры
	2) Неплотность со стороны впуска насоса (топливный фильтр, впускной трубопровод и крышка на стороне механизма регулятора отпрежжения впрыска). Воздушные пузыри в топливопроводе	Закрыть впускной трубопровод у топливного бака и с помощью ручного насоса создать давление (0,5 бар). При падении давления и подтекании топлива заменить неплотные детали
	3) Неплотный заборник в топливном баке	При повреждении заменить
	4) Неисправен подкачивающий насос	Заменить насос
	5) Неисправен клапан регулирования давления в насосе высокого давления	Отремонтировать клапан или заменить насос
	6) Не работает подкачивающий насос в баке (он должен заработать вскоре при включении стартера)	Заменить подкачивающий насос
	7) У распределительных насосов фирмы Bosch перепутаны штуцеры	Переставить штуцеры

### 1.5.2. Измерение давления наддува

Большинство современных дизельных двигателей оборудуются турбокомпрессорами, которые снабжают двигатель, особенно при полной нагрузке, достаточным количеством воздуха. Большое количество воздуха в камере сгорания позволяет впрыскивать большее количество топлива и увеличить мощность, а при меньшей подаче топлива — снизить выброс сажи.

Поэтому давление наддува, являясь параметром, определяющим величину полной нагрузки, должно проверяться прежде всего при жалобах клиента на пониженную мощность. Для проверки давления наддува присоединяют манометр к соответствующему штуцеру впускного трубопровода и измеряют давление на соответствие данным производителя. Измерение без нагрузки не может дать требуемого результата, т. к. турбокомпрессор обеспечивает необходимое давление наддува только при достаточно большом количестве ОГ. Короткий период полной нагрузки на режимах свободного ускорения также не является достаточным

для измерения давления наддува, т. к. рост частоты вращения турбины не успевает за увеличением частоты вращения коленчатого вала. Поэтому измерение давления наддува можно осуществить при поездке с более постоянной полной нагрузкой и при средней частоте вращения коленчатого вала. Если испытательный стенд с беговыми барабанами отсутствует, следует провести пробную поездку на дороге.

Не только слишком низкое, но и слишком высокое давление наддува может привести к снижению мощности, т. к. блок управления при превышении предельного значения давления наддува, с целью защиты турбокомпрессора, снижает подачу топлива. При значениях давления наддува, не соответствующих данным производителя, необходимо проверять весь двигатель. Только если установлено, что все узлы и механизмы, окружающие турбокомпрессор, в порядке, можно будет заменить дорогой агрегат. В табл. 1.6 даются указания к поиску неисправности в условиях, когда давление наддува не соответствует данным производителя.

Таблица 1.6. Таблица поиска неисправностей при несоответствии давления наддува данным производителя

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Слишком низкое давление наддува	1a) Блок управления в аварийном режиме	Считывание памяти неисправностей и устранение неисправности
	1b) Неисправный LDA*	Ремонт LDA или замена насоса высокого давления
	1c) Дефектный датчик давления	Проверка датчика и при необходимости замена
	1d) Дефектный расходомер воздуха	Проверка датчика и при необходимости замена
	2) Неисправность регулятора давления наддува	
	2a) Байпасный клапан постоянно открыт или механизм VTG** турбоагнетателя плохо движется	Восстановление подвижности или замена
	2b) Дефект ячейки давления байпасного клапана или привода VTG	Замена ячейки давления или турбокомпрессора
	2c) Неисправный электропневматический преобразователь давления регулятора давления наддува	Проверка управляющего давления и скважности, замена дефектных деталей
	3) Неисправный турбокомпрессор (голубой дым и высокий расход масла)	Замена турбоагнетателя
Слишком высокое давление наддува	1) Тюнинг двигателя (высокая мощность двигателя)	Чтение памяти неисправностей и списка данных. У насосов с механическим регулированием проверка надежности ограничения полной нагрузки и LDA
	2) Клапан рециркуляции постоянно открыт (высокая температура газов во впускном трубопроводе)	Проверка и ремонт системы рециркуляции.
	3) Неисправный регулятор давления наддува	
	3a) Дефектный датчик давления наддува	Испытание датчика, при необходимости замена
	3b) Заблокированный механизм регулирования (байпасный клапан постоянно закрыт или заело механизм VTG)	Восстановление подвижности или замена турбокомпрессора
	3c) Дефектная ячейка давления	Замена
	3d) Дефект электропневматического преобразователя давления	Проверка управляющего давления и скважности, замена дефектных деталей

\* LDA — ограничитель полной нагрузки, зависимый от давления наддува (только у ТНВД с механическим регулированием).

\*\* VTG — турбина с изменяемой геометрией (регулирование давления наддува осуществляется поворотом лопаток направляющего аппарата в корпусе турбины)

## 1.6. ПРОВЕРКА УТЕЧЕК ИЗ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ

Пусковые свойства и качество сгорания у дизельного двигателя сильно зависят от достигаемого давления сжатия. Поэтому утечки из камеры сгорания должны проверяться при каждом более тщательном поиске неисправности.

К классическим методам такой проверки относятся *проверка компрессии* при пусковой частоте вращения коленчатого вала и *тест падения давления*. Оба метода требуют большого подготовительного времени,

т. к. требуется получить доступ к камере сгорания через отверстия, предназначенные для форсунок или свечей накалывания. Измерение устройством для проверки компрессии проводится при пусковой частоте вращения коленчатого вала без воспламенения в цилиндрах. Получаемая величина давления должна быть не менее 25 бар. При этом условия измерения, близки к рабочему режиму двигателя. Риск ошибки измерения незначителен.

Тест падения давления относится к статическому измерению, при котором утечки из камеры сгорания проверяются при

Таблица 1.7. Обработка результатов измерения падения давления

Выход воздуха	Впускной тракт/ воздушный фильтр	Выпускная система	Охлаждающая жидкость	Картер/ масляный шуп	Соседний цилиндр
Дефектная деталь	Впускной клапан	Выпускной клапан	Головка цилиндров/ прокладка	Поршень/ цилиндр	Головка цилиндра/ прокладка

Таблица 1.8. Сравнение методов проверки компрессии и утечек из камеры сгорания на примере исправного четырехцилиндрового дизельного двигателя рабочим объемом 2,3 л

	Цилиндр 1	Цилиндр 2	Цилиндр 3	Цилиндр 4
Компрессия, бар	29	30	29	31
Падение давления, %	6	4	5	3

положении поршня в ВМТ. Для исправного двигателя падение давления составляет обычно менее 20%. При использовании этого измерительного метода существует некоторый риск. Измерение необходимо проводить при неработающем двигателе: перекошенный поршень или отскочившая частичка масляного нагара могут спровоцировать утечки, которых при нормальной работе двигателя может и не быть. Наоборот, следы износа и задиров в виде рисок, образовавшихся на поверхности цилиндра в средней его части, на результат измерения не повлияют.

Преимущество измерения падения давления состоит (в случае обнаружения неисправности) в большой информативности

результатов теста. Негерметичность может быть точно установлена опросом соответствующих «выходов» (табл. 1.7).

Из-за возможных ошибок измерения не следует рассматривать тест падения давления как единственный метод (табл. 1.8).

При принятии «дорогостоящих» решений, например, при постановке вопроса о капитальном ремонте или замене двигателя, необходимо опираться на несколько различных методов (рис. 1.33).

### 1.6.1. Проверка компрессии и утечек из камеры сгорания измерением силы тока стартера

Сегодня большинство мотор-тестеров производят проверку компрессии измерением силы тока стартера или напряжения аккумуляторной батареи. При такой методике, характеризующейся малым подготовительным временем, сила тока стартера или напряжение аккумуляторной батареи регистрируются при проворачивании коленчатого вала двигателя без воспламенения в цилиндрах. В момент, когда при проворачивании коленчатого вала стартером пор-



Рис. 1.33. Тестеры для проверки компрессии и утечек из камеры сгорания (слева направо): устройство для проверки компрессии, устройство для измерения падения давления, мотор-тестер для измерения силы тока стартера

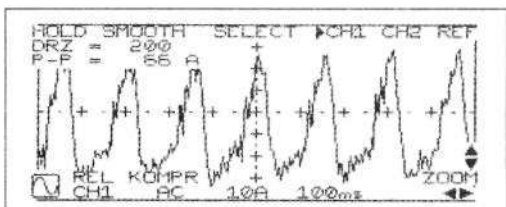


Рис. 1.34. Кривая силы тока стартера при исправном двигателе: нарастание силы тока одинаково по всем цилиндрам и величина силы тока достаточно высока

Таблица 1.9. Сравнение методов проверки компрессии и утечек из камеры сгорания на примере неисправного четырехцилиндрового дизельного двигателя рабочим объемом 2,3 л: наблюдаются утечки из камеры сгорания четвертого цилиндра (отверстие диаметром 1,5 мм в корпусе свечи накаливания)

	Цилиндр 1	Цилиндр 2	Цилиндр 3	Цилиндр 4
Компрессия, бар	29	30	29	31
Падение давления, %	6	4	5	3

шень преодолевает ВМТ, сила тока стартера значительно возрастает. При исправном двигателе образуется волнистая кривая силы тока, у которой вершины соответствуют последовательному прохождению ВМТ поршнями цилиндров. В идеальном случае все вершины одинаково высоки (рис. 1.34).

При неисправном двигателе у дефектного четвертого цилиндра наблюдается более низкий подъем силы тока (табл. 1.9 и рис. 1.35).

Кроме оценки изменения силы тока, следует обращать внимание на пусковую частоту вращения коленчатого вала. Как правило, она должна находиться в диапазоне между 200 и 250 мин<sup>-1</sup> при нарастании силы тока более 30 А. Превышение частоты вращения коленчатого вала границы в 300 мин<sup>-1</sup> и нарастание силы тока менее 30 А указывают на изношенность двигателя (рис. 1.36а и 1.36б). В этом случае следует провести измерение компрессии по цилиндрам.

Опознание цилиндра для большинства мотор-тестеров невозможно, т. к. (особенно это характерно для дизельных двигателей с механическими регуляторами) у неработающего двигателя отсутствует сигнал, определяющий цилиндр. Указание для тех, кто использует осциллограф: если вы регистрируете кривую силы тока стартера при помощи двухканального осциллографа, на второй канал осциллографа введите сигнал датчика положения распределительного вала (для систем с насос-форсунками и аккумуляторных систем впрыска) или сигнал импульсного датчика регулятора (для двигателей Mercedes с рядным ТНВД) (рис. 1.37). Таким образом, опознание цилиндра становится возможным. Пики силы тока стартера по отдельным цилиндрам появляются в соответствии с порядком их работы.

При оценке кривой силы тока стартера или напряжения аккумуляторной батареи проверяется не только компрессия

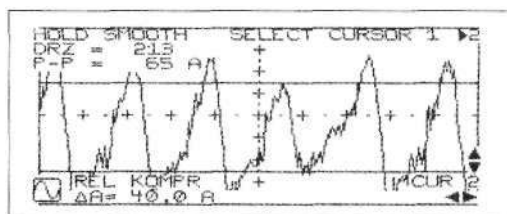


Рис. 1.35. Кривая силы тока стартера при неисправном двигателе: в четвертом цилиндре нарастание силы тока (ΔА) упало приблизительно на 30%, подтверждая измерения по проверке компрессии

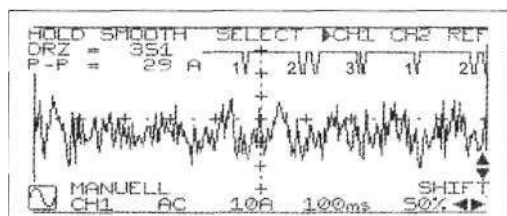


Рис. 1.36а. Кривая силы тока трехцилиндрового двигателя (Volkswagen Lupo 1,4 TDI) с низкой компрессией во всех цилиндрах, низким нарастанием силы тока стартера и высокой частотой вращения коленчатого вала. Имитация неисправности осуществлялась отключением канала осциллографа

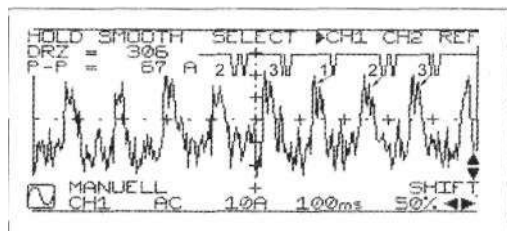


Рис. 1.36б. А должно быть так Кривая силы тока трехцилиндрового двигателя (Volkswagen Lupo 1,4 TDI) с устранением неисправности, что обеспечило удвоение нарастания силы тока стартера, падение частоты вращения коленчатого вала почти на 50 мин<sup>-1</sup>. Такты сжатия вполне различимы. Для опознания цилиндра на второй канал осциллографа вводился сигнал датчика положения распределительного вала

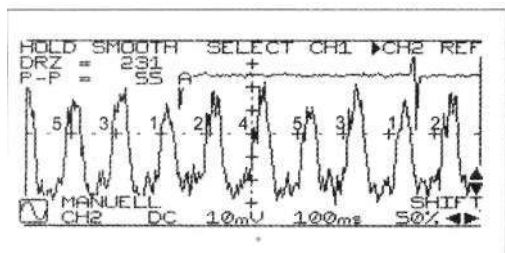


Рис. 1.37. Измерение компрессии в пятицилиндровом двигателе Mercedes с привязкой цилиндров по сигналу импульсного датчика регулятора. В цилиндрах 1 и 5 наблюдается ухудшение компрессии

в цилиндрах, но и сам стартер. При дефектном стартере с изношенными щетками или поврежденным коллектором на кривой силы тока стартера или напряжения аккумуляторной батареи видны атипичные пики силы тока или, соответственно, напряжения (рис. 1.38). В этом случае измерение компрессии в цилиндрах только тогда будет правильным, когда стартер исправен.

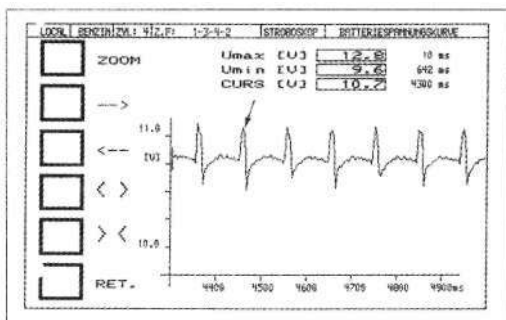


Рис. 1.38. Кривая напряжения аккумуляторной батареи при дефектном стартере. Пики напряжения возникают из-за искрящего коллектора стартера в начале такта сжатия в двигателе

**1.6.2. Проверка компрессии в цилиндрах оценкой сигнала частоты вращения коленчатого вала**

У некоторых тестеров проверка компрессии в цилиндрах производится оценкой изменения не силы тока стартера, а частоты вращения коленчатого вала при проворачивании двигателя (рис. 1.39).

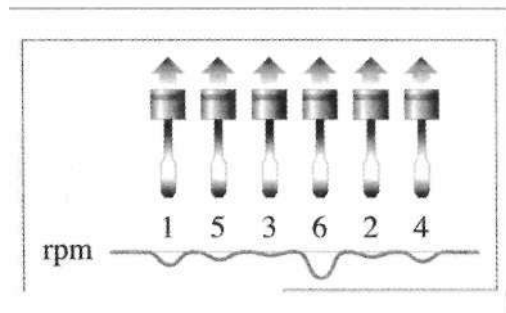


Рис. 1.39. Проверка компрессии в цилиндрах по кривой изменения частоты вращения коленчатого вала. Самое большое изменение частоты вращения коленчатого вала наблюдается на такте сжатия шестого цилиндра, самое маленькое — на такте сжатия третьего цилиндра (источник: Volvo Trucks Deutschland)

Для регистрации частоты вращения используется датчик положения коленчатого вала. При исправном двигателе колебания частоты вращения коленчатого вала во всех цилиндрах одинаковы. Метод имеет два преимущества: не требуется присоединять никаких дополнительных датчиков, т. к. используются уже имеющиеся на двигателе. При использовании данного метода возможно опознание цилиндров (рис. 1.40). Для гарантийной автомастерской это самый быстрый метод проверки компрессии в цилиндрах.

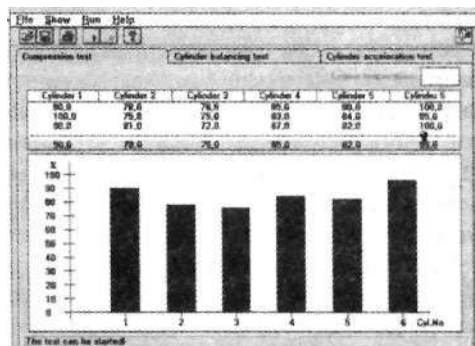


Рис. 1.40. Числовые значения (%) и диаграмма изменения частоты вращения коленчатого вала по цилиндрам (источник: Volvo Trucks Deutschland)

Вышеописанные методы проверки компрессии в цилиндрах по электрическим сигналам все больше вытесняют классические испытания с использованием манометра.

метра, т. к. первые дают правильные результаты уже через несколько минут. Однако в случае определения неисправности этими методами следует провести, например, классический тест падения давления для большей гарантии и правильности результатов.

## 1.7. ПРОВЕРКА ЭЛЕМЕНТОВ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ СИСТЕМЫ ВПРЫСКА

### 1.7.1. Испытание распылителей

Прибором для испытания распылителей проверяются форма топливных факелов, дребезжание, давление открытия и уплотнение распылителя. По результатам испытаний принимается решение о необходимости замены распылителей.

После закрепления форсунки в испытательном приборе отключается манометр прибора и, при включении быстродействующего насоса, промывается распылитель форсунки. После того как топливопровод высокого давления и распылитель промыты, подключается манометр и проверяются давление открытия и уплотнение распылителя. При проверке давления открытия давление повышают, пока топливо не станет выходить из распылителя. Установочная величина давления открытия распылителя обычно наносится на его корпус. Допуск составляет  $\pm 10$  бар. Если

давление открытия распылителя находится вне допуска, оно должно быть подкорректировано подбором регулировочных шайб (рис. 1.41). В зависимости от толщины этих шайб изменяется предварительное натяжение пружины форсунки. Как правило, изменение толщины шайбы на 0,1 мм. приводит к изменению давления открытия на 10 бар.

При разборке и сборке форсунки необходимо обращать внимание на соблюдение абсолютной чистоты аппаратуры. Руки во время процесса проверки не должны ни в коем случае находиться в соприкосновении с топливным факелом, под высоким давлением топливо без труда может проникнуть под кожу и вызвать отравление кровеносной системы.

Перед проверкой уплотнения распылителя поверхности в зоне перемещения иглы распылителя протираются насухо. В это время давление повышается до величины, которая на 10 бар ниже давления открытия распылителя. Это давление удерживается в течение 10 с. Затем к головке распылителя прижимается чистая бумага. Если бумага остается сухой, это указывает на идеальное уплотнение распылителя. Если на бумаге появляется влажная точка диаметром более 3 мм, распылитель должен быть заменен. Затем проверяются дребезжание и форма факелов распылителя. У штифтового распылителя должен образовываться факел слегка конической формы, не имеющий никаких полос (рис. 1.42). Новые штифтовые распылители дребезжат при медленной и быстрой работе насоса. Отчетливо слышимый дребезжащий звук — знак того, что игла распылителя не закоксована. При наступлении закоксовывания иглы распылитель дребезжит лишь при быстрой работе насоса, что, однако, еще не является основанием для замены распылителя. Только если в форме факела обнаруживаются отчетливые полосы и ни на какой скорости работы насоса не возникает дребезжание, распылитель требует приведения в исправное состояние или замены. При проверке бесштифтовых

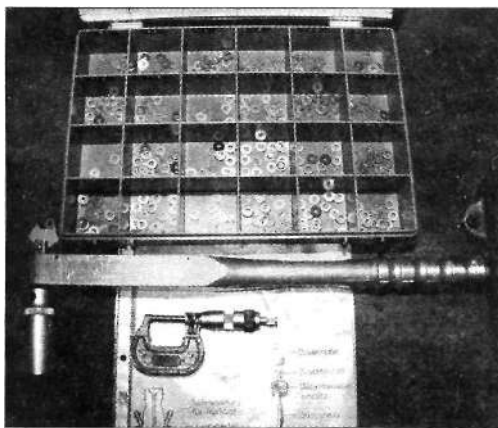
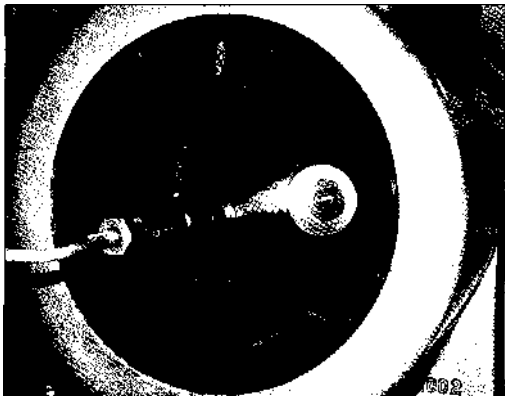
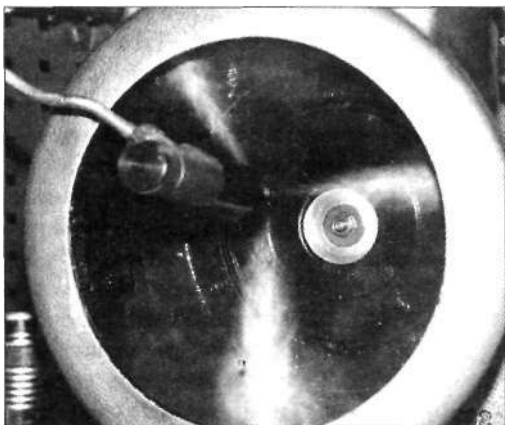


Рис. 1.41. Комплект регулировочных шайб для корректирования давления при открытии распылителя форсунки



*Рис. 1.42. Форма факелов топлива нового штифтового распылителя*



*Рис. 1.43. Форма факелов топлива нового бесштифтового распылителя с тремя выходными отверстиями*

распылителей поступают таким же образом. Струи впрыскивания у такого распылителя должны быть тоньше распылены (рис. 1.43). Бесштифтовые распылители дребезжат жестче, чем штифтовые, из-за более высокого давления открытия распылителя и большего поперечного сечения выходных отверстий. При проверке бесштифтовых распылителей следует определить, какое количество выходных отверстий предусмотрено конструкцией, иначе дефектный распылитель (рис. 1.59) может быть принят за исправный.

Элементы системы насос-форсунок на приборе для испытания распылителей проверить нельзя. Форсунки аккумуляторной

системы впрыска на таком приборе можно проверить лишь на качество уплотнения при давлениях до 400 бар.

### **1.7.2. Анализ кривой давления впрыскивания**

У дизельных двигателей с обычной аппаратурой впрыскивания можно проверить конструктивные элементы контура высокого давления, анализируя кривую давления впрыскивания, что, по аналогии с анализом электрического напряжения зажигания у бензиновых двигателей, помогает быстрее найти неисправность без демонтажа деталей. Для использования на станциях технического обслуживания производятся тестовые устройства, позволяющие отображать кривые давления впрыскивания в восьми топливопроводах высокого давления одновременно. Для «тонких кошельков» имеются измерительные приборы начала подачи топлива: фирмы AVL, Bosch и Sun, например, предлагают приборы с аналоговым выходом сигнала. При подключении к контактам 1 и 6 разъема снимается кривая давления впрыскивания в топливопроводе высокого давления, которая может отображаться на осциллографе. Для оценки давления впрыскивания применяют зажимные датчики, которые при помощи пьезоэлектрической измерительной пленки преобразуют распространяющиеся по топливопроводу высокого давления деформации в электрический сигнал. Такой метод позволяет только оценивать характер изменения сигнала, но не производить абсолютное измерение давления впрыскивания.

Любая аппаратура впрыскивания в исправном состоянии показывает типичную кривую давления в топливопроводе высокого давления, зависящего от параметров устройства. На кривую давления впрыскивания влияют тип распылителя, нагнетательный клапан и объем имеющегося в топливопроводе высокого давления топлива. Если механику хорошо известны форма кривой и влияние отдельных конструктивных элементов на эту кривую, то он может быстро определить дефектную деталь. Так называемое «бескровное» измерение с за-

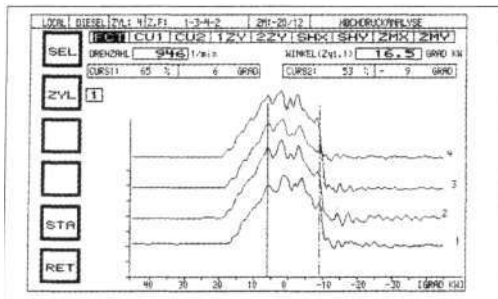


Рис. 1.44. Кривые давления впрыскивания для четырехцилиндрового вихрекамерного двигателя с форсунками со штифтовыми распылителями (Volkswagen 1,9D): начало впрыскивания всех форсунок — 6° угла поворота коленчатого вала до ВМТ; конец впрыскивания — 9° угла поворота коленчатого вала после ВМТ; продолжительность впрыскивания — 15° угла поворота коленчатого вала

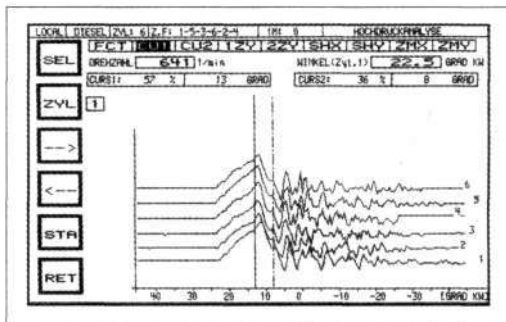


Рис. 1.45. Кривые давления впрыскивания шестицилиндрового дизеля с непосредственным впрыскиванием топлива и форсунками с безштифтовыми распылителями: начало впрыскивания — 13° угла поворота коленчатого вала до ВМТ; конец впрыскивания — 8° угла поворота коленчатого вала до ВМТ; продолжительность впрыскивания — 5° угла поворота коленчатого вала

жимным датчиком давления позволяет не вскрывать аппаратуру впрыскивания, что предотвращает загрязнение точных деталей распылителя и ТНВД, неизбежное при монтаже-демонтаже. Для приведенных ниже измерений использовался тестер 845 фирмы AVL, в котором кривые давления впрыскивания могут отображаться друг над другом ААЯ восьми топливопроводов высокого давления.

**Кривая давления впрыскивания при исправной топливной аппаратуре**

На рис. 1.44 и 1.45 показаны кривые давления впрыскивания ААЯ исправных четырех- и шестицилиндрового дизелей.

В начале подачи топлива в объеме плунжерной пары ТНВД возрастает давление. После открытия нагнетательного клапана волна давления движется от насоса к форсунке. Возникновение волны давления объясняется тем, что, вопреки общепринятому мнению, топливо при высоком давлении является сжимаемым. Чтобы сжать 1 см³ дизельного топлива на 1%, требуется давление около 100 бар, а ААЯ сжатия на 1% того же объема стали необходимо давление около 25 000 бар. Таким образом, самый податливый материал в системе впрыска — топливо, поступающее в контур высокого давления и ответственное за

возникновение волн давления, которые движутся по топливопроводу со скоростью звука — в диапазоне от 1350 до 1450 м/с. Если давление перед иглой распылителя форсунки достигло давления открытия, игла поднимается под действием этого давления на ее конусный пояс, и начинается процесс впрыскивания топлива в камеру сгорания. Теперь топливо действует на большую площадь иглы распылителя и при том же давлении может быстрее ее поднимать (рис. 1.46). Поэтому давление открытия форсунки всегда выше, чем давление закрытия.

После открытия можно обнаружить короткий провал на кривой давления (рис. 1.44 и 1.45). В зависимости от конст-

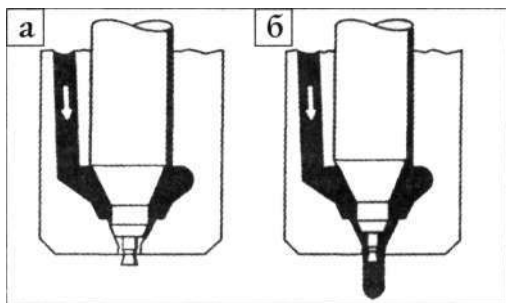


Рис. 1.46. Закрытие и открытие форсунки: а — игла опущена на седло корпуса распылителя; б — игла распылителя поднята

рукции и степени закоксованности распылителя при закрытии форсунки давление снова поднимается на определенную величину. После окончания впрыскивания и посадки иглы на седло корпуса распылителя возникает кратковременное повышение давления — так называемый «запорный крюк». Последующее резкое падение давления указывает на действие нагнетательного клапана. Если распылитель и нагнетательный клапан плотно закрыты, остающееся в топливопроводе давление образует волны, которые из-за трения в топливе медленно затухают. Характер распространения отраженных волн зависит от частоты вращения коленчатого вала, объема топлива в топливопроводе высокого давления и конструкции нагнетательного клапана. По двум точкам на кривой давления (отмечены курсорами 1 и 2, рис. 1.44 и 1.45) можно определить продолжительность впрыскивания. Хотя, повторимся, при «бескровном» методе измерения невозможно определить абсолютное давление, возможны только относительные измерения, по которым четко видно, что давление открытия (курсор 1: 65%, рис. 1.44) выше давления закрытия (курсор 2: 53%, рис. 1.44). Величина постоянного давления в трубопроводе высокого давления между процессами впрыскивания составляет, в зависимости от исполнения топливной аппаратуры и режима работы двигателя, от 20 до 60 бар. Участок кривой до повышения давления (линия 1, рис. 1.47) располагается выше нулевой линии, нулевая точка на которой

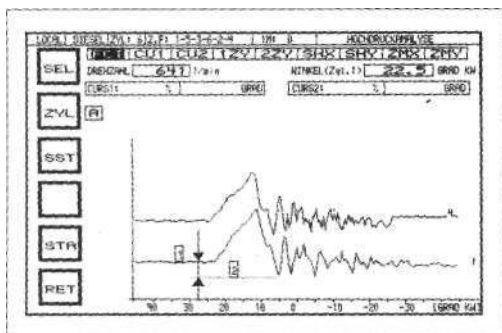


Рис. 1.47. Определение остаточного давления: линия 1 — участок до повышения давления, линия 2 — нулевая точка

находится в самой нижней части кривой давления после окончания впрыскивания (линия 2, рис. 1.47). В этом случае почти достигается давление насыщенных паров. Разница давлений между линиями 1 и 2 (рис. 1.47) указывает на наличие остаточного давления. На рис. 1.51 и 1.53 показано, что в четвертом цилиндре этой разницы давлений нет.

### Поиск неисправности

Если механик обладает необходимыми основными знаниями о процессе впрыскивания, для него не существует проблем при выявлении неисправности. Зажимные датчики (показаны стрелками, рис. 1.48) должны быть смонтированы по возможности ближе и на одинаковом расстоянии от форсунки.

Двигатель, предварительно прогретый до рабочей температуры, должен диагностироваться при частоте вращения коленчатого вала на режиме холостого хода, а также при удвоенной частоте вращения коленчатого вала также на режиме холостого хода. Диагностика нагруженного двигателя была бы эффективна, но, однако, невозможна в условиях большинства мастерских из-за отсутствия испытательного стенда с беговыми барабанами.

При оценке кривой давления необходимо обращать внимание на следующее:

- если все кривые давления идентичны, то можно даже при неизвестной эталонной кривой сделать заключение об исправности аппаратуры впрыскивания (рис. 1.44 и 1.45);

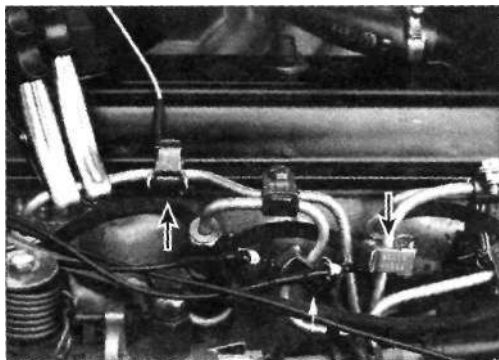


Рис. 1.48. Монтаж зажимных датчиков на двигателе Volkswagen

- повышение давления перед началом впрыскивания;
- четко ли выявляются начало и окончание впрыскивания;
- продолжительность впрыскивания;
- повышение давления после открытия форсунки;
- остаточное давление и амплитуда отраженных волн;
- имеются ли подвпрыски топлива.

Ниже представлены некоторые типичные неисправности дизельной аппаратуры впрыскивания и их проявление на кривой давления.

Низкая величина давления открытия форсунки при частоте вращения коленчатого вала на режиме холостого хода определяется по низким значениям кривой давления при открытии и закрытии форсунки. Вследствие того что давление во время всего процесса впрыскивания топлива понижено, продолжительность впрыскивания в примере, приведенном на рис. 1.49, увеличивается на 4° угла поворота коленчатого вала. Остаточное давление снижается. Низкое давление приводит к ухудшению распыливания топлива в камере сгорания и повышению дымления (рис. 1.50). При более высокой частоте вращения коленчатого вала низкое остаточное давление характеризуется снижением интенсивности отраженных волн. Низкое давление открытия форсунки не будет проявлять себя одинаково на различной аппаратуре впрыскивания, тем не менее «симптомы» остаются те же (рис. 1.51). Увеличенная продолжительность впрыскива-

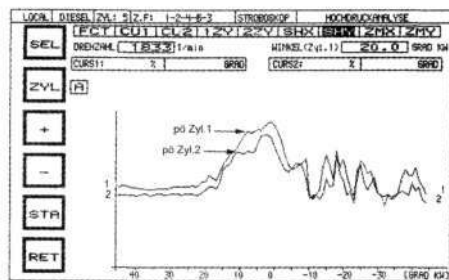


Рис. 1.50. Низкое давление открытия форсунки во втором цилиндре (100 бар) при высокой частоте вращения коленчатого вала по сравнению с давлением в первом цилиндре (130 бар)

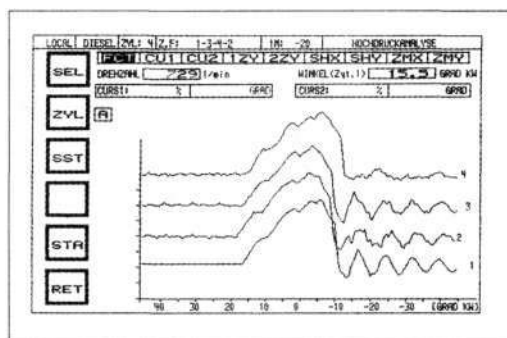


Рис. 1.51. Низкое давление открытия форсунки в четвертом цилиндре (90 бар) вихрекамерного двигателя Mercedes по сравнению с установочным давлением (115 бар)

ния топлива и низкое остаточное давление в четвертом цилиндре на этом примере видны особенно отчетливо.

При слишком высоком давлении открытия форсунки наблюдается противоположный эффект. Продолжительность впрыскивания при высоком давлении (рис. 1.52) сокращается; провал давления после открытия форсунки едва заметен. Слишком высокое давление возникло из-за того, что механик установил в форсунку неправильную регулировочную шайбу. Из-за возможной перегрузки топливного насоса необходимо эту шайбу заменить.

Недостаточное уплотнение распылителя форсунки можно легко определить по слишком затянувшемуся повышению давления, короткому впрыскиванию топлива и отсутствию «запорного крюка» (рис. 1.53).

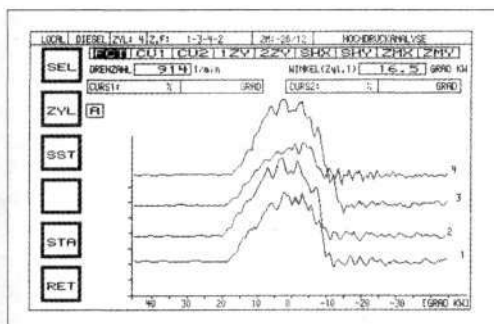


Рис. 1.49. Снижение давления открытия форсунки со 130 до 100 бар в третьем цилиндре

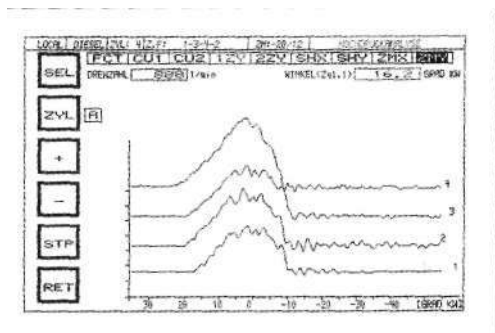


Рис. 1.52. Высокое давление открытия в четвертом цилиндре (155 бар) по сравнению с установочным давлением (130 бар) в других цилиндрах

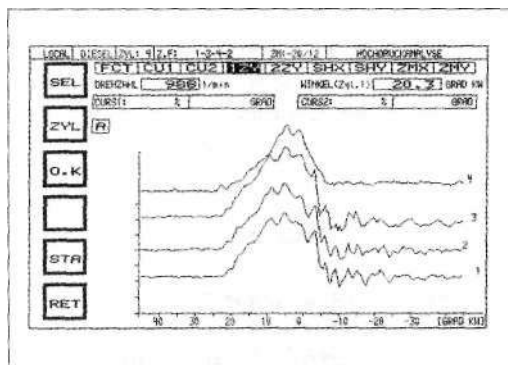


Рис. 1.53. Недостаточное уплотнение распылителя в четвертом цилиндре

Снижение интенсивности отраженных волн и незначительное различие в давлении до и после впрыскивания топлива указывают на то, что остаточное давление отсутствует. Такие распылители должны заменяться, т. к. проникновение газообразных продуктов сгорания может привести к зависанию иглы распылителя (рис. 1.54). Зависшая игла распылителя нарушает весь процесс впрыскивания. Повышение и падение давления происходят крайне неинтенсивно. Начало и окончание впрыскивания точно не определяются.

В любом распылителе в процессе работы образуется слой кокса: на примере форсунки со штифтовым распылителем на рис. 1.55 показаны отложения на штифте и в отверстии распылителя. Наступает такой период эксплуатации, когда коксование превосходит установленный производителем допуск — поперечное сечение отверстия на выходе из распылителя сильно сужается. После открытия форсунки давление сильно повышается (рис. 1.56). Повышение остаточного давления характеризуется более интенсивными отраженными волнами, которые при возрастающей частоте вращения коленчатого вала могут привести к подвпрыскам топлива, когда распылитель открывается во второй и третий раз (рис. 1.57). Подвпрыски увеличивают выброс сажи, т. к. в конце процесса сгорания в камеру сгорания поступает плохо распыленное топливо. Кроме того, для реакции горения не хватает кислорода. На рис. 1.58

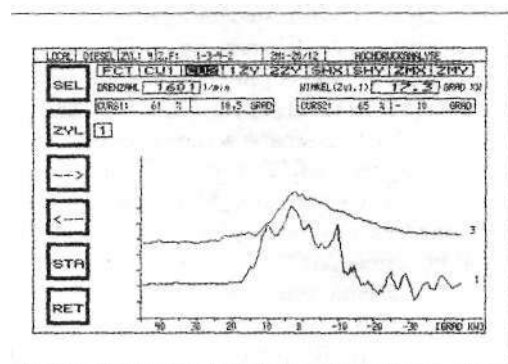


Рис. 1.54. Зависание иглы распылителя в третьем цилиндре

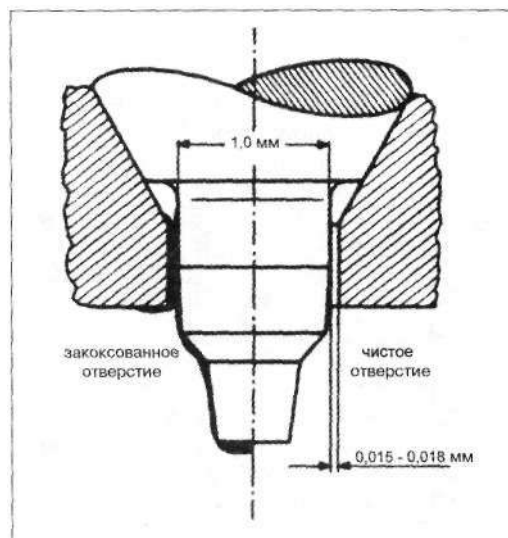


Рис. 1.55. Сечение форсунки со штифтовым распылителем

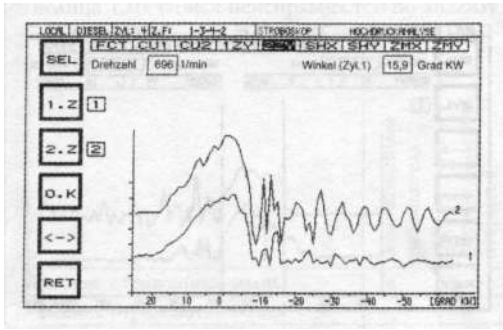


Рис. 1.56. Во втором цилиндре — закоксованный распылитель

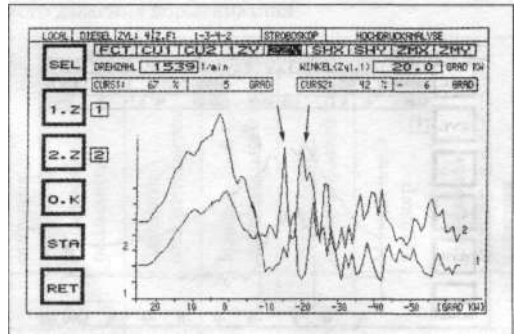


Рис. 1.57. Во втором цилиндре — подпрыски топлива при 15° и 20° угла поворота коленчатого вала после ВМТ (показаны стрелками) из-за закоксованности распылителя

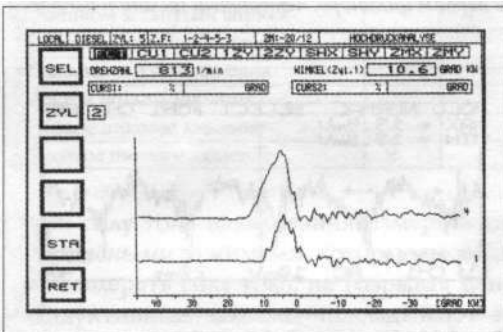


Рис. 1.58. В четвертом цилиндре два отверстия из пяти в бесштифтовом распылителе закоксованы; первый цилиндр исправен (Audi 2,5 TDI)

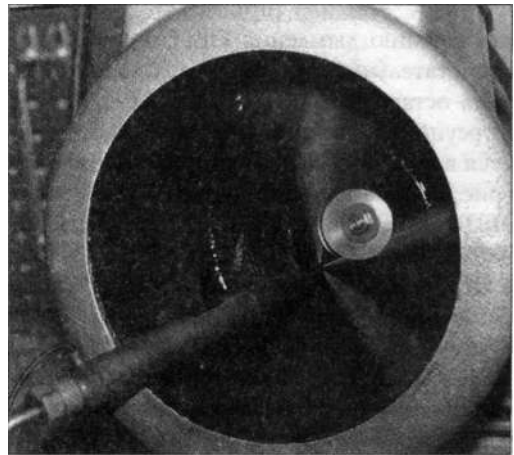


Рис. 1.59. На стенде для проверки распылителей подтверждается «диагноз» кривой давлений на рис. 1.58

показано, что в четвертом цилиндре два из пяти отверстий бесштифтового распылителя закоксованы — на стенде для проверки распылителей этот дефект подтвержден (рис. 1.59). Суженное поперечное сечение отверстия распылителя вызывает уже на режиме холостого хода сильный подъем давления впрыскивания. Неравномерное распределение частиц топлива в камере сгорания приводит к повышению дымности *OT* и неустойчивой работе двигателя.

Изношенный нагнетательный клапан снижением разгрузки повышает остаточное давление (на рис. 1.60 — в третьем цилиндре), которое ведет к сильным подпрыскам топлива при 14° угла поворота коленчатого вала после ВМТ. Одновременно увеличивается продолжительность впрыскивания топлива. Сниженный разгрузочный объем топлива увеличивает подачу. Продленное впрыскивание и под-

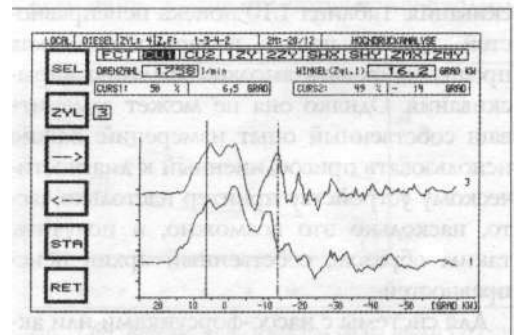


Рис. 1.60. Подпрыски топлива в третьем цилиндре при 14° угла поворота коленчатого вала после ВМТ из-за изношенного нагнетательного

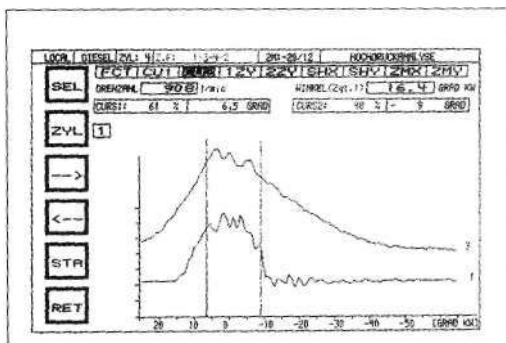


Рис. 1.61. Нагнетательный клапан в топливной аппаратуре третьего цилиндра подтекает, остаточное давление равно нулю

впрыски топлива приводят к резкому повышению дымления ОГ. Подтекающий нагнетательный клапан не держит постоянным остаточное давление после закрытия форсунки. В соответствии с этим затягивается время повышения и падения давления (рис. 1.61). По-видимому, кажущееся более высоким максимальное давление впрыскивания вводит в заблуждение, потому что в этом случае увеличивается перепад между остаточным и максимальным давлениями.

Изношенность плунжерной пары насоса грозит задержкой начала впрыскивания, коротким впрыскиванием и слабым повышением давления (рис. 1.62). Плохую регулировку плунжерных пар можно выявить у рядных ТНВД по различным значениям начала впрыскивания в отдельных цилиндрах и различной продолжительности впрыскивания. Таблица 1.10 поиска неисправностей должна помочь в первых попытках проанализировать высокое давление впрыскивания. Однако она не может заменить ваш собственный опыт измерений. Важно использовать присоединенный к диагностическому устройству принтер настолько часто, насколько это возможно, и получить, таким образом, собственный архив неисправностей.

Для системы с насос-форсунками или аккумуляторной системы впрыска нельзя провести анализ высокого давления с использованием зажимных датчиков. В случае аккумуляторной системы впрыска при по-

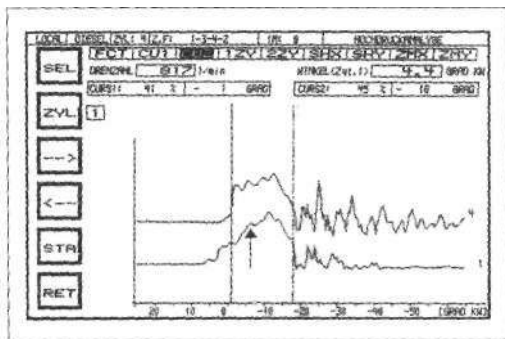


Рис. 1.62. Изношенные детали насоса в топливной аппаратуре первого цилиндра. Стрелкой указана задержка начала впрыскивания топлива в первом цилиндре. Четвертый цилиндр исправен

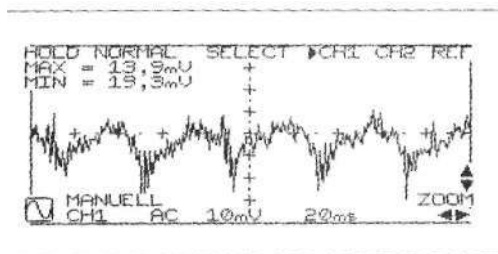


Рис. 1.63. Колебания давления в аккумуляторной системе впрыска на режиме холостого хода, замеренные датчиком давления в аккумуляторе четырехцилиндрового двигателя

мощи осциллографа можно зафиксировать колебания давления в аккумуляторе с использованием штатного датчика давления в аккумуляторе. На рис. 1.63 показана кривая давления впрыскивания четырехцилиндрового двигателя, записанная за время совершения коленчатым валом более двух оборотов. Судить о ценности этого метода испытания можно только при условии проведения экспериментов с заведомо неисправными деталями. Более простым методом при диагностировании аккумуляторных систем впрыска является измерение расхода топлива в линии обратного слива форсунки (описано в разд. 2.6).

## 1.8 ПРОВЕРКА УСТРОЙСТВА ОБЛЕГЧЕНИЯ ПУСКА ДИЗЕЛЯ

При проблемах с холодным пуском дизеля свечи накаливания проверяются омметром на обрыв. Проверка выполняется быстрее,

Таблица 1.10. Поиск неисправностей по анализу высокого давления впрыскивания

	Закосованный распылитель	Низкое давление отсрыгива	Высокое давление отсрыгива	Неплотный распылитель	Завислая игла распылителя	Изношенный нагнетательный клапан	Неплотный нагнетательный клапан	Изношенный плунжер	Неплотный трубопровод высокого давления
Высокие отраженные волны	×		×			×			
Плоские отраженные волны		×		×	×		×		
Подвпрыски	×								
Крутой подъем давления после начала впрыскивания	×	×							
Наличие «запорного крюка»	×	×	×			×		×	
Слишком затянутый впрыск		×			×	×			
Слишком короткий впрыск			×	×				×	×
Плавный подъем давления				×	×		×	×	×
Крутой подъем давления			×						
Низкое пиковое давление		×		×	×			×	×
Высокое пиковое давление	×		×						

если силу тока накаливания измерять *индуктивными* зажимами, которые позволяют измерять силу тока, не разрывая цепи. Индуктивные зажимы накладывают на провод питания свечей накаливания и включают выключатель стартера и свечей накаливания. Свечи накаливания — это нагреватели с положительным температурным коэффициентом, т. е. их сопротивление увеличивается с температурой. Сила тока стабилизируется в диапазоне от 10 до 12 А на свечу приблизительно через 15 с. Свечи накаливания при современных системах впрыска топлива соединены параллельно, полученные значения силы тока суммируются. При исправных свечах накаливания типичные значения силы тока для четырехцилиндрового двигателя находятся в пределах 40–48 А спустя 10 с после включения выключателя стартера и свечей накаливания. Если, например, две свечи накаливания из четырех неисправны, величина силы тока будет находиться в пределах 20–24 А (рис. 1.64).

На двигателе, прогретом до рабочего состояния, отсоединяется штекер датчика температуры. Имитацией «сибирских» температур достигаются условия, при которых реле свечей накаливания не отклю-

чает ток во время измерения. Если после включения выключателя стартера и свечей накаливания ток не течет, это означает, что либо могут быть неисправны все свечи накаливания, либо в цепи питания свечей накаливания имеется обрыв. Для того чтобы можно было различить эти два предположения, неисправность проверяют вольтметром или контрольной лампой, выясняя, имеется ли при включенном выключателе стартера и свечей накаливания напряжение на свечах накаливания. Если напряжение имеется, все свечи накаливания неисправны и должны быть заменены. Если напряжение отсутствует, необходимо

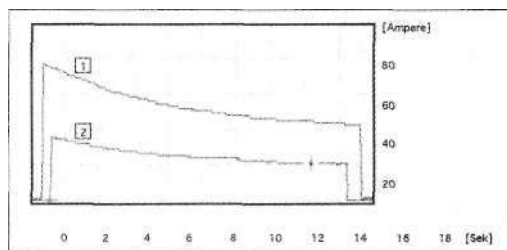


Рис. 1.64. Кривая зависимости силы тока (А) от времени (с): 1 — при исправных свечах накаливания сила тока составляет 48 А после 15 с; 2 — при неисправных свечах сила тока составляет 24 А после 15 с

проверить электропитание свечей накаливания, начиная с проверки предохранителей, которые у некоторых автомобилей Volkswagen часто перегорают. Если напряжение отсутствует на контактах реле со стороны свечей накаливания, а электропитание реле не нарушено, реле должно быть заменено.

## 1.9. ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ БЛОКОВ ОСЦИЛЛОГРАФОМ И МУЛЬТИМЕТРОМ

Даже с появлением самодиагностики неисправность в электронной системе часто может быть точно определена только измерениями при помощи осциллографа (осциллоскопа) и мультиметра (тестера). Самодиагностика позволяет обнаружить неисправность в одной конструктивной группе, например, расходомере воздуха. Так как эта конструктивная группа включает в себя несколько конструктивных элементов, в числе которых тот же расходомер воздуха состоит из потенциометра, кабеля блока управления и блока питания в блоке управления, то дефектный конструктивный элемент должен определяться последовательными измерениями с помощью таких приборов, как мультиметр или осциллограф. Только владельцы хорошо наполненного склада запасных частей могут действовать методом проб и ошибок, заменяя «подозрительные» устройства на гарантированно исправные.

### 1.9.1. Использование измерительных приборов

При поиске неисправностей в электрических устройствах, для проверки параметров, которые не изменяются при работе транспортного средства или изменяются медленно (например, напряжение питания, сопротивление и т. п.), в большинстве случаев подходит мультиметр с цифровым дисплеем, позволяющий определять измеряемые параметры с большой точностью. Для регистрации измеряемых величин, которые изменяются за короткий промежуток времени, мультиметр не подходит, т. к. современные цифровые измерительные

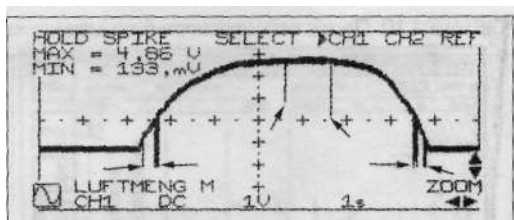


Рис. 1.65. Проверка на шум дефектного расходомера воздуха при помощи осциллографа. Стрелками указаны всплески напряжения

приборы производят только от двух до трех измерений в секунду. В приведенном выше примере с расходомером воздуха следует квалифицированно проверить мультиметром напряжение питания и сопротивление кабельной разводки. Однако для регистрации напряжения сигнала при перемещении анемометрической заслонки необходимо использовать осциллограф, т. к. этот измерительный прибор показывает кривую напряжения с достаточным временным разрешением. Кратковременные резко выпадающие значения, как это показано на рис. 1.65, могут лишь случайно регистрироваться мультиметром или совсем не улавливаться. По форме кривой напряжения можно также сделать выводы о неэлектрических неисправностях, например, о механическом повреждении или загрязнении датчика ВМТ можно узнать из кривой напряжения датчика и частоты вращения коленчатого вала.

Осциллографы для использования на автомобилях предлагают почти все производители аппаратуры. При определенных испытаниях с помощью измерительных меню возможна быстрая установка пользователем оси времени и оси напряжений, а также уровня запуска развертки. Компьютеризированные исполнения осциллографов позволяют пользователю также запоминать качественные картинки, которые, как следует из опыта автора, являются первой помощью при новых измерениях (хотя и не могут заменить основополагающие знания, которые требуются специалисту для успешного поиска неисправностей). Применять ли переносные устройства, которые позволяют проводить измерения во

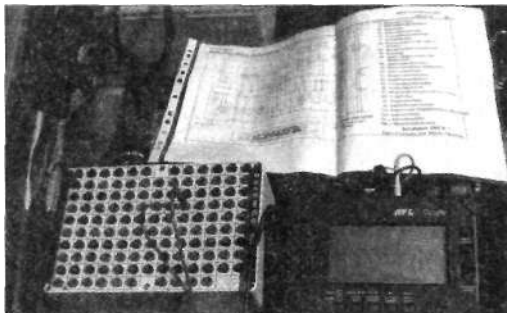


Рис. 1.66. Рабочее место с оптимальным диагностическим оборудованием, состоящее из измерительного прибора, контактного ящика (разветвительной панели) и необходимых документов

время пробной поездки, или решиться на большие стационарные устройства, которые могут передавать данные на большие расстояния, зависит от пристрастий пользователя и потребностей станции технического обслуживания.

### 1.9.2. Подключение измерительных приборов

Подключение измерительного прибора на практике ставит проверяющего перед серьезными проблемами. Малодоступность двигателя при современном его размещении и разнообразии видов используемых разъемов удерживает многих работников автосервисов от таких измерений.

Самое правильное, но также и самое дорогое решение — применение выносного контактного блока, который соединяют Y-образным кабелем с блоком управления через его штекер (рис. 1.66).

Такое оборудование гарантирует доступ ко всем штырьковым контактам блока управления при остановленном или работающем двигателе. Сигналы датчиков могут измеряться блоком управления, поэтому при правильной картинке одновременно определяется, что разводка пучка проводов между датчиком и блоком управления — в порядке. К сожалению, большие финансовые затраты из-за разнообразия эксплуатируемых штекеров приемлемы только для гарантийных мастерских или крупных специализированных мастерских. Мастерским, кото-

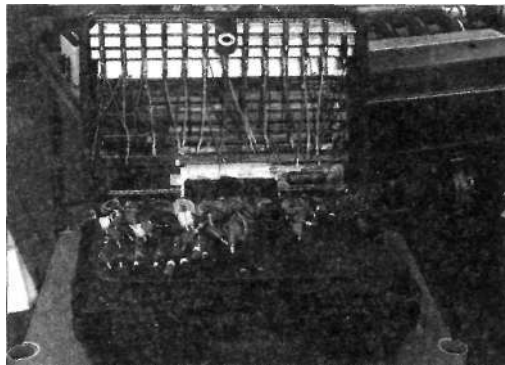


Рис. 1.67. Тестовый чемодан с походным комплектом штекеров

рые работают каждый день с автомобилями различных марок, следует использовать другие вспомогательные средства. Оправданным в финансовом отношении решением является также приобретение тестового чемодана (рис. 1.67).

Такие чемоданы предлагаются производителями тестеров и содержат часто используемые разъемы для автомобилей в форме вилки и розетки. С помощью адаптеров можно получить соединения с ответвлением через «банановый» штексель без повреждения оригинальных разъемов. В качестве последней возможности можно использовать щупы с различными наконечниками (рис. 1.68), при этом необходимо

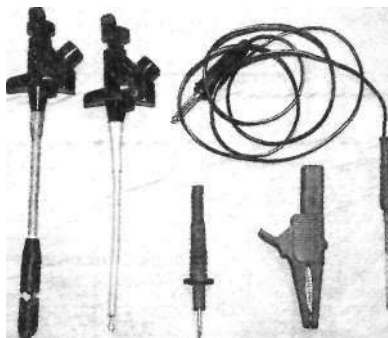


Рис. 1.68. Щупы для измерения электрических параметров электросистемы автомобиля (слева направо): щуп, прокалывающий изоляцию кабеля; щуп с крючком; стандартный щуп; зажим типа «крокодил»; щуп для поверхностного монтажа

обращать внимание на то, чтобы не повредить разъемы, кабели или уплотнение разъемов. Особенно это касается щупов, которые прокалывают острием изоляцию кабеля, — их нельзя использовать для проверки кабелей, на которые может попасть вода. Используя некачественные щупы или зажимы, вы закладываете основу ААЯ возникновения плохого контакта!

### 1.9.3. Проверка датчиков

Датчики представляют собой измерительные преобразователи, которые превращают физические величины (давление, температуру и т. д.) в напряжение электрического сигнала. В большинстве случаев используется аналоговый сигнал напряжения, изменяемый соответственно изменению физической величины. В редких случаях вырабатывается также сигнал с изменением частоты (например, датчика MAP, выпускаемого фирмой Ford) или сигнал с широтно-импульсной модуляцией (например, датчика педали подачи топлива у грузового автомобиля фирмы Mercedes). Среди чувствительных элементов различают датчики с электрическим питанием и без него. Датчики с питанием имеют трехштырьковые разъемы (к ним относятся, например, датчик

Холла, датчик давления и датчик массового расхода воздуха). У датчиков, не имеющих питания, — двухштырьковые разъемы (например, у индуктивного датчика частоты вращения коленчатого вала или одновольтового А-зонда). Эти различия должны приниматься во внимание при испытаниях. Если у датчика, не имеющего питания, подсоединительные провода в порядке, а сигнал не проходит, можно быть уверенным, что испорчен сам датчик.

У датчика с питанием в первую очередь следует проверить наличие напряжения питания, которое в большинстве случаев составляет 5,0 В (в редких случаях используется напряжение аккумуляторной батареи). Напряжение сигнала лежит в области 0,2—4,8 В. При напряжении 0 или 5 В блок управления выставляет сигнал ошибки, причем 0 В указывает на обрыв и 5 В — на короткое замыкание. План проверок датчиков приведен на рис. 1.69.

### 1.9.4. Проверка электрических исполнительных механизмов

Преобразование электрических команд блока управления в механические, пневматические или гидравлические исполнительные процессы происходит, как правило,

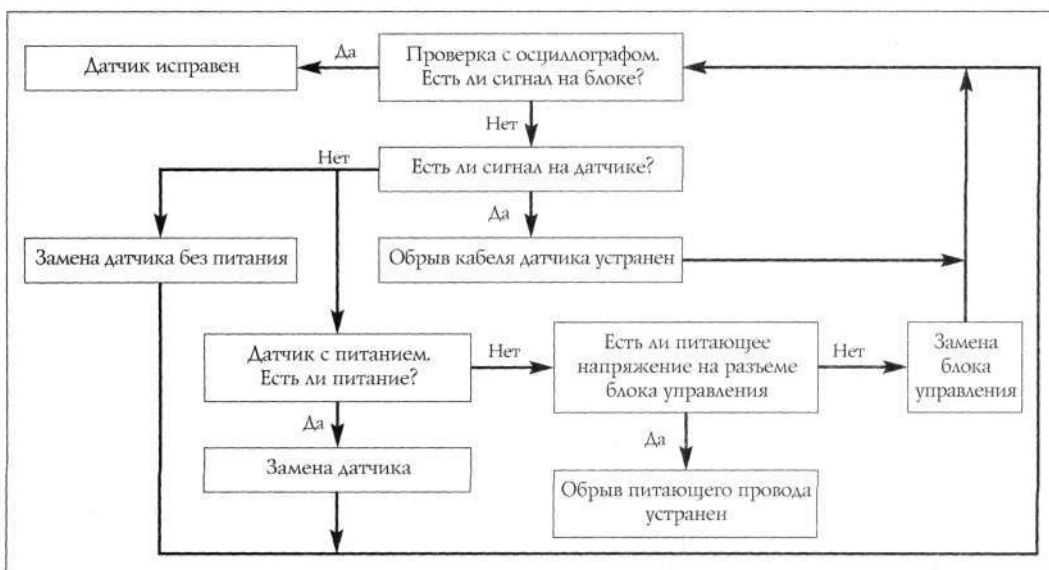


Рис. 1.69. Последовательность проверки датчиков

с помощью *электромагнитов*. В большинстве случаев эти электромагниты являются составной частью электромагнитных клапанов, однако могут воздействовать на исполнительный механизм непосредственно механически, например через поворотный магнит в механизме управления распределительного топливного насоса VP37 с электронным управлением. Для плавного изменения управляющего усилия или величины открытия электромагнитного клапана электромагниты постоянно включаются и выключаются блоком управления. Сила тока управляется изменением отношения между временем включенного и выключенного состояний. Этот способ управления называется *широтно-импульсной модуляцией (ШИМ)*. Доля времени включенного состояния ко всему периоду называется *скважностью* и измеряется в процентах. При этом время одного цикла включения и выключения принимается за 100 %. Такой способ управления хорошо известен в системе зажигания, где существует понятие «угол замкнутого состояния контактов прерывателя». Управление происходит в соответствии со способом работы интерфейса компьютера. Электромагниты подключаются, как катушка зажигания. Плюсое напряжение питания постоянно приложено после включения выключателя стартера и свечей накаливания. Управление осуществляется блоком управления через «массовый» провод. Преимущество этого способа подключения заключается в том, что через подсоединенный к блоку управления «массовый» провод не протекает ток короткого замыкания.

Для проверки электрического исполнительного механизма осциллограф подсоединяют к «массовому» управляющему проводу, блоку управления и «массе» двигателя (рис. 1.70).

Этот способ подключения имеет следующие преимущества:

- достаточно присоединить только один измерительный провод к контуру управления, подсоединение к «массе» двигателя осуществляется просто с использованием зажима типа «крокодил»;

- измерение дает больше информации, чем при параллельном подсоединении осциллографа к обоим контактным штырькам разъема механизма управления, т. к. такое подключение происходит в средней части схемы.

Если, например, оборван провод катушки электромагнита, при параллельном подключении к механизму управления картина будет такой же, как при исправной катушке. Если при подключении между управляющим механизмом и «массой» напряжение длительное время равно нулю, это однозначное указание на неисправность.

После подсоединения измерительного прибора необходимо проверить, имеется ли скважность и изменяется ли она в соответствии с рабочим режимом. В примере на рис. 1.71 и 1.72 скважность увеличивается при включении рециркуляции *ОТ*. Значит, электрическая часть устройства рециркуляции *ОГ* исправна.

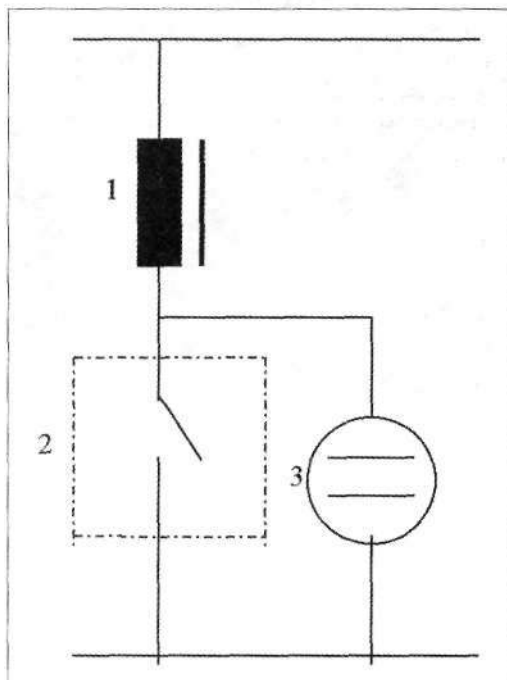


Рис. 1.70. Подсоединение осциллографа для проверки электрического исполнительного механизма: 1 — электромагнит; 2 — блок управления, схематично представленный выключателем; 3 — осциллограф

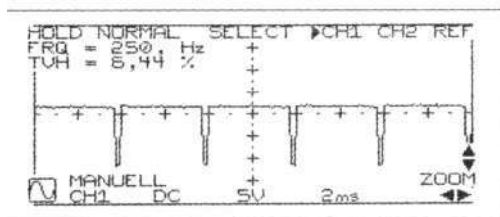


Рис. 1.71. Скважность (6,44 %), замеренная на преобразователе давления клапана АGR с пневмоприводом при отключенной рециркуляции ОТ

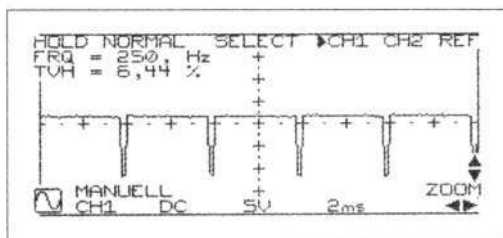


Рис. 1.72. При включенной рециркуляции ОТ скважность увеличилась до 78,7 %



Рис. 1.74. Подсоединение токоизмерительных клещей к управляющему проводу насос-форсунки

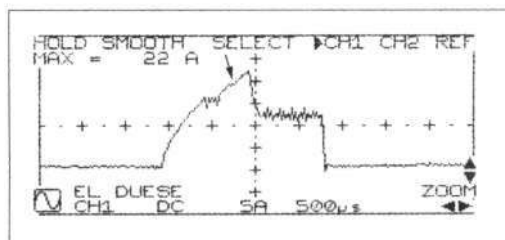


Рис. 1.75. Кривая силы тока в насос-форсунке на режиме холостого хода. Стрелкой указан момент посадки электромагнитного клапана

Так как осциллограф воспринимает спад напряжения на транзисторе блока управления, на время включения осциллограф показывает нулевое значение напряжения. В этом случае, при переключении блока управления, напряжение между точками измерения осциллографа составляет 0 В. Если вы уверены, что электрическая часть механизма управления исправна, используя манометр, следует проверить, выполняются ли электрические команды. Если скважность не определяется, опросом памяти неисправности необходимо проверить, нет ли у блока управления причины ААЯ отказа в работе. Рециркуляция ОГ, например, отключается при выходе из строя массового измерителя расхода воздуха. Если память неисправностей не содержит сведений о неисправности, дефект находится в схеме переключения. Напряжение 12В означает, что система электропитания исполнительного механизма и обмотка катушки электромагнита исправны. Напряжение достигло точки измерения осциллографа. Дефект должен находиться между отрицательным полюсом обмотки катушки и «массой» двигателя. Если управляющий провод, идущий от блока управления, и «массовый» провод в порядке, причину неисправности остается искать в работе блока управления.

Если напряжение в течение долгого времени составляет 0 В, значит, оно не достигло точки измерения и неисправность находится выше этой точки. Поэтому следует проверить напряжение питания электромагнита и сопротивление обмотки катушки. Если и то и другое — в порядке, неисправностью являются дефект «массового» провода или самого блока управления. Последовательность проверки исполнительного механизма приведена на рис. 1.73.

/±,АЯ электромагнитных клапанов, которые управляют продолжительностью впрыскивания в аппаратуре впрыскивания высокого давления (в аккумуляторной системе впрыска, системе с насос-форсунками или в распределительном ТНВД с электронным управлением VP44), вышеупомянутой проверки скважности недостаточно. Для таких клапанов в фазе страгивания ис-

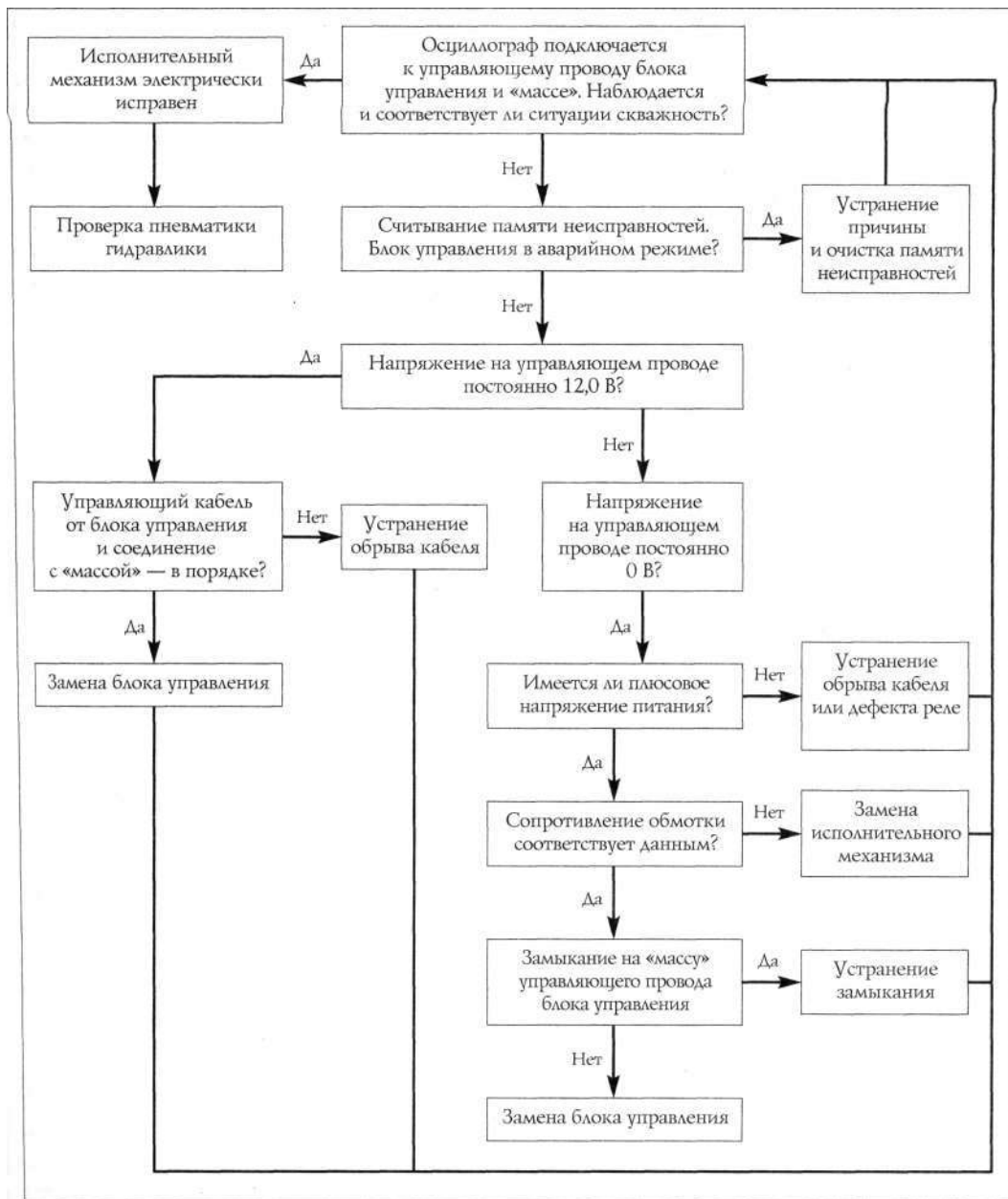
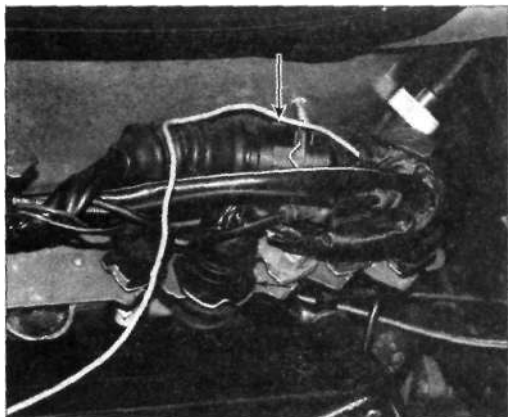


Рис. 1.73. Последовательность проверки исполнительного механизма

пользуется напряжением до 70 В. Из-за большой силы тока (20 А — в фазе стартового, 12 А — в фазе удержания) электрическую проверку проводят с использованием токоизмерительных клещей, которые присоединяют к осциллографу (рис. 1.74). Кривая силы тока приведена на рис. 1.75.

### 1.10. УСТАНОВЛЕНИЕ ТЮНИНГА ДВИГАТЕЛЯ, СВЯЗАННОГО С ПОВЫШЕНИЕМ МОЩНОСТИ

Времена, когда дизель был экономичным, но относительно тихоходным силовым агрегатом, остались в прошлом, особенно — с применением турбонаддува. Даже сегодня



*Рис. 1.76. Установка тюнинговой вставки. Стрелками указаны промежуточные разъемы в кабельной разводке топливного насоса. Светлый кабель ведет к дополнительному блоку управления и изменяет сигнал датчика перемещения регулирующего органа (пятицилиндровый двигатель Audi TDI)*

ня, когда автомобили с дизельными двигателями отличаются высокими мощностями и не «пасуют» перед бензиновыми, многие водители стремятся иметь дополнительно еще десяток-другой «лошадей» под капотом. Дизельный двигатель благодаря широким границам воспламеняемости при неизменном притоке воздуха реагирует на увеличенную полную подачу топлива более высоким крутящим моментом, однако с более высокой эмиссией сажи и оксидов азота. Если тюнинговая фирма после выполнения операций по повышению мощности двигателя не проводит измерений состава ОГ и, таким образом, не подтверждает соответствие двигателя предписанным нормам по предельным значениям ОГ, владелец, скорее всего, будет ездить на автомобиле, не отвечающем требованиям экологической безопасности, со всеми вытекающими из этого со стороны законодательства последствиями. К результатам тюнинга, связанного с повышением мощности двигателя, могут добавиться риск перегрузки трансмиссии и потеря гарантийных обязательств. Учитывая все эти отрицательные стороны тюнинга, материал данного раздела мы советуем рассматривать не как руководство по тюнингу двигателя, а лишь

как помощь при выявлении уже произведенных тюнинговых мероприятий, и учитывать, что многие клиенты при сдаче автомобиля в ремонт умалчивают о тюнинге. Особое внимание к повышенной мощности помогает в поиске неисправности, т. к. неграмотно выполненный тюнинг двигателя может привести к таким распространенным нарушениям, как рывки автомобиля при изменении нагрузки и повышенная дымность ОГ.

### **1.10.1. Повышение мощности двигателя манипуляцией с датчиками**

Специалист по тюнингу двигателя для повышения мощности может попытаться манипулировать датчиками, по сигналам которых блок управления рассчитывает подачу топлива на полной нагрузке. К ним относятся датчик температуры воздуха на впуске, датчик температуры топлива, у распределительных ТНВД фирмы Bosch типа VP37 — датчик перемещения регулирующего органа, у аккумуляторной системы впрыска — датчик давления в аккумуляторе. Получая данные о температуре воздуха и топлива, блок управления рассчитывает плотность воздуха и топлива. Если для блока управления симитировать низкую температуру воздуха на впуске и высокую температуру топлива, это приведет к увеличению подачи топлива. Сигнал датчика перемещения органа управления ТНВД VP37 (разд. 2.1) является для блока управления мерой количества впрыскиваемого топлива. Если этот сигнал уменьшается, блок управления увеличивает подачу топлива до тех пор, пока не будет достигнуто предыдущее значение. Такой способ тюнинга двигателя прост, т. к. не требует вмешательства в работу блока управления. Тюнинговая вставка с помощью промежуточной колодки устанавливается в кабельной разводке (рис. 1.76), а дополнительный блок управления укрепляется в подкапотном пространстве (рис. 1.77). Такое оборудование тюнинга изменяет сигнал датчика перемещения органа управления в зависимости от давления наддува.

Если механик при осмотре двигателя обнаружит промежуточную колодку или часть кабельной разводки двигателя, ко-



Рис. 1.77. Дополнительный блок управления двигателя TDI помещен на аккумуляторную батарею только для фотографирования. Стрелкой указано подсоединение давления наддува

торые не относятся к оригинальной кабельной разводке, это будет доказательством того, что проводилось повышение мощности двигателя. Чтобы исключить влияние тюнинга двигателя при поиске неисправности, промежуточная колодка должна быть устранена. Если неисправность после удаления оборудования тюнинга исчезла, клиентам можно порекомендовать обратиться к поставщику оборудования тюнинга.

### 1.10.2. Повышение мощности

двигателя изменением параметров импульсных сигналов, поступающих на исполнительные механизмы

В двигателях, оборудованных системами с насос-форсунками или распределительными ТНВД, управляемыми электромагнитными клапанами (VP44 и VP30 фирмы Bosch), повышение мощности достигается увеличением продолжительности управляющих импульсов и, следовательно, продолжительности впрыскивания. Для этого кабели отключаются от электромагнитных

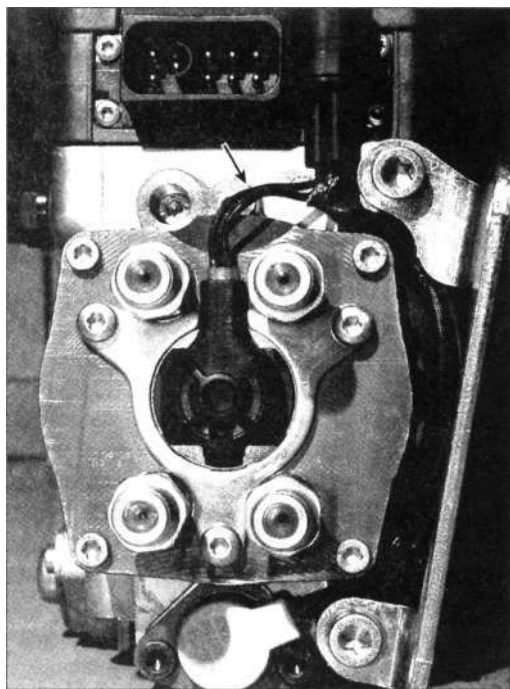


Рис. 1.78. Распределитель ТНВД фирмы Bosch типа VP44. Специалистом по тюнингу зачищается провод (показан стрелкой), подсоединенном к которому через промежуточный блок управляется электромагнитный клапан

клапанов (рис. 1.78) и подводятся к дополнительному блоку управления. При подозрении на такой тюнинг механику при осмотре двигателя следует обращать внимание на часть кабельной разводки, которая содержит подвод к электромагнитным клапанам.

### 1.10.3. Изменение основных регулировок

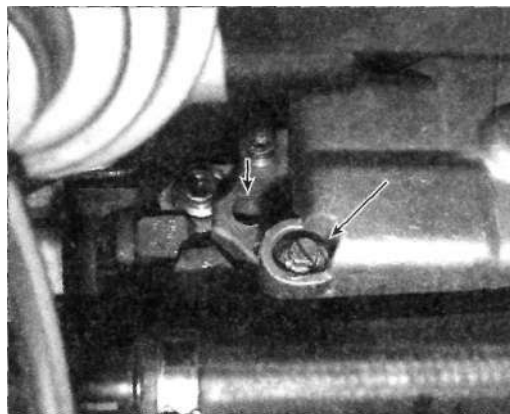
При проведении основной регулировки цикловой подачи топлива у распределительных ТНВД фирмы Bosch типа VP37 снимается крышка исполнительного механизма регулировки цикловой подачи топлива, которая винтами крепится к верхней части корпуса ТНВД. После регулировки на стенде ААЯ испытания ТНВД крышка устанавливается на место и АЛЯ сохранности отверстия в крышке заполняются красным компаундом, а головки винтов после закрепления крышки фиксируются жел-

той эмалью. Если эта фиксация отсутствует (рис. 1.79), механик, осматривающий двигатель, может быть уверен, что проводились работы по его тюнингу. Весь тюнинг состоит в том, что крышка исполнительного механизма регулировки цикловой подачи топлива несколько сдвигается и закрепляется в своем новом положении: сдвиг крышки на 0,2 мм в направлении электромагнитного остановочного клапана обеспечивает повышение крутящего момента двигателя на 10—20 %. Несанкционированный сдвиг крышки часто обращает на себя внимание нестабильным режимом холостого хода. В особых случаях двигатель может самостоятельно разогнаться или при испытании доходить до максимальной частоты вращения коленчатого вала. Такой ТНВД должен быть снова отрегулирован на испытательном стенде. В качестве вынужденной меры можно сдвинуть крышку обратно в направлении от электромагнитного остановочного клапана так, чтобы вернуть нормальный режим холостого хода, предписанную двигателю мощность и отвечающую нормам дымность ОГ.

ТНВД типа EPIC фирмы Lucas имеют в электрическом разъеме управляющего кабеля ТНВД калибровочное сопротивление, которое определяет для блока управления при полной нагрузке величину отклонения подачи топлива от нормальной. Изменением этого сопротивления подача топлива при полной нагрузке может быть увеличена. Сопротивление может быть изменено с помощью установки промежуточного разъема, который монтируется между штекерами ТНВД и кабельной разводки. Подобным же образом часто изменяется величина температуры топлива — с помощью установки дополнительного сопротивления.

#### 1.10.4. Чип-тюнинг

Самый дорогостоящий и труднее всего выявляемый способ повышения мощности двигателя — так называемый чип-тюнинг. Для этого считывается модуль памяти, который содержит заданные значения для дви-



*Рис. 1.79. Распределительный ТНВД фирмы Bosch типа VP37. Отсутствие компаунда в отверстиях и фиксирующей эмали на головках винтов крышки исполнительного механизма регулировки цикловой подачи топлива указывает на проведенный тюнинг двигателя*

гателя, и заменяется переменная область памяти. При соответствующей компетентности специалист по тюнингу двигателя получает доступ ко всему полю характеристик управления двигателем, т. е. к регулированию не только подачи топлива, но и давления наддува и начала впрыскивания. Такие мероприятия по тюнингу, которые нельзя определить визуально, устанавливаются по возросшей мощности двигателя, а также считыванием таблицы данных при помощи устройства чтения неисправностей. Если известны задаваемые производителем автомобиля величины давления наддува, начала впрыскивания и максимальной подачи топлива, тюнинг может быть выявлен по отклонению от этих данных. Например, двигатель Volkswagen TDI мощностью 66 кВт (90 л. с.) при полной нагрузке должен иметь максимальную подачу топлива 36 мг/цикл, двигатель мощностью 81 кВт (110 л. с.) — 42 мг/цикл, пятицилиндровый двигатель TDI — 44 мг/цикл. Если в памяти неисправностей обнаружены «отклонение в регулировании давления наддува», «отклонение в регулировании подачи топлива» или «отклонение в регулировании начала впрыскивания», это может быть указанием на проведенный чип-тюнинг.

# РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТНВД ФИРМЫ BOSCH ТИПА VP37/36 С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Распределительные ТНВД типа VP37/36 с электронным управлением (рис. 2.1) выпускаются с 1986 г. Регулирование подачи топлива в таком насосе осуществляется электромагнитным поворотным исполнительным механизмом. Начало подачи топлива регулируется электромагнитным клапаном, который изменяет величину давления на поршень механизма опережения впрыскивания. Все остальные гидравлические элементы впрыскивания используются от ТНВД серии VE с механическим регулированием

Описание ТНВД типа VP37 приведено в табл. 2.1. С помощью отображенных на левой стороне таблицы датчиков блок управления точно регистрирует параметры рабочего режима двигателя, например, частоту вращения и угловое положение коленчатого вала, начало впрыскивания топлива, расход воздуха, давление наддува,

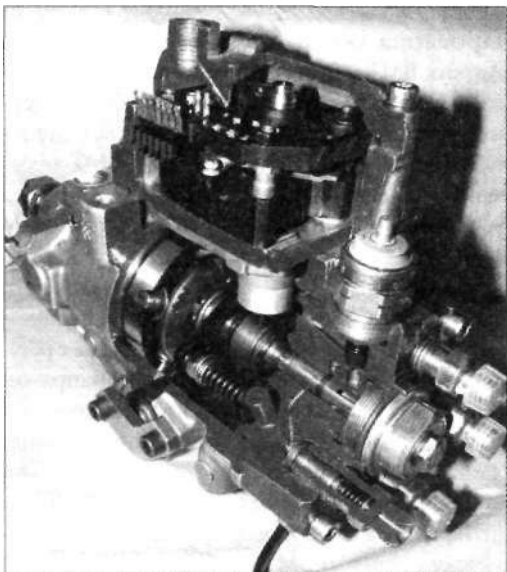


Рис. 2.1. ТНВД типа VP37 в разрезе

температуру всасываемого воздуха, температуру топлива и температуру охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя. Датчик педали подачи топлива передает в блок управления информацию о задании нагрузки водителем. По этим данным блок управления рассчитывает начало подачи топлива, степень рециркуляции ОГ, давление наддува и определяет параметры воздействия на соответствующие исполнительные механизмы. В качестве дополнительных задаваемых функций могут использоваться регулирование скорости автомобиля и плавности режима холостого хода, а также демпфирование рывков. Для регулирования скорости автомобиля требуется поступление сигналов датчика скорости и выключателей педалей тормоза и сцепления. На режиме холостого хода частота вращения коленчатого вала измеряется датчиком ВМТ за два оборота коленчатого вала. Если во время рабочего такта в определенном цилиндре происходит ускорение или замедление автомобиля, подача топлива при следующем рабочем такте в том цилиндре, соответственно, уменьшается или увеличивается. ТНВД типа VP37 использовались или используются до сих пор на двигателях с непосредственным впрыскиванием топлива Audi, Mercedes 2,9 TDI, Renault, Rover и Volkswagen. ТНВД типа VP36 устанавливаются на двигателях с разделенной камерой сгорания BMW и Opel.

## 2.1. САМОДИАГНОСТИКА

Блок управления проверяет все датчики и исполнительные механизмы на отказ. При выходе из строя конструктивного элемента активизируется аварийный режим работы и записывается неисправность. При серьезной неисправности на панели

Таблица 2.1. Описание ТНВД типа VP37

Ввод данных — датчики	Обработка данных — блок управления	Выход — исполнительный механизм
Датчик ВМТ (частота вращения и положение коленчатого вала); датчик движения иглы распылителя форсунки (начало впрыскивания топлива); датчик температуры двигателя	Регулирование начала подачи топлива	Магнитный клапан регулирования угла опережения впрыскивания
Датчик ВМТ (частота вращения коленчатого вала); расходомер воздуха (расход воздуха на впуске); датчик педали подачи топлива (задание нагрузки водителем); датчик температуры воздуха на впуске (плотность воздуха на впуске); датчик давления наддува; датчик перемещения регулирующего органа (величина подачи топлива); датчик температуры топлива (плотность топлива); контактный датчик сцепления	Управление подачей топлива: — регулирование частоты вращения коленчатого вала и равномерности режима холостого хода; — ограничение максимальной частоты вращения коленчатого вала; — ограничение подачи топлива на полной нагрузке по величине крутящего момента и дымности ОГ; — пусковая подача топлива; — демпфирование рывков	Механизм управления подачей топлива
Переключатель выбора скорости движения; двойной контакт педали тормоза; контактный датчик сцепления; датчик скорости движения	Темпомат (устройство для поддержания постоянной скорости)	Механизм управления подачей топлива
Датчик ВМТ (частота вращения коленчатого вала); датчик педали подачи топлива; расходомер воздуха; датчик температуры двигателя	Рециркуляция ОГ	Электропневматический преобразователь давления
Датчик давления наддува; датчик температуры воздуха на впуске	Регулирование давления наддува	Электропневматический преобразователь давления

приборов загорается предупреждающая сигнальная лампа («Check Engine» — «проверь двигатель»), что во многих случаях сопровождается снижением подачи топлива или повышением частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода. Дефектный узел часто удается определить с использованием таблицы поиска неисправностей (табл. 2.2). Наряду с чтением памяти неисправностей можно просмотреть таблицу данных (табл. 1.1) и провести тестирование исполнительных механизмов.

## 2.2. РЕГУЛИРОВАНИЕ НАЧАЛА ПОДАЧИ

Электрические отказы в системе регулирования начала впрыскивания топлива регистрируются в памяти неисправностей. Однако дефекты гидравлики или электрических переходных сопротивлений могут потребовать провести отдельные точные измерения. Неисправности часто обращают на себя внимание затруднениями пус-

ка, стуками при низкой частоте вращения коленчатого вала, появлением черного дыма в ОГ и пониженной мощностью.

### Проверка датчика ВМТ

Датчик ВМТ и частоты вращения коленчатого вала является индуктивным. Штифты, завернутые в маховик по числу цилиндров, индуцируют при прохождении датчика ВМТ переменное электрическое напряжение, которое увеличивается с ростом частоты вращения коленчатого вала. Для проверки датчика к проводам, идущим от него, подсоединяют осциллограф и запускают двигатель. При исправном датчике на экране отображается сигнал с регулярными синусоидальными пиками напряжения, которые должны быть одинаковы по форме и высоте (рис. 2.2). Если пики напряжения нерегулярны, следует проверить, не повреждены ли расположенные на маховике штифты, а также измерить величину зазора между датчиком ВМТ и каждым из штифтов. Зазор должен составлять от 0,5 до 1,0 мм.

Таблица 2.2. Таблица поиска неисправностей двигателя с ТНВД типа VP37

Неисправность	Аварийная сигнализация	Затруднения холодного пуска	Неравномерное вращение коленчатого вала	Стуки	Черный дым в ОГ при полной нагрузке	Дымление ОГ при пуске	Потеря мощности	Рывки	Повышенные обороты холостого хода
Датчик ВМТ <sup>1</sup>	вкл.	X	X				X		X
Датчик давления во впускном трубопроводе <sup>2</sup>	выкл.				X		X		
Датчик температуры двигателя	выкл.	X				X			X
Датчик движения иглы форсунки <sup>3</sup>	вкл.		X				X		При высокой частоте вращения коленчатого вала
Магнитный клапан начала подачи топлива	выкл.	X	X	X	X		X		
Расходомер воздуха	выкл.				X		X		
Напряжение питания <sup>4</sup>	выкл						X		Рывки, остановка двигателя
Выключатель сигнала остановки <sup>5</sup>	вкл.						X		
Датчик положения регулирующего элемента	вкл.	При выходе из строя — остановка двигателя							Особенно при использовании потенциометрического датчика
Датчик педали подачи топлива	вкл						X	X	X
Подача топлива <sup>6</sup>	выкл.	X		X			X	X	
Распылитель <sup>7</sup>	выкл.	X	X	X	X	X	X	X	
Датчик давления наддува	выкл.						X		
Клапан рециркуляции ОГ	выкл.				X		X		

<sup>1</sup> Нет показаний тахометра, при одновременном выходе из строя датчика движения иглы форсунки — остановка двигателя.

<sup>2</sup> Дополнительный подогрев не действует (Volkswagen 1,9 TDI), время включения свечей накаливания всегда равно 15 с.

<sup>3</sup> При выходе из строя, одновременно с датчиком ВМТ, — остановка двигателя.

<sup>4</sup> Проверить реле питания блока управления.

<sup>5</sup> Не работает регулирование постоянной скорости, синхронизировать моменты срабатывания контактов сигнала остановки

<sup>6</sup> Проверить фильтры и топливопроводы. Давление ТНВД на режиме холостого хода — более 4,5 бар, при максимальной частоте вращения коленчатого вала — 8 — 10 бар (у последних исполнений ТНВД — 15 бар).

<sup>7</sup> Последовательно по цилиндрам отворачивать трубопроводы высокого давления и наблюдать за изменением дымности ОГ.

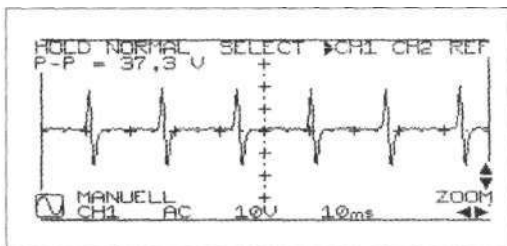


Рис. 2.2. Сигнал датчика ВМТ на режиме холостого хода

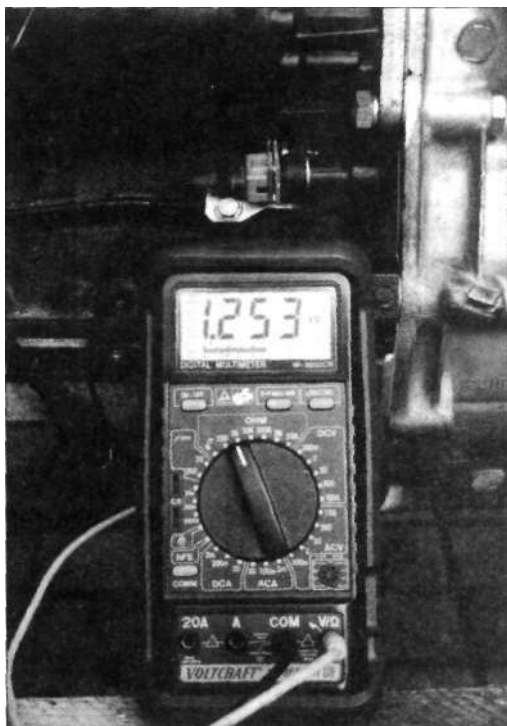


Рис. 2.3. Измерение сопротивления катушки индуктивности датчика ВМТ на двигателе BMW

ЕСЛИ осциллографа нет, можно использовать вольтметр, настроенный на диапазон 0–20 В в режиме переменного тока. Напряжение при пуске двигателя должно составлять минимум 1 В. При отсутствии сигнала омметром измеряют сопротивление катушки индуктивности (рис. 2.3). Если величина сопротивления лежит вне допустимого диапазона, датчик должен быть заменен, если внутри допустимого диапазона — проверяют на обрыв и короткое замыкание провода, идущие к блоку управления.

При отказе датчика ВМТ блок управления использует сигнал датчика движения иглы форсунки как замещающий. Исключение составляют двигатели автомобилей Mercedes 290E и Sprinter, которые при отказе датчика ВМТ прекращают работать.

### Датчик движения иглы форсунки

У индуктивного датчика движения иглы форсунки катушка индуктивности питается от блока управления постоянным электрическим током 40 мА. При движении штанги иглы распылителя форсунки внутри катушки индуктивности магнитное поле изменяется и вырабатывается переменное напряжение. Первый пик напряжения выше 0,15 В принимается блоком управления за начало впрыскивания. Для проверки датчика движения иглы форсунки между двухполюсным штекером датчика и проводом, идущим к блоку управления, подсоединяют осциллограф. На режиме холостого хода появляется синусоидальный сигнал датчика движения иглы (рис. 2.4), который увеличивается по амплитуде с возрастанием частоты вращения коленчатого вала и возрастает по времени с увеличением подачи топлива (рис. 2.5). Двигатели с разделенной камерой сгорания и форсунками со штифтовыми распылителями имеют на режиме холостого хода более высокий сигнал, т. к. перемещение иглы у таких распылителей больше (рис. 2.6). Если сигнал отсутствует, омметром проверяется сопротивление катушки индуктивности датчика на отсоединенном штекере (оно должно составлять 80–120 Ом). При дефектной катушке индуктивности распылитель форсунки должен быть заменен. Если сопротивление соответствует требуемому, вольтметром проверяют напряжение питания катушки индуктивности, поступающее от блока управления (оно должно быть в пределах 11,0–12,0 В). Если напряжение питания отсутствует, провода, идущие к блоку управления, проверяются омметром на обрыв и короткое замыкание (для этого необходимо

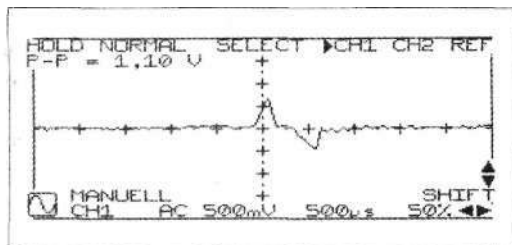


Рис. 2.4. Сигнал датчика движения иглы форсунки на режиме холостого хода (двигатель Volkswagen 1,9 TDI)

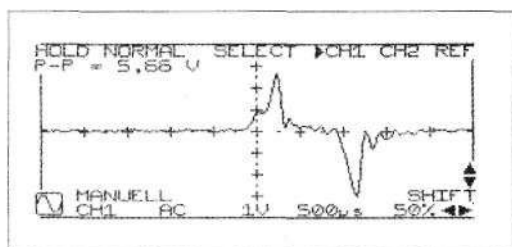


Рис. 2.5. Сигнал датчика движения иглы форсунки при резком нажатии педали подачи топлива (двигатель Volkswagen 1,9 TDI)

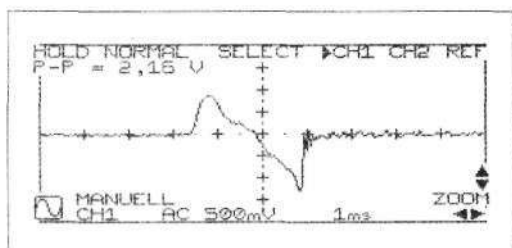


Рис. 2.6. Сигнал датчика движения иглы форсунки у двигателя, оборудованного форсунками со штифтовым распылителем, на режиме холостого хода (двигатель BMW 318 TDS)

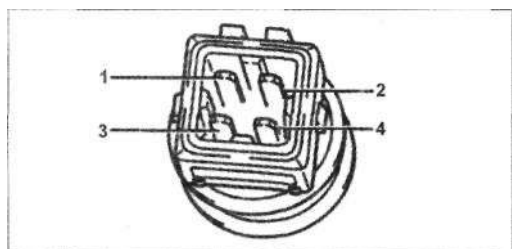


Рис. 2.7. Контакты разъема для датчика температуры охлаждающей жидкости системы охлаждения двигателя: 1 и 3 — для подключения датчика температуры; 2 и 4 — для подключения термометра охлаждающей жидкости

выключить выключатель стартера и свечей накаливания, отсоединить разъем блока управления). Если провода в порядке, следует заменить блок управления. У некоторых двигателей с непосредственным впрыскиванием топлива износ направляющей штанги иглы распылителя форсунки приводит к неправильным значениям сигналов и их прерываниям на более высоких частотах вращения коленчатого вала. Для проверки датчика металлическим предметом постукивают по форсунке при частоте вращения коленчатого вала 3000 мин<sup>-1</sup>. Если одновременно с ударами изменяется вид сигнала, форсунка должна быть заменена.

### Датчик температуры охлаждающей жидкости системы охлаждения двигателя

Чувствительный элемент датчика температуры представляет собой резистор с отрицательным температурным коэффициентом, т. е. с увеличением температуры электрическое сопротивление уменьшается. Если величина сопротивления не соответствует указанной в таблице данных (табл. 1.1, строка 4), следует вынуть штекер датчика температуры и измерить сопротивление (при 20 °С оно должно составлять 2,2-2,7 кОм; при 80 °С — 270-350 Ом). Сопротивление необходимо проверять при двух температурах — только так можно установить, реагирует ли датчик на изменение температуры. Если значенные сопротивления соответствует требуемому, к разъему датчика температуры подсоединяют вольтметр и измеряют напряжение при включенном выключателе стартера и свечей накаливания (правильное значение — 5,0 В). Если напряжение отсутствует, проверяют провода, идущие к блоку управления и к «массе», на обрыв и короткое замыкание. Если провода в порядке, следует заменить блок управления. У более новых моделей Volkswagen разъем для датчика температуры охлаждающей жидкости системы охлаждения двигателя имеет четыре контакта (рис. 2.7).

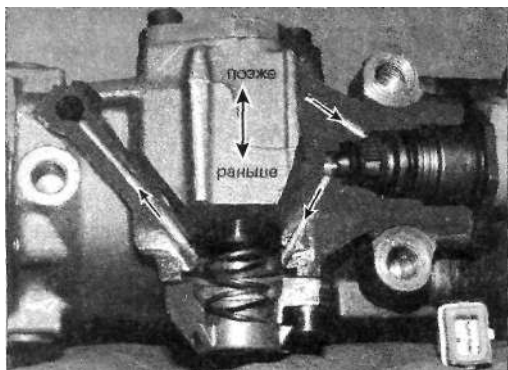


Рис. 2.8. Механизм регулирования начала подачи топлива ТНВД типа VP37. При открытом электромагнитном клапане топливо поступает в направлении стрелки к обратному сливу, {давление на поршень регулирования начала подачи снижается

### Механизм регулирования начала подачи топлива

Приводится в действие как гидравлически, так и в механическом исполнении (рис. 2.8). Топливоподкачивающий шиберный насос создает на режиме холостого хода давление от 4 до 6 бар, которое увеличивается до 8...10 бар вплоть до максимальной частоты вращения. Это давление передается на поршень регулирования начала подачи, перемещая его против действия пружины в направлении более ранней подачи. Поршень со стороны пружины связан с магистралью всасывания шиберного насоса. Если требуется более позднее начало подачи, блок управления открывает электромагнитный клапан, и давление на поршне снижается. В обесточенном состоянии электромагнитный клапан закрыт. Начало впрыскивания может плавно регулироваться изменением скважности. При включении выключателя стартера и свечей накаливания электромагнитный клапан запитывается бортовым напряжением. Второй контакт разъема замыкается блоком управления на «массу».

Для проверки механизма регулирования начала подачи топлива подсоединяют осциллограф к «массовому» проводу электромагнитного клапана и к «массе» двигателя, затем запускают двигатель. На экране осциллографа должен появляться периодический сигнал

прямоугольной формы (рис. 2.9). Скважность с возрастанием частоты вращения коленчатого вала должна уменьшаться (рис. 2.10). Если сигнал не проходит, неисправность определяется по плану проверки исполнительного механизма (разд. 1.9). Требуемая величина электрического сопротивления электромагнитного клапана составляет 12—20 Ом. Не работающий электромагнитный клапан обращает на себя внимание жесткой работой двигателя на режиме холостого хода, т. к. при закрытом электромагнитном клапане устанавливается наиболее ранний угол начала подачи топлива. Раннюю установку можно выявить по различию между приведенной в таблице данных заданной величиной и действительным значением. Отклонение начала подачи от заданного может возникать также из-за дефектного клапана регулирования давления в ТНВД или засоренного трубопровода обратного слива. Прежде чем подозревать электронику, следует манометром проверить давление в ТНВД на режиме холостого хода оно должно быть 4—6 бар, а при максимальной частоте вращения коленчатого вала — 8—10 бар.

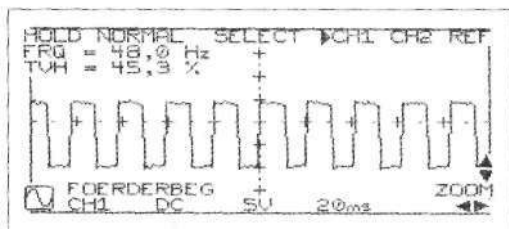


Рис. 2.9. Измерение скважности электрического сигнала, поступающего на электромагнитный клапан регулирования начала подачи топлива, на режиме холостого хода (скважность = 45,3 %)

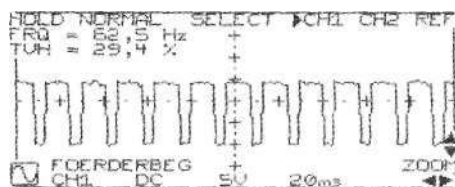


Рис. 2.10. Измерение скважности электрического сигнала, поступающего на электромагнитный клапан регулирования начала подачи топлива, при 4000 мин<sup>-1</sup> (скважность = 29,4 %)

### 2.3. УПРАВЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНОЙ ПОДАЧИ ТОПЛИВА

Если в электронном регулировании работы двигателя возникает серьезная ошибка, в соответствии с аварийной программой снижается величина подачи топлива на полной нагрузке (табл. 2.2). На основании жалобы клиента на «слишком низкую мощность двигателя» нельзя сразу делать вывод об ошибке в управлении подачей топлива. Поврежденный турбокомпрессор, «зависший» клапан рециркуляции ОГ или неисправный датчик движения иглы форсунки также могут снижать мощность. Прежде чем проверять конструктивные элементы управления подачей топлива, необходимо удостовериться, что все датчики, относящиеся к системе управления величиной подачи топлива, исправны. Проверка датчика ВМТ описана в разд. 2.2.

#### Датчик педали подачи топлива

С помощью датчика педали подачи топлива водитель задает блоку управления свое требование к нагрузке на двигатель. Дат-

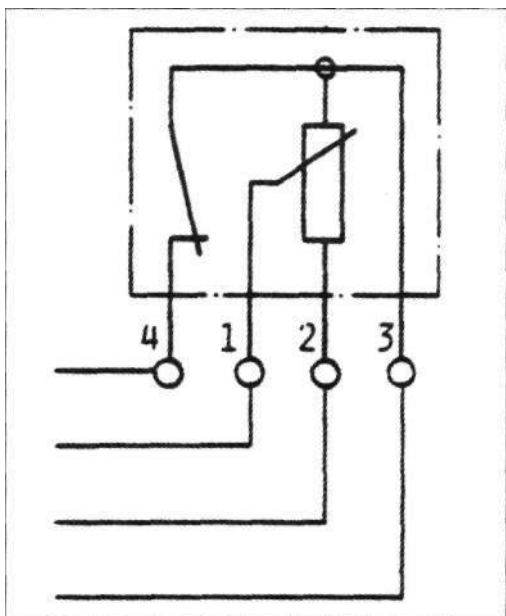


Рис. 2.11. Контакты разъема датчика педали подачи топлива: 2 и 3 — напряжения питания потенциометра; 1 и 3 — напряжения сигнала потенциометра; 4 — холостого хода

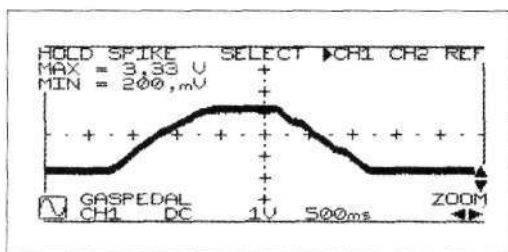


Рис. 2.12. Проверка на шумы датчика педали подачи топлива: кривая напряжения показывает, что датчик исправен

чик состоит из регулируемого резистора (потенциометра) и контакта холостого хода (рис. 2.11).

При неправильно отрегулированном или разрегулированном датчике педали подачи топлива двигатель работает нестабильно («дергается»). При полном отказе датчика несколько повышается частота вращения коленчатого вала на режиме холостого хода. При проверке проводящей дорожки потенциометра датчика она подвергается испытанию на шумы (искажения электрического сигнала). Для этого осциллограф подсоединяют к сигнальному проводу потенциометра (контакт 1) и к «массе» (контакт 3). При включенном выключателе стартера и свечей накаливания медленно перемещают педаль подачи топлива до упора. При этом напряжение должно постепенно увеличиваться до максимальной величины в 3,5 В (рис. 2.12).

При подъеме напряжение не должно падать до 0 В или подниматься до 5,0 В. Если при увеличении или снижении напряжения возникают скачки, датчик педали подачи топлива испорчен и должен быть заменен, поскольку такие скачки напряжения производятся преимущественно старыми потенциометрами. Двигатель реагирует на это сильными рывками, однако дефект потенциометра записывается в память неисправностей лишь тогда, когда напряжение сигнала падает до 0 В. Иногда приходится измерять напряжение сигнала во время пробной поездки. Если сигнал вообще отсутствует, напряжение питания проверяется вольтметром при подключении к контактам 2 и 3 (правильное значение — 5,0 В). Если

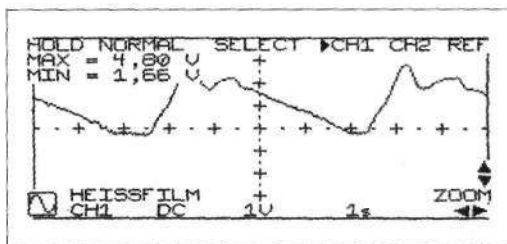


Рис. 2.13. Сигнал исправного расходомера воздуха при свободном ускорении (Volkswagen 1,9 TDI)

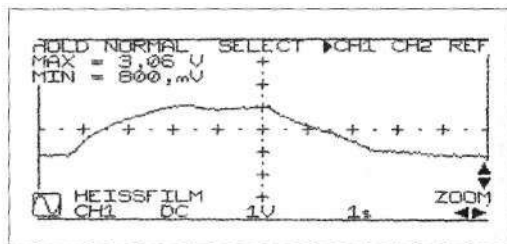


Рис. 2.14. Сигнал дефектного расходомера воздуха при свободном ускорении (Volkswagen 1,9 TDI)

напряжение питания не соответствует заданной величине, необходимо проверить провода, идущие от блока управления, на обрыв и короткое замыкание. Если провода — в порядке, неисправен блок управления. При демонтаже необходимо пометить положение датчика педали подачи топлива — новый датчик монтируется в том же положении. Контакт холостого хода замыкает контакт блока управления на «массу». Функционирование выключателя можно проверить вольтметром, который присоединяют к проводу выключателя (контакт 4) и «массе» (контакт 3, рис. 2.11). При нажатии педали подачи топлива напряжение должно резко подниматься с 0 до 5,0 В. Если напряжение составляет постоянную величину 5,0 В, выключатель холостого хода испорчен. Если напряжение имеет постоянную величину 0 В, то либо испорчен выключатель холостого хода, либо отсутствует напряжение питания. Дополнительно выключатель холостого хода можно проверить омметром: при отпущенной педали подачи топлива сопротивление должно быть менее 1 Ома, при задействованной педали — равняться бесконечности. При испорченном выключателе холостого хода заменяется весь датчик целиком.

Таблица 2.3. Контрольные значения напряжения сигнала для исправного расходомера воздуха (двигатель Volkswagen 1,9 TDI). Условия испытаний: двигатель прогрет, блок управления — не в аварийном режиме, турбонагнетатель — в порядке, рециркуляция ОГ отключена (отсоединен штекер преобразователя давления)

Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	Напряжение сигнала, В
900 — на режиме холостого хода	1,4-1,6
2000 — без нагрузки	2,4-2,6
3000 — без нагрузки	3,1-3,3
4000 — без нагрузки	3,7-3,9
Свободное ускорение	1,4-1,7 ( $U_{\text{min}}$ ), 4,5-4,8 ( $U_{\text{max}}$ )

### Расходомер воздуха

Для получения требуемой величины расхода воздуха применяют в основном расходомеры воздуха. Сопротивление используемого в расходомере нагретого отрезка проволоки или керамического элемента поддерживается постоянным при одинаковой температуре. Необходимый для нагрева электрический ток является мерой расхода воздуха. Расходомеры воздуха выдают в блок управления сигнал напряжением 0,3—4,8 В. Для проверки расходомера воздуха к его сигнальному проводу подсоединяют осциллограф и измеряют расход воздуха на режимах свободного ускорения. Кривая сигнала, фиксируемого осциллографом при исправном расходомере, показана на рис. 2.13. Однако такая проверка неэффективна, когда долго работавший расходомер воздуха дает слишком низкое напряжение сигнала (рис 2.14). В этом случае блок управления, не отправляя сведения о дефекте в память неисправностей, снижает подачу топлива, и клиент заявляет рекламацию о потере мощности.

При более точном испытании измеряют напряжение сигнала на различных частотах вращения коленчатого вала. В табл. 2.3 в качестве примера приведены контрольные значения напряжения сигнала для двигателя

Volkswagen 1,9 TDI (код двигателя 1Z), полученные с исправным расходомером воздуха. Если сигнал отсутствует, следует вольтметром проверить напряжение питания расходомера воздуха. Часто для подогрева проволоки используется напряжение 12 В, а для электронных схем — 5 В. Если напряжение питания в порядке, а сигнал по-прежнему отсутствует, расходомер воздуха должен быть заменен.

На более старых моделях автомобилей, например, на Audi 2,5 TDI до 1995 года выпуска, используются измерители расхода воздуха с анемометрической заслонкой. Отклоняясь в зависимости от расхода воздуха, анемометрическая заслонка приводит в действие потенциометр, который, как и при проверке датчика подачи топлива, испытывается на шумы приведением в действие анемометрической заслонки. При перемещении анемометрической заслонки следует обратить внимание на легкость ее хода.

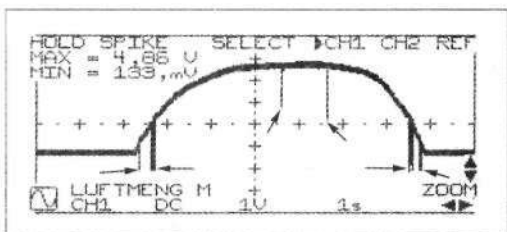


Рис. 2.15. Проверка на шумы расходомера воздуха: кривая напряжения показывает, что расходомер неисправен — стрелками показаны разрывы в контактной дорожке

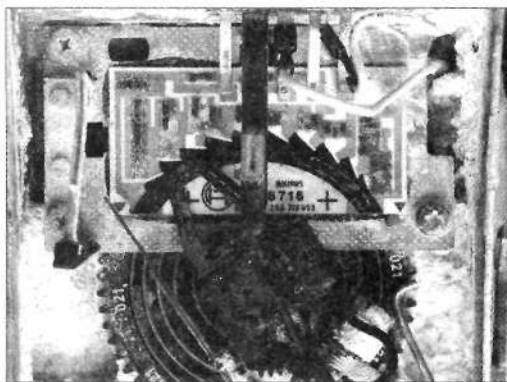


Рис. 2.16. Вид изношенной контактной дорожки расходомера воздуха

На рис. 2.15 показана кривая напряжения сигнала неисправного расходомера воздуха. Скачки напряжения указывают на повреждение контактной дорожки (рис. 2.16). В этом случае расходомер должен быть заменен. Если блок управления выявит дефект в расходомере воздуха, он отключит рециркуляцию ОГ и снизит подачу топлива на режиме полной нагрузки. В этом случае будет заметна потеря мощности.

### Датчики температуры

Пусковой подачей и временем предварительного подогрева управляют в зависимости от температуры охлаждающей жидкости, топлива, всасываемого воздуха. Для обеспечения надежности холодного пуска при дефектном датчике температуры охлаждающей жидкости пусковая подача и время включения свечей накаливания всегда устанавливаются на максимум. Неисправность при прогревом двигателя обращает на себя внимание увеличенным дымлением ОГ при пуске и длительным временем включения свечей накаливания.

Датчики температуры топлива и всасываемого воздуха требуются блоку управления для расчета плотности топливо-воздушной смеси. При выходе из строя одного из этих датчиков подача топлива на режиме полной нагрузки устанавливается по пределу дымления ОГ, а мощность двигателя снижается.

Эти датчики проверяются так же, как и датчик температуры охлаждающей жидкости (разд. 2.2).

### Датчик давления во впускном трубопроводе

На некоторых автомобилях (например, на моделях BMW 524 td и 318 tds, Audi 2,5 TDI без рециркуляции ОГ) величина нагрузки двигателя устанавливается по сигналам датчиков давления во впускном трубопроводе и положения педали подачи топлива. У двигателей с турбонаддувом для управления турбокомпрессором блок управления должен получать информацию о давлении наддува. При дефектном

датчике давления подача топлива на режиме полной нагрузки равняется устанавливаемой в аварийном режиме. В разьеме датчика давления имеются три контакта: два крайних контакта служат для подачи питания напряжением 5 В, а через средний поступает сигнал в блок управления. Напряжение сигнала в зависимости от давления находится в диапазоне 0,3–4,8 В. Для проверки датчика к нему присоединяют ручной насос, а осциллограф или вольтметр подключают к сигнальному и «массовому» контактам (рис. 2.17). При увеличении давления ручным насосом напряжение сигнала должно равномерно увеличиваться. При проверке можно также устанавливать режимы свободного ускорения (рис. 2.18). Если напряжение сигнала отсутствует, проверяют напряжение питания датчика давления, подключая вольтметр к внешним контактам

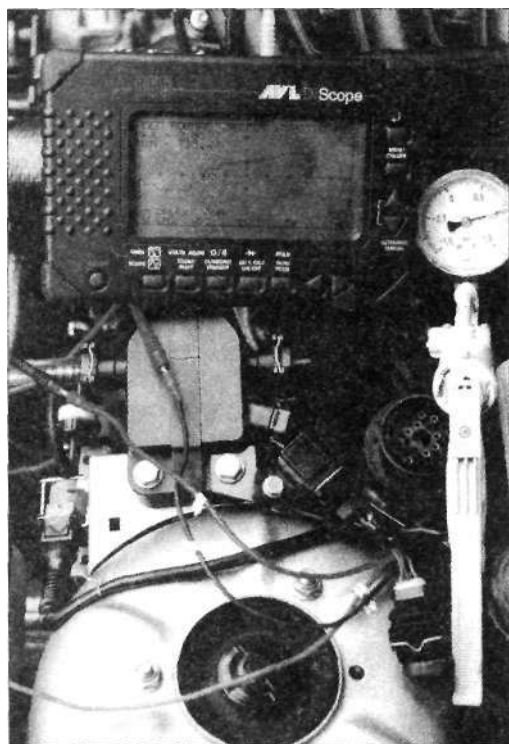


Рис. 2.17. Проверка датчика давления наддува ручным насосом. Самое низкое значение напряжения  $U_{\min} = 0,73$  В соответствует разрежению 0,5 бар, самое высокое  $U_{\max} = 3,86$  В — давлению 1,0 бар

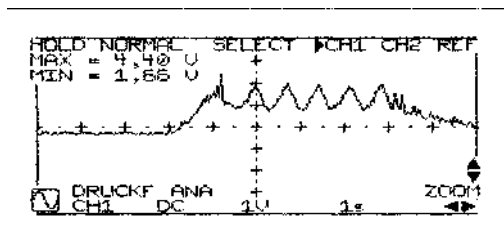


Рис. 2.18. Кривая напряжения сигнала датчика давления наддува при свободном ускорении (BMW 318 tds)

разъема (правильное значение — 5,0 В). Если напряжение питания в порядке, датчик давления необходимо заменить. У двигателей Volkswagen 1,9 TDI датчик давления наддува находится в блоке управления и может быть проверен только чтением памяти неисправностей и таблицы данных (табл. 1.1). При остановленном двигателе и включенном выключателе стартера и свечей накаливания датчик должен показывать величину атмосферного давления, которая может отличаться от показаний датчика атмосферного давления не более чем на 30 мбар (табл. 1.1, строки 21 и 22). При неисправном датчике давления наддува блок управления, в котором содержится этот датчик, должен быть заменен.

### Датчик угла поворота исполнительного механизма регулирования подачи топлива

Этот датчик информирует блок управления о положении регулирующей втулки ТНВД. По данным положения регулирующей втулки и температуры топлива блок управления рассчитывает цикловую подачу топлива. При неправильном или отсутствующем сигнале датчика двигатель прекращает работу под действием электрического клапана останова. До середины 1993 г. в распределительных ТНВД фирмы Bosch применялись датчики с переменным резистором (потенциометром), который создавал сигнал напряжения в зависимости от угла поворота исполнительного механизма (рис. 2.19). Попадание воды или некачественного топлива в ТНВД может приводить к возникновению на дорожке потенциометра такого датчика

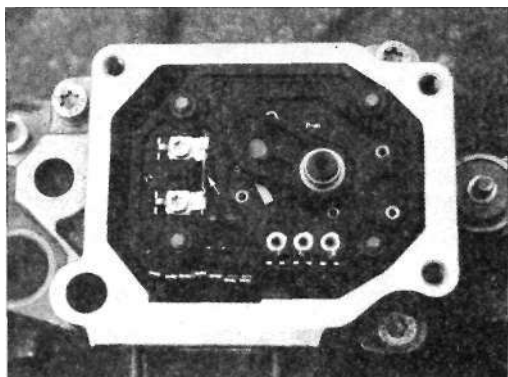


Рис. 2.19. ТНВД типа VP37 с потенцио-метрическим датчиком угла поворота исполнительного механизма регулирования подачи топлива. Стрелкой указан датчик температуры топлива



Рис. 2.22. Обозначение ТНВД, снабженного полудифференциальным датчиком с короткозамкнутым кольцом. На переднем плане — клапан останова

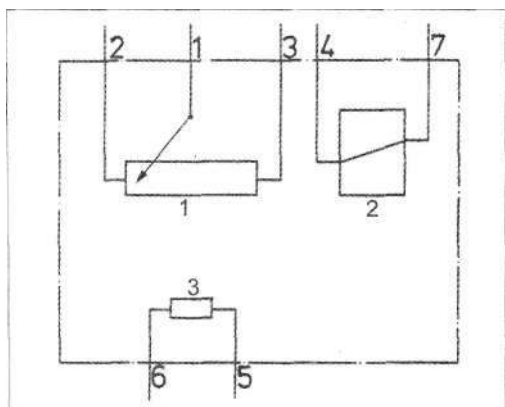


Рис. 2.20. Электрическая схема потенцио-метрического датчика угла поворота исполнительного механизма регулирования подачи топлива: 1 — потенциометр; 2 — исполнительный механизм регулирования подачи топлива; 3 — датчик температуры топлива

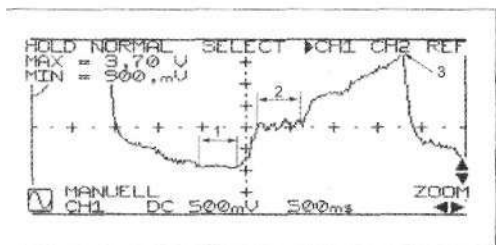


Рис. 2.21. Кривая напряжения сигнала датчика угла поворота исполнительного механизма регулирования подачи топлива при свободном ускорении: 1 — нулевая подача; 2 — режим холодного хода; 3 — максимальная подача топлива

оксидных пленок, которые при определенных углах поворота исполнительного механизма приводят к пропаданию сигнала датчика. Двигатель реагирует на это рывками или прекращением работы. Для проверки датчика подсоединяют осциллограф к сигнальному контакту 1 и «массовому» контакту 3 (рис. 2.20). При свободном ускорении напряжение сигнала должно увеличиваться равномерно, без скачков и также падать обратно (рис. 2.21). Если имеются скачки напряжения, следует снять верхнюю крышку ТНВД и попробовать почистить контактную дорожку потенциометра. Если эти попытки ремонта оказались безуспешными, исполнительный механизм регулирования подачи топлива или весь ТНВД должны быть заменены.

С середины 1993 г. на автомобилях устанавливается бесконтактный полудифференциальный датчик с короткозамкнутым кольцом. ТНВД с такими датчиками можно определить по горизонтально расположенному штуцеру обратного слива топлива и буквам HDK на верхней части насоса (рис. 2.22).

Датчик состоит из двух катушек индуктивности, которые от блока управления питаются переменным электрическим током частотой 10 кГц. Катушки располагаются на круглом железном сердечнике (рис. 2.23). Если угол поворота управляющего вала исполнительного механизма изменяется, короткозамк-

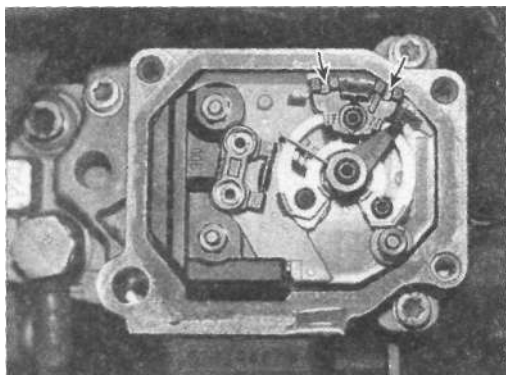


Рис. 2.23. Полудифференциальный датчик с короткозамкнутым кольцом при нулевой подаче. *Левой стрелкой указана опорная катушка индуктивности, правой — измерительная*

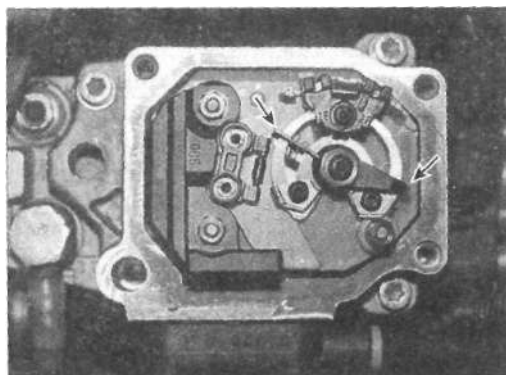


Рис. 2.24. Полудифференциальный датчик с короткозамкнутым кольцом при полной подаче. *Правой стрелкой указано полностью отклонившееся измерительное кольцо, левой — фиксированное опорное*

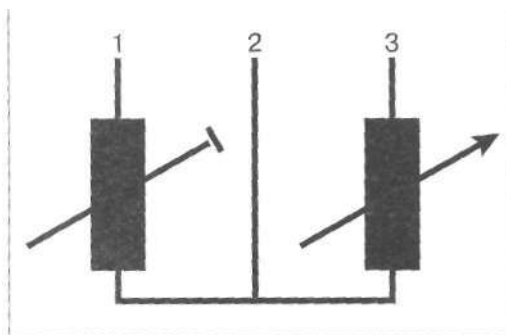


Рис. 2.25. Контакты полудифференциального датчика с короткозамкнутым кольцом в разъеме ШВА: 1 — опорной катушки; 2 — возвратного провода; 3 — измерительной катушки

нутое кольцо меняет положение по отношению к магнитному сердечнику, изменяя индуктивность катушки и одновременно ее сопротивление переменному току (рис. 2.24). Блок управления регулирует напряжение таким образом, чтобы сила тока не изменялась, поэтому при увеличении сопротивления переменному току напряжение должно увеличиваться.

На железном сердечнике опорной катушки кольцо короткого замыкания установлено неподвижно в угловом положении  $60^\circ$ . Путем сравнения обоих напряжений блок управления определяет положение управляющего валика. Для проверки датчика подсоединяют двухканальный осциллограф к контакту 3 (канал 1) и контакту 1 (канал 2) разъема ТНВД. «Массу» осциллографа подсоединяют к контакту 2 (рис. 2.25).

После запуска двигателя на осциллографе должны появиться две кривые: напряжения канала 1, изменяющегося в зависимости от нагрузки двигателя (измерительная катушка), и напряжения канала 2, которое остается постоянным. Если обе кривые отображаются, датчик исправен (рис. 2.26—2.28).

Оба сигнала появляются на экране осциллографа также при остановленном двигателе и включенном выключателе стартера и свечей накаливания. При включении выключателя стартера и свечей накаливания регулирующая втулка ТНВД переводится в положение пусковой подачи, при этом амплитуда напряжения должна быть более 3,0 В. Спустя 30 с регулирующая втулка возвращается в положение нулевой подачи. Напряжение измерительной катушки при возвращении регулирующей втулки должно падать быстро и равномерно. Если напряжение падает медленно или скачком, втулка заедает или ослабла, либо сломана возвратная пружина исполнительного механизма регулирования подачи топлива. Функционирование датчика проверяется испытанием на остановленном двигателе. Однако, если двигатель на короткое время начинает работать, но несколько секунд спустя снова останавливается с одновременным возвратом датчика в нулевое положение, следует проверить блокировку движения.

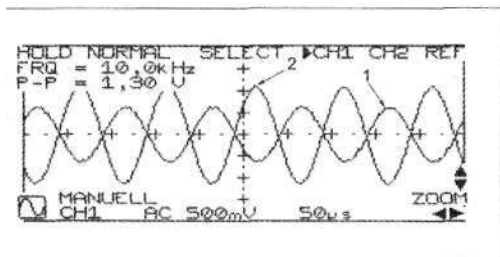


Рис. 2.26. Кривые напряжения полудифференциального датчика с короткозамкнутым кольцом при нулевой подаче: 1 — измерительной катушки; 2 — опорной катушки

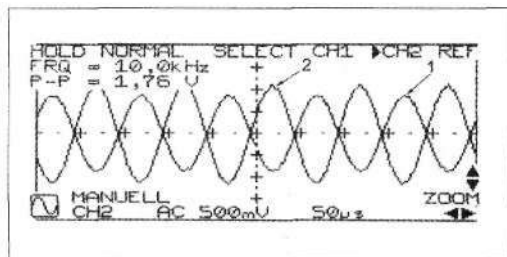


Рис. 2.27. Кривые напряжения полудифференциального датчика с короткозамкнутым кольцом на режиме -холостого хода: 1 — измерительной катушки; 2 — опорной катушки

Если осциллографа нет, можно провести простую проверку с помощью вольтметра (с диапазоном измерения 0–2 В на режиме переменного тока). Сначала вольтметр подключается к контактам 1 и 2, затем — к контактам 2 и 3 (рис. 2.25). Напряжение опорной катушки должно всегда оставаться постоянным, а напряжение измерительной катушки должно изменяться в зависимости от нагрузки двигателя (рис. 2.29).

Различные модели вольтметров оценивают высокочастотные переменные напряжения по-разному, поэтому при проверке датчика вольтметром невозможно установить заданные значения напряжения. В таблице данных, которые выдает блок управления (табл. 1.1, строка 3) имеется только величина напряжения на измерительной катушке. Если при обоих измерениях вольтметром напряжения сигналы отсутствуют, следует измерить сопротивление катушек на контактах 1–2 и 1–3 (правильное значение — 5–7 Ом). Если измеренные значения напряжения не со-

ответствуют заданным, ТНВД или его исполнительный механизм регулирования подачи топлива должны быть заменены. Если катушки в порядке, к отсоединенному разъему ТНВД на стороне блока управления подсоединяют двухканальный осциллограф. На канале измерительной катушки амплитуда напряжения должна составлять 4,0 В, на канале опорной катушки — 2,4 В. Если сигналы отсутствуют, надо проверить три провода, идущие к блоку управления, на обрыв и короткое замыкание. Если все провода и катушки в порядке, необходимо заменить блок управления.

### Исполнительный механизм регулирования подачи топлива

Исполнительный механизм содержит поворотный электромагнит, который в положении покоя оттягивается пружиной. Для изменения подачи топлива катушка с различной продолжительностью (скважностью) управляющего сигнала замыкается на «массу». При включении выключателя

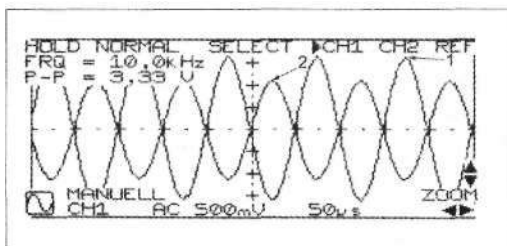


Рис. 2.28. Кривые напряжения полудифференциального датчика с короткозамкнутым кольцом при полной нагрузке: 1 — измерительной катушки; 2 — опорной катушки

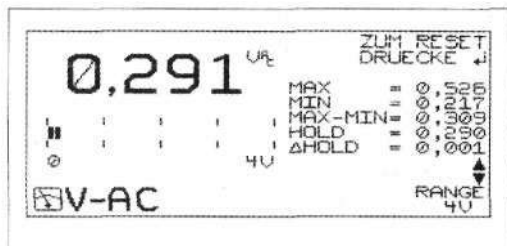


Рис. 2.29. Проверит вольтметром полудифференциального датчика с короткозамкнутым кольцом: при нулевой подаче — 0,217 В; на режиме холостого хода — 0,219 В; на режиме полной нагрузки — 0,526 В

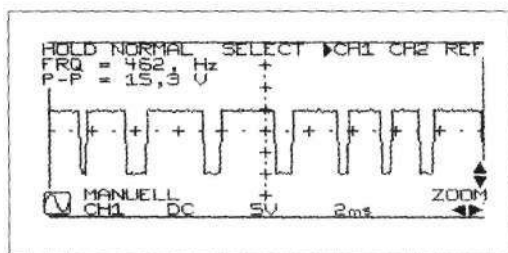


Рис. 2.30. Проверка исполнительного механизма регулирования подачи топлива при помощи осциллографа: исполнительный механизм исправен

стартера и свечей накаливания на «плюсовой» контакт исполнительного механизма подается напряжение аккумуляторной батареи. Если при испытании датчика угла поворота исполнительного механизма установлено, что сигнал датчика изменяется необходимым образом, исполнительный механизм — в порядке; если сигнал изменяется без всякой логики — требуется дальнейшая проверка. Для проверки исполнительного механизма подсоединяют осциллограф к контактам катушки индуктивности электромагнита (как правило, это контакты 1 и 2 блока управления) и к «массе». Если сигнал на осциллографе имеет вид, показанный на рис. 2.30, исполнительный механизм исправен.

Постоянное изменение скважности не является ошибкой, т. к. исполнительный механизм, например, при регулировании постоянства частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода, должен все время подстраиваться под изменяющуюся ситуацию. Если сигнал отсутствует, следует измерить электрическое сопротивление катушки индуктивности (правильное значение — 0,5–2,0 Ом), а при включенном выключателе стартера и свечей накаливания — измерить напряжение питания на разъеме исполнительного механизма (правильное значение — 12,0 В). Если величина сопротивления не находится в заданном диапазоне, ТНВД должен быть заменен. Если напряжение питания и провода, идущие к блоку управления, в порядке, необходимо заменить блок управления. При дефектном исполнительном механизме двигатель запускаться не будет.

## Выключатели педалей тормоза и привода сцепления

Эти выключатели требуются для демпфирования рывков и выполнения функции регулирования скорости движения (темпомат). На педаль тормоза из соображений безопасности устанавливаются два выключателя, которые действуют в противоположных направлениях. Если моменты переключения недостаточно синхронизированы, блок управления снижает подачу топлива на режиме полной нагрузки. Для синхронизации выключателей можно использовать два проверочных светодиода или два вольтметра, которые подсоединяются к соответствующим контактам выключателей. При нажатии педали тормоза один светодиод должен гаснуть в тот момент, когда вспыхивает другой. Если разница во времени велика, следует отрегулировать момент переключения. При отказе обоих выключателей блок управления не сможет определить момент включения выключателя стоп-сигнала и выставит сигнал неисправности.

## Электромагнитный клапан регулирования давления наддува

Блок управления влияет на давление наддува, используя электромагнитный клапан и контролируя результат датчиком давления наддува. При перегреве двигателя или при эксплуатации его на больших высотах над уровнем моря давление наддува и подача топлива снижаются. Электромагнитные клапаны по характеру влияния на давление наддува бывают двух типов: с металлическим корпусом (воздух под давлением направляется в байпасный трубопровод) либо с пластмассовым корпусом (влияние на байпасный клапан осуществляется с помощью создания разрежения). В обоих случаях электромагнитный клапан управляется временем включения-выключения (скважностью). Повышенная скважность вызывает рост давления наддува (рис. 2.31), пониженная — падение (рис. 2.32). Эти рисунки получены подсоединением осциллографа к управляющему проводу клапана, идущему к блоку управления, и к «массе» двигателя.

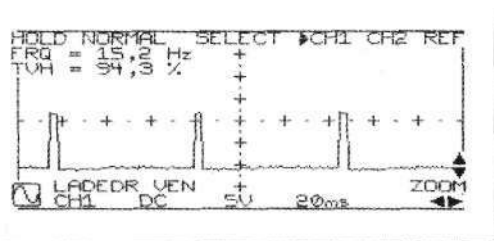


Рис. 2.31. Скважность сигнала клапана регулирования давления наддува при увеличении давления наддува

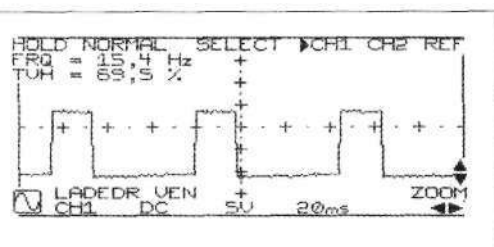


Рис. 2.32. Скважность сигнала клапана регулирования давления наддува при снижении давления наддува

Если управляющий сигнал отсутствует, замеряют сопротивление катушки индуктивности. Для клапанов с металлическим корпусом требуемое значение сопротивления составляет 25—45 Ом, для клапанов с пластмассовым корпусом — 14—18 Ом. Если величина сопротивления находится в заданных пределах, вольтметром проверяют напряжение питания в разьеме (правильное значение — напряжение аккумуляторной батареи). Если напряжение питания и управляющий провод от блока управления в порядке, блок управления должен быть заменен. Наконец, манометром следует проверить, превращаются ли электрические импульсы в пневматические, т. е. вызывает ли изменение скважности сигнала соответствующее изменение давления наддува. Если этого не происходит, клапан должен быть заменен. В случае когда двигатель все же не создает необходимого давления наддува, должен быть проверен турбокомпрессор. Неисправность турбокомпрессора часто обращает на себя внимание повышенным синим дымом в ОГ.

### Клапан рециркуляции ОГ

Клапан управляется пневматически с помощью создания разрежения, т. е. с увеличением разрежения клапан открывается и повышает степень рециркуляции и наоборот. Неисправность системы рециркуляции ОГ можно установить в таблице данных по большому различиям между заданным и действительным значениями расхода воздуха (табл. 1.1, строки 8 и 9). Разрежение регулируется блоком управления с помощью электромагнитного клапана. Увеличивающаяся скважность повышает разрежение (рис. 2.33 и 2.34). Эти рисунки получены подсоединением осциллографа к управляющему проводу клапана, идущему к блоку управления, и к «массе» двигателя.

Если сигнал отсутствует, вольтметром проверяют напряжение питания в разьеме клапана рециркуляции ОГ и сопротивление катушки индуктивности клапана (должно быть 14—18 Ом). Если напряжение питания, сопротивление катушки и «массовый» провод, идущий к блоку управления, в порядке, значит, блок управления испорчен. Если электромагнитный клапан исправен, следует проверить пневматику и функционирование клапана рециркуляции ОГ.

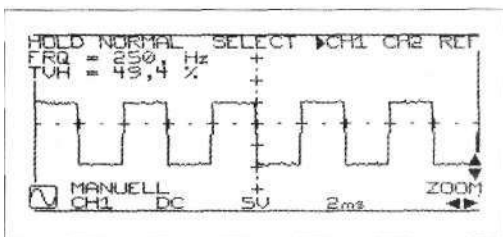


Рис. 2.33. Скважность сигнала при открытом клапане рециркуляции ОГ

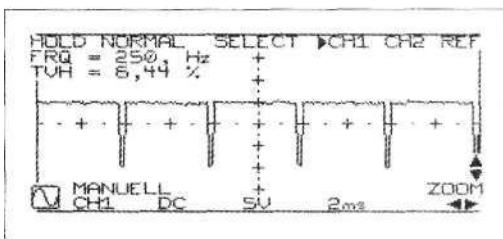


Рис. 2.34. Скважность сигнала при закрытом клапане рециркуляции ОГ

г л а в а

## РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ТНВД ФИРМЫ BOSCH ТИПА VP30 И VP44 С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Семейством насосов типа VP30 и VP44 (рис 3.1) фирма Bosch начала выпуск нового поколения топливных насосов, у которых подача топлива регулируется электромагнитным клапаном высокого давления.

Электромагнитным клапаном высокого давления определяются начало и конец подачи топлива и, следовательно, величина подачи. Двукратным срабатыванием электромагнитного клапана, устанавливаемого

на двигателе новой модели автомобиля Ford Mondeo и на двигателе Volkswagen V6 TDI, перед основным впрыскиванием топлива осуществляется предварительное впрыскивание, которое способствует более мягкому протеканию процесса сгорания и снижению эмиссии  $\text{NO}_x$ . У ТНВД типа VP30 высокое давление создается одним аксиальным плунжером, а у ТНВД типа VP44 — двумя или тремя радиальными

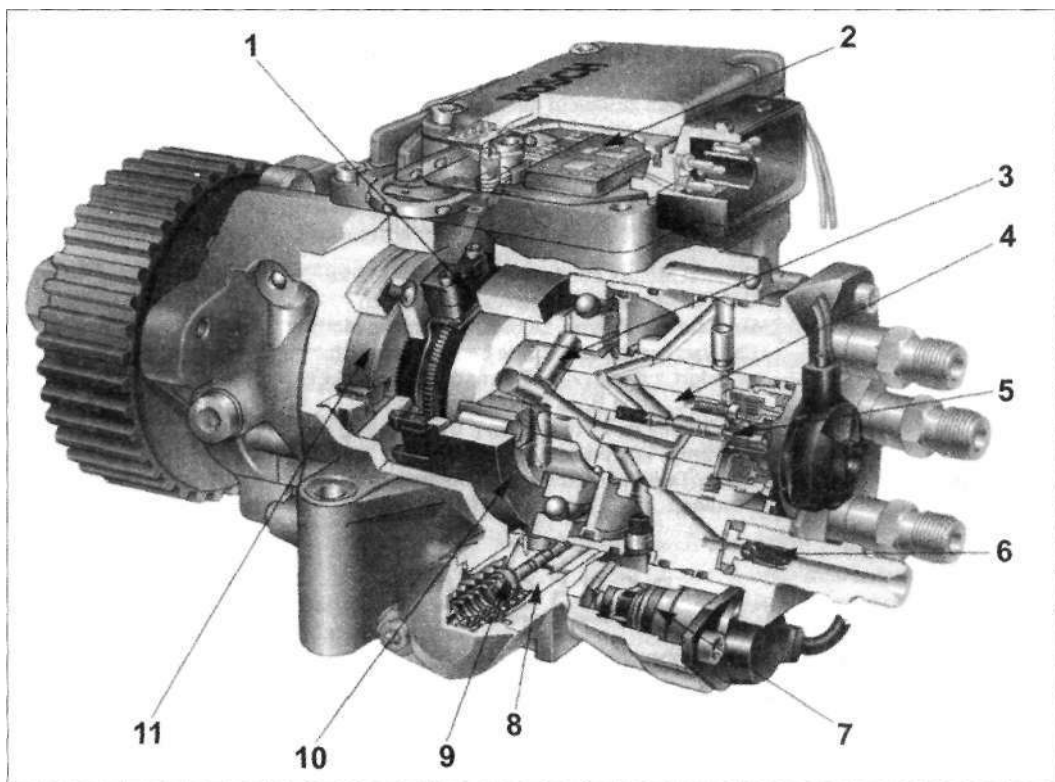


Рис. 3.1. ТНВД типа VP44 с тремя радиальными плунжерами (источник — фирма Audi [8]):  
1 — датчик угла поворота приводного вала ТНВД; 2 — блок управления ТНВД; 3 — плунжер высокого давления; 4 — плунжер-распределитель; 5 — электромагнитный клапан высокого давления; 6 — клапан обратного слива; 7 — электромагнитный клапан регулирования начала подачи топлива; 8 — поршень регулирования начала подачи топлива; 9 — управляющий поршень; 10 — кулачковая шайба; 11 — шибберный топливоподкачивающий насос

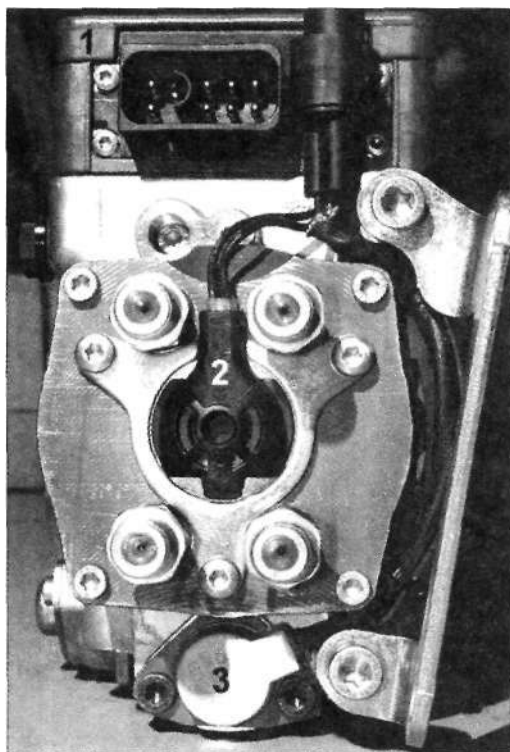
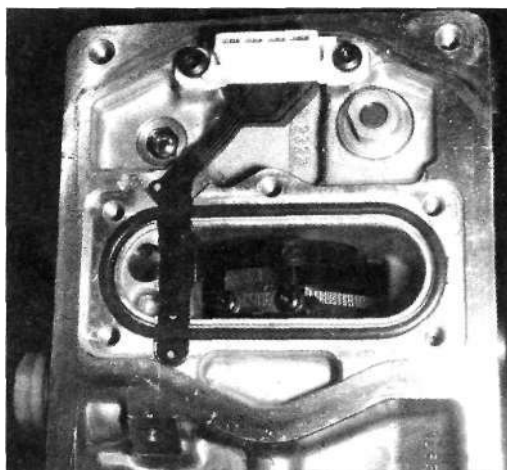


Рис. 3.2. Блок управления ТНВД 1 управляет электромагнитным клапаном высокого давления 2 и электромагнитным клапаном регулирования начала подачи топлива 3

плунжерами. Радиальные плунжеры, которые фирма Lucas/Delphi применяет уже давно, обеспечивают максимальное давление на форсунке до 1800 бар. При аксиально движущемся плунжере высокого давления ТНВД создает максимальное давление на форсунке до 1200 бар. Так как подъем профиля кулачка у ТНВД типа VP44 и VP30 ограничен, гидравлический механизм регулирования начала подачи топлива устанавливает подходящее для начала подачи положение кулачковой шайбы. Насосами типа VP44 и VP30 управляют два блока управления.

Блок управления ТНВД (см. рис. 3.2, поз. 1) крепится в верхней части насоса и служит выходной ступенью для электромагнитного клапана высокого давления (см. рис. 3.2, поз. 2) и электромагнитного клапана регулирования начала подачи топлива (см. рис. 3.2, поз. 3).



Тис. 3.3. Вид при снятом блоке управления ТНВД на датчик угла поворота приводного вала насоса и зубчатое колесо, закрепленное на приводном валу

В ТНВД имеется также датчик угла поворота приводного вала насоса, измеряющий частоту вращения приводного вала и определяющий его угловое положение (рис. 3.3). Датчик считывает импульсы с закрепленного на приводном валу колеса, которое имеет зубья, расположенные с шагом 3° с пропусками по числу цилиндров двигателя. Блоку управления ТНВД информация от датчика угла поворота приводного вала требуется для точного управления электромагнитным клапаном.

В ТНВД находится датчик температуры топлива, который необходим блоку управления для расчета впрыскиваемой массы топлива. Остальные датчики (см. рис. 3.4) посылают информацию уже в блок управления двигателем. Обмен данными между блоками управления двигателем и ТНВД происходит по шине CAN (бортовой контроллер связи).

ТНВД типа VP44 в настоящее время устанавливается на двигателях Audi, Ford, Opel, BMW и MAN, ТНВД типа VP30 — на двигателе автомобиля Ford Focus и менее мощных модификациях двигателей автомобилей Ford Mondeo и Transit. Ниже будут описаны работы по диагностике ТНВД типа VP44, устанавливаемого на автомобиле Audi A6. Однако из-за похожей кон-

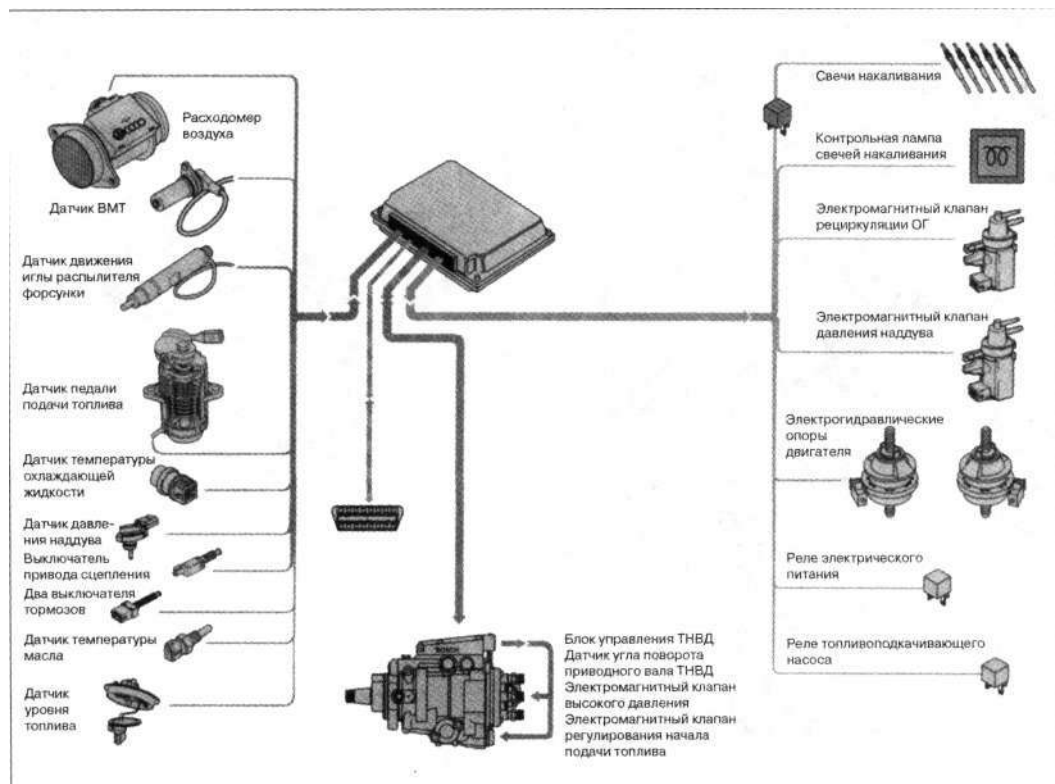


Рис. 3А. Датчики и исполнительные механизмы двигателя Audi V6 TDI (источник: фирма Audi [8])

струкции ТНВД этих типов методы проверки можно использовать и при диагностике других двигателей.

### 3.1. ПОДАЧА ТОПЛИВА

Из топливного бака под действием топливopодкачивающего насоса топливо направляется через топливный фильтр в распределительный ТНВД. Находящийся в ТНВД шиберный топливopодкачивающий насос (1, рис. 3.5) повышает давление максимум 18–24 бар. Это давление можно измерить у клапана обратного слива (2, рис. 3.6) манометром с помощью адаптера (M14 x 1,5). Повышенное давление на входе в ТНВД требуется  $A^{\wedge}$  ТОГО, чтобы надежно подать топливо по узким каналам к радиальным плунжерам (7, рис. 3.5).

ТНВД типа VP44 смазывается топливом, поэтому ни в коем случае нельзя допускать его работы всухую. Делая попытку просто запустить новый ТНВД этого

типа, вы рискуете его повредить. Большинство производителей предотвращают пуск насоса всухую, используя систему автоматического прекращения работы двигателя, если уровень топлива в баке падает ниже определенной величины. Сначала специальный сигнализатор предупреждает водителя о нехватке топлива, затем происходят искусственно созданные рывки. Если водитель все же не реагирует, двигатель автоматически останавливается и в памяти неисправностей производится соответствующая запись. Двигатель можно запустить снова только после того, как топливный бак будет заполнен свыше минимально допустимого уровня.

После установки ТНВД типа VP44 на двигателе из него необходимо удалить воздух. Для этого ручной вакуумный или электрический топливный насос присоединяют к топливopоводу обратного слива. Когда из этого топливopовода начнет вытекать топливо,

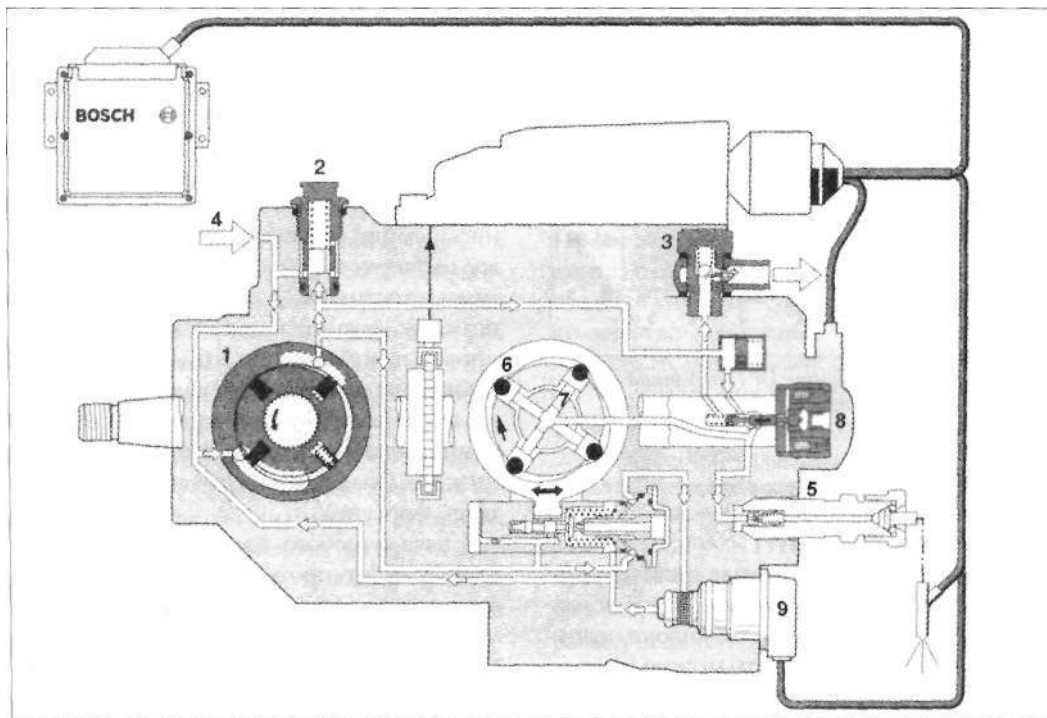


Рис. 3.5. Схемла подачи топлива в ТНВД типа VP44 (источник: фирма Bosch [9]): 1 — шиберный топливобоподкачивающий насос; 2 — клапан регулирования давления; 3 — клапан дросселирования перепуска; 4 — подвод топлива от топливного фильтра; 5 — клапан обратного слива; 6 — кулачковая шайба; 7 — плунжер высокого давления; 8 — электромагнитный клапан высокого давления; 9 — электромагнитный клапан регулирования начала подачи топлива

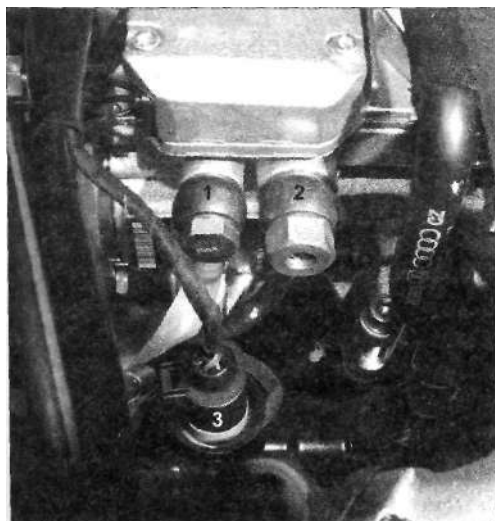


Рис. 3.6. Топливные штуцеры ТНВД типа VP44: 1 — подвод топлива; 2 — обратный слив топлива; 3 — датчик температуры охлаждающей жидкости

следует, не прекращая работы насоса, запустить двигатель. Только после того как двигатель заработает, можно опять подсоединить топливопровод обратного слива. Следует учитывать, что в системе подачи топлива четырехклапанных двигателей Opel рабочим объемом 2,0/2,2 л топливо по топливопроводу обратного слива топлива направляется не в топливный бак, а на вход в ТНВД

Отсоединенный топливопровод обратного слива можно использовать для удаления воздуха из впускного штуцера ТНВД. Если этого не сделать, двигатель не запустится или начнет работать нестабильно. В этом случае, прежде чем подозревать электронику, следует сначала проверить топливопровод обратного слива топлива на отсутствие утечек.

При замене топливного фильтра, для того чтобы воздух не мог попасть в ТНВД, новый топливный фильтр перед установкой должен быть наполнен топливом и лишь после

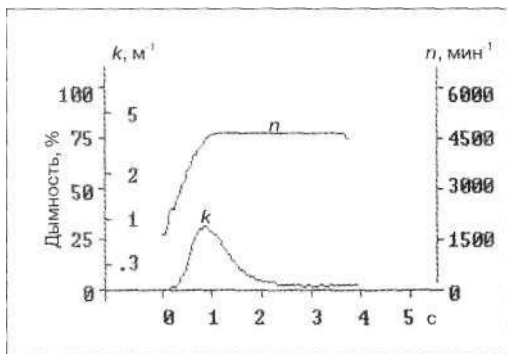


Рис. 3.7. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  исправного двигателя Audi V6 TDI:  $k_{м,с} = 0,87 м^{-1}$ , время разгона  $h = 0,7 с$ , максимальная частота вращения коленчатого вала  $n = 4690 мин^{-1}$ , режим измерения — А

этого присоединен к топливопроводу, идущему от топливного бака. Если автомобиль снабжен электрическим топливоподкачивающим насосом, фильтр можно наполнить путем неоднократного включения и выключения выключателя стартера и свечи накаливания. Если электрический топливоподкачивающий насос на автомобиле не предусмотрен, топливо должно прокачиваться через фильтр отдельным насосом.

### 3.2. САМОДИАГНОСТИКА

Блок управления двигателем контролирует на отказ датчики, исполнительные механизмы и соединения шины CAN. При легких повреждениях двигателя блок управления переводит двигатель на работу в аварийном режиме — по запасным заданным параметрам, записанным в памяти блока управления, — и, для надежности, снижает подачу топлива. При серьезных неисправностях для исключения последующих разрушений блок управления отдает команду на прекращение работы двигателя. К таким неисправностям относится, например, движение автомобиля с опустевшим топливным баком. Двигатель после такого прекращения работы можно будет снова запустить только при устранении неисправности.

Самодиагностикой в системе впрыска топлива контролируются только ее электрические компоненты. При неисправно-

стях гидравлики системы впрыска или механических агрегатов двигателя самодиагностика бесполезна и даже может сослужить плохую службу, если выдаст механику искаженную информацию, направив по ложному следу. Если в памяти неисправностей вопреки жалобе клиента негативной информации нет, следует сначала проверить все блоки, которые не контролируются самодиагностикой. Для этого потребуются помощь механика-двигателя, который проверит компрессию в цилиндрах и фазы газораспределения. Впрысковая гидравлика проверяется измерением давления на линии обратного слива топлива в контуре низкого давления и испытанием распылителей форсунок.

В начале любого поиска неисправности, даже если это противоречит здравому образу жизни, придется «поводить носом» над открытой заправочной горловиной. Ошибка клиента, заправившего автомобиль вместо дизельного топлива бензином, привела в отчаяние не одного механика, получающего такой автомобиль для ремонта. В электросистеме автомобиля в первую очередь необходимо проверить напряжение питания обоих блоков управления — ТНВД и двигателя. Измерение дымности ОГ (см. рис. 3.7) на режимах свободного ускорения следует проводить всегда, когда клиент заявляет о недостаточной мощности или слишком большом количестве дыма, идущего из выпускной трубы (см. рис. 3.7). Преимущество использования дымомера заключается в быстроте и доступности этого метода, а также в том, что заданная величина  $k$  значения дымности ОГ указывается (в обрешеченном четырехугольнике) для каждого транспортного средства.

Тем не менее самодиагностика, несмотря на ее ограничения в механике и гидравлике, контролируя электронику со все более расширяющимся списком таблицы данных (см. табл. 3.1), весьма эффективно помогает в поиске неисправностей. Используя переносной тестер, в течение короткого времени получают обзор измеряемых величин датчиков и управляемых величин исполнительных механизмов. Если автомобиль дол-

гое время не эксплуатировался, все датчики температуры (строки 5—8, табл. 3.1) должны показывать одинаковые значения. Если датчик температуры показывает заметно более высокую или более низкую температуру, его необходимо проверить. В состоянии покоя датчик давления наддува воздуха и датчик атмосферного давления (строки 32 и 34, табл. 3.1) должны показывать одинаковые значения. При неравномерной работе двигателя следует обратить внимание на строки 21—26, табл. 3.1, в которых перечисляются отклонения величины подачи топлива по отдельным цилиндрам, — по этим данным осуществляется регулирование плавности работы двигателя на режиме холостого хода. Третий цилиндр — опорный, т. к. его форсунка снабжена датчиком движения иглы. Если этот цилиндр требует большего изменения подачи топлива, чем допустимое отклонение в 1,5 мг/цикл, следует измерением компрессии или проверкой состояния распылителя форсунки установить, не относится ли неисправность к области механики или гидравлики. Если все цилиндры имеют сниженную цикловую подачу, выходящую за допустимые отклонения, указанные в строках 22—26, табл. 3.1, неисправность относится к третьему — опорному — цилиндру, который и работает именно при большой подаче топлива.

При подозрении на чип-тюнинг (см. разд. 1.10.4) по данным, приведенным в строках 27 и 28, табл. 3.1, можно проверить, изменила ли настройка поле характеристик по ограничению подачи топлива.

Рециркуляция ОГ проверяется по данным строк 29—30, табл. 3.1. Если расход воздуха на впуске слишком велик, вероятно, отключилась рециркуляция ОГ. На режиме холостого хода она снова может резко включиться. Если расход воздуха на впуске слишком мал, то либо клапан рециркуляции ОГ завис в открытом состоянии, либо вышел из строя расходомер воздуха.

Если двигатель не пускается, следует взглянуть на строки 38—42, табл. 3.1. Пустой топливный бак, дефектный топливоподкачивающий насос, недостаточное напряжение питания или испорченный ТНВД могут быть

быстро выявлены. Переносной тестер может применяться также во время пробной поездки. Таблица данных не подходит для распознавания быстро меняющихся параметров, т. к. передача данных от блока управления к пробнику происходит слишком медленно.

**Проверка конструктивных элементов двигателя.** Если на станции технического обслуживания, не располагающей большим количеством запасных частей, проведена предварительная диагностика при помощи устройства чтения неисправностей и дымомера, затем для точного определения неисправности потребуется проверка конструктивных элементов двигателя (рис 3.8).

### 3.3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОДАЧИ ТОПЛИВА

Для регулирования подачи топлива блок управления двигателя должен получать, в первую очередь, сигналы от датчиков ВМТ и от

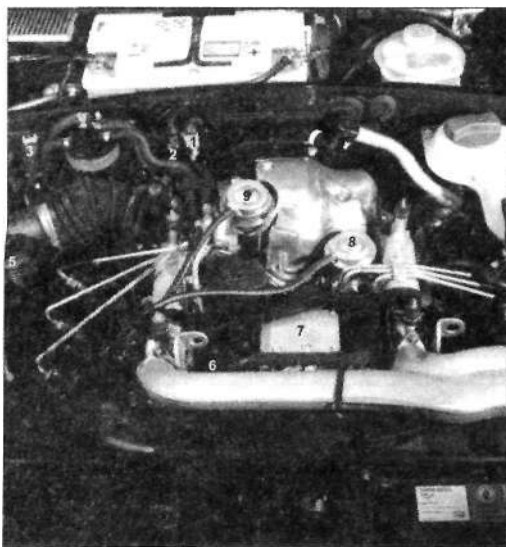


Рис. 3.8. Расположение конструктивных элементов двигателя в подкапотном пространстве двигателя Audi A6 TDT. 1 — штекер датчика ВУТ; 2 — штекер датчика движения иглы, распылителя форсунки; 3 — преобразователь давления рециркуляции ОГ; 4 — преобразователь давления наддува; 5 — расходомер воздуха; 6 — датчик температуры охлаждающей жидкости; 7 — ТНВД; 8 — клапан рециркуляции ОГ; 9 — вакуумный насос регулирования давления наддува

Таблица 3.1. Выписка из таблицы данных двигателя Audi A6 TDI, полученных на режиме холостого хода

<b>Измеряемая величина</b>	<b>Измеренное значение</b>	<b>Примечание (заданные значения и т.п.)</b>
1. Частота вращения коленчатого вала	740 мин <sup>-1</sup>	
2. Положение педали подачи топлива	0%	Педаль отпущена — 0 %, нажата до отказа — 100 %, исправить при отклонении установки педали подачи топлива
3. Контакты холостого хода	замкнуты	
4. Выключатель компрессора кондиционера	включен	
5. Температура охлаждающей жидкости	90 °С	С температуры 112 °С — защита от перегрева, снижение подачи топлива
6. Температура топлива	38,7 °С	
7. Температура воздуха на впуске	27,5 °С	
8. Температура масла	90 °С	С температуры 140 °С — защита от перегрева, снижение подачи топлива
9. Выключатель педали тормоза	выключен	
10. Контрольный выключатель педали тормоза	включен	
11. Выключатель привода сцепления	выключен	
12. Установление скорости автомобиля по темпомату (системе круиз-контроля)	нет	
13. Пусковая подача топлива	11,6 мг/цикл	При последнем пуске двигателя
14. Начало подачи топлива	1° угла поворота коленчатого вала доВМТ	При последнем пуске двигателя
15. Заданное значение начала подачи топлива	0,6° угла поворота коленчатого вала доВМТ	Заданное значение на режиме холостого хода — от 2° угла поворота коленчатого вала после ВМТ до 2° угла поворота коленчатого вала до ВМТ, при полной нагрузке и частоте вращения коленчатого вала 3 800—4 200 мин <sup>-1</sup> — 10—15° угла поворота коленчатого вала до ВМТ. При отклонении действительного значения от заданного проверить давление в ТНВД, основные настройки ТНВД и электромагнитного клапана регулирования начала подачи топлива
1 б. Действительное значение начала подачи топлива	0,6° угла поворота коленчатого вала доВМТ	
17. Сквозность управляющего сигнала электромагнитного клапана регулирования начала подачи топлива	73%	Сквозность управляющего сигнала при увеличении частоты вращения коленчатого вала должна становиться меньше
18. Величина подачи топлива	6,9 мг/цикл	
19. Расход топлива	1,10 л/ч	
20. Продолжительность включения электромагнитного клапана по углу поворота коленчатого вала	21°	
21. Отклонение величины подачи топлива относительно третьего (опорного) цилиндра		
22. Цилиндр 1	+1,25 мг/цикл	Допустимое отклонение составляет ± 1,5 мг/цикл. При больших отклонениях проверить форсунку и компрессию в цилиндре
23. Цилиндр 2	+1,25 мг/цикл	
24. Цилиндр 4	+0,39 мг/цикл	
25. Цилиндр 5	+1,02 мг/цикл	
26. Цилиндр 6	+0,78 мг/цикл	
27. Ограничение подачи топлива по крутящему моменту	29,8 мг/цикл	Заданная величина при полной нагрузке и частоте вращения коленчатого вала 2800—3500 мин <sup>-1</sup> — не более 37—40 мг/цикл, если менее 37 мг/цикл — аварийный режим, если более 40 мг/цикл — чип-тюнинг

Таблица 3.1. Выписка из таблицы данных двигателя Audi A6 TDI, полученных на режиме холостого хода

Измеряемая величина	Измеренное значение	Примечание (заданные значения и т.п.)
28. Ограничение подачи топлива по расходу воздуха	23,2 мг/цикл	Заданная величина при полной нагрузке и частоте вращения коленчатого вала 2 800–3 500 мин <sup>-1</sup> — 41 мг/цикл, если более 41 мг/цикл — чип-тюнинг, если менее 41 мг/цикл — проверить расходомер воздуха, рециркуляцию ОГ и турбо-нагнетатель
29. Расход воздуха на впуске (заданное значения)	259 мг/цикл	Допустимое различие заданного и действительного значения — ±20 мг/цикл. При большем различии отключить рециркуляцию ОГ. Если режим холостого хода продолжается дольше 10 мин, резко дать газ. Проверить рециркуляцию ОГ и расходомер воздуха. Если действительное значение — 5 50 мг/цикл, использовать запасные величины. Система — в аварийном режиме
30. Расход воздуха на впуске (действительное значение)	259 мг/цикл	
31. Сквозность управляющего сигнала преобразователя давления рециркуляции ОГ	^45%Г	Сквозность управляющего сигнала при полной нагрузке и частоте вращения коленчатого вала более 3 000 мин <sup>-1</sup> должна снизиться до 5–10%.
32. Атмосферное давление	1000 мбар	Допустимое различие показаний при остановленном двигателе и работающем составляет максимум ± 40 мбар
33. Давление наддува воздуха (предписанное значение)	1061 мбар	Давление наддува при полной нагрузке и частоте вращения коленчатого вала 2 900–4 000 мин <sup>-1</sup> — 1,9–2,2 бар. При отклонении проверить нагнетатель, охладитель воздуха и систему регулирования наддува
34. Давление наддува воздуха (действительное значение)	1061 мбар	
35. Сквозность управляющего сигнала преобразователя давления турбоагнетателя	85 %	Сквозность управляющего сигнала при достижении допустимого давления наддува должна стать меньше
36. Дополнительный подогрев	включен	
37. Загрузка генератора	51 %	
38. Диагностика запаса топлива	000	000 — в порядке, 100 — бак пустой, 010 — бак почти пустой, 001 — включение сигнализатора на панели приборов в порядке
39. Топливный насос	включен	
40. Напряжение питания блока управления двигателем	13,45 В	
41. Напряжение питания блока управления ТНВД	13,68 В	
42. ТНВД	00000000	00000001: электромагнитный клапан постоянно оптимален 00000010: неисправен электромагнитный клапан 00000100: неисправен датчик угла поворота приводного вала ТНВД 00001000: неправильно отрегулировано начало подачи топлива 00010000: не определяется момент начала впрыскивания топлива 00100000: правило сигнала выключения 01000000: не определяется частота вращения коленчатого вала 10000000: неисправен трубопровод

педали подачи топлива. На режиме полной нагрузки для ограничения дымности ОГ используется сигнал расходомера воздуха. Подача топлива и продолжительность включения свечей накаливания при пуске двигателя устанавливаются в зависимости от температуры охлаждающей жидкости. При температуре охлаждающей жидкости

более 112 °С — для предотвращения повреждения двигателя — подача топлива снижается. Исходя из замеренных величин, блок управления двигателем рассчитывает подачу топлива и посылает по шине CAN команды блоку управления ТНВД, который преобразует ее с помощью электромагнитного клапана высокого давления в процесс впры-

скивания. Для установления начала подачи топлива блоку управления также необходимо поступление сигналов датчика угла поворота приводного вала ТНВД.

Датчик ВМТ — индуктивного типа, монтируется в непосредственной близости от маховика. Когда один из штифтов на маховике, равных по числу количеству цилиндров, проходит мимо датчика ВМТ, в нем вырабатывается переменное напряжение (рис. 3.9).

Штекер датчика ВМТ на автомобиле Audi A6 TDI укреплен на щитке передка (1, рис. 3.8). Если напряжение сигнала датчика ВМТ слишком мало, следует проверить величину зазора между датчиком и маховиком. При слишком большом зазоре, вызывающем снижение напряжения сигнала, двигатель запустится, но будет работать нестабильно. При отсутствии осциллографа, напряжение сигнала можно измерить вольтметром, установленным на режим переменного тока. При пуске двигателя переменное напряжение должно составлять не менее 1,0 В. Сопротивление катушки индуктивности датчика равняется  $1,6 \pm 0,2$  кОм. Двигатель будет работать даже при полном отказе датчика ВМТ — блок управления в этом случае вместо сигнала датчика ВМТ будет использовать сигнал датчика угла поворота вала ТНВД. Однако на неисправность датчика ВМТ двигатель откликнется заметными колебаниями частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода.

Датчик педали подачи топлива. Датчик, передающий блоку управления двигателя требование водителя к нагрузке, состоит из потенциометра, выключателей холостого хода и устройства kick-down (включающего пониженную передачу в автоматической коробке передач при резком нажатии педали подачи топлива). Быстрая проверка датчика педали подачи топлива может быть проведена по списку таблицы данных (см. табл. 3.1, строка 2). Более точно функционирование потенциометра проверяется испытанием на шумы (искажения электри-

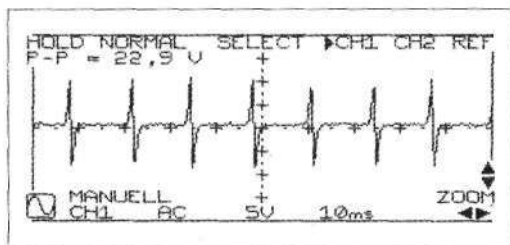


Рис. 3.9. Сигнал датчика ВМТ на режиме холостого хода

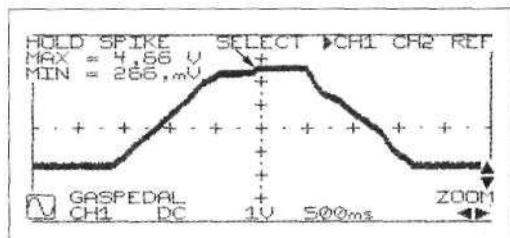


Рис. 3.10. Проверка контактной дорожки потенциометра датчика педали подачи топлива на обрыв или короткое замыкание. Стрелкой указан момент срабатывания выключателя

ческой сигнала). Для этого напряжение сигнала датчика (см. рис. 3.10) выводится на осциллограф при включенном выключателе стартера и свечей накаливания и медленном нажатии педали подачи топлива. При выходе из строя контактной дорожки водитель может увеличивать подачу топлива лишь на небольшое время.

Контакты выключателя холостого хода при отпускании педали подачи топлива замыкаются, подавая напряжение 5,0 В на вывод блока управления двигателя. После небольшого хода педали подачи топлива соединение размыкается. Для проверки к контактам выключателя подсоединяют вольтметр или тестовый светодиод. При нажатии педали подачи топлива напряжение должно возрасти с 0 до 5 В. Контакты выключателя kick-down замыкаются, когда водитель полностью нажимает педаль подачи топлива. В этом случае напряжение должно падать с 5 до 0 В. Если напряжение на обоих выключателях длительное время составляет 0 В, следует проверить, подает ли блок управления напряжение 5 В на эти выключатели. Элект-

рическую проверку датчика педали подачи топлива лучше всего проводить с «наборным полем», в противном случае, добравшись до разъема датчика, находящегося под панелью приборов, вы рискуете получить травму.

**Расходомер воздуха.** Прибор имеет пять контактов (рис. 3.11), он выдает по одному аналоговому сигналу электрического напряжения для расхода воздуха и температуры на впуске.

При полном отказе расходомера воздуха блок управления регистрирует неисправность и ведет расчеты по величине расхода воздуха 550 мг/цикл. Прежде чем заменять расходомер воздуха, следует проверить напряжение питания (5 и 12 В).

Если напряжение сигнала не соответствует реальному расходу воздуха на впуске, блок управления не выявляет неисправности. Например, если оно меньше, блок управления, из-за предположительно более низкого расхода воздуха, снижает подачу топлива и, соответственно, уменьшается мощность двигателя. В этом случае, при предположении о снижении мощности, следует напряжение сигнала, замеренное на различных частотах вращения коленчатого вала, сравнить с заданными значениями (см. табл. 3.2). При слишком низких величинах напряжения сигнала расходомер воздуха необходимо заменить. В качестве быстрой проверки также можно использовать запись сигнала (по напряжению) расходомера воздуха при свободном ускорении (см. рис. 3.12).

Таблица 3.2. Заданные значения напряжения сигнала расходомера воздуха при различных величинах частоты вращения коленчатого вала (двигатель Audi V6 5,5 TDI). Условия измерения: двигатель и турбокомпрессор исправны, двигатель прогрет, режим рециркуляции ОГ отключен

Частота вращения коленчатого вала, мин. <sup>-1</sup>	Напряжение, В
на режиме холостого хода	2,0-2,2 В
2 000	3,0-3,2 В
3 000	3,6-3,8 В
4 000	3,9-4,1 В
Свободное ускорение	LL.« = 4,1-4,3 В

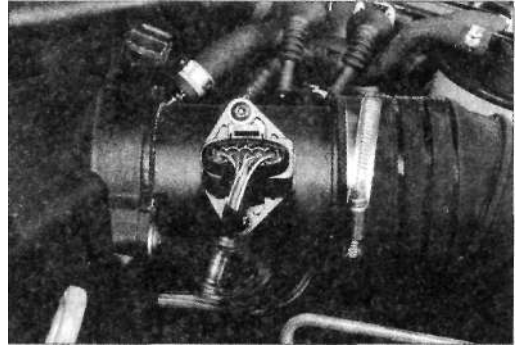


Рис. 3.11. Выводы штекера подсоединения расходомера воздуха (слева направо): 1 — сигнал температуры воздуха на впуске; 2 — напряжение питания 12 В; 3 — «масса»; 4 ~ напряжение питания 5 В; 5 — сигнал расхода воздуха

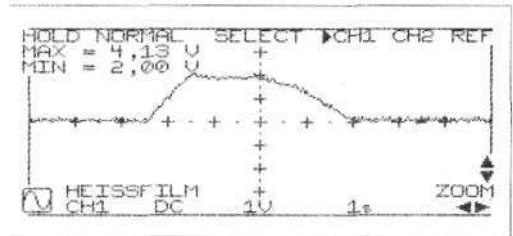


Рис. 3.12. Сигнал (по напряжению) расходомера воздуха при свободном ускорении

### Датчик температуры охлаждающей жидкости

Температурный датчик (поз. 3, рис. 3.6, поз. 6, рис. 3.8) работает по стандартной характеристике и может быть проверен как по списку таблицы данных (см. табл. 3.1, строка 5), так и измерением электрического напряжения или сопротивления (см. табл. 3.3). Необходимость в проверке датчика возникает при

Таблица 3.3. Заданные значения для датчика температуры охлаждающей жидкости

Температура, °С	Напряжение, В	Сопротивление, Ом
-10	4,3-4,7	8 200-10 600
0	4,1-4,4	5 200-6 600
+10	3,7-4,1	3 000-4 000
+20	3,3-3,7	2 200-2 800
+30	2,9-3,3	1 800-2 100
+40	2,5-2,8	1 200-1 600
+50	2,1-2,4	900-1 100
+60	1,7-2,1	600-800
+80	1,0-1,4	270-380

проблемах холодного пуска двигателя, т. к. блок управления устанавливает время включения свечей накаливания и величину пусковой подачи топлива в зависимости от температуры двигателя. Если клиент жалуется на нестабильную работу («дерганье») двигателя на предельной скорости движения, следует проверить показания датчика при температуре более 110 °С. При таких температурах защита от перегрева может прекратить подачу топлива. Следует учитывать, что защита от перегрева также активизируется и при других неисправностях в системе охлаждения, например, при неисправном термостате или засоренном радиаторе.

### Электромагнитный клапан высокого давления

Требуемая подача топлива устанавливается длительностью закрытого состояния электромагнитного клапана высокого давления. Точная проверка электромагнитного клапана нерациональна, т. к. отдельные части ТНВД недоступны. ТНВД поставляется только полностью укомплектованным, в том числе с блоком управления насосом. В электромагнитном клапане высокого давления тем не менее можно провести измерение, которое позволит выяснить, где находится неисправность при проблемах пуска — в электрике или топливной системе. Для этого на кабель, идущий от блока управления ТНВД к электромагнитному клапану высокого давления, устанавливают токоизмерительные клещи (см. рис. 3.13). Если сигнал на осциллографе соответствует показанному на рис. 3.14 и 3.15, можно быть уверенным, что электроника, в том числе блоки управления ТНВД и двигателя, в порядке.

Если сигнал на осциллографе не появился, электромагнитный клапан обесточен блоком управления. В этом случае начинать диагностику следует с чтения неисправностей электронной блокировки и системы впрыска. Затем следует оценка таблицы данных (см. табл. 3.1, строка 42). Если блок управления ТНВД сообщает о неисправности, следует проверить иду-

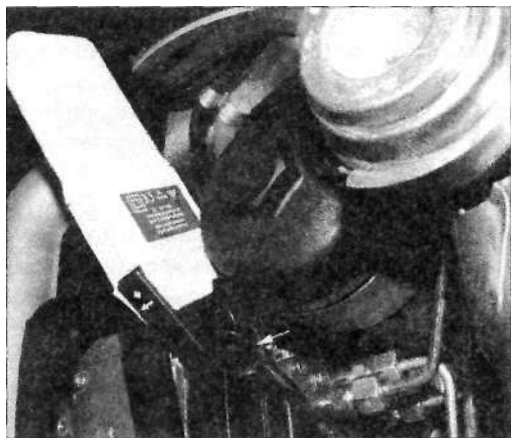


Рис. 3.13. Установка токоизмерительных клещей на кабеле электромагнитного клапана высокого давления (стрелкой указано место подсоединения)

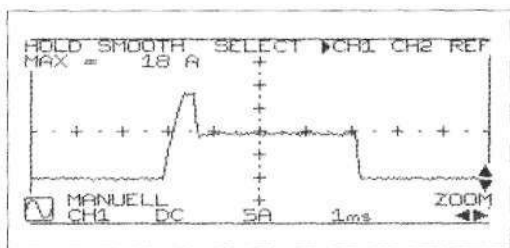


Рис. 3.14. Кривая электрического тока электромагнитного клапана высокого давления. Сила тока втягивания сердечника составляет 17—20 А, удержания — 10 А

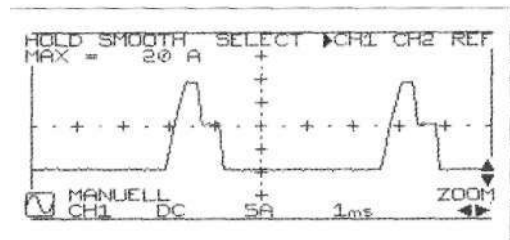


Рис. 3.15. Кривая электрического тока электромагнитного клапана высокого давления при частоте вращения коленчатого вала 3000 мин<sup>-1</sup>

щие к нему шесть проводов от блока управления двигателем (рис. 3.16). Первые два провода служат для подачи напряжения питания: после включения выключателя стартера и свечей накаливания на тестере должно появиться бортовое

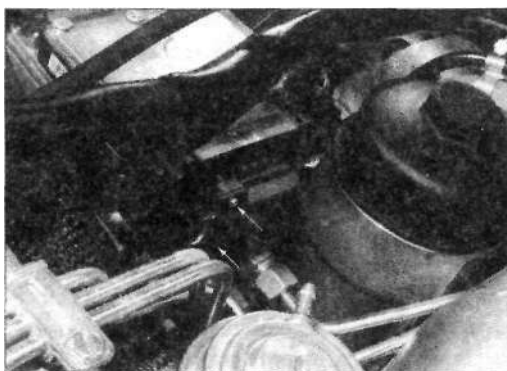


Рис. 3.16. После отворачивания двух винтов (показаны стрелками) становятся доступными выводы блока управления ТНВД

напряжение. Следующие два провода осуществляют передачу сигналов шины CAN: если блок управления сообщает о ее неисправности, эти провода должны быть проверены на обрыв и замыкание на «массу». Нарушения в работе электромагнитного клапана могут быть обнаружены при помощи двухканального осциллографа: на рис. 3.17 видны сигналы верхнего и нижнего уровней, которые в сумме должны давать напряжение 0 В. Два последних провода передают от блока управления двигателем к блоку управления ТНВД сигнал частоты вращения коленчатого вала (см. рис. 3.18).

Если в проводах повреждений не обнаружено и напряжение питания в порядке, следует просмотреть память неисправностей и заменить конструктивный элемент, который объявлен испорченным. Если неисправен конструктивный элемент ТНВД, топливный насос должен быть полностью заменен.

### 3.4. РЕГУЛИРОВАНИЕ НАЧАЛА ПОДАЧИ ТОПЛИВА

Для регулирования начала подачи топлива блоку управления ТНВД необходима информация от трех датчиков: ВМТ, угла поворота вала ТНВД и температуры охлаждающей жидкости. У двигателей Audi и BMW также используется сигнал с датчика движения иглы распылителя форсунки. На двигателях Opel и Ford такой датчик не при-

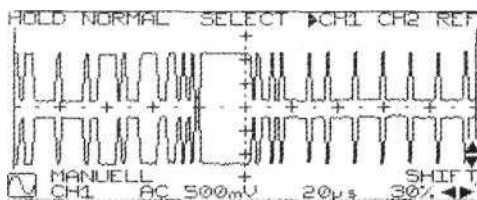


Рис. 3.17. Проверка работы электромагнитного клапана при помощи двухканального осциллографа (сигналы измерялись относительно «массы» двигателя) >

меняется. В качестве исполнительного механизма регулирования начала подачи топлива служит электромагнитный клапан.

Для оценки регулирования начала подачи топлива в первую очередь проверяется память неисправностей в таблице данных (см. табл. 3.1, строки 15 и 16). Если действительная величина начала подачи топлива на всех рабочих режимах остается близкой к заданному значению, регулирование в порядке. При отклонениях следует проверить давление в ТНВД и состояние конструктивных элементов регулирования начала подачи топлива.

Проверка датчиков ВМТ и температуры охлаждающей жидкости описаны в разд. 3.3.

Датчик угла поворота вала ТНВД производит сигнал, который не дублируется. Двигатель не запускается при выходе из строя датчика, функция которого может быть проверена только самодиагностикой, т. е. его подключение доступно только при разобранном ТНВД. Если датчик испорчен, ТНВД необходимо заменить.

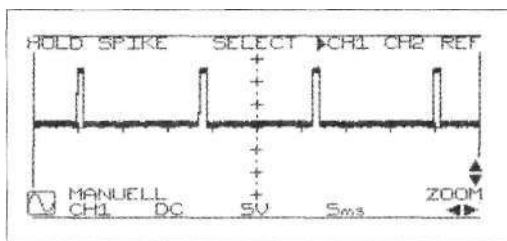


Рис. 3.18. Сигнал частоты вращения коленчатого вала, передаваемый от блока управления двигателя к блоку управления ТНВД

### Датчик движения иглы распылителя форсунки

В шестицилиндровых V-образных двигателях Audi датчик движения иглы распылителя располагается в форсунке третьего цилиндра. Напряжение сигнала можно получить на наборном поле или с использованием промежуточного штекера в соединительном разъеме (см. рис. 3.19). Из-за незначительного хода иглы распылителя двухпружинной форсунки напряжение сигнала на холостом ходу мало (см. рис. 3.20). Тем не менее подъем напряжения более 0,15 В достаточен. Сигнал возрастает с увеличением частоты вращения коленчатого вала и с ростом нагрузки становится более продолжительным (рис. 3.21). Если сигнал отсутствует, датчик движения иглы распылителя отключают от бортовой сети, отсоединив штекер 2а (см. рис. 3.18),

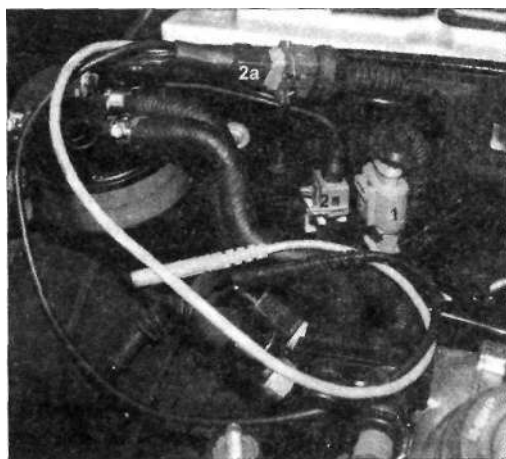


Рис. 3.19. Проверка датчика движения иглы распылителя (1) с помощью промежуточного штекера в соединительном разъеме (2, 2а)

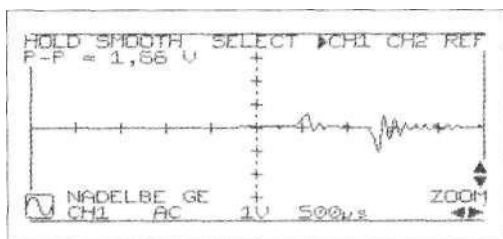


Рис. 3.20. Напряжение сигнала датчика движения иглы распылителя на режиме холостого хода

и проверяют обмотку катушки индуктивности датчика на обрыв и замыкание на «массу» (правильное значение сопротивления обмотки — 80—120 Ом). Затем проверяется напряжение питания датчика. Снова подсоединяют штекер 2а и отсоединяют штекер 2. При включенном выключателе стартера и свечей накаливания вольтметр должен показать напряжение 11 — 12 В. Если напряжение питания отсутствует, прокладка кабельной сети к блоку управления двигателя или сам блок управления имеют дефект. При выходе из строя датчика движения иглы распылителя блок управления определяет начало впрыскивания топлива, исходя из сигналов датчиков ВМГ и угла поворота приводного вала ТНВД. Водитель при этом не замечает никакого изменения режима работы двигателя.

### Электромагнитный клапан регулирования начала подачи топлива

Регулирование начала подачи топлива осуществляется блоком управления за счет изменения скважности электрического сигнала открытия и закрытия электромагнитного клапана. Скважность электрического сигнала можно проверить по таблице данных (см. табл. 3.1, строка 17) или осциллографом (см. рис. 3.22). С ростом частоты вращения коленчатого вала и смещением момента начала впрыскивания топлива в направлении «рано» скважность снижается (см. рис. 3.23). Если электромагнитный клапан обесточен и закрыт, при отсутствии регулирования начало подачи топлива смещается на  $20^\circ$  в направлении «рано». Двигатель на это реагирует отчетливым стуком. Если электромагнитный клапан постоянно открыт, наступает момент, когда начало подачи топлива с ростом частоты вращения коленчатого вала больше не может смещаться. Мощность двигателя снижается, и при высокой частоте вращения коленчатого вала увеличивается дымность ОГ. При дефектном электромагнитном клапане регулирования начала подачи топлива должен быть заменен ТНВД.

### 3.5. РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАДДУВА

Давление наддува регулируется в зависимости от нагрузки на двигатель, частоты вращения коленчатого вала и атмосферного давления в соответствии с полем характеристик. Датчик атмосферного давления находится в блоке управления и может проверяться только по таблице данных (см. табл. 3.1, строка 32). При испорченном датчике атмосферного давления блок управления должен быть заменен. Датчик давления наддува, расположенный в холодильнике наддувочного воздуха, выдает сигнал напряжения 0,4—4,8 В. Наддув может проверяться по таблице данных (см. табл. 3.1, строки 33 и 34). При неработающем двигателе и включенном выключателе стартера и свечей накаливания показания датчиков давления наддува и атмосферного давления могут отличаться друг от друга не более чем на 50 мбар. В случае более значительного отклонения манометром следует проверить, какой из этих двух датчиков работает неточно. При работающем двигателе действительная величина давления должна следовать за изменением заданного значения с небольшой задержкой. Быстрая проверка системы наддува может также осуществляться измерением напряжения сигнала при свободном ускорении (см. рис. 3.24).

Если с датчика давления наддува не поступает сигналов, прежде чем его менять, следует проверить напряжение питания на обоих внешних выводах датчика (правильное значение — 5 В). Если сигнальный провод, идущий к блоку управления, не имеет обрыва, неисправен сам датчик.

Турбокомпрессор может регулироваться байпасным клапаном или регулируемым направляющим аппаратом. Внешним отличительным признаком нагнетателя с изменяемой геометрией турбины служит то, что вакуумный насос для управления механическим исполнительным механизмом расположен тангенциально (рис. 3.25).

Элементы регулирования давления наддува воздуха сначала следует внимательно осмотреть. На режимах свободного ускорения система рычагов (показана стрелкой, рис. 3.25) должна отчетливо перемещаться

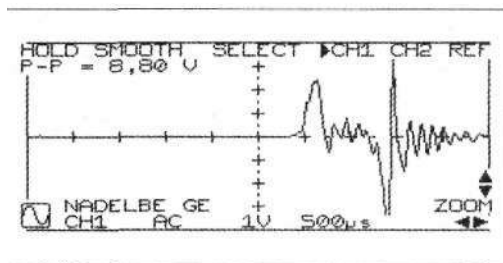


Рис. 3.21. Напряжение сигнала датчика движения иглы распылителя при резком нажатии педали подачи топлива

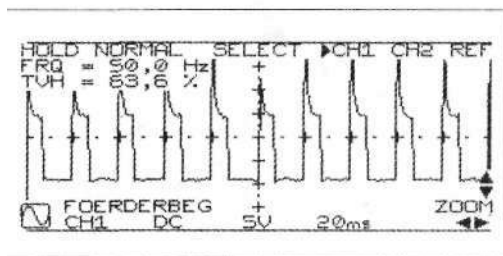


Рис. 3.22. Сквозность электрического сигнала открытия и закрытия электромагнитного клапана регулирования начала подачи топлива на режиме холостого хода

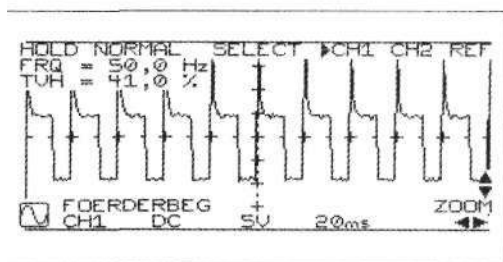


Рис. 3.23. Сквозность электрического сигнала открытия и закрытия электромагнитного клапана регулирования начала подачи топлива должна уменьшаться при высоких значениях частоты вращения коленчатого вала

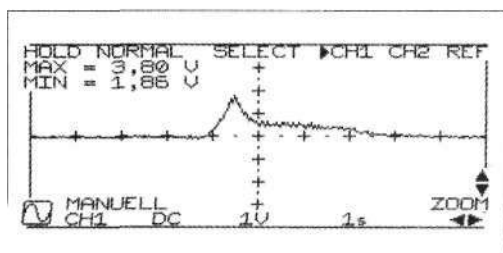


Рис. 3.24. Напряжение сигнала датчика давления наддува при свободном ускорении

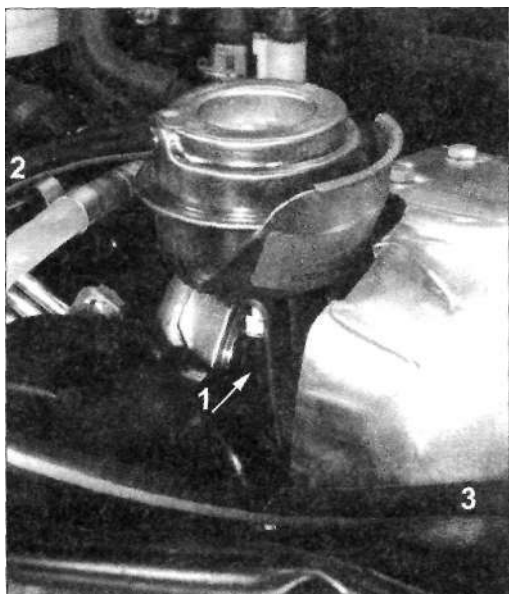


Рис. 3.25. Турбокомпрессор с переменной геометрией турбины: 1 — шток привода; 2 — вакуумный трубопровод управления давлением наддува; 3 — вакуумный трубопровод управления рециркуляцией ОТ

вплоть до отметки максимальной частоты вращения коленчатого вала. Если перемещений не наблюдается, подвижность механизма проверяется присоединением ручного вакуумного насоса к полости разрежения. При разрежении 700 мбар ход системы рычагов должен составлять около 10 мм. Если система рычагов двигается рывками или вовсе неподвижна, турбокомпрессор должен быть заменен. Если система рычагов в порядке, ручной вакуумный насос используют как манометр и присоединяют его тройником к трубопроводу 2 (см. рис. 3.25), который идет от электропневматического преобразователя давления. На режиме холостого хода необходимо создать высокое разрежение — это будет означать, что направляющие лопатки перемещаются в положение «возрастание давления наддува воздуха». При достижении максимального давления наддува разрежение должно стать меньше. Если значения разрежения не соответствуют рабочему режиму двигателя, следует проверить электропневматический преобразователь,

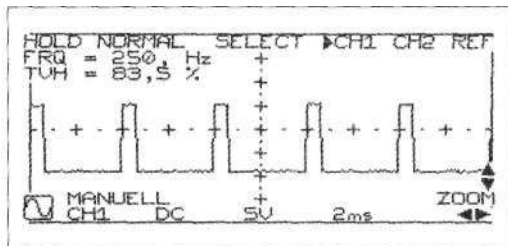


Рис. 3.26. Скважность подключения-отключения электропневматического преобразователя давления наддува на режиме холостого хода

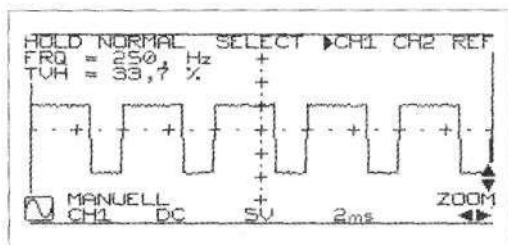


Рис. 3.27. Скважность подключения-отключения электропневматического преобразователя давления наддува воздуха становится меньше при высокой частоте вращения коленчатого вала

который регулируется изменением скважности его подключения-отключения. Она может определяться осциллографом или по таблице данных (см. табл. 3.1, строка 35). Электропневматический преобразователь связан двухполюсным штекером с блоком управления (поз. 4, рис. 3.8). К положительному полюсу, после включения выключателя стартера и свечей накаливания, прикладывается напряжение аккумуляторной батареи. Отрицательный полюс по команде блока управления подсоединяется к «массе» с различной скважностью. Осциллограф для проверки подсоединяют к переключающему проводнику и «массе». На режиме холостого хода скважность должна быть большой (см. рис. 3.26) — это будет означать, что нагнетатель переводится в положение «увеличение давления наддува». При высокой частоте вращения коленчатого вала блок управления снижением скважности ограничивает давление наддува (см рис. 3.27).

Если скважность не определяется, следует проверить обмотку катушки индуктивности электропневматического преоб-

разователя на обрыв и замыкание на «массу» (правильное значение сопротивления обмотки— 15—18 Ом). При дефектной обмотке электропневматический преобразователь должен заменяться. Если обмотка катушки индуктивности в порядке, следует измерить напряжение питания на «положительном» выводе штекера и проверить управляющий провод блока управления на обрыв и замыкание на «массу». Если при таких проверках неисправность не устанавливается, блок управления неисправен. Только если проведены подробные измерения всех конструктивных элементов регулирования давления наддува и они оказались исправны, при слишком низком давлении наддува необходимо будет заменить турбокомпрессор.

### 3.6. РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ОГ

Клапан рециркуляции ОГ (поз. 8, рис. 3.8) открывается при разрежении и под действием электропневматического преобразователя (поз. 3, рис. 3.8), регулируемого блоком управления. Клапан рециркуляции ОГ открыт на режиме холостого хода и при частичной нагрузке на двигатель, характеризующей частотой вращения коленчатого вала до 3 000 мин<sup>-1</sup>. При полной нагрузке и значениях частоты вращения коленчатого вала, превышающих 3 000 мин<sup>-1</sup>, клапан рециркуляции ОГ закрывается для устранения черного дыма. На правильность открытия и закрытия клапан проверяется несколькими способами. Используя дымомер типа Хартридж, измеряют дымность ОГ сначала при обычных условиях свободного ускорения (см. рис. 3.7). Затем клапан рециркуляции ОГ с помощью ручного вакуумного насоса открывается и измерение дымности ОГ повторяется (см. рис. 3.28).

Теперь величина дымности ОГ и время разгона АОЛЖНЫ отчетливо увеличатся. Замедленный разгон указывает на то, что блок управления распознал недостаток воздуха и уменьшил подачу топлива. Если величина дымности ОГ при первом и втором измерениях была низкой, клапан рециркуляции ОГ завис в закрытом состоянии

и должен быть заменен. Если дымность ОГ при первом и втором измерениях была высокой, клапан рециркуляции ОГ завис в открытом состоянии и также должен быть заменен.

Другой метод проверки — считывание таблицы данных, получаемых на режиме холостого хода. Если рециркуляция ОГ отключается на режиме холостого хода по прошествии некоторого времени, она должна активизироваться коротким и резким нажатием педали подачи топлива. Если трубопровод разрежения снять с клапана рециркуляции ОГ, величина расхода воздуха на впуске (см. табл. 3.1, строка 30) должна заметно повыситься, а при подсоединении трубопровода — снова упасть до прежнего значения. Если изменений не наблюдается, клапан рециркуляции ОГ неисправен. Такого же типа проверка может проводиться при

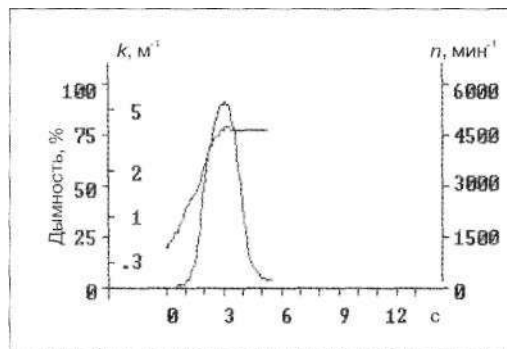


Рис. 3.28. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения, коленчатого вала  $n$  при открытом клапане рециркуляции ОГ длительное время: коэффициент поглощения  $k_{0,7}$  повышается с 0,87 до 5,70 м<sup>3</sup>; период разгона увеличивается с 0,7 до 2,3 с

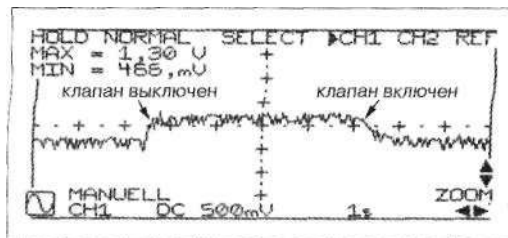


Рис. 3.29. Проверка клапана рециркуляции ОГ по сигналу расходомера воздуха

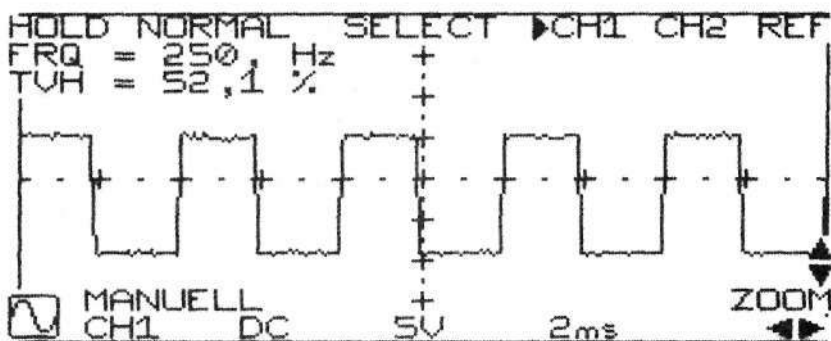


Рис. 3.30. Скважность включения-выключения электропневматического преобразователя при подключенном режиме рециркуляции ОГ

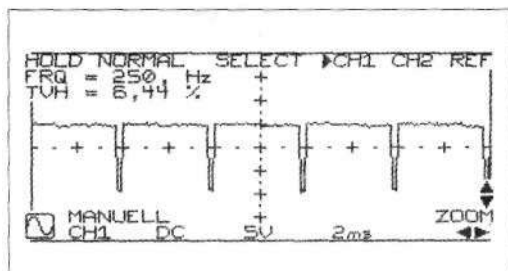


Рис. 3.31. Скважность включения-выключения электропневматического преобразователя при отключенном режиме рециркуляции ОГ находится в пределах 5–10%

помощи вольтметра или осциллографа, которые подсоединяют к электрическому выводу расходомера воздуха. После отсоединения трубопровода подвода рециркуляции ОГ напряжение сигнала расходомера воздуха должно увеличиваться, а при подсоединении — падать (см. рис. 3.29).

Регулирование клапана рециркуляции ОГ проверяется манометром, который присоединяют к вакуумному трубопроводу. На режиме холостого хода и при частичной нагрузке на двигатель, характеризуемой частотой вращения коленчатого вала до  $3000 \text{ мин}^{-1}$ , должно создаваться разрежение. При полной нагрузке или при значениях частоты вращения коленчатого вала более  $3000 \text{ мин}^{-1}$  никакого разрежения быть не должно. Если эти измерения не дают четких результатов, регулирование клапана рециркуляции ОГ проверяется так же, как и регулирование давления наддува воздуха, — измерением скважности включения-выключения электропневматического преобразователя. При большой скважности (см. рис. 3.30) режим рециркуляции ОГ подключен, при малой (5–10 %) — отключен (см. рис. 3.31). Обмотка катушки индуктивности электропневматического преобразователя должна иметь сопротивление в пределах 15–18 Ом.

глава

# ТНВД EP/C ФИРМЫ LUCAS

Насосы EP/C фирмы Lucas устанавливаются на дизельных двигателях автомобилей Ford Transit (рис. 4.1), Mercedes (220D), Citroen XM и Peugeot 605.

## Регулирование

### начала подачи топлива

Для управления началом подачи топлива блоку управления требуются сведения о частоте вращения коленчатого вала двигателя (табл. 4.1), о нагрузке двигателя (датчик педали подачи топлива), о положении поршня изменения начала подачи топлива (позиционный датчик кулачковой шайбы) и температуре охлаждающей жидкости системы охлаждения



Рис. 4.1. Вид моторного отсека автомобиля ford Transit: 1 — ТНВД EP/C фирмы Lucas; 2 — датчик температуры охлаждающей жидкости; 3 — датчик температуры воздуха на впуске; 4 — исполнительный механизм дроссельной заслонки системы рециркуляции ОТ; 5 — исполнительный механизм клапана системы рециркуляции ОТ

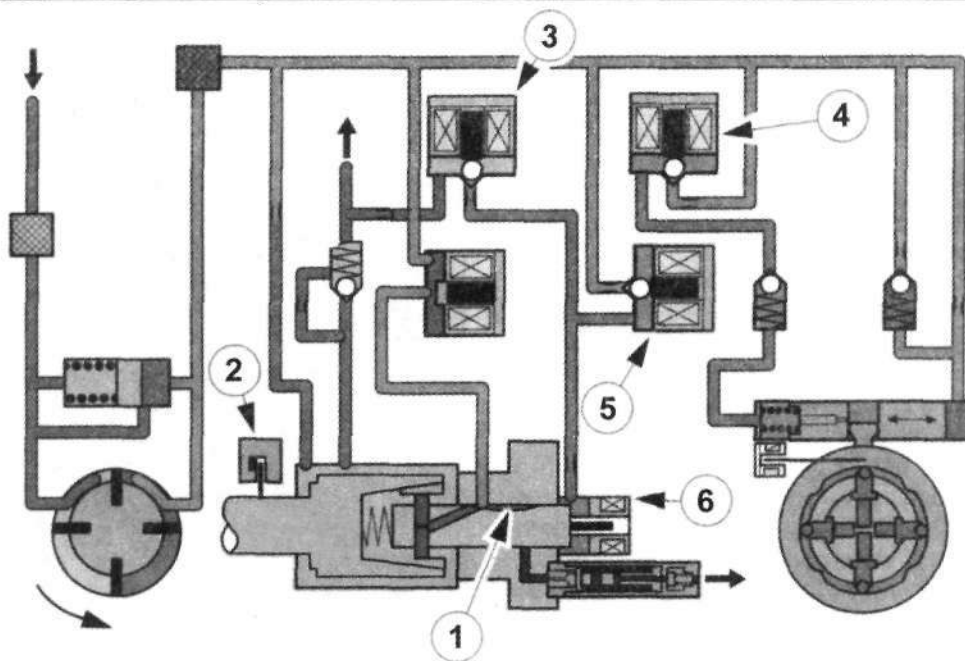


Рис. 4.2. Гидравлическая система ТНВД EP/C автомобиля Ford Transit (источник — ford [4]): 1 — плунжер-распределитель; 2 — датчик положения вала ТНВД; 3, 4, 5 — электромагнитный клапан; 6 — датчик положения плунжера-распределителя

Таблица 4.1. Системный обзор оборудования фирмы Lucas

Ввод данных — датчики	Обработка данных — блок управления	Вывод — исполнительный механизм
Датчик ВМТ (частота вращения и положение коленчатого вала); датчик движения иглы распылителя форсунки (начало впрыскивания, только на автомобилях Citroen и Peugeot); датчик положения вала ТНВД (только на автомобилях Ford Transit); датчик положения кулачковой шайбы (регулирование начала подачи топлива); датчик температуры охлаждающей жидкости системы охлаждения двигателя;	Регулирование начала подачи топлива	Магнитный клапан регулирования начала подачи топлива
Датчик ВМТ (частота вращения коленчатого вала); датчик педали подачи топлива (задание нагрузки топлива водителем); датчик температуры воздуха на впуске (плотность воздуха); датчик давления во впускном трубопроводе (расход воздуха); датчик положения плунжера-распределителя (подача топлива); датчик температуры топлива (плотность топлива); датчик температуры охлаждающей жидкости; выключатель привода сцепления; датчик тахометра	Регулирование подачи топлива: - частота вращения коленчатого вала и регулирование плавности работы двигателя на режиме холостого хода; - регулирование максимальной частоты вращения коленчатого вала; - ограничение подачи топлива на полной нагрузке по крутящему моменту и дымности ОГ; - регулирование пусковой - демпфирование рывков	Электромагнитные клапаны регулятора подачи
Переключатель постоянной скорости движения (темпомат); два выключателя педали тормоза; выключатель привода сцепления; датчик скорости движения	Темпомат	Электромагнитные клапаны регулятора подачи
Датчик ВМТ (частота вращения коленчатого вала); датчик педали подачи топлива (нагрузка); датчик давления во впускном трубопроводе (на автомобилях Mercedes); датчик положения клапана рециркуляции ОГ (только на автомобилях Ford Transit); датчик температуры охлаждающей жидкости	Рециркуляция ОГ	Электропневматический преобразователь давления привода дроссельной заслонки и клапана рециркуляции ОГ

двигателя. Датчик движения иглы распылителя форсунки для измерения начала подачи топлива применяется только на автомобилях Citroen и Peugeot. В ТНВД автомобиля Ford Transit дополнительно установлен датчик положения вала ТНВД (поз. 2, рис. 4.2). На основе поступившей информации блок управления рассчитывает необходимое смещение начала подачи топлива и приводит в действие электромагнитный клапан регулирования начала подачи топлива (поз. 4, рис. 4.2). Начало подачи топлива смещается в направлении «рано» увеличением давления на поршень изменения начала подачи топлива.

### Регулирование подачи топлива

Для изменения подачи топлива плунжер-распределитель 1 (рис. 4.2) с помощью гидравлики смещается в продольном направлении. Давление регулируется электромагнитными клапанами 3 и 4 (рис. 4.2). Смещение плунжера-распределителя контролируется датчиком положения б (рис. 4.2). Для расчета подачи топлива блок управления использует сигналы датчика ВМТ, а также датчиков температуры охлаждающей жидкости, топлива и воздуха на впуске. Сигналы датчиков педали подачи топлива и давления во впускном трубопро-

воде используются для определения нагрузки. Управлением подачи топлива могут выполняться такие дополнительные функции, как регулирование плавности работы двигателя на режиме холостого хода, демпфирование рывков и поддержание скорости движения (темпомат).

#### Рециркуляция ОГ

На двигателях Mercedes рециркуляция ОГ регулируется в зависимости от нагрузки и частоты вращения коленчатого вала. Клапан рециркуляции ОГ открывается и закрывается пневматически с помощью электромагнитного клапана (рис. 4.3).

Клапан рециркуляции ОГ открыт при частичной нагрузке и значениях частоты вращения коленчатого вала 1000—3500 мин<sup>-1</sup> и закрыт на режиме холостого хода, при полной нагрузке и частоте вращения коленчатого вала свыше 3500 мин<sup>-1</sup>. Для точного управления рециркуляцией ОГ применяется дроссельный клапан, который приводится в действие вакуумным приводом. В автомобилях Ford Transit клапан рециркуляции ОГ плавно открывается и закрывается преобразователем давления. Открытие клапана рециркуляции ОГ контролируется блоком управления с помощью позиционного ис-



Mercedes 220: дроссельная заслонка открыта

полнительного механизма (рис. 4.1), установленного в клапане рециркуляции. Как и у двигателей Mercedes, рециркуляция ОГ регулируется дроссельным клапаном с пневматическим управлением. При закрытой дроссельной заслонке степень рециркуляции ОГ увеличивается разрежением во всасывающем трубопроводе. Степень рециркуляции у двигателей с разделенной камерой сгорания составляет до 30 %, а при непосредственном впрыскивании топлива — до 60 %.

#### 4.1. ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ В УСТРОЙСТВАХ ТНВД EPIC

Блок управления имеет стандартные функции для самодиагностики. Память неисправностей и таблица данных могут быть считаны с помощью соответствующих тестеров (рис. 4.4), а затем должна быть проведена диагностика исполнительных механизмов. В качестве примера в таблице 4.2 приведена распечатка таблицы данных двигателя автомобиля Ford Transit. Для выявления дефектного цилиндра двигателя можно измерить отклонение в подаче топлива (табл. 4.2, строки 21—23). Третий цилиндр является опорным. Блок управления указывает на отклонение в подаче топлива других цилиндров относительно третьего. Для выравнивания различий в работе цилиндров, обусловленных износом трущихся элементов цилиндно-поршневой группы, может производиться регулирование подачи топлива по цилиндрам. Если клиент жалуется на громкий шум двигателя на режиме холостого хода, можно изменить частоту вращения коленчатого вала на режиме холостого хода на  $\pm 50$  мин<sup>-1</sup>.

Чтение памяти неисправностей на многих автомобилях выпуска до середины 90-х годов может осуществляться с применением светового кода — без использования тестера. Такие блоки управления имеют проводник инициализации и линию передачи данных, идущую от блока управления к диагностическому разъему. Если провод инициализации при включенном выключателе стартера и свечей накаливания замкнуть на «массу», диагностические сигнализаторы на

Таблица 4.2. Таблица данных ТНВД ЕРІС (автомобиль Ford Transit)

Частота вращения коленчатого вала	810 мин <sup>-1</sup>
Температура охлаждающей жидкости	45 °С
Температура воздуха на впуске	28 °С
Температура топлива	26 °С
Давление наддува воздуха	953 мбар
Заданная цикловая подача топлива	7,1 мм <sup>3</sup>
Положение педали подачи топлива	0%
Положение 1 педали подачи топлива	7%
Положение 2 педали подачи топлива	7%
Подача топлива при заданном положении педали подачи топлива	0,0 мм <sup>3</sup>
Напряжение аккумуляторной батареи	14,0 В
Напряжение на выключателе стартера и свечей накаливания	14,0 В
Заданное положение плунжера-распределителя	64
Обратная связь по положению плунжера-распределителя	63
Заданное положение кулачковой шайбы	71
Обратная связь по положению кулачковой шайбы	71
Заданное положение клапана рециркуляции ОГ	156
Позиция клапана рециркуляции ОГ	156
Скважность управляющего сигнала регулятора давления рециркуляции ОГ	53%
Холостой ход — цикловая подача топлива	7,2 мм <sup>3</sup>
Холостой ход — отклонение в подаче топлива цил. 1	-0,5 мм <sup>3</sup>
Холостой ход — отклонение в подаче топлива цил. 2	0,7 мм <sup>3</sup>
Холостой ход — отклонение в подаче топлива цил. 4	0,5 мм <sup>3</sup>
Частота вращения коленчатого вала на режиме холостого хода	807 мин <sup>-1</sup>
Относительная частота вращения коленчатого вала на режиме холостого хода	807 мшг <sup>-1</sup>
Установка насоса	-1,5°
Версия программного обеспечения	1
Номер версии калибровок	4
Номер двигателя	6
Вариант исполнения	65

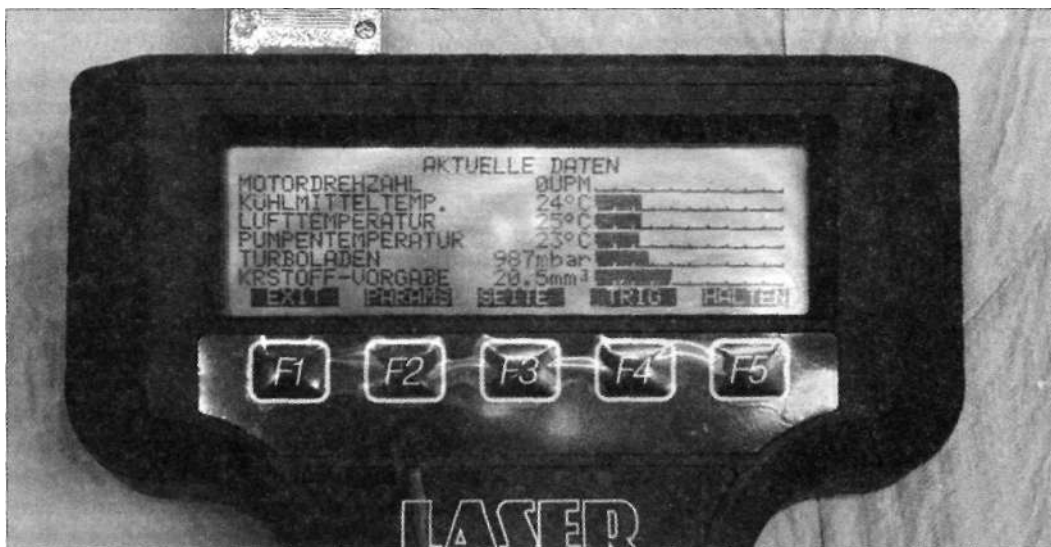


Рис. 4.4. Тестер фирмы Lucas, подсоединенный к диагностическому разъему автомобиля Ford Transit. Тестирование на холодном двигателе проводится для проверки датчиков температуры. Показания трех датчиков температур должны быть почти одинаковыми.

панели приборов покажут световой код, который сообщит о зафиксированных неисправностях. Для стирания памяти неисправностей питание блока управления прерывается повторным выключением выключателя стартера и свечей накаливания или провод инициализации снова замыкается на «массу».

У турбодизеля автомобилей Ford Transit выпуска до 1994 года память неисправностей может считываться с помощью светового кода. Для этого выводы 2 и 3 (рис. 4.5) трехполюсного диагностического разъема (автомобиля Ford), находящегося в перчаточном ящике, замыкаются между собой в течение 5 с при включен-

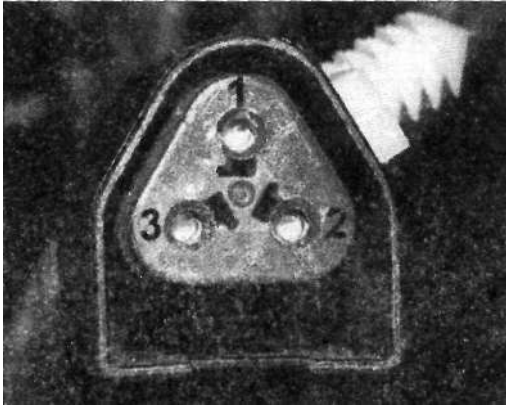


Рис. 4.5. Выводы трехполюсного диагностического разъема автомобиля Ford: 1 и 2 — провода диагностики.; 3 — провод «массы»

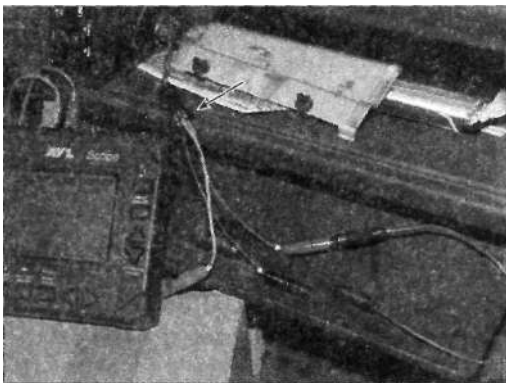


Рис. 4.6. Подключение осциллографа к диагностическому разъему для определения кодов неисправностей

ном выключателе стартера и свечей накаливания. Диагностический сигнализатор выдает световой код, который всегда начинается с кода 12, после чего передаются коды неисправности (табл. 4.3). Передача заканчивается кодом 11. Если память неисправностей пуста, выдаются лишь коды 12 и 11. Также для считывания светового кода можно использовать осциллограф, подсоединив его к «плюсу» аккумуляторной батареи и выводу 1 диагностического разъема (рис. 4.6—4.8). Память неисправностей очищается, если после появления кода 11 замкнуть между собой выводы 2 и 3 диагностического разъема в течение 10 с.

Если замкнуть между собой выводы 2 и 3 после появления кода 11 и затем запустить двигатель, можно заново установить частоту вращения коленчатого вала на режиме холостого хода. При отпущенной педали подачи топлива частота вращения коленчатого вала медленно снизится до  $800 \text{ мин}^{-1}$ . При полностью нажатой педали подачи топлива частота вращения коленчатого вала на режиме холостого хода медленно увеличится до верхнего предельного значения  $900 \text{ мин}^{-1}$ . После того как желаемая частота вращения коленчатого вала достигнута, выводы 2 и 3

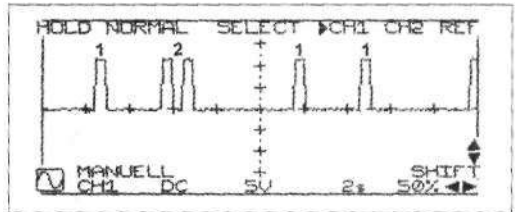


Рис. 4.7. Считывание кодов неисправностей при помощи осциллографа: коды 12 и 11 — неисправность отсутствует

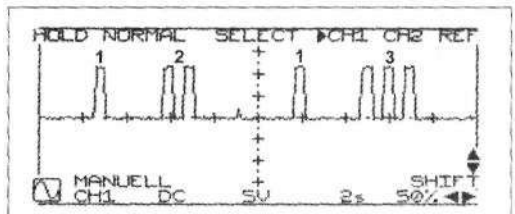


Рис. 4.8. Считывание кодов неисправностей при помощи осциллографа: коды 12 и 13 — неисправен датчик температуры охлаждающей жидкости

Таблица 4.3. Список кодов неисправностей автомобиля Ford Transit выпуска до 1994 года

Код	Описание
11	Конец испытания
12	Начало испытания
13	Датчик температуры охлаждающей жидкости
14	Датчик температуры воздуха на впуске
15	Датчик педали подачи топлива
16	Датчик температуры топлива
22	Датчик положения плунжера-распределителя
23	Электромагнитные клапаны подачи топлива
24	Калибровочное электрическое сопротивление подачи топлива
31,35,53,64,65	Блок управления
32	Датчик давления воздуха во впускном трубопроводе
33	Датчик положения клапана рециркуляции ОГ
34	Управление клапаном рециркуляции ОГ, преобразователь давления
41	Частота вращения коленчатого вала двигателя, датчик ВМТ
42	Частота вращения коленчатого вала. Датчик положения топливного насоса
43	Электромагнитный клапан регулятора начала подачи топлива
44	Датчик положения кулачковой шайбы
45	Главное реле напряжения питания
51	Предельные значения начала подачи топлива превышены
61	Положение плунжера-распределителя для остановленного двигателя
62	Положение кулачковой шайбы для остановленного двигателя
63	Положение приводного вала ТНВД

размыкаются. Установленная частота вращения коленчатого вала затем записывается блоком управления.

Самодиагностикой нельзя регистрировать все неисправности двигателя, например, механические и гидравлические. Если самодиагностикой неисправность не обнаружена, следует проверить конструктивные

элементы, которые самодиагностикой не контролируются. Для измерения давления в системе, называемого, применительно к насосам Lucas, давлением прокачки, следует на двигателе автомобиля Ford Transit удалить заглушку, обозначенную стрелкой на рис. 4.9, и установить адаптер с манометром У ТНВД двигателя Mercedes заглушка имеет внутренний шестигранник. Давление прокачки при частоте вращения коленчатого вала более 500 мин<sup>-1</sup> должно составлять 7~8 бар. Слишком низкие или сильно колеблющиеся значения давления указывают на проблемы с подкачкой топлива, связанные с подтеканием топливопроводов, загрязнением топливного фильтра или выходом из строя клапана регулирования давления.



Рис. 4.9. На месте заглушки (показана стрелкой) монтируется манометр для измерения низкого давления

#### 4.2. ПРОВЕРКА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАЧАЛА ПОДАЧИ ТОПЛИВА

Нарушения в регулировании начала подачи топлива обращают на себя внимание жесткой работой двигателя, проблемами пуска, потерей мощности и высокими значениями дымности ОГ.

### Датчик ВМТ

У дизельных двигателей с электронным регулированием фирмы Mercedes на маховике размещаются штифты в количестве, равном числу цилиндров. У модели Mercedes 220D индуктивный датчик производит четыре сигнала за один оборот (рис. 4.10). Величина электрического сопротивления находится в диапазоне от 600 до 1000 Ом. Сопротивление датчика ВМТ удвигателей Peugeot и Citroen должно составлять от 300 до 400 Ом. Датчик ВМТ двигателя Ford выдает в ВМТ соответствующего цилиндра двойной сигнал, а после 90° угла поворота коленчатого вала — одинарный (рис. 4.11). Сопротивление датчика ВМТ для всех моделей Ford Transit должно составлять от 300 до 1200 Ом. Дополнительно двигатель автомобиля Ford Transit имеет в ТНВД датчик Холла, который сообщает блоку управления об углах поворота вала ТНВД (рис. 4.12а/б). Короткий сигнал относится к третьему цилиндру. Если сигналы отсутствуют, следует проверить напряжение питания датчика (правильное значение —

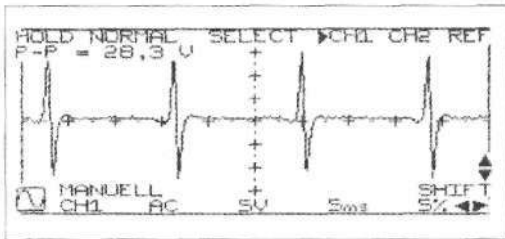


Рис. 4.10. Сигнал датчика ВМТ двигателя Mercedes 220 на режиме холостого хода: четыре всплеска напряжения соответствуют одному обороту коленчатого вала

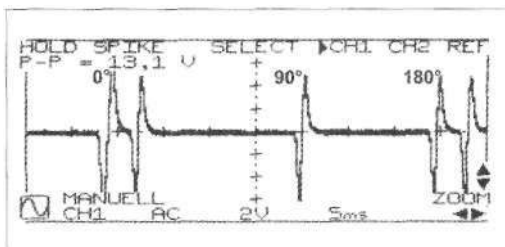


Рис. 4.11. Сигнал датчика ВМТ двигателя автомобиля Ford Transit на холостом ходу через 180° угла поворота коленчатого вала

5,0 В). Если, несмотря на наличие питающего напряжения, сигнал не возникает, датчик Холла испорчен.

### Датчик движения иглы распылителя форсунки

У двигателей Peugeot и Citroen вырабатывается такой же сигнал напряжения, как и в датчиках Bosch (разд. 2, рис. 2.6). Сопротивление катушки индуктивности датчика должно составлять  $100 \pm 20$  Ом.

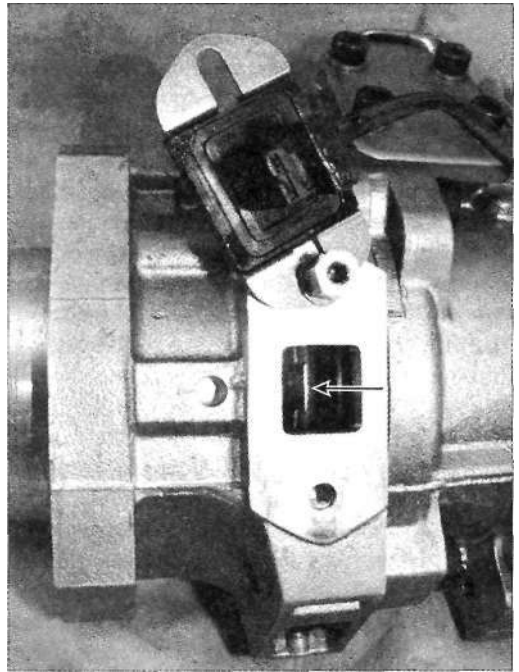


Рис. 4.12а. отремонтированный датчик угла поворота вала ТНВД двигателя автомобиля Ford Transit: стрелкой указано колесо датчика

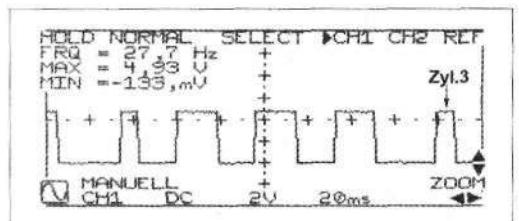


Рис. 4.12б. Сигнал элемента Холла датчика угла поворота вала ТНВД двигателя автомобиля Ford Transit на режиме холостого хода: короткий сигнал (показан стрелкой) относится к третьему цилиндру

### Датчики температуры охлаждающей жидкости

Датчики температуры охлаждающей жидкости системы охлаждения двигателя, воздуха на впуске и топлива проверяются так же, как и в устройствах Bosch (см. разд. выше). Датчик температуры воздуха на впуске у двигателя Mercedes 220D имеет следующие контрольные величины электрического сопротивления: при 20 °C — 6060 Ом, при 40 °C — 2600 Ом. Датчики температуры охлаждающей жидкости и топлива имеют при 20 °C сопротивление от 2500 до 2800 Ом, а при 80 °C — от 280 до 320 Ом. Вышеупомянутые значения сопротивления действительны также для двигателей Peugeot и Citroen.

Контрольные значения сопротивления для датчиков температуры охлаждающей жидкости, топлива и воздуха, имеющих отрицательный температурный коэффициент, на впуске двигателей Ford составляют: при 20 °C — 37,3 кОм, при 60 °C — 7,6 кОм, при 80 °C — 3,8 кОм. Датчик температуры топлива у всех ТНВД ЕРТС совмещен с датчиком положения кулачковой шайбы.

### Датчик положения кулачковой шайбы

Он состоит из катушки индуктивности (рис. 4.13), на одном выводе катушки приложено постоянное напряжение 5,0 В. Блок управления кратковременно замыкает второй вывод катушки на «массу». Пос-

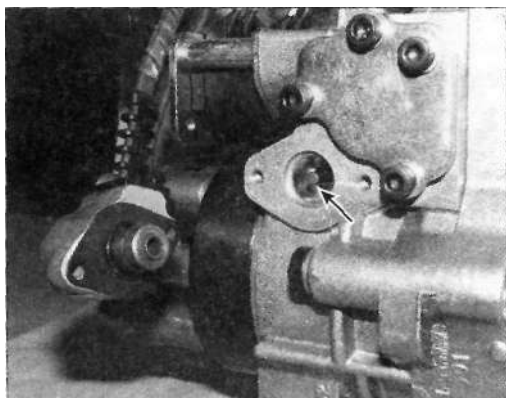


Рис. 4.13. Датчик положения кулачковой шайбы ТНВД Lucas: слева — демонтированная катушка индуктивности датчика

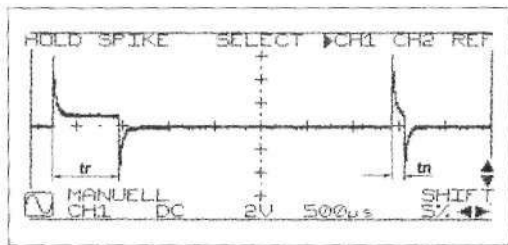


Рис. 4.14. Сигнал датчика положения кулачковой шайбы на режиме холостого хода:  $t_r = 0,14$  мс

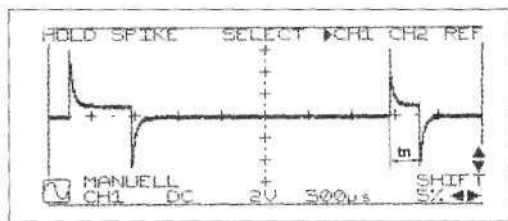


Рис. 4.15. Сигнал датчика положения кулачковой шайбы при частоте вращения коленчатого вала 4000 мин<sup>-1</sup>:  $t_n = 0,34$  мс

ле включения катушки возникает напряжение самоиндукции, которое медленно падает соответственно изменению магнитного поля. После того как напряжение самоиндукции снизится до 1,0 В, блок управления прерывает соединение с «массой». Время включения  $t_n$ , является для блока управления мерой положения кулачковой шайбы. При перемещении кулачковой шайбы железный сердечник (показан стрелкой, рис. 4.13) передвигается в катушке и изменяет ее индуктивность (рис. 4.14 и 4.15). При изменении индуктивности время  $t_n$  достижения уровня напряжения в 1,0 В также будет изменяться. Это время может составлять от 30 до 300 мс в зависимости от модели и рабочего режима двигателя. Выключатель, кроме катушки датчика положения кулачковой шайбы, одновременно замыкает на «массу» катушку датчика плунжера-распределителя с временем включения  $t$ . Значения  $t$  и  $t_n$  измеряются попеременно.

Для диагностики таких датчиков требуется осциллограф. Если сигнал отсутствует, проверяют сопротивление катушек (контрольное значение — от 50 до 75 Ом). При дефектной катушке ТНВД должен

быть заменен. Если величина сопротивления соответствует контрольной, проверяют провода, идущие к блоку управления, на обрыв и короткое замыкание. Если все измеренные значения правильные, но сигнал отсутствует, блок управления должен быть заменен.

### Электромагнитный клапан регулирования начала подачи топлива

Электромагнитный клапан при работающем двигателе питается кратковременно включаемым постоянным напряжением (рис. 4.16). При проверке осциллографом сигнал клапана должен изменяться в зависимости от нагрузки и частоты вращения коленчатого вала (рис. 4.17). При отсутствии сигнала проверяют сопротивление катушки индуктивности клапана (правильное значение — от 25 до 35 Ом). При дефектной катушке ТНВД должен быть заменен. Если значение сопротивления катушки правильное, проверяют провод, идущий к блоку управления, на обрыв и короткое замыкание. Если все измеренные значения правильные, но сигнал отсутствует, блок управления должен быть заменен.

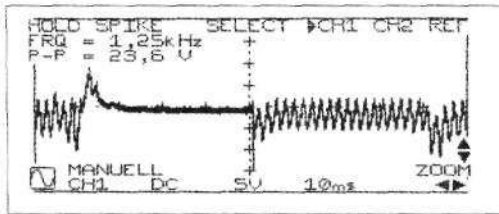


Рис. 4.16. Кривая напряжения на электромагнитном клапане регулирования начала подачи топлива на режиме холостого хода

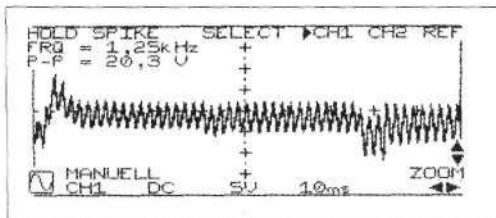


Рис. 4.17. Кривая напряжения на электромагнитном клапане регулирования начала подачи топлива при частоте вращения коленчатого вала 4000 мин<sup>-1</sup>

### Настройка ТНВД

На двигателях автомобилей Ford Transit, Peugeot и Citroen при настройке ТНВД блокируют фиксирующими штифтами коленчатый и распределительный валы и приводной фланец ТНВД. У двигателя автомобиля Ford Transit для блокировки коленчатого вала должен быть демонтирован датчик ВМТ. Фиксирующий штифт коленчатого вала ставится соосно отверстию датчика ВМТ и маховику. Затем надевается зубчатый ремень привода ГРМ. Показанные на рис. 4.18 винты юстировочного кольца не должны отворачиваться. Если положение юстировочного кольца изменится, настройка ТНВД должна производиться производителем насоса. Для двигателей Ford Transit и PSA (Peugeot-Citroen) может быть допущена некоторая неточность настройки ТНВД, т. к. блок управления с помощью датчика Холла, установленного в насосе, или датчика движения иглы распылителя форсунки корректирует начало подачи топлива. Блок управления может компенсировать неточность установки насоса до 4°.

У двигателей Mercedes при монтаже ТНВД коленчатый вал устанавливается на 14° угла поворота после ВМТ, и насос блокируется штифтом, заворачиваемым в резьбовое отверстие вместо заглушки (рис. 4.19). Теперь насос может быть вставлен в зубчатое зацепление механизма регулирования начала подачи топлива, а болт крепления звездочки затянут (левая резьба!). После затяжки четырех крепежных болтов удаляется блокирующий штифт и на его место заворачивается регулировочный импульсный датчик. С помощью этого датчика проводится точная настройка насоса на работающем двигателе (контрольное значение — 14+ 1° после ВМТ при частоте вращения коленчатого вала на режиме холостого хода). Для коррекции настройки насоса ослабляют четыре его крепежных болта и поворачивают шестигранные болты (ключ «на 8») во фланце насоса до тех пор, пока не будет достигнуто контрольное значение точной настройки насоса. Затем крепежные болты затягиваются, из резьбового отверстия выворачивается регулировочный импульсный

датчик, на его место заворачивается заглушка и затягивается моментом 25 Н·м. Более высокий момент затяжки может привести к смещению крепежного фланца! На двигателе Mercedes требуется точная настройка,

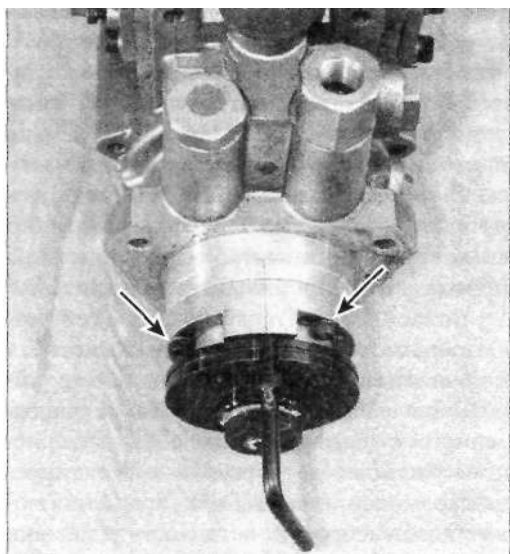


Рис. 4.18. ТНВД EPIC, применяемый на двигателях Ford. Стрелками указаны винты юстированного кольца, которые ни в коем случае нельзя отворачивать. В приводном фланце насоса находится блокировочный штифт

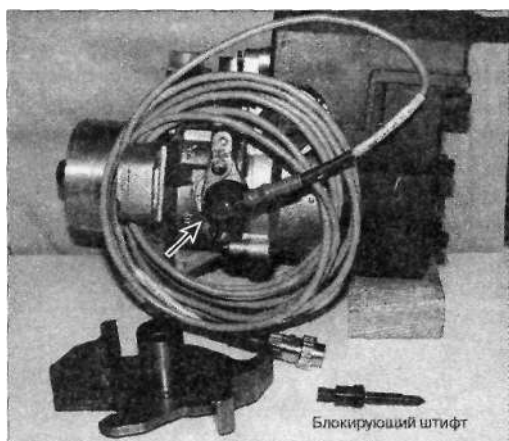


Рис. 4.19. ТНВД EPIC, применяемый на двигателях Mercedes. Стрелкой показан регулировочный импульсный датчик, установленный в резьбовое отверстие, закрываемое заглушкой. В это же отверстие для настройки насоса заворачивается блокирующий штифт

т. к. система впрыска топлива не имеет ни датчика Холла, ни датчика движения иглы распылителя форсунки. Блок управления с помощью датчика положения кулачковой шайбы может проверить только механизм регулирования начала подачи топлива, но не основную настройку насоса.

### 4.3. ПРОВЕРКА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОДАЧИ ТОПЛИВА

Двигатель реагирует на нарушение регулирования подачи топлива потерей мощности и затрудненным пуском. Проверка датчиков ВМТ и температуры описана в разд. 4.2.

#### Датчик педали подачи топлива

Датчик представляет собой регулируемый резистор (потенциометр), электрическое сопротивление которого изменяется при непосредственном воздействии водителя на педаль. При проверке проводящей дорожки потенциометра она подвергается испытанию на шум (искажения электрического сигнала). Осциллограф подсоединяют к сигнальному проводу и «массе» и медленно нажимают педаль подачи топлива до упора. Напряжение должно увеличиваться без скачков до максимальной величины (рис. 4.20 и 4.21). Уже при небольших скачках напряжения датчик педали подачи топлива должен быть заменен. Двигатель реагирует на изношенную дорожку потенциометра рывками или остановкой. Для большей надежности результатов диагностики следует проверить напряжение сигнала датчика во время поездки (рис. 4.22).

У двигателей Mercedes 220D и Ford Transit выпуска до 1994 года датчик педали подачи топлива установлен в подкапотном пространстве и приводится в действие тросиком. Заедание тросика может также приводить к рывкам в работе двигателя.

Имеющийся в таком датчике контакт холостого хода проверяется описанным выше способом или при помощи вольтметра. В этом случае следует проверить скачкообразный подъем напряжения. Если сигнал отсутствует, проверяют напряжение питания выключателя. Если напряжения нет, проверяют провода, идущие

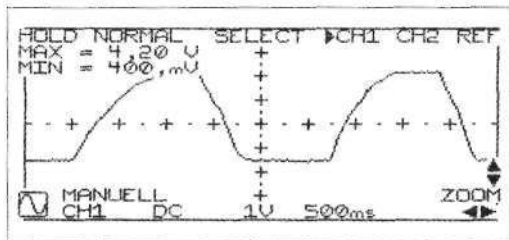


Рис. 4.20. Проверка на шум исправного датчика педали подачи топлива (двигатель Mercedes)

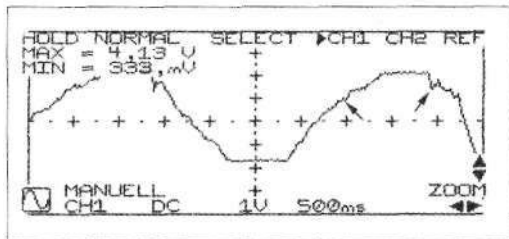


Рис. 4.21. Проверка на шум дефектного датчика педали подачи топлива. Небольшая нерегулярность подачи сигналов привела к сильным рывкам во время движения автомобиля при свободном ускорении (рис. 4.25)

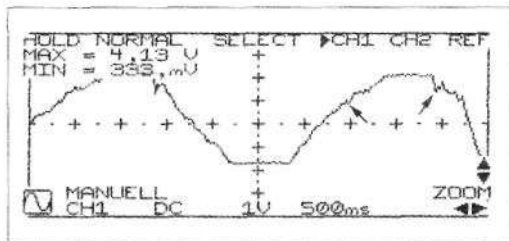


Рис. 4.22. Проверка на шум дефектного датчика педали подачи топлива во время пробной поездки. При постоянном положении педали произошел скачок напряжения сигнала около 1,2 В. Данная неисправность в память неисправностей не записывается

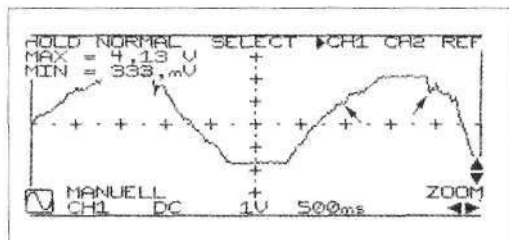


Рис. 4.23. Проверка на шум датчика педали подачи топлива с двумя потенциометрами при помощи двухканального осциллографа

щие к блоку управления, на обрыв и короткое замыкание. Если при исправных проводах напряжение питания все равно отсутствует, блок управления должен быть заменен. Двигатели автомобиля Ford Transit выпуска начиная с 1995 года имеют датчик педали подачи топлива с двумя потенциометрами. Сигналы являются встречными (рис. 4.23), а значит, блок управления может провести проверку логичности их поступления. Если в памяти неисправностей производится запись «датчик педали подачи топлива», оба потенциометра должны быть проверены на шум.

### Датчик давления во впускном трубопроводе

Датчик проверяется с помощью вакуумного ручного насоса и вольтметра. Вольтметр присоединяют к среднему сигнальному выводу датчика и «массе». При повышении давления во впускном трубопроводе напряжение также должно увеличиваться, при увеличении разрежения, соответственно, — падать (рис. 4.24). Если сигнал отсутствует или не происходит никаких его изменений, датчик, скорее всего, испорчен. Перед его заменой следует проверить напряжение питания на внешнем выводе датчика (правильное значение — 5,0 В). Если напряжение отсутствует, проверяют провода, идущие к блоку управления, на обрыв и короткое замыкание. Если при исправных проводах напряжения питания нет, должен быть заменен блок управления. Для быстрой проверки датчика при помощи осциллографа можно записать напряжение сигнала при свободном ускорении (рис. 4.25).

### Проверка электромагнитных клапанов регулирования величины подачи топлива

Оба электромагнитных клапана регулирования величины подачи топлива (рис. 4.28) питаются «положительным» напряжением аккумуляторной батареи. «Массовый» контакт включается и выключается блоком управления. Для проверки клапана подсоединяют осциллограф к «массе» двигателя и «массовому» контакту клапана. При исправном

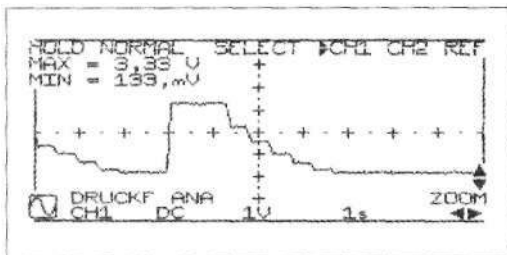


Рис. 4.24. Проверка датчика давления во впускном трубопроводе ручным вакуумным насосом (двигатель Mercedes 220D):  $U_{\max}$  соответствует давлению окружающей среды;  $U_{\min}$  соответствует разрежению — 0,8 бар

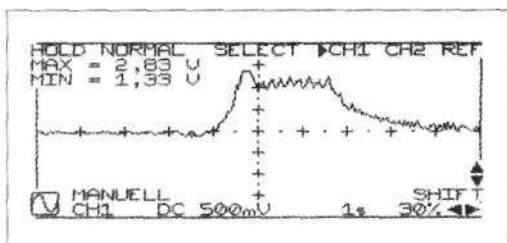


Рис. 4.25. Напряжение сигнала датчика давления во впускном трубопроводе при свободном ускорении

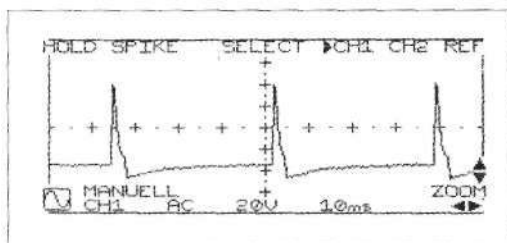


Рис. 4.26. Кривая напряжения на контактах электромагнитного клапана регулирования величины подачи топлива на режиме холостого хода

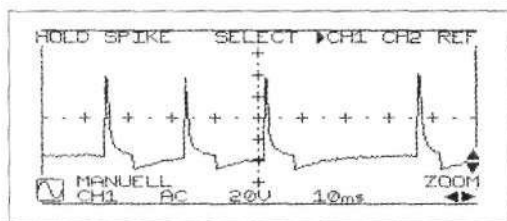


Рис. 4.27. Кривая напряжения на контактах электромагнитного клапана регулирования величины подачи топлива при более высоких, чем на режиме холостого хода, частотах вращения коленчатого вала

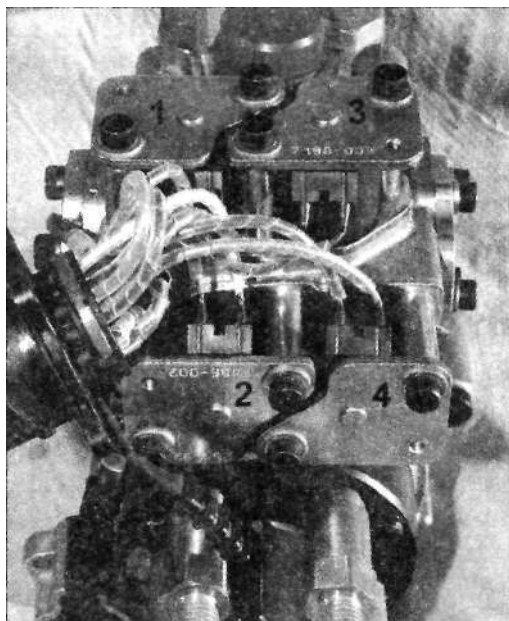


Рис. 4.28. Электромагнитные клапаны ТНВД EPIC 1 — регулирования начала подачи топлива; 2 — остановки двигателя; 4 — регулирования величины подачи топлива

клапане появляется сигнал, показанный на режиме холостого хода на рис. 4.26. При повышении частоты вращения коленчатого вала увеличивается частота включений-выключений клапана (рис. 4.27), т. к. в каждом процессе впрыскивания топлива оба клапана должны быть закрыты. Если сигнал отсутствует, вольтметром проверяют напряжение питания клапанов (контрольное значение — напряжение аккумуляторной батареи), сопротивление катушек индуктивности (правильное значение — от 25 до 35 Ом) и провода, идущие к блоку управления, на обрыв и короткое замыкание. Если провода, катушки и напряжение питания — в порядке, а сигнала по-прежнему нет, блок управления неисправен.

Датчик положения

плунжера-распределителя

Состоит из катушки индуктивности, которая одновременно питается постоянным напряжением. При перемещении плунжера-распределителя железный сердечник датчика (рис. 4.30) вдвигается в катушку,

изменяя ее индуктивность (рис. 4.30). Вследствие этого изменяется время включения  $t_+$  (рис. 4.29), находящееся в диапазоне 180–800 мс.

Положение плунжера-распределителя можно проконтролировать по списку кодов неисправностей (табл. 4.3). При отсутствии сигнала датчика проверяют сопротивление катушки (контрольное значение — от 48 до 60 Ом). При неисправной катушке топливный насос должен быть заменен. Если сопротивление катушки находится в заданном диапазоне, проверяют провода, идущие к блоку управления, на обрыв и короткое замыкание. Если дефектов не обнаружено, а сигнала все равно нет, блок управления неисправен.

При отсутствии сигнала датчика положения плунжера-распределителя двигатель не запускается.

### Электромагнитный клапан останова двигателя

В отличие от ТНВД фирмы Bosch, клапан останова двигателя питается не постоянно подаваемым бортовым, а т. н. тактируемым напряжением. При проведении испытаний подавать на клапан 12 В на более длительное время нельзя! При пуске двигателя клапан открывается только в том случае, если плунжер-распределитель и муфта опережения впрыскивания топлива находятся в специально предусмотренном положении.

Для проверки клапана подсоединяют осциллограф к «массовому» контакту клапана и «массе» двигателя. Сигнал исправного клапана показан на рис. 4.31. Если сигнал отсутствует, вольтметром проверяют, имеется ли на «плюсовом» контакте клапана бортовое напряжение. Если напряжение питания — в порядке, измеряют сопротивление катушек индуктивности (правильное значение — от 1 до 3 Ом). Если сопротивление катушек не соответствует заданному, ТНВД должен быть заменен. Если сопротивление катушки находится в заданном диапазоне, проверяют провода, идущие к блоку управления, на обрыв и короткое замыкание. Если дефектов не обнаружено, а сигнала все равно нет, блок управления неисправен.

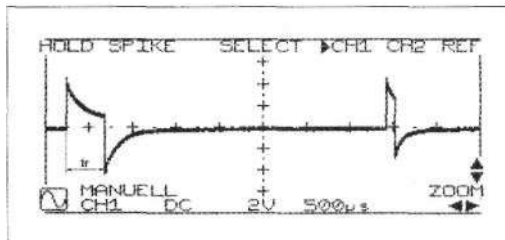


Рис. 4.29. Сигнал датчика положения плунжера-распределителя на режиме холостого хода

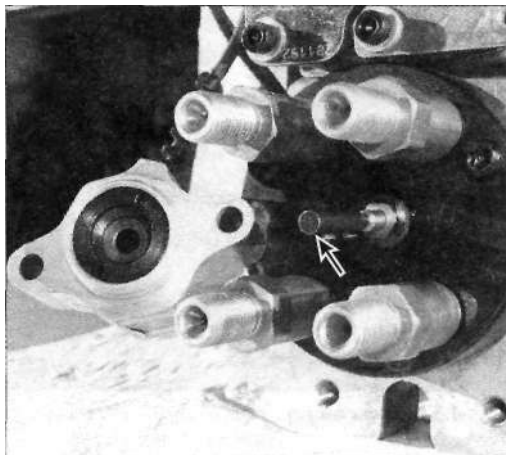


Рис. 4.30. Сердечник датчика положения плунжера-распределителя (показан стрелкой) и снятая катушка индуктивности датчика

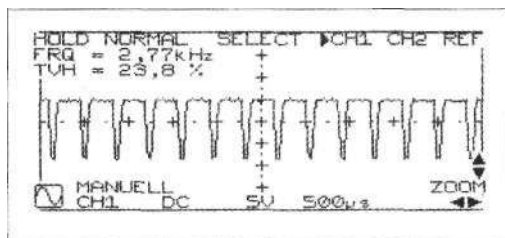


Рис. 4.31. Кривая напряжения на контактах клапана останова двигателя на режиме холостого хода

## 4.4. ИСПЫТАНИЕ СИСТЕМЫ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОГ

### Система рециркуляции ОГ двигателя Mercedes 220D

Система рециркуляции ОГ состоит из клапана рециркуляции ОГ и управляемой разрежением дроссельной заслонки (рис. 4.32). Клапан рециркуляции ОГ проверяют на функционирование дымомером типа «Хар-

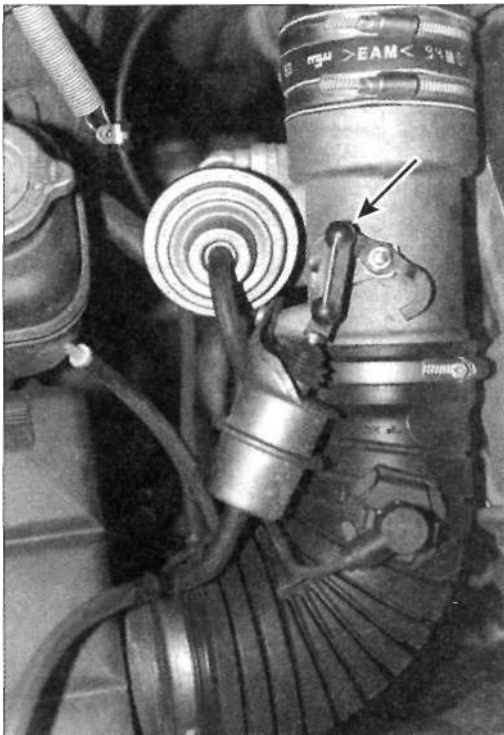


Рис. 4.32. Система рециркуляции ОГ двигателя Mercedes 220D: дроссельная заслонка закрыта

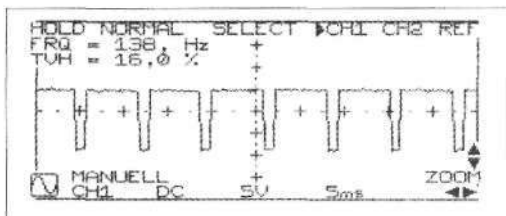


Рис. 4.33. Кривая напряжения в преобразователе давления дроссельной заслонки на режиме холостого хода: дроссельная заслонка открыта (двигатель Mercedes 220D)

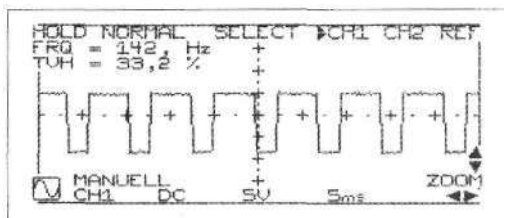


Рис. 4.34. Кривая напряжения в преобразователе давления дроссельной заслонки при частоте вращения коленчатого вала 2000 мин<sup>-1</sup>: дроссельная заслонка закрыта (двигатель Mercedes 220D)

тридж» (разд. 1.3) или внешним осмотром. Снизу в корпусе мембраны клапана рециркуляции ОГ имеется окно — перемещение клапана можно почувствовать пальцами или подставляя в окно согнутую проволоку. При частичных нагрузках на двигатель в диапазоне значений частоты вращения коленчатого вала от 1000 до 3500 мин<sup>-1</sup> клапан должен быть открыт, при полной нагрузке он должен сразу закрыться. Если мембрана клапана не перемещается, перед его заменой следует проверить пневматику управления, присоединив к трубопроводу клапана вакуумный ручной насос. При частоте вращения коленчатого вала 1000—3500 мин<sup>-1</sup> должно возникнуть разрежение. При полной нагрузке разрежения быть не должно ни при каких значениях частоты вращения коленчатого вала. Если разрежение не образуется, вольтметром проверяют, происходит ли включение-выключение электромагнитного клапана блоком управления. Если напряжение на контактах клапана отсутствует, измеряют сопротивление катушки индуктивности (контрольное значение — от 20 до 30 Ом). Дроссельная заслонка также приводится в действие разрежением. Ее функционирование можно проверить осмотром системы рычагов. При изменении частоты вращения коленчатого вала дроссельная заслонка должна перемещаться. Если она постоянно находится в полностью открытом положении, осциллографом проверяют скажность сигналов преобразователя давления (рис. 4.33 и 4.34). При отсутствии сигнала измеряют напряжение питания преобразователя давления (контрольное значение — напряжение аккумуляторной батареи), сопротивление катушки индуктивности (контрольное значение — 5 Ом) и проверяют провода, идущие к блоку управления, на обрыв и короткое замыкание.

### Система рециркуляции ОГ двигателя автомобиля Ford Transit

Клапан рециркуляции ОГ и дроссельный клапан во всасывающем трубопроводе приводятся в действие разрежением, которое может плавно изменяться блоком уп-

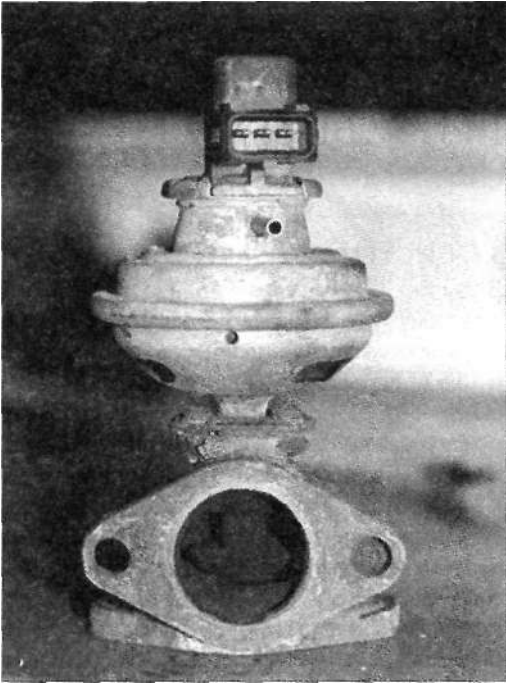


Рис. 4.35. Уданного клапана рециркуляции ОТ с потенциометрическим датчиком перемещения корпус мембраны отделился из-за коррозии от корпуса клапана. Клапан постоянно открыт

равления с помощью преобразователя давления (рис. 4.1). В клапане рециркуляции ОТ имеется потенциометрический датчик перемещения, который посылает сигнал напряжения блоку управления (рис. 4.1 и 4.35) в зависимости от перемещения клапана.

Быструю проверку датчика перемещения можно провести осциллографом или вольтметром. Измерительный прибор подсоединяют к среднему сигнальному проводу датчика и «массе». При создании разрежения кривая напряжения должна соответствовать показанной на рис. 4.36. При отсутствии сигнала проверяют напряжение питания датчика (контрольное значение — 5,0 В). Если напряжение питания и провода, идущие к блоку управления, в порядке, проверяют, изменяется ли разрежение в управляющем трубопроводе в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала. Если разрежение

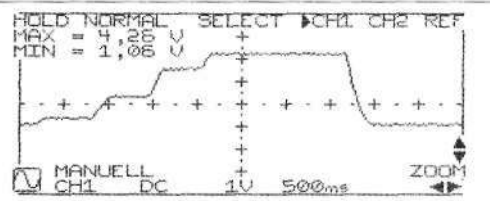


Рис. 4.36. Проверка датчика перемещения клапана рециркуляции ОТ ручным вакуумным насосом: Утах соответствует разрежению 0,5 бар

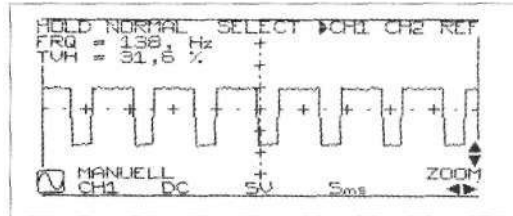


Рис. 4.37. Кривая напряжения б преобразователя давления рециркуляции ОТ на режиме холостого хода (двигатель автомобиля Ford Transit)

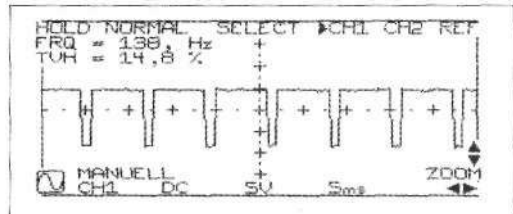


Рис. 4.38. Кривая напряжения в преобразователе давления рециркуляции ОТ при частоте вращения коленчатого вала 4000 мин<sup>-1</sup> (двигатель автомобиля Ford Transit)

нестабильно («плавает»), клапан рециркуляции ОТ испорчен. Если разрежение отсутствует, неисправность содержится в преобразователе давления, который управляется через «массовый» контакт блоком управления сигналами с различной скважностью (рис. 4.37 и 4.38). При отсутствии сигнала измеряют сопротивление катушки индуктивности (контрольное значение — от 4 до 10 Ом), напряжение питания (должно равняться напряжению аккумуляторной батареи) и проверяют провод, идущие к блоку управления, на обрыв и короткое замыкание.

# АККУМУЛЯТОРНАЯ СИСТЕМА ВПРЫСКА ТОПЛИВА ФИРМЫ BOSCH

Аккумуляторную систему впрыска топлива (Common Rail System) специалисты оценивают как систему будущего, т. к. она предоставляет разработчикам наибольшие возможности при выборе давления, а также при формировании законов впрыскивания. Таким образом, благодаря этой системе будут наиболее полно выполняться ограничения по шуму работы двигателя и токсичности ОГ, а также требования по мощности. Серьезную конкуренцию аккумуляторным системам, возможно, составят системы с насос-форсунками, которые могут оказаться дешевле для двигателя с небольшим числом цилиндров. Все другие системы впрыска топлива на дальнюю перспективу можно рассматривать лишь как промежуточные решения. Аккумуляторная система впрыска топлива первого поколения вошла в серию с 1998 года.

В настоящее время аккумуляторные системы впрыска топлива, применяемые на автомобилях Audi, BMW, Daimler-Chrysler (см. рис. 5.1), FIAT, Peugeot и Rover, в основном идентичны.

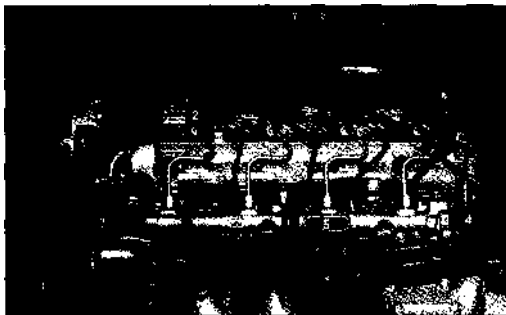


Рис. 5.1. Аккумуляторная система впрыска топлива двигателя автомобиля Mercedes 200 CDI:  
1 — топливоподкачивающий насос; 2 — форсунка;  
3 — датчик давления в аккумуляторе высокого давления; 4 — клапан регулирования давления;  
5 — аккумулятор высокого давления

## 5.1. СИСТЕМА ПОДАЧИ ТОПЛИВА

В двигателе Mercedes топливо нагнетается в систему из топливного бака шестеренным топливоподкачивающим насосом (см. рис. 5.2 и 5.3). Во впускном топливопроводе F (см. рис. 5.2) находятся предварительный подогреватель топлива (поз. 60, рис. 5.2) и топливный фильтр. Топливо подается кТНВД под давлением от 2,5 до 3,0 бар. При превышении допустимого давления клапан, расположенный в шестеренном насосе, связывает подводящий и отводящий контуры. Другие производители дизелей используют шибберные роликовые электронасосы, подобные тем что применяются в системах впрыска топлива бензиновых двигателей. В дизельных двигателях BMW на магистрали низкого давления устанавливается датчик давления. В двигателях Mercedes на линии подвода топлива кТНВД расположен электромагнитный клапан останова двигателя (Y75, рис. 5.2, поз. 3, рис. 5.3), который срабатывает в случае необходимости аварийной остановки двигателя.

Дизельное топливо, подаваемое в ТНВД, выполняет функцию охлаждения и смазки трущихся пар насоса. Поэтому категорически не следует заправлять топливный бак бензином либо проводить продолжительное проворачивание коленчатого вала дизеля при отсутствии топлива в топливном баке. Для обеспечения смазывания ТНВД топливом, особенно при пуске двигателя, на входе в насос располагается предохранительный клапан (2, рис. 5.4), который обеспечивает подвод топлива к плунжеру давления, начиная с 0,5 бар.

Количество топлива, подаваемого топливным насосом высокого давления, намного превышает требуемое для впрыскивания топлива. Это необходимо для обеспечения

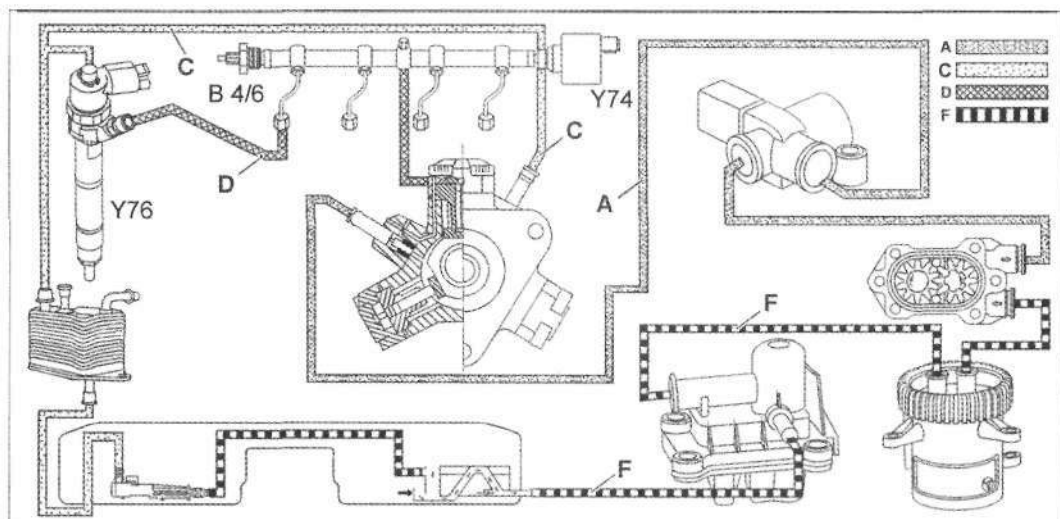


Рис. 5.2. Система подачи топлива двигателя с аккумуляторной системой впрыска топлива (источник — Daimler-Chrysler [5]): А — давление подкачки топлива 2,5-3,0 бар; С — линия обратного слива топлива; D — линия высокого давления 250-1350 бар; F — впускной топливопровод

быстрого подъема давления при пуске и изменении нагрузки на двигатель. Производительность подачи топлива меняется за счет действия электромагнитных клапанов регулирования давления и отключения плунжерной секции. В последнем случае (примерно до 2/3 от полной нагрузки) трех-

плунжерный ТНВД работает только сдвигая плунжерными секциями. Благодаря отключению плунжерной секции снижаются затраты мощности на ТНВД и температура топлива на сливе, т. к. меньшее количество топлива отдает меньше энергии при переходе от высокого давления к низкому.

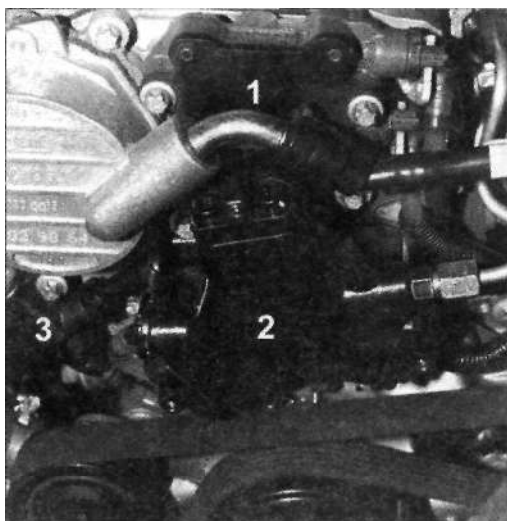


Рис. 5.3. Топливные насосы двигателя Mercedes CDI: 1 — шестеренный топливоподкачивающий насос; 2 — трехплунжерный ТНВД; 3 — электромагнитный клапан останова двигателя

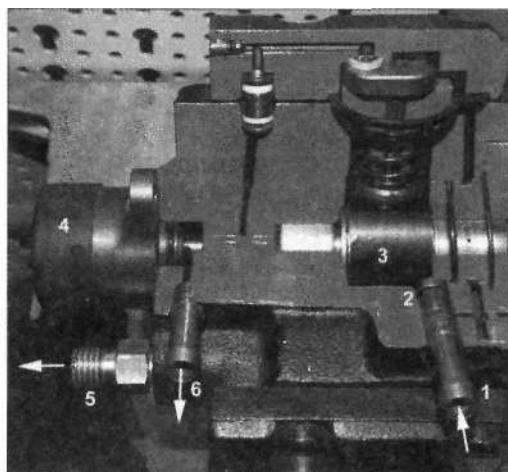


Рис. 5.4. Разрез ТНВД двигателя FIAT: 1 — подвод топлива к ТНВД (низкое давление); 2 — предохранительный клапан; 3 — эксцентриковый толкатель; 4 — электромагнитный клапан регулирования давления; 5 — отвод топлива из ТНВД (высокое давление); 6 — обратный слив топлива

Недостатками такого решения является возникновение колебаний давления в аккумуляторе и крутящего момента в приводе насоса. Отключение плунжерных секций применяется на двигателях FIAT и Peugeot. ТНВД с отключением плунжерной секции внешне отличаются по наличию электромагнитного клапана на секции.

Топливо из ТНВД по топливопроводу высокого давления поступает в аккумулятор высокого давления. С одной стороны аккумулятора в корпус завернут датчик давления (В4/6, рис 5.2), с другой — электромагнитный клапан регулирования давления (У74, рис. 5.2). Датчик регистрирует давление в аккумуляторе, которое блоком управления сравнивается по полю характеристик с заданным. При отклонении давления от требуемого блок управления изменяет скважность подачи электрического питания к электромагниту клапана регулирования давления. Шарик клапана (см. рис. 5.5) прижимается к седлу усилием

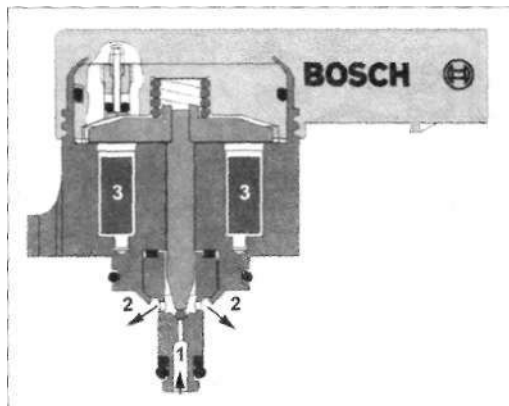


Рис. 5.5. Электромагнитный клапан регулирования давления (источник [6]): 1 — давление в аккумуляторе высокого давления; 2 — слив топлива, 3 — электромагнит

пружины и электромагнита. Сила пружины рассчитана на давление до 100 бар, что значительно ниже давления в линии высокого давления (250—1350 бар), поэтому только при приложении усилия электро-

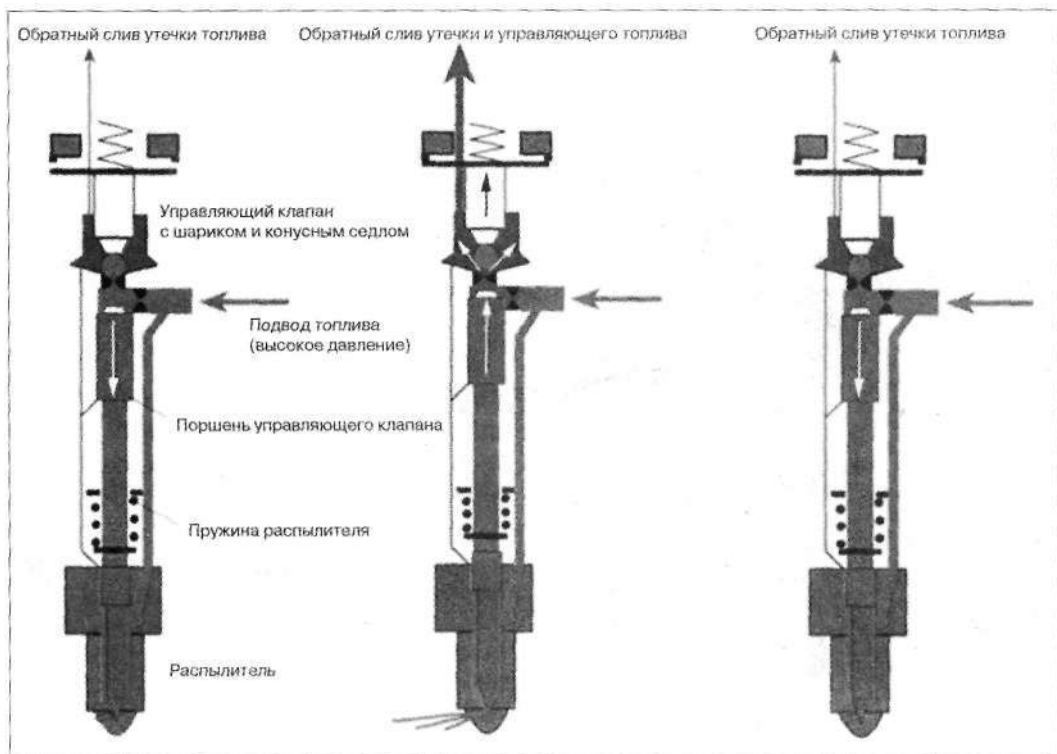


Рис. 5.6. Процесс впрыскивания топлива (Источник [7])

магнита шарик не отойдет от седла, отделяя аккумулятор от линии слива. Клапан регулирования давления может быть установлен либо на аккумуляторе, либо на ТНВД (4, рис. 5.4).

От аккумулятора короткие топливопроводы высокого давления подводятся к форсункам (У76, рис. 5.2), которые имеют собственную систему управления процессом впрыскивания топлива (рис. 5.6). Игла распылителя форсунки в нерабочем состоянии прижимается к седлу пружиной распылителя — это предотвращает попадание воздуха в форсунку при пуске двигателя.

Когда ТНВД создает давление в аккумуляторе, оно действует как на конусную поверхность иглы, так и на поршень управляющего клапана. Поскольку площадь рабочей поверхности поршня на 50 % больше площади конусной поверхности иглы, игла распылителя продолжает прижиматься к седлу. Для начала впрыскивания топлива якорь электромагнита управляющего клапана сдвигается, приподнимая шарик над конусным седлом. Таким образом, отводящее дроссельное отверстие управляющего клапана открывается, пропуская топливо из зоны над поршнем управляющего клапана в линию слива топлива. Давление на поршень управляющего клапана падает, т.к. подводящее дроссельное отверстие управляющего клапана имеет меньшее сечение, чем отводящее. Давление в аккумуляторе поднимает иглу распылителя, обеспечивая впрыскивание топлива в камеру сгорания. Если управляющий клапан закрывается, на его поршень снова действует полное давление аккумулятора. Игла распылителя запирается гидравлически. Благодаря использованию электрогидравлического управления процессы впрыскивания топлива могут происходить за короткие промежутки времени. Становится возможным процесс предварительного впрыскивания топлива, с помощью которого достигаются более мягкая работа двигателя и меньшая эмиссия ОГ. Цикловая подача определяется продолжительностью открытия управляющего клапана и давлением в аккумуляторе. Так как большая часть топ-

лива под высоким давлением поступает на линию обратного слива, его температура может повышаться до 140 °С. Поэтому на автомобилях с пластмассовыми топливными баками должны предусматриваться охладители топлива (15, рис. 5.2), отбирающие тепло в охлаждающую жидкость. Температура охлаждающей жидкости снижается благодаря использованию дополнительного радиатора, устанавливаемого перед радиатором топлива.

Датчики и исполнительные механизмы по техническому уровню должны соответствовать элементам современной аккумуляторной системы впрыска топлива. Типичными датчиками, применяемыми в таких двигателях, являются датчик давления в аккумуляторе высокого давления и датчик Холла на распределительном валу. Последний служит для распознавания номера цилиндра, т.к. форсунки должны регулироваться индивидуально. Наряду с обычными исполнительными механизмами, такими как пневматический редуктор для управления рециркуляцией ОГ, механизмы управления турбокомпрессором и отключением впускного канала, применяются характерные для аккумуляторной системы впрыска топлива исполнительные механизмы для форсунки, электромагнитных клапанов регулирования давления, отключения секции насоса и остановки двигателя.

## 5.2. ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ В АККУМУЛЯТОРНОЙ СИСТЕМЕ Самодиагностика

В аккумуляторной системе впрыска топлива применяется простейший метод самодиагностики. Блок управления следит за выходом из строя электрических флюков и передает результаты в память неисправностей. В зависимости от значимости ошибки впрыскивание топлива продолжается или двигатель останавливается. С помощью соответствующего тестера (см. рис. 5.7) данные памяти неисправностей могут считываться или удаляться. Благодаря наличию таблицы данных все значения параметров, которые обрабатывает блок управления, могут ана-



Рис. 5.7. Тестер фирмы Daimler-Chrysler

лизироваться. В табл. 5.1 приведены результаты испытаний и параметры работы двигателя на режиме холостого хода. Здесь важными являются строки 6 и 8 (см. табл. 5.1), в которых даны давление в аккумуляторе высокого давления и скажность управляющего сигнала электромагнитного клапана регулирования давления. Давление в аккумуляторе высокого давления на режиме холостого хода должно составлять от 240 до 300 бар, скажность управляющего сигнала электромагнитного клапана регулирования давления — примерно 15% при давлении 250 бар и 17% при 300 бар.

Таблица 5.1. Таблица данных двигателя CDI на режиме холостого хода, ME — условная единица подачи топлива, принятая фирмой Mercedes-Benz для измерения подачи топлива

1) Частота вращения коленчатого вала двигателя	750 мин <sup>-1</sup>
2) Температура охлаждающей жидкости	88 °C
3) Выключатель привода сцепления	выключен
4) Положение педали подачи топлива	0%
5) Предписанное значение давления в аккумуляторе высокого давления	261 бар
6) Реальное давление в аккумуляторе высокого давления	264 бар
7) Цикловая подача одной форсунки	13,8 МБ
8) Скажность управляющего сигнала электромагнитного клапана регулирования давления	16%
9) Коррекция равномерности работы двигателя	
для цилиндра 1	-3,35 ME
для цилиндра 3	0,00 ME
для цилиндра 4	2,58 ME
для цилиндра 2	0,65

Если значение реального давления в аккумуляторе высокого давления и значение предписанное, хранящееся в памяти блока управления, не совпадают, наличие нарушений уплотнения сопряжений в системе высокого давления бесспорно. С помощью соответствующего теста проверяются вероятные открытые места негерметичности, после чего остается проанализировать внутренние нарушения уплотнения сопряжений в форсунках, электромагнитном клапане регулирования давления и ТНВД.

Неравномерное вращение коленчатого вала двигателя отражается показателями, приводимыми в пункте 9 (см. табл. 5.1). Коррекция режима холостого хода предназначена для компенсации отклонений по цилиндрам в механике двигателя и гидравлике системы впрыска топлива, возникающих при серийном производстве. Неравномерность работы двигателя по цилиндрам блок управления проверяет с помощью датчика ВМТ. Если какой-то цилиндр отличается больше чем на 30% от заданного значения, это считается ненормальным и блок управления пытается исправить отклонение значительным увеличением цикловой подачи топлива в данный цилиндр.

Механические повреждения, такие как, например, прогар выпускного клапана, могут быть выявлены путем замера компрессии, оцениваемой по протеканию величины силы тока в стартере. Если никаких механических неисправностей не обнаружено, возможно, неисправна форсунка. Для

проверки форсунки соседних цилиндров меняются местами. Если отклонение цикловой подачи подтверждается, неисправная форсунка должна быть заменена.

### Аварийная работа аккумуляторной системы впрыска топлива

При неисправностях, которые не выводят систему впрыска топлива из строя, снижается полная подача топлива или вообще устанавливается частота вращения коленчатого вала на режиме холостого хода. К таким неисправностям относятся дефекты датчиков температуры, слишком низкое давление наддува, неполадки с замером расхода воздуха или выход из строя датчика педали подачи топлива. Из соображений безопасности или с целью уменьшения возможных последствий поломки двигателя, он останавливается при следующих условиях:

- Выходит из строя форсунка или сильно падает давление в аккумуляторе (двигатель «не тянет»).
- Постоянно открытая форсунка приводит к падению давления в камере сгорания до 300 бар, из-за чего двигатель (если его вовремя не остановить) через короткий промежуток времени вышел бы из строя. Сравнение цилиндров с помощью поочередного отсоединения штекеров форсунок невозможно — после отсоединения штекера двигатель останавливается. Для такого способа тестирования необходима дополнительная форсунка, которая подключается к открытому штекеру форсунки (см. рис. 5.8), после чего четырехцилиндровый двигатель работает на трех цилиндрах.
- При внезапном падении давления топлива в системе впрыска двигатель точно так же отключается, поскольку нарушения уплотнения сопряжений могут привести к возгоранию.
- При повышении давления в аккумуляторе свыше 1400 бар также происходит принудительный останов двигателя.
- При выходе из строя электромагнитного клапана регулирования давления не-

возможно устанавливать давление в аккумуляторе. Двигатель останавливается и не может более запускаться.

- При выходе из строя датчика ВМТ на маховике или датчика Холла на распределительном вале двигатель быть запущен не может. Если датчик Холла на распределительном вале отказывает вовремя движения автомобиля, двигатель продолжает работать. Но после остановки больше не запускается.

Если после установки и устранения неисправности каких-либо конструктивных элементов двигатель не запускается, предусматривается определенный порядок проверки. Возможно проведение экспресс-испытания топливоподачи, при котором от форсунок отсоединяются топливопроводы обратного слива топлива и двигатель запускается. После непродолжительного проворачивания коленчатого вала стартером из штуцеров топливопроводов обратного слива форсунок должно выступить небольшое количество топлива. Если этого не происходит, следует проверить, нет ли электрического или гидравлического дефектов. Замеры, требуемые по плану поиска неисправностей (см. рис. 5.9), будут подробно описаны в дальнейшем. При нестабильной работе («толчках») двигателя и кратковременных пропусках впрыскивания топлива во время движения автомобиля после остановки следует проверить подвод напряжения к блоку управления и его контакт с «массой».

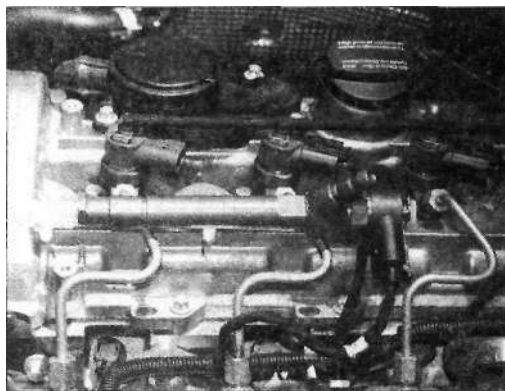


Рис. 5.8. Отключение работы первого цилиндра путем подключения дополнительной форсунки

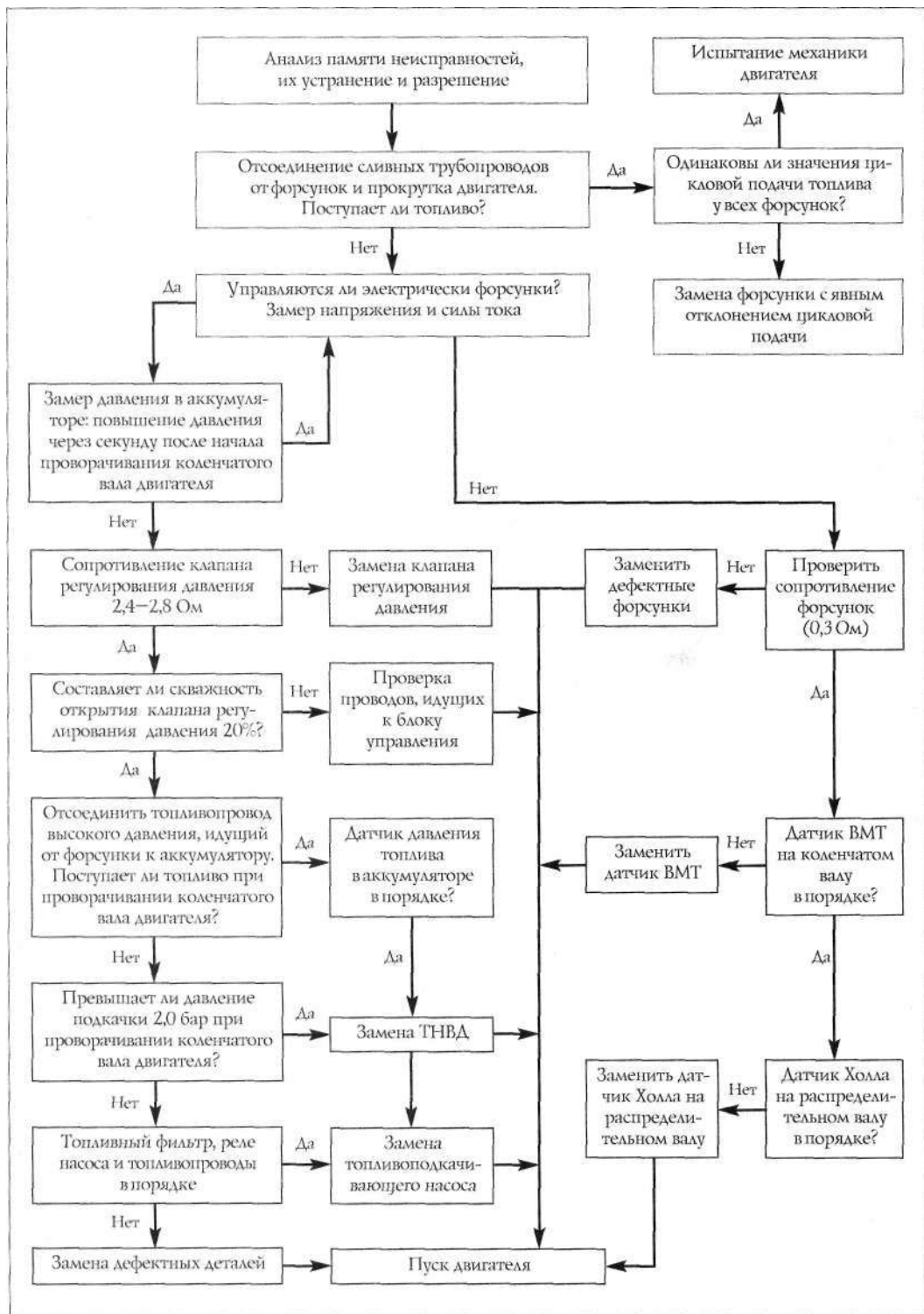


Рис. 5.9. План поиска неисправностей в аккумуляторной системе впрыска топлива

Если с этим все в порядке, «главным подозреваемым» остается датчик педали подачи топлива. Проводящая дорожка потенциометра датчика может быть изношена или повреждена и датчик не будет плавно выдавать изменение нагрузки.

### 5.3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ФОРСУНОК

Если коленчатый вал двигателя начинает вращаться неравномерно, наряду с проверкой механики следует протестировать и форсунки. Первым тестом является описанный уже в разд. 5.1 способ корректирования значений цикловой подачи топлива на режиме холостого хода (см рис. 5.8). Альтернативой может быть метод замера количества топлива, отводимого от форсунок. Для этого топливопроводы обратного слива топлива соединяются, а общий топливопровод запирается зажимом (см. рис. 5.10). Вместо общего топливопровода подсоединяются трубки, идущие к мерному устройству.

Двигатель запускается и работает с той частотой вращения коленчатого вала, которая показалась некомфортной. Через несколько минут сравнивают по цилиндрам количество топлива, ушедшего на слив (см. рис. 5.11).

Различия до 30%, особенно при работе на режиме холостого хода, соответствуют норме. При номинальной частоте вращения коленчатого вала количество топлива на сливе не должно превышать  $150 \text{ см}^3$  в минуту на одну форсунку. Если эта цифра превышена, форсунка дефектна и должна быть заменена. При наличии прибора для измерения расхода топлива, ранее применяемого при эксплуатации системы впрыска топлива K-Jetronic, его можно использовать и для замера количества топлива, сливаемого форсункой (см. рис. 5.12).

Третьей возможностью проверки форсунок является замер дымности ОГ. У исправных двигателей с аккумуляторной системой впрыска топлива дымность ОГ на режиме холостого хода почти равна нулю — замеры автора на большинстве проверяемых двигателей дали значение от 0 до 1%. Если замеренная дымность ОГ на режиме холостого хода составляет 5% или превышает значе-

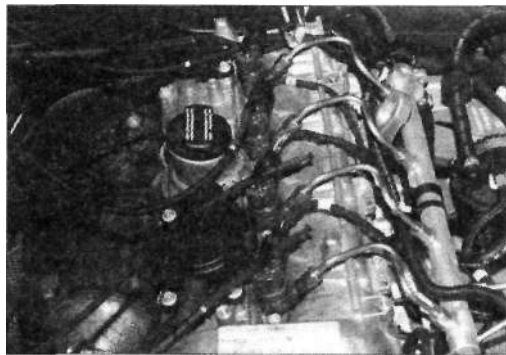


Рис. 5.10. Места подсоединения топливопровода для замера интенсивности обратного слива топлива из форсунок. Стрелкой у четвертой форсунки показан зажим для запираания линии обратного слива топлива



Рис. 5.11. Замер количества топлива, отводимого от форсунок

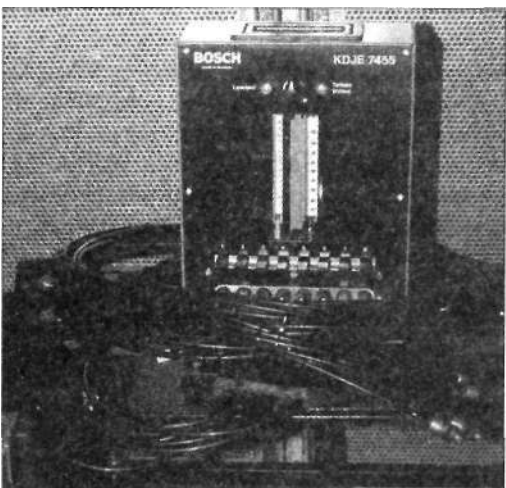


Рис. 5.12. Прибор для измерения расхода топлива может использоваться также для определения количества сливаемого из форсунок топлива

ние коэффициента поглощения по Хартриджу  $\kappa = 0,12 \text{ м}^1$ , можно предположить ухудшение процесса сгорания. Для определения дефектного цилиндра последовательно отключаются один за другим топливопроводы подвода топлива к каждой форсунке с подсоединением дополнительной форсунки. При этом двигатель каждый раз запускается и замеряется дымность ОГ. Тот цилиндр, после отключения которого значение дымности ОГ существенно упало, является дефектным. Если механические дефекты двигателя отсутствуют, причиной неполадок может являться только форсунка. При демонтаже форсунки она не должна выниматься за трубки высокого давления. Следует использовать специальное приспособление с зажимными скобами. Перед установкой на место форсунка должна обрабатываться специальным составом, чтобы она не прикипела к металлу головки блока цилиндров из-за контактной коррозии. При любых работах с элементами системы высокого давления следует точно придерживаться приложенных инструкций. Например, для фиксации форсунок их затягивают крутящим моментом, составляющим для двигателей Mercedes 7 Н-м, а затем доворачивают на  $90^\circ$ . Накладные гайки топливопроводов высокого давления затягивают крутящим моментом  $18 \text{ Н}^*\text{м}$

С использованием дымомера возможны и другие методы проверки аккумуляторной системы впрыска топлива. Значения максимального коэффициента поглощения  $\kappa_{\text{п}}$ , характеризующего величину дымности ОГ, на режимах свободного ускорения, лежат в пределах  $0,3\text{--}1,0 \text{ м}^1$  (см рис. 5.13). При получении больших значений следует проверить поступление воздуха в двигатель, исправность форсунок и датчиков, что оказывает влияние на формирование цикловой подачи топлива. Особенно важно проверить датчик давления в аккумуляторе высокого давления. Если датчик показывает слишком малые значения, блок управления, воздействуя на клапан регулирования давления, повышает давление в аккумуляторе и, соответственно, цикловую подачу топлива. В связи с этим датчик давления в аккумуляторе является базисным элементом для настройки дизельного двигателя.

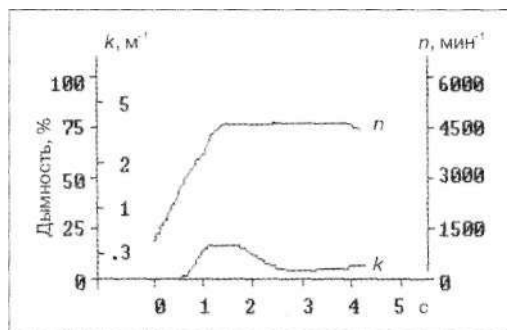


Рис. 5.13. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $\kappa$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  двигателя Mercedes 200 GDI с аккумуляторной системой впрыска топлива при свободном ускорении:  $\kappa_{\text{п}} = 0,44 \text{ м}^1$ ,  $n_{\text{ж}} = 4650 \text{ мин}^1$ , время разгона  $\dot{y} = 1,2 \text{ с}$

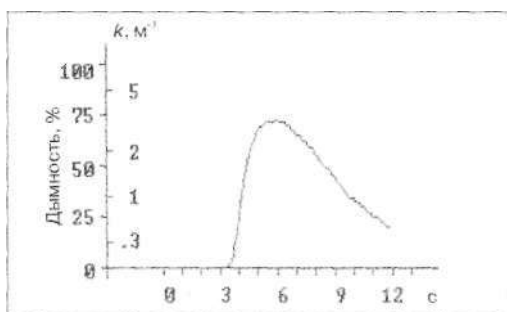


Рис. 5.14. Кривая дымности ОГ (коэффициента поглощения  $\kappa$ ) двигателя с аккумуляторной системой впрыска топлива при холодном пуске двигателя

При пуске прогретого двигателя максимальный коэффициент поглощения  $\kappa_{\text{п}}$  не достигает величины  $0,3 \text{ м}^1$ . Если при пуске холодного двигателя максимальный коэффициент поглощения не увеличивается, добавлением сопротивления примерно  $15 \text{ кОм}$  имитируют на температурном датчике температуру порядка  $-10^\circ \text{C}$ . Если величина дымности изменяется, как показано на рис. 5.14, следует проверить температурный датчик и, по необходимости, его заменить.

#### 5.4. ПРОВЕРКА ДАТЧИКОВ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Большинство датчиков и исполнительных механизмов по конструкции своих элементов идентичны используемым в других системах впрыска топлива бензиновых и ди-

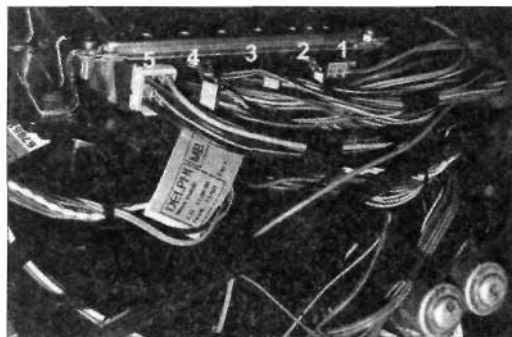


Рис. 5.15. Разъемы (обозначены цифрами) блока управления на двигателе Mercedes

зельных двигателей. Поэтому их испытания одинаковы. Для проверки электрической части датчиков и исполнительных механизмов используется выносной контактный блок; он позволяет проводить измерения непосредственно на электрических выводах блока управления, который коммутируется с электрической схемой системы впрыска топлива через пять разъемов. Разъем 1 (см. рис. 5.15) подает на блок управления напряжение питания. Разъем 2 устанавливает через шину CAN обмен данными с другими блоками управления. Разъем 3 обеспечивает связь с такими конструктивными элементами автомобиля, как датчик педали подачи топлива, датчик давления наддува<sup>на</sup> и редуктор давления для клапана рециркуляции, редуктор давления для обеспечения наддува и перекрытия впускного канала. Разъемы 4 и 5 устанавливают соединение проводов, идущих от двигателя (разъем 4), с проводами, идущими от форсунок (разъем 5). Увеличенное сечение проводов говорит о том, что по ним протекают большие токи.

### 5.5. ДАТЧИКИ ПОЛОЖЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛОВ

Для точной установки момента начала впрыскивания топлива блок управления должен определять положение как коленчатого, так и распределительного валов, т. к. форсунки должны регулироваться отдельно. Применительно к коленчатому валу двигателя используется индуктивный датчик

положения коленчатого вала, называемый также датчиком ВМТ. Колесо датчика крепится на маховике и содержит 60 минус 2 зуба. Расстояние между зубьями, таким образом, составляет  $6^\circ$  угла поворота коленчатого вала. Положению ВМТ поршня соответствует выемка в колесе, образованная отсутствием двух зубьев, благодаря чему датчиком вырабатывается сигнал, который может быть отображен на осциллографе (см. рис. 5.16). Если сигнал отсутствует, двигатель не запустится. В этом случае следует проверить сопротивление датчика ВМТ (требуемое значение для двигателя Mercedes — 800 Ом). При слабом сигнале проверяется положение датчика относительно колеса на маховике. Образование слишком большого зазора между датчиком и колесом вызывает трудности при запуске двигателя. Этот зазор должен составлять от 1,0 до 1,5 мм.

Для идентификации цилиндров двигателя блоку управления необходим сигнал от датчика положения распределительного вала, в качестве которого используется датчик Холла. На двигателях Mercedes он устанавливается перед диском с прорезями, закрепляемом на выпускном распределительном валу вблизи четвертого цилиндра, на двигателях FIAT и Peugeot — перед диском с прорезями, вмонтированным в шестерню распределительного вала. К двум крайним клеммам датчика Холла подводится напряжение 5,0 В. При подключении осциллографа к средней клемме датчика и «массе» можно снять прямоугольный сигнал (см. рис. 5.17 и 5.18). При отсутствии сигнала двигатель не запускается. Если

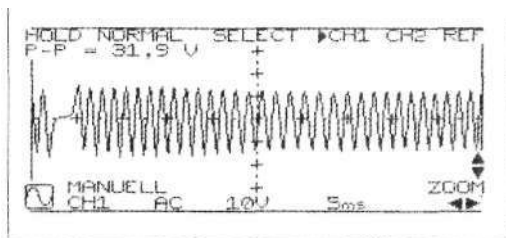


Рис. 5.16. Сигнал датчика ВМТ при частоте вращения коленчатого вала на режиме холостого хода

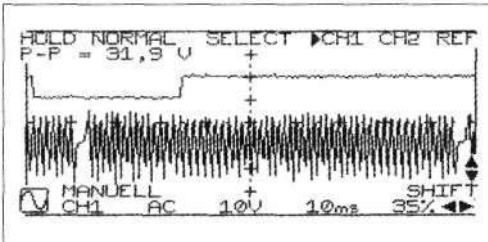


Рис. 5.17. Сигналы датчиков положения коленчатого и распределительного валов

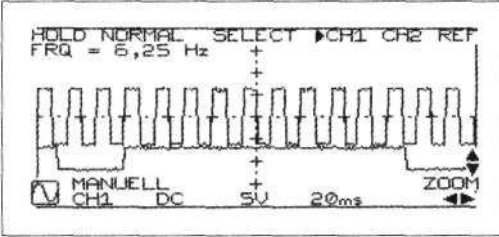


Рис. 5.18. Сигнал датчиков Холла и частоты вращения коленчатого вала двигателя. Последний замеряется подсоединением к выводу 13 диагностического разъема и «массе» (6 импульсов на 1 оборот коленчатого вала)

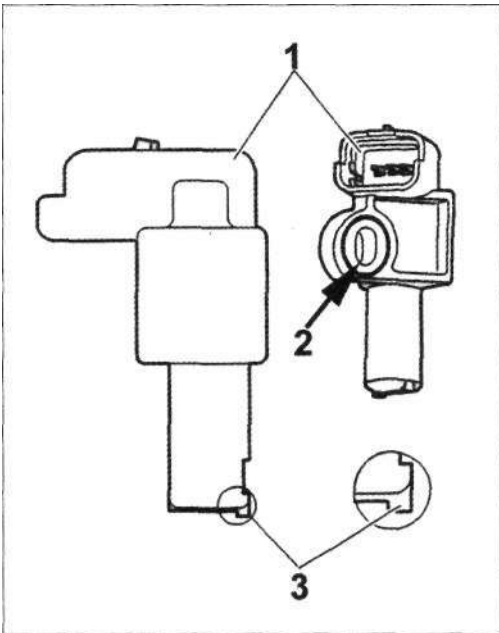


Рис. 5.19. Датчик положения распределительного вала двигателя Peugeot HDI (источник — Peugeot Deutschland [7]): 1 — электрический разъем; 2 — монтажное отверстие; 3 — пластмассовый выступ (имеется только у новых датчиков)

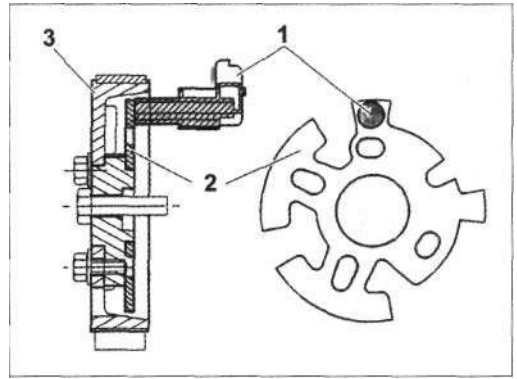


Рис. 5.20. Датчик положения распределительного вала двигателя Peugeot HDI (источник — Peugeot Deutschland [7]): 1 — датчик; 2 — диск с прорезями, 3 — шестерня распределительного вала

датчик Холла выходит из строя во время движения автомобиля, двигатель продолжает работать до следующей его остановки. Прежде чем заменить датчик Холла, следует вольтметром проверить на двух крайних клеммах напряжение питания (оно должно составлять 5 В). У двигателей Peugeot при установке датчика Холла между датчиком и диском с прорезями должен выдерживаться зазор 1,2 — 1,3 мм (рис. 5.19). Новые датчики имеют пластмассовый выступ (см. рис. 5.19), обеспечивающий при установке датчика соблюдение требуемого зазора между датчиком и диском с прорезями. Датчик при монтаже доводится почти до касания диска с прорезями. Во время первого пуска двигателя пластмассовый выступ стачивается. При установке датчика, не имеющего пластмассового выступа, следует использовать шуп толщиной 1,2 мм. В соответствии с используемой формой диска с прорезями, в двигателях Peugeot датчик Холла передает два коротких и два длинных сигнала. Диск должен иметь такую форму (см. рис. 5.20), которая обеспечивает наиболее быстрое распознавание углового положения поршней в цилиндрах при пуске двигателя.

У всех двигателей датчик давления аккумулятора высокого давления устанавливается в аккумуляторе, выдавая в зависимости от давления сигнал напряжения (см. рис. 5.21). Две крайних клеммы датчика

служат для подвода напряжения питания 5 В. Средняя клемма выдает сигнал напряжения от 0,3 до 4,5 В.

При отказе датчика блок управления повышает давление в аккумуляторе, например, на режиме холостого хода от 250 до 400 бар. При этом двигатель реагирует на повышение давления более жесткой работой. Двигатель запускается при неисправном датчике давления в аккумуляторе.

Поэтому простой возможностью тестирования является отсоединение штекера на работающем двигателе. Если двигатель с отсоединенным штекером начинает работать существенно жестче, а после подсоединения — снова мягче, ясно, что датчик выдает сигнал. Если двигатель работает жестко и не реагирует на отсоединение штекера, значит, датчик неисправен. Однако перед заменой датчика (момент затяжки 35 Н·м) следует определить, подается ли напряжение питания 5 В. Тестирование срабатывания датчика возможно только при специальных стационарных лабораторных испытаниях. Однако в конкретных условиях эксплуатации сигнал напряжения должен иметь определенную величину. Если сигнал напряжения на неработающем двигателе, на режимах холостого хода и свободного ускорения имеет разницу, не превышающую предписанную, и наблюдается штатная характеристика клапана регулирования давления, можно предположить, что датчик давления в аккумуляторе исправен.

Для проверки датчика давления подсоединяют вольтметр или осциллограф с промежуточными клеммами к сигнальным выводам (рис. 5.22) и включают выключатель стартера и свечи накаливания. Напряжение при этом должно находиться в диапазоне 0,3—0,5 В. На режиме холостого хода оно должно составлять от 1,2 до 1,3 В. Для проверки в области высоких давлений переходят на режимы свободного ускорения (рис. 5.23). В этом случае сигнал напряжения должен достичь максимальной величины свыше 4 В. Если датчик давления в аккумуляторе в порядке, можно проверить также повышение давления, например, при пуске двигателя (рис. 5.24). С чувствитель-

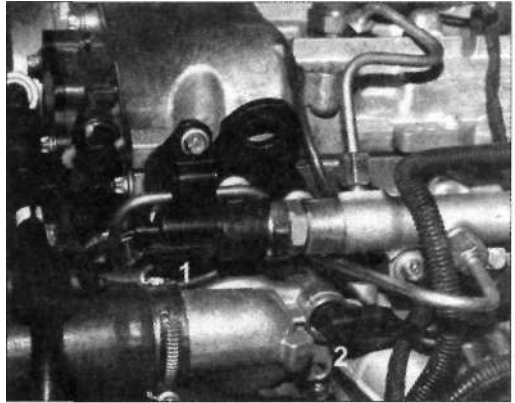


Рис. 5.21. Датчик (1) давления в аккумуляторе двигателя Mercedes, ниже которого расположен датчик (2) температуры охлаждающей жидкости

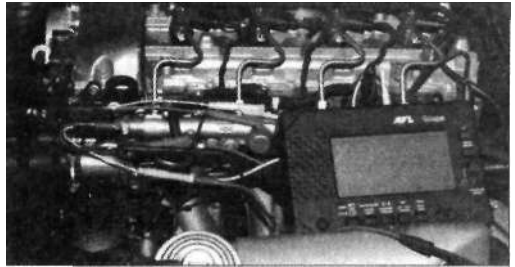


Рис. 5.22. Подсоединение осциллографа к датчику давления в аккумуляторе

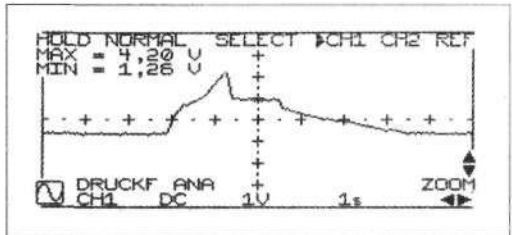


Рис. 5.23. Кривая напряжения в датчике давления в аккумуляторе при свободном ускорении

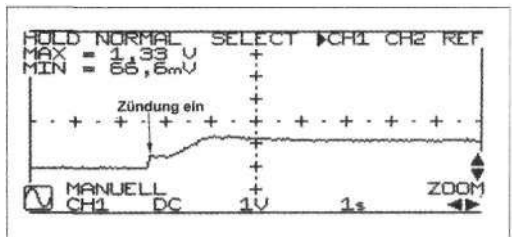


Рис. 5.24. Изменение напряжения в датчике давления в аккумуляторе при пуске двигателя

ным осциллографом можно также засечь протекание давления в аккумуляторе на режиме холостого хода (рис. 5.25). Протекание давления в аккумуляторе должно измениться при серьезных неполадках в гидравлике (рис. 5.26).

В качестве датчика массового расхода воздуха используется пленочный термоанемометр, который служит для косвенного контроля рециркуляции ОГ и (в зависимости от конструкции двигателя) для ограничения выброса черного дыма при полной нагрузке. Пленочный датчик имеет два уровня напряжения: 5 В — для электроники; бортовое напряжение — для нагрева. Он выдает на блок

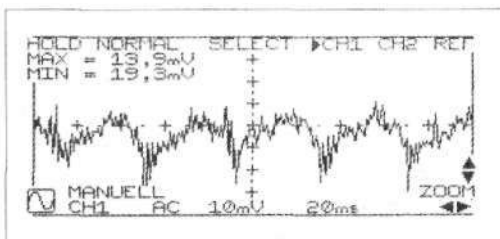


Рис. 5.25. Изменение напряжения в датчике давления в аккумуляторе на режиме холостого хода

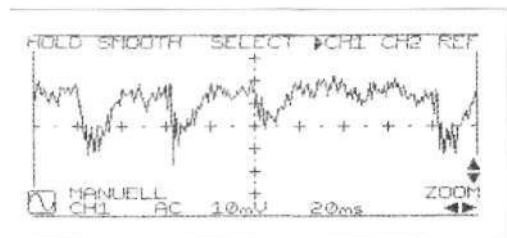


Рис. 5.26. Изменение напряжения в датчике давления в аккумуляторе на режиме холостого хода и при неработающей первой форсунке

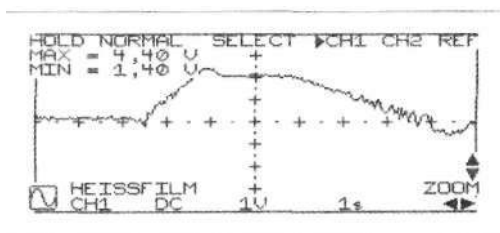


Рис. 5.27. Протекание напряжения в датчике массового расхода воздуха при свободном ускорении (двигатель Mercedes 200 CDI)

управления напряжение сигнала, которое в зависимости от расхода воздуха находится в диапазоне между 1,0 В при неработающем двигателе и 4,5 В при максимальном расходе воздуха. Если становится известно о недоборе мощности и в памяти неисправности обнаруживается информация о дефекте датчика расхода воздуха, следует перед его заменой проверить напряжение питания на отсоединенном штекере. К сожалению, датчики расхода воздуха могут быть неисправны только частично. В таких случаях напряжение сигнала может быть просто недостоверным. Поэтому необходимо иметь контрольные параметры для нескольких эксплуатационных режимов, как это показано в табл. 5.2 и на рис. 5.27 для двигателя Mercedes 200 CDI. Эти параметры хотя и подобны для всех двигателей, однако не могут быть прямо перенесены с одной модели двигателя на другую.

При исправном датчике расхода воздуха может быть проверена правильность функционирования клапана рециркуляции ОГ. Для этого подсоединяется осциллограф или вольтметр к клеммам датчика расхода воздуха и устанавливаются частота оборотов коленчатого вала двигателя примерно 2000 мин<sup>-1</sup>, при которой должен полностью открываться клапан рециркуляции ОГ. При снятии трубопровода разрежения с клапана рециркуляции ОГ напряжение сигнала должно резко возрасти, т. к. теперь никакая часть всасываемого воздуха больше не заме-

Таблица 5.2. Контрольные параметры напряжения сигнала датчика массового расхода воздуха для нескольких эксплуатационных режимов (двигатель Mercedes 200 CDI). Условия замера: рециркуляция ОГ отключена, электрические потребители и кондиционер отключены, клапан рециркуляции ОГ и турбокомпрессор — исправны

Частота оборотов коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	Напряжение, В
Выключатель стартера и свечей накаливания включен, двигатель не работает	1,0
750	2,0-2,2
1500	2,7-2,9
2000	3,0-3,2
3000	3,3-3,5
4000	3,6-3,8

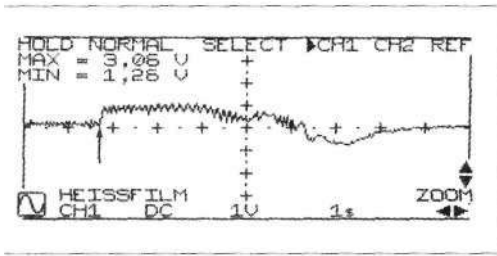


Рис. 5.28. Протекание напряжения в датчике массового расхода воздуха при испытании клапана рециркуляции ОТ. Стрелкой показан скачок напряжения 1,0 В после посадки клапана рециркуляции ОТ

няется отработавшими газами (рис. 5.28). Если напряжение совсем не повышается или растет медленно, клапан рециркуляции ОГ не герметичен или работает с механическими или электрическими неисправностями.

#### Датчики температуры

На двигателях с аккумуляторной системой впрыска топлива замеряют температуру охлаждающей жидкости, воздуха на впуске и топлива. Двигатели Mercedes датчика температуры топлива не имеют. В качестве температурных датчиков используются резисторы с отрицательным температурным коэффициентом (например, при 20 °С сопротивление составляет от 2200 до 2600 Ом, при 80 °С — от 260 до 320 Ом).

Блок управления в зависимости от температуры охлаждающеP! жидкости устанавливает продолжительность работы свечей накаливания и величину пусковой подачи топлива. Начиная с температуры охлаждающей жидкости 110 °С, срабатывает защита от перегрева двигателя. Для исключения поломки цикловая подача уменьшается до тех пор, пока температура не упадет до предельно допустимой. Превышение температуры не отражается в памяти неисправностей. В случае появления рывков при продолжительной езде на режиме полной нагрузки следует проверить систему охлаждения двигателя.

Датчик температуры воздуха на впуске находится в измерителе расхода воздуха (Peugeot, FIAT) или во впускном трубопроводе (Mercedes) и служит вместе с показателем

давления наддува для расчета количества воздуха на впуске и управления турбокомпрессором. Слишком высокая температура воздуха на впуске уменьшает цикловую подачу топлива.

Датчик температуры топлива имеется только у двигателей Peugeot и FIAT. Начиная с температуры 110 °С срабатывает включение элемента для снижайя-температуры топлива.

Датчик положения педали -подачи топлива информирует блок управления о желаемой водителем нагрузке на двигатель. Одинарный или двойной (у некоторых производителей автомобилей) потенциометр находится непосредственно на педали подачи топлива или приводится тягой, находясь в моторном отсеке (рис. 5.29). На двигателях Peugeot и Mercedes для повышения надежности эксплуатации применяется сдублированный датчик положения педали подачи топлива, имеющий два датчика Холла, которые питаются от блока управления напряжением 5 В. Датчики Холла подвергаются проверке на шумы (искажения электриче-



Рис. 5.29. Датчик положения педали подачи топлива, расположенный в моторном отсеке двигателя Mercedes, работает с двумя датчиками Холла

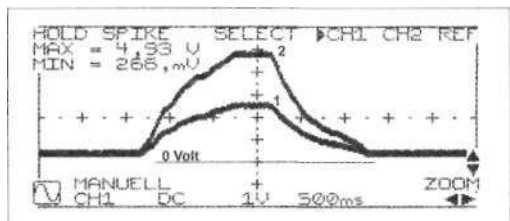


Рис. 5.30. Проверка датчика положения педали подачи топлива на шумы (двигатель Mercedes 220 CDI). Величина напряжения на датчике Холла 2 должна быть вдвое больше, чем на датчике Холла 1

ского сигнала). Для этого подсоединяют осциллограф на выход сигнала датчика положения педали подачи топлива и «массу», потом при включенном выключателе стартера и свечей накаливания медленно нажимают педаль подачи топлива. Если регистрируется падение напряжения, как показано на рис. 5.30, датчик — в порядке. Если на кривых напряжения возникают небольшие и нерегулярные возмущения, датчик должен быть заменен. В противном случае следует ожидать сильных рывков при движении автомобиля. В таких случаях диагноз не может быть установлен самодиагностикой, поскольку напряжение датчика не превышает допустимого диапазона от 0,2 до 4,7 В.

Определить ошибку по таблице неисправностей также сложно. Только при полном выходе датчика из строя блоком управления фиксируется ошибка и повышается частота оборотов коленчатого вала на режиме холостого хода, для того чтобы водитель мог доехать до автомастерской.

## 5.6. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Электромагнитный клапан регулирования давления вворачивается в корпус с торцевой стороны аккумулятора (рис. 5.31) или в корпус ТНВД (Peugeot, FIAT; рис. 5.4). Если клапан регулирования давления становится неуправляемым, двигатель не запускается. Поскольку силой пружины клапана может быть создано давление лишь до 100 бар, при проблемах пуска двигателя следует искать электрические и гидравлические дефекты клапана. Электрическая цепь клапана проверяется по величине сопротивления и наличию сигнала на осциллографе. Сопро-

тивление катушки индуктивности клапана должно составлять от 2,4 до 2,8 Ом и бесконечность — при замыкании на «массу». Для того чтобы определить электрическую управляемость клапана, осциллограф подключается к его обеим клеммам (рис. 5.31). При неработающем двигателе и включенном выключателе стартера и свечей накаливания скважность управляющего сигнала клапана должна составлять порядка 22% (рис. 5.32), а на режиме холостого хода — порядка 17% (рис. 5.33) с точностью до 2%.

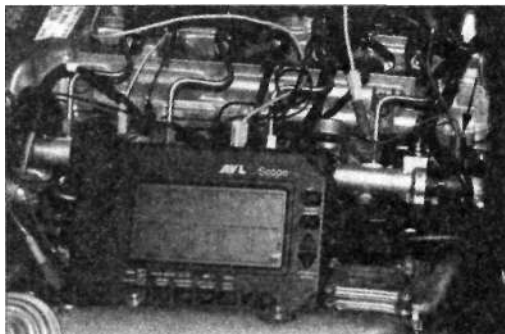


Рис. 5.31. Подключение осциллографа к электромагнитному клапану регулирования давления

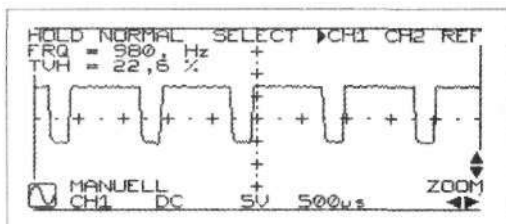


Рис. 5.32. Скважность управляющего сигнала электромагнитного клапана регулирования давления при неработающем двигателе и включенном выключателе стартера и свечей накаливания

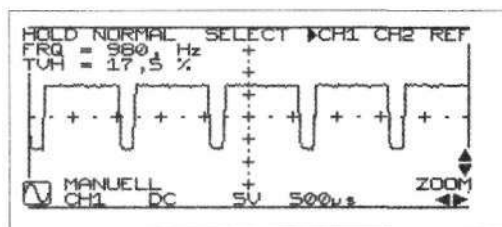


Рис. 5.33. Скважность управляющего сигнала, электромагнитного клапана регулирования давления на режиме холостого хода

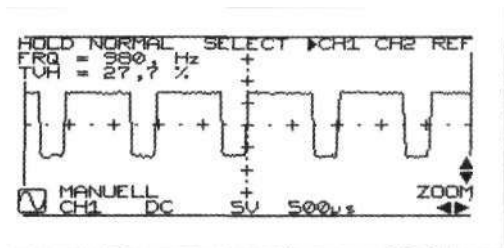


Рис. 5.34. Скважность управляющего сигнала электромагнитного клапана регулирования давления на средних частотах вращения коленчатого вала

С увеличением оборотов коленчатого вала скважность должна возрастать (рис. 5.34). Если скважность не определяется, следует проверить проводку к блоку управления и определить по памяти неисправностей причину неполадки, которой может быть, например, несанкционированное включение защиты автомобиля от угона. Гидравлическая проверка клапана проводится по датчику давления. Давление в аккумуляторе и скважность клапана должны находиться в определенном соотношении друг с другом. Если значение скважности, например на режиме холостого хода, слишком большое, можно сделать вывод о нарушениях уплотнения сопряжений в системе высокого давления или о дефекте в датчике давления. В этом случае следует последовательно исключать ряд неисправностей — например, датчика давления и форсунок путем определения количества топлива на линии обратного слива или испытанием регулирования равномерности работы на режиме холостого хода. На двигателях Peugeot и FIAT невозможно определить конкретную причину выхода из строя клапана регулирования давления. Он может быть заменен только вместе с ТНВД.

Форсунка управляется электрогидравлическим способом с применением встроенного в нее электромагнитного клапана. Этот способ управления обеспечивает быстрое открытие иглы распылителя. Таким образом, становится возможным осуществлять предварительное впрыскивание топлива, а в будущих модификациях двигателей — обеспечить также и дополнительное впрыскивание.

Гидравлические испытания форсунок описаны в разд. 5.3. Электрическая проверка форсунок происходит путем замера сопротивления, силы тока или напряжения. Сопротивление катушки индуктивности электромагнитного клапана форсунки должно составлять 0,3 Ом и бесконечность при замыкании на «массу». Самым быстрым и результативным способом испытания является определение силы тока в форсунке с помощью токоизмерительных клещей. Сила тока может быть измерена подсоединением дополнительного провода к форсунке (рис. 5.35) или блоку управления (см. рис. 5.15). При работающем двигателе можно наблюдать типичное протекание силы тока в процессе впрыскивания топлива, управляемом электромагнитным

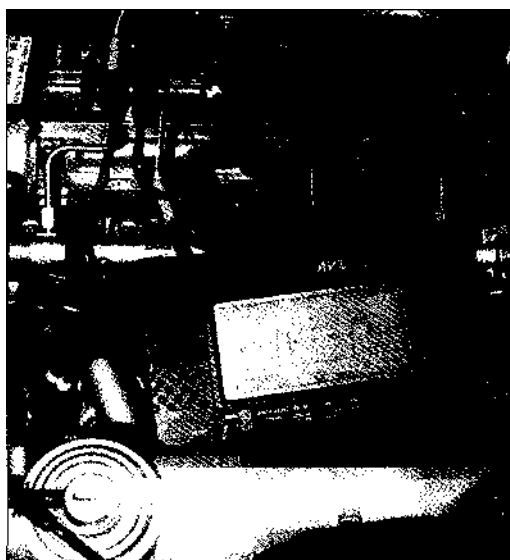


Рис. 5.35. Установка токоизмерительных клещей для измерения силы тока в форсунке

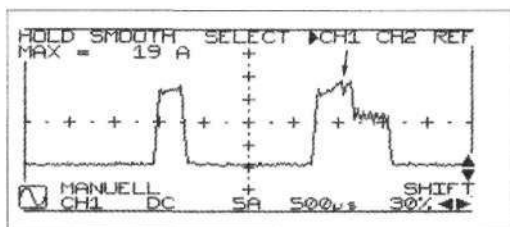


Рис. 5.36. Кривая изменения силы тока в форсунке при нажатии педали подачи топлива

клапаном (рис. 5.36). В начальной стадии процесса впрыскивания топлива возникает сила тока от 19 до 20 А, которая должна обеспечивать быстрое открытие электромагнитного клапана. Большое значение подводимого тока становится возможным благодаря разрядке конденсатора, который заряжается между процессами впрыскивания топлива до напряжения 70 В. Через 0,4 мс якорь электромагнитного клапана доходит до упора, что регистрируется коротким уменьшением силы тока (показано стрелкой, рис. 5.36). Затем сила тока устанавливается на уровне так называемого тока удержания, составляющего от 11 до 12 А. Более низкий уровень тока удержания облегчает быстрое закрытие электромагнитного клапана. При предварительном впрыскивании топлива после закрытия электромагнитного клапана ток отключается. Если при предвпрыскивании топлива продолжительность управления всегда равна 0,4 мс, во время основной впрыскивания топлива она зависит от нагрузки двигателя (рис. 5.37). Если установить уровень запуска развертки осциллографа ниже 6 А, можно наблюдать зарядные импульсы, которые соответствуют процессу зарядки конденсаторов между последовательными процессами впрыскивания топлива (рис. 5.38). Катушка индуктивности управляется импульсами тока силой 6 А. Этой величины недостаточно для открытия электромагнитного клапана. Напряжения, возникающего при отключении катушки индуктивности, достаточно для зарядки конденсатора.

Если осциллограф отсутствует, проверить форсунку можно вольтметром, замеряя напряжение на клеммах форсунки, с тем чтобы понять, подаются ли на форсунку сигналы управления (рис. 5.39-5.41). Для грубой проверки форсунки к ее клеммам может быть подключена светодиодная испытательная лампа. При пуске двигателя светодиоды лампы должны мигать. Не следует использовать для этого обычную лампу накаливания!

Остальные исполнительные механизмы, используемые в аккумуляторной системе впрыска топлива, конструктивно во мно-

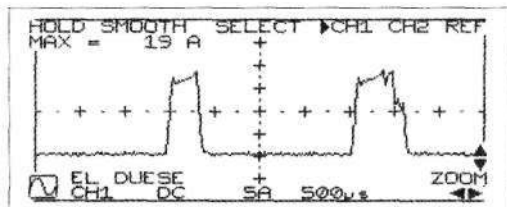


Рис. 5.37. Протекание силы тока в форсунке на режиме холостого хода

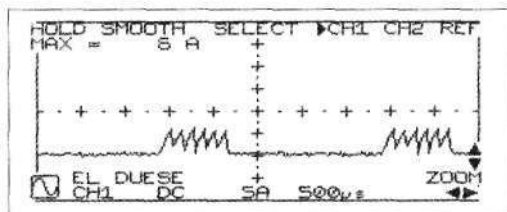


Рис. 5.38. Зарядные импульсы силы тока между процессами впрыскивания топлива

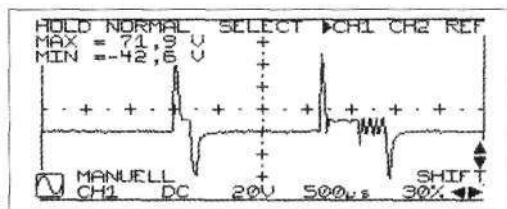


Рис. 5.39. Кривая изменения напряжения в форсунке при резком однократном нажатии педали подачи топлива

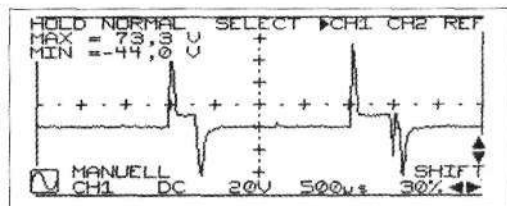


Рис. 5.40. Кривая изменения напряжения в форсунке на режиме холостого хода

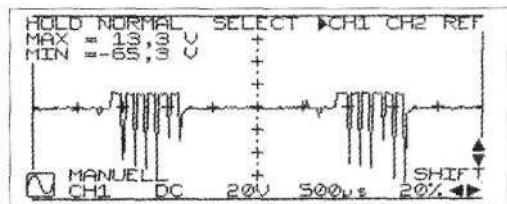


Рис. 5.41. Зарядные импульсы напряжения в форсунке между процессами впрыскивания топлива

гом схожи с описанными выше. Речь идет об электромагнитных клапанах, которые управляются либо двухпозиционными модулями, либо путем варьирования скважности управляющего сигнала. В первом случае для электрической проверки электромагнитных клапанов достаточно применить многофункциональный тестер. В обесточенном состоянии электромагнитный клапан открыт, а при останове двигателя запитывается бортовым напряжением. Сопротивление катушки индуктивности клапана должно находиться в диапазоне от 12 до 15 Ом. Регулирование канала подачи воздуха на двигателе Mercedes можно отслеживать визуально. Тяга, располагаемая ниже впускного канала подачи воздуха, должна приходить в движение при частоте вращения коленчатого вала свыше 2200 мин<sup>-1</sup>. Сопротивление катушки индуктивности регулирующего клапана должно составлять от 28 до 30 Ом. Регулятор давления для подвода рециркулирующих ОГ и регулирования давления наддува управляются путем изменения скважности управляющего сигнала. При проверке рециркуляции ОГ на двигателе Mercedes достаточно внешнего осмотра, т.к. параллельно открываются и закрываются клапан рециркуляции ОГ и дроссельная заслонка (рис. 5.42). При средних частотах вращения коленчатого вала дроссельная заслонка должна закрываться. Для электрической проверки редуктора давления рециркуляции ОГ осциллограф подключается к проводу включения блока управления и «массе». Величина скважности управляющего сигнала находится в пределах между 5% (клапан рециркуляции ОГ отключен, рис. 5.43) и 80% (клапан рециркуляции ОГ полностью включен, рис. 5.44). Катушка индуктивности редуктора давления должна иметь сопротивление от 13 до 15 Ом. Проверка клапана рециркуляции ОГ на качество уплотнения сопряжений должна проводиться либо замером расхода воздуха, либо по уровню дымности ОГ. Если устанавливать режимы свободного ускорения при полностью открытым клапане рециркуляции ОГ,

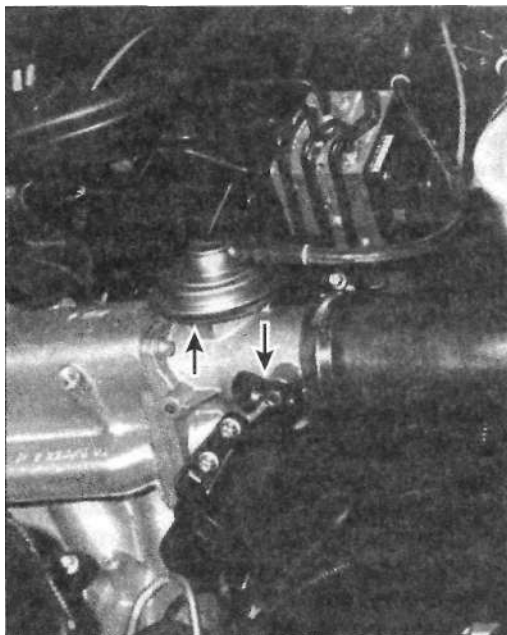


Рис. 5.42. Клапан рециркуляции ОГ и пневматически управляемая дроссельная заслонка двигателя Mercedes

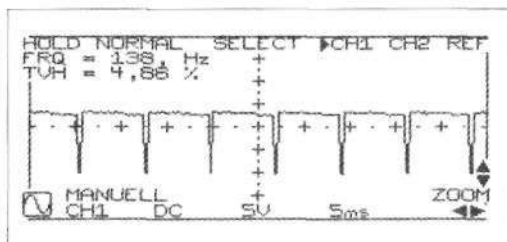


Рис. 5.43. Скважность управляющего сигнала при отключенной рециркуляции ОГ

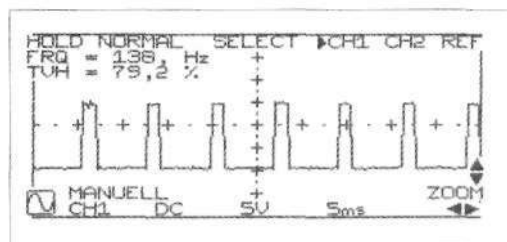


Рис. 5.44. Скважность управляющего сигнала при полностью открытом клапане рециркуляции ОГ

двигатель должен реагировать на это либо повышенной дымностью ОГ, либо слишком медленным повышением частоты

вращения коленчатого вала. Если не возникает никаких изменений, клапан неисправен.

Давление наддува регулируется также электропневматически. При обесточенном электропневматическом преобразователе давления перепускной клапан турбокомпрессора открыт. В зависимости от выбранной характеристики управления турбокомпрессором перепускной клапан, под действием электропневматического преобразователя давления, прикрывается при определенном разрежении, что сопровождается повышением давления наддува до наступления требуемого значения наддува (рис. 5.45). Для снижения давления наддува скважность управляющего сигнала электропневматического преобразователя давления должна быть уменьшена (рис. 5.46). Сопротивление катушки индуктивности электропневматического преобразователя давления должно составлять от 13 до 15 Ом.

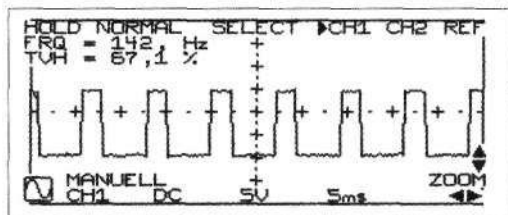


Рис. 5.45. Скважность управляющего сигнала электропневматического преобразователя давления, необходимая для прикрытия перепускного клапана до достижения требуемого давления наддува

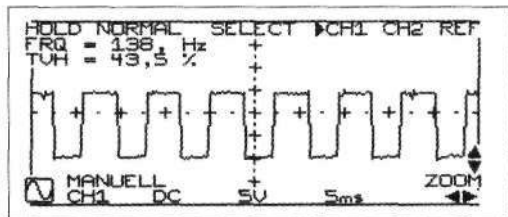


Рис. 5.46. Скважность управляющего сигнала электропневматического преобразователя давления снижена для уменьшения давления наддува

# СИСТЕМА С НАСОС-ФОРСУНКАМИ ФИРМЫ LUCAS/DELPHI

В конкурентном соревновании дизельных систем впрыска топлива система с насос-форсунками, наряду с аккумуляторной системой впрыска топлива, вытеснила с первого места популярности классические системы впрыска. Система с насос-форсунками, несколько десятилетий используемая в США в качестве стандартной для грузовых автомобилей, по сравнению с другими системами впрыска топлива имеет ряд преимуществ, которые выражаются в снижении вредных объемов и высоком гидравлическом КПД, поскольку высокое давление сосредоточено только в форсунке. Из-за меньших потерь на перепуск топлива на линии высокого давления достигается меньший, чем даже в двигателях с аккумуляторной системой, удельный расход топ-

лива. Давление впрыскивания в системе с насос-форсунками, необходимое для существенного снижения выброса с ОГ твердых частиц и повышения крутящего момента, приближается к 2000 бар.

Со времени, когда производители дизелей стали снижать шум двигателя применением предварительного впрыскивания, насос-форсунки начали применять также и на двигателях легковых автомобилей. Фирма Volkswagen использует насос-форсунки Bosch (см. разд. 7). Фирма Land Rover на своем пятицилиндровом дизеле устанавливает насос-форсунки Lucas/Delphi (рис. 1) — диагностирование такой системы описано в разд. 6.1. Система с насос-форсунками, используемая на грузовых автомобилях Volvo, рассмотрена в разд. 6.2.



Рис. 6.1. Насос-форсунки Lucas/Delphi в головке блока цилиндров пятицилиндрового двигателя Land Rover

## 6.1. СИСТЕМА С НАСОС-ФОРСУНКАМИ АВТОМОБИЛЕЙ LAND ROVER

### Система подачи топлива

Нагнетание топлива в контуре низкого давления происходит под действием двухступенчатого электрического топливоподкачивающего насоса с роликовыми лопатками. Первая ступень насоса нагнетает топливо под низким давлением через фильтр тонкой очистки топлива (10, рис. 6.2). Очищенное топливо подводится ко второй секции подкачки, которая нагнетает его уже под давлением 4 бар по топливопроводу к мембранному регулятору давления топлива (13, рис. 6.2), который при давлениях свыше 4 бар открывает выход к топливопроводу обратного слива топлива (2, рис. 6.3). Регулятор давления топлива установлен на месте, где должна была бы располагаться свеча накаливания пятого цилиндра (таким образом, при холодном пуске двигателя нагреву подвергаются только четыре цилиндра). От регулятора

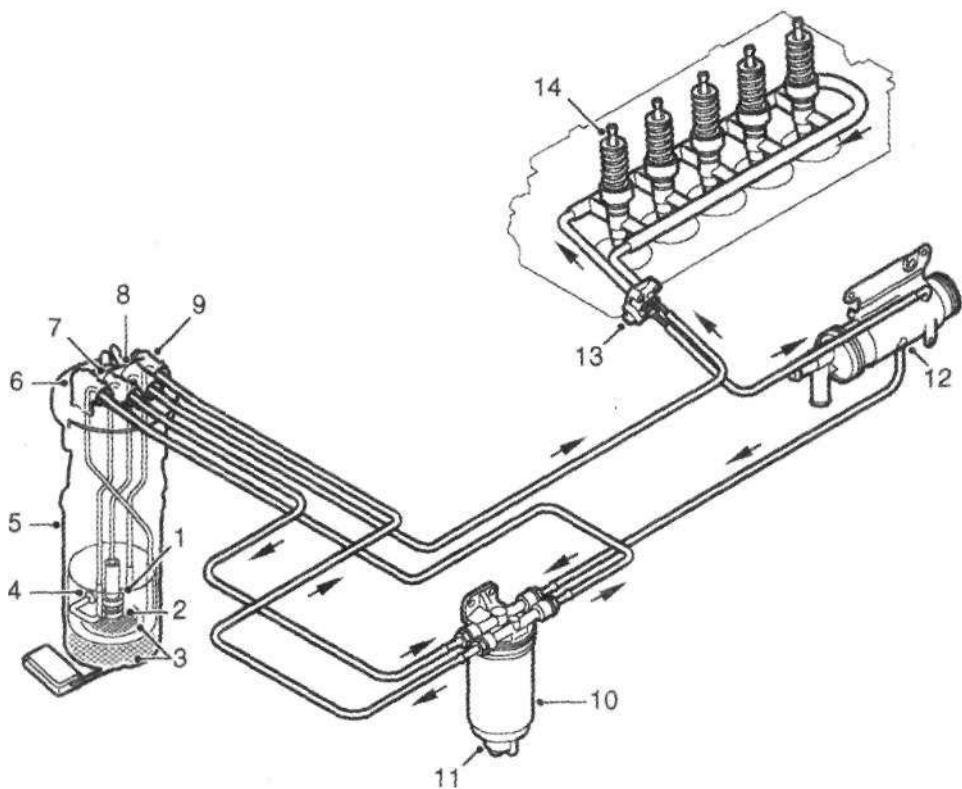


Рис. 6.2. Система подачи топлива двигателя land Rover ( источник: Rover Deutschland [ 10]): 1 — секция давления подкачки топлива (4,0 бар); 2 — секция низкого давления (0,75 бар); 3 — фильтр грубой очистки топлива; 4 — топливоподкачивающий насос; 5 — погружной топливоподкачивающий насос с датчиком уровня топлива; 6 — обратный слив топлива на линии низкого давления; 7 — подвод топлива на линии высокого давления; 8 — подвод топлива на линии высокого давления; 9 — устройство устранения воздушных пробок в топливопроводе; 10 — фильтр тонкой очистки топлива; 11 — датчик наличия воды в водоотделителе; 12 — охладитель топлива; 13 — регулятор давления топлива; 14 — насос-форсунка



Рис. 6.3. Регулятор давления топлива: 1 — топливопровод подвода топлива; 2 — топливопровод обратного слива топлива; 3 — датчик замера температуры топлива



Рис. 6.4. Охладитель топлива, представляющий собой теплообменник. Стрелками указаны подсоединения трубопроводов для подачи и отвода охлаждающей жидкости

давления топливо направляется по кольцевому каналу подвода топлива к насос-форсункам, а от них через охладитель топлива (12, рис.6.2 и рис. 6.4) — обратно в топливный бак.

### Система датчиков

Важнейшим датчиком системы с насос-форсунками является датчик ВМТ, по которому определяются частота вращения и угловое положение коленчатого вала. По угловому положению коленчатого вала блок управления адресно управляет электромагнитными клапанами насос-форсунок. Для двигателя с нечетным числом цилиндров мертвые точки в разных цилиндрах не совпадают. Для быстрого распознавания углового положения коленчатого вала на маховике имеются группы отверстий-меток с неравными интервалами (рис. 6.5). Разница в продолжительности показаний датчика между ВМТ процесса сгорания в цилиндре и ВМТ процесса газообмена служит для распознавания блоком управления различий в скорости движущегося вверх поршня — на такте сжатия движение поршня, из-за работы на сжатие, сильно замедляется, на такте выпуска этого не происходит. Благодаря этой функции фирма Land Rover смогла отказаться от использования датчика на распределительном валу. При отсутствии или нечетком сигнале датчика ВМТ двигатель не запускается.



Рис. 6.5. Распределение отверстий-меток на маховике пятицилиндрового двигателя (источник: Rover Deutschland [11])

По показаниям датчика педали подачи топлива блок управления получает информацию от водителя о заданном уровне нагрузки на двигатель. Датчик снабжен двухходовым потенциометром с подачей сигналов напряжения с противоположной полярностью (рис. 6.37). Суммированием обоих сигналов напряжения блок управления устанавливает нарушение работы датчика.

Для расчета цикловой подачи топлива на режиме полной нагрузки используются сигналы датчиков давления наддува и температуры воздуха на впуске. Оба датчика объединены в одном корпусе и расположены во впускном трубопроводе (рис. 6.6). С использованием сигнала датчика атмосферного давления (рис. 6.7) предотвраща-

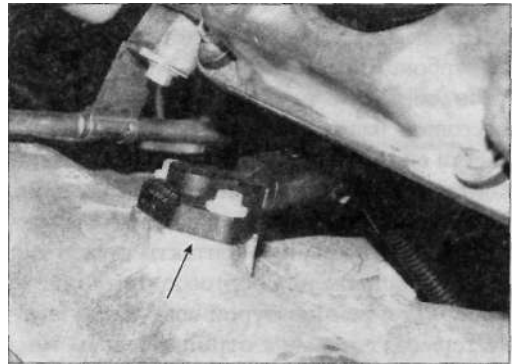


Рис. 6.6. Датчики давления и температуры воздуха на впуске объединены в одном корпусе (показан стрелкой)

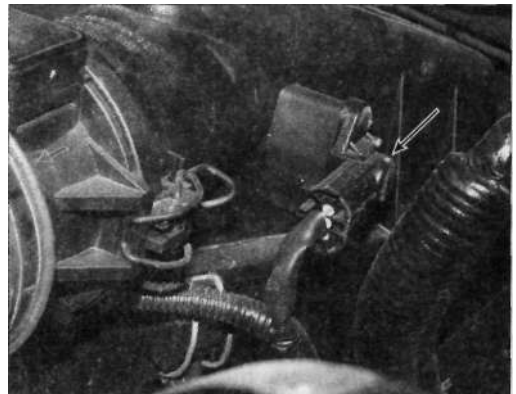
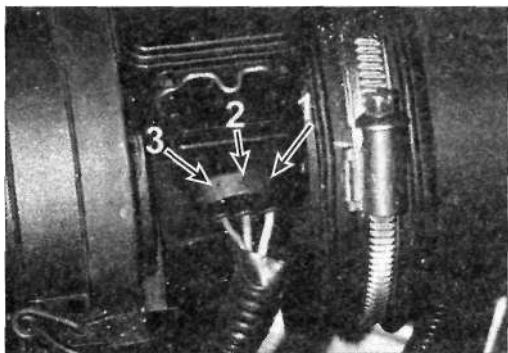


Рис. 6.7. Датчик атмосферного давления (показан стрелкой) находится в корпусе воздушного фильтра



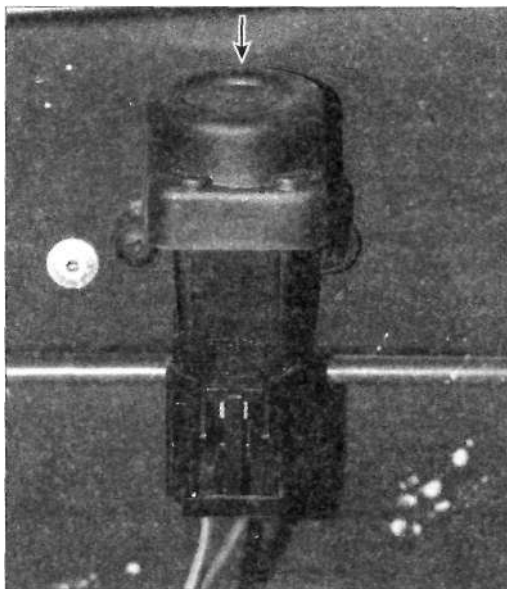
*Рис. 6.8. Термопленочный датчик массового расхода воздуха. Выводы 1 («-») и 3 («+») служат для подвода напряжения питания от бортовой сети. Напряжение сигнала, соответствующее значению массового расхода воздуха, может быть измерено на выводах 1 и 2*

ется чрезмерное дымление ОГ на больших высотах над уровнем моря и при перегрузке турбокомпрессора.

По сигналам термопленочного датчика массового расхода воздуха контролируется работа системы рециркуляции ОГ. Средний контакт датчика выдает сигнал напряжения, соответствующий проходящей массе воздуха (рис. 6.8), а крайние контакты служат для подвода напряжения бортового питания.

Наряду с температурой воздуха на впуске термодатчиками с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления определяется температура охлаждающей жидкости и топлива (3, рис. 6.3). По температуре топлива рассчитывается плотность впрыскиваемого топлива для коррекции величины цикловой подачи. Температура охлаждающей жидкости не влияет непосредственно на цикловую подачу топлива на работающем двигателе. В зависимости от этой температуры регулируются цикловая подача топлива при пуске двигателя и продолжительность включения свечей накаливания при холодном пуске. При высоких температурах, начиная примерно со  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для предотвращения перегрева и повреждения двигателя производится уменьшение цикловой подачи.

Инерционный выключатель, называемый также аварийным, прерывает питание блока управления при значительных ускорениях



*Рис. 6.9. Инерционный выключатель приводится в рабочее состояние нажатием кнопки (показана стрелкой)*

или замедлениях во время движения автомобиля, которые свидетельствуют об аварийной ситуации. Путем одновременного отключения топливopодкачивающего насоса предотвращается вытекание топлива при аварии. Инерционный выключатель укреплен на передней стенке моторного отсека (рис. 6.9). После срабатывания он может быть снова приведен в рабочее положение, (рис. 6.9).

Исполнительные механизмы системы с насос-форсунками

Наиболее важным исполнительным механизмом является электромагнитный клапан насос-форсунки (рис. 6.10).

Высокое давление в распылителе создается плунжером насос-форсунки, который приводится в действие коромыслом распределительного вала привода насос-форсунок (рис. 6.11).

При движении плунжера насос-форсунки вверх внутреннее пространство насос-форсунки через каналы А и В (рис. 6.10) наполняется топливом, поступающим под давлением 4 бара. При движении плунжера вниз топливо при открытом электромагнитном клапане выдавливается из внутреннего пространства насос-форсунки по каналу отвода

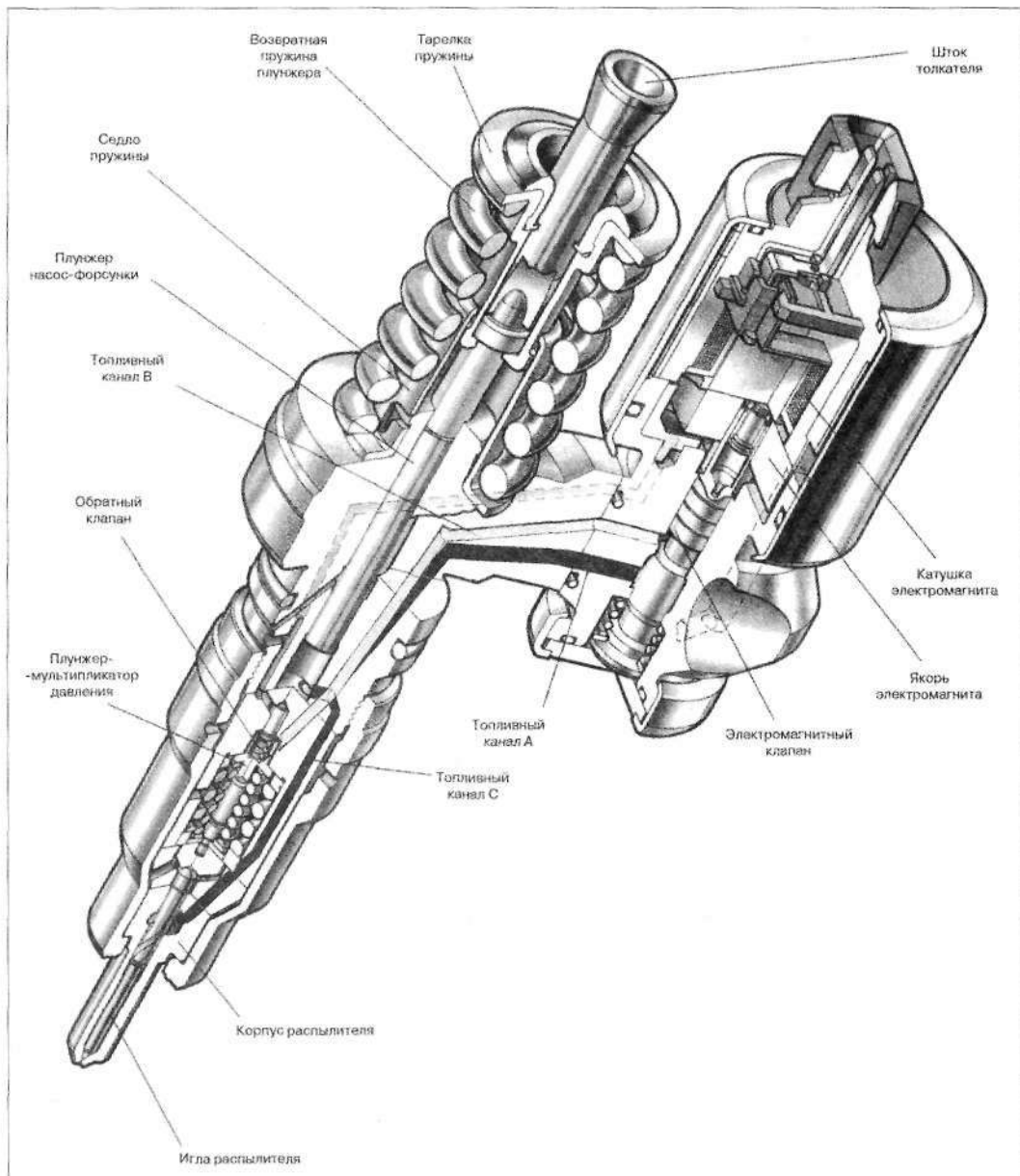


Рис. 6.10. Насос-форсунка. При закрытом электромагнитном клапане в топливных каналах АиС присутствует высокое давление (источник: Lucas/Delphi [12])

топлива. Только когда электромагнитный клапан закроет обратное течение топлива к каналу В, создается высокое давление и начинается процесс впрыскивания топлива через отверстия распылителя. При открытии электромагнитного клапана процесс впрыскивания топлива заканчивается — пе-

репускаемое топливо воздействует на плунжер, который производит закрытие иглы распылителя. Быстрое окончание процесса впрыскивания топлива снижает содержание несгоревших углеводородов и образование дыма в ОГ. Для закрытия электромагнитного клапана на него пода-

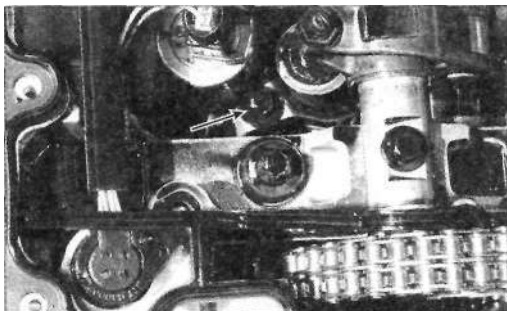


Рис. 6.11. Привод насос-форсунок. Стрелкой показан болт крепления держателя насос-форсунки к головке блока цилиндров

ется напряжение примерно 70 В. К началу впрыскивания топлива на катушке электромагнита возникает сила тока 8 А. Когда клапан закрыт, достаточно силы тока удержания 4 А. Ограничение силы тока достигается тактированием подаваемого на клапан напряжения. Это предотвращает чрезмерный нагрев катушки электромагнита и делает возможным быстрое открытие электромагнитного клапана. Вплоть до частоты вращения коленчатого вала 1500 мин<sup>-1</sup> клапан управляется в течение процесса впрыскивания топлива дважды (рис. 6.12). Достижимое при этом предварительное впрыскивание топлива снижает шум сгорания и жесткость работы двигателя.

Насос-форсунки изготавливаются с определенными технологическими отклонениями, которые должны компенсироваться электроникой. С этой целью распылители насос-форсунок разбивают на 256 селективных групп. Принадлежность к определенной группе отмечается на корпусе электромагнитного клапана насос-форсунки (рис. 6.13). Первые две буквы показывают отклонение начала впрыскивания от требуемого, третья и четвертая — окончание впрыскивания, пятая — характеристику режима холостого хода. Эти буквенные коды должны сообщаться блоку управления (рис. 6.14), обеспечивающему сглаживание указанных различий. Чтобы предотвратить соблазн механика, настраивающего аппаратуру, использовать эти данные, коды насос-форсунок устанавливаются по принципу случайных чисел.

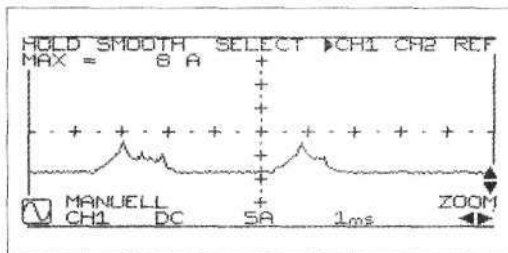


Рис. 6.12. Кривая изменения силы тока в электромагнитном клапане насос-форсунки при предварительном впрыскивании топлива: сила тока закрытия электромагнитного клапана — 8 А, сила тока удержания — 4 А

Рециркуляция *ОТ* регулируется блоком управления с помощью электропневматического преобразователя давления по полю характеристик. Путем изменения скважности управляющего сигнала можно бесступенчато менять разрежение, которое действует на клапан рециркуляции *ОТ* (рис. 6.15). Трубопровод отвода *ОГ* из выпускного коллектора к клапану рециркуляции *ОГ* находится за вентилятором радиатора системы охлаждения

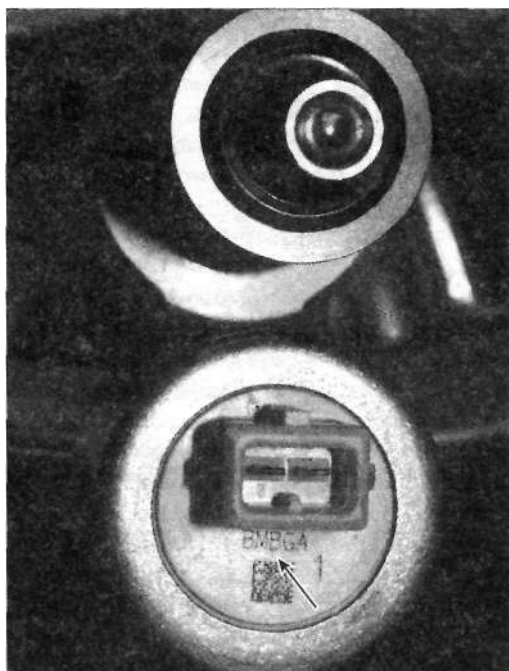


Рис. 6.13. Буквенный код (показан стрелкой) на корпусе электромагнитного клапана насос-форсунки



Überblick		
+ 62.1 °C	+ 36.9 °C	+ 54.5 °C
101.88 kPa	100.95 kPa	56.60 kPa
0.59 Volt	4.46 Volt	5.02 Volt
0 km/h	+ 3 U/min	765 U/min

Рис. 6.16. Первая страница показаний тест-бука: таблица данных двигателя Land Rover

строке обозначает расход воздуха в кг/ч. В третьей строке даются значения напряжения на выводах датчика педали подачи топлива. Сумма значений напряжения сопряженного потенциометра слева и справа должна быть равна напряжению питания 5 В. В четвертой строке выдаются частота вращения коленчатого вала и скорость движения автомобиля. На второй странице показаний тест-бука может отображаться состояние всех переключателей (рис. 6.17).

### Работы по диагностике системы подачи топлива

Для испытания контура низкого давления к топливопроводу подвода топлива, а именно к регулятору давления (рис. 6.3) подсоединяется манометр. Давление должно составлять 4 бара. При проверке системы подачи топлива следует обратить особое внимание на то, чтобы на узлы и детали системы не попадала грязь. Проникновение грязи может привести к выходу из строя насос-форсунок. Демонтированную головку блока цилиндров не следует чистить с помощью моечной машины и очищающих средств. Не существует способов очистки загрязненных топливных каналов — в случае необходимости заменяют соответствующие детали.

После раскрытия каналов системы подачи топлива во время диагностических работ или при выработке топлива следует удалить из системы воздух. Для этого после закрытия каналов или заправки топливного бака включают выключатель стартера и свечей накаливания

Schalter Status	
Automatikgetriebe P/N-Schalter <b>Parken/Neutral</b>	Schalter für Hi/L-Übersetzung <b>Hohe Übersetzung</b>
Bremsschalter 1 <b>Bremsen aus</b>	Bremsschalter 2 <b>Bremsen aus</b>
HEVAC Klimaventilator Anforderung <b>Ventilator nicht angefordert</b>	Steuerung Klimaventilator <b>Aus</b>
HEVAC Klimaanlagekupplung Anforderung <b>Kupplung nicht angefordert</b>	Steuerung Klimakompressorkupplung <b>Aus</b>

Рис. 6.17. Вторая страница показаний тест-бука: сведения о состоянии переключателей

и дают поработать топливopодкачивающему насосу в течение 3-х мин. Об успешном окончании процесса удаления воздуха из системы можно судить по изменяющемуся звуку работы этого насоса. Затем производится пуск двигателя при полностью нажатой педали подачи топлива. Теперь блок управления выводит систему подачи топлива на режим полного удаления воздуха и впрыскивает через десять оборотов коленчатого вала четырехкратную максимальную цикловую подачу топлива. Так должен удалиться воздух из насос-форсунки. Если двигатель не запускается, всю процедуру следует повторить.

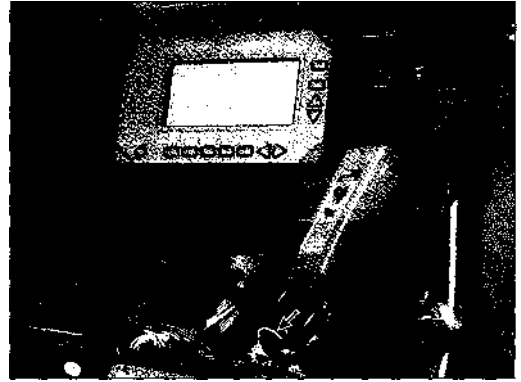


Рис. 6.19. Тестирование насос-форсунок с использованием осциллографа: токоизмерительные клещи устанавливаются на «массовый» провод (показан стрелкой) насос-форсунки — соединение с «массой» происходит через блок управления

### Испытание и снятие насос-форсунок

Насос-форсунки очень дороги, и их демонтаж занимает много времени, поэтому следует перед их снятием досконально убедиться в том, что оно необходимо. Дополнительные испытания насос-форсунок после их демонтажа невозможны. В тест-буке Rover предусмотрена программа теста для насос-фор-

сунок (рис. 6.18), запускаемая при определении равномерности работы двигателя по цилиндрам. При замере частоты вращения коленчатого вала анализируется влияние работы каждого цилиндра на обеспече-

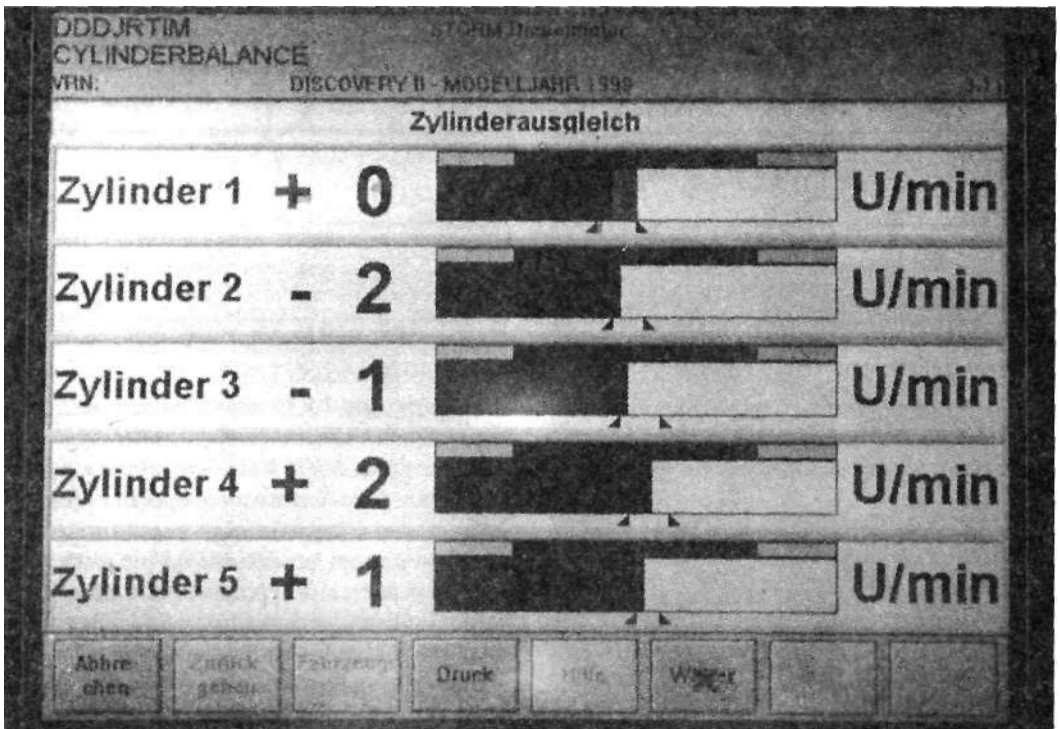


Рис. 6.18. Анализ влияния работы каждого цилиндра на обеспечение требуемой частоты вращения коленчатого вала при определении равномерности работы двигателя по цилиндрам на режиме холостого хода

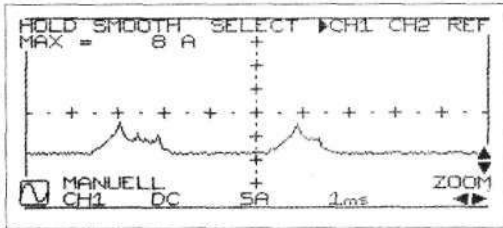


Рис. 6.20. Кривая изменения силы тока на выводах электромагнитного клапана насос-форсунки с предварительным впрыскиванием на режиме холостого хода

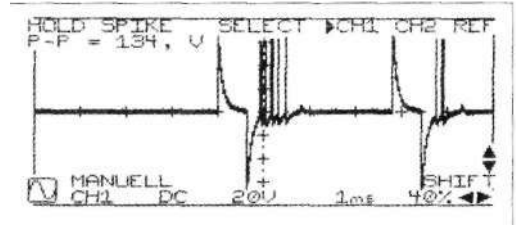


Рис. 6.23. Кривая изменения напряжения на выводах электромагнитного клапана насос-форсунки с предварительным впрыскиванием на режиме холостого хода

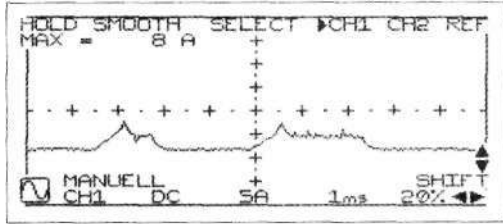


Рис. 6.21. Кривая изменения силы тока на выводах электромагнитного клапана насос-форсунки с предварительным впрыскиванием при нажатии педали подачи топлива

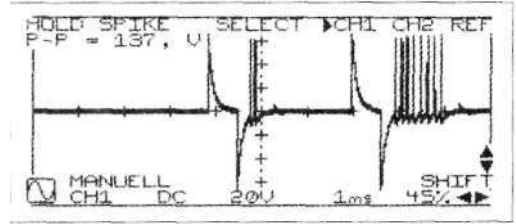


Рис. 6.24. Кривая изменения напряжения на выводах электромагнитного клапана насос-форсунки с предварительным впрыскиванием при нажатии педали подачи топлива

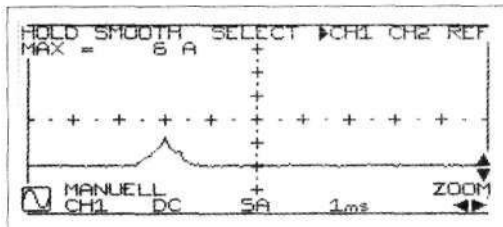


Рис. 6.22. Кривая изменения силы тока на выводах электромагнитного клапана насос-форсунки без предварительного впрыскивания при частоте вращения коленчатого вала 2000 мин<sup>-1</sup>

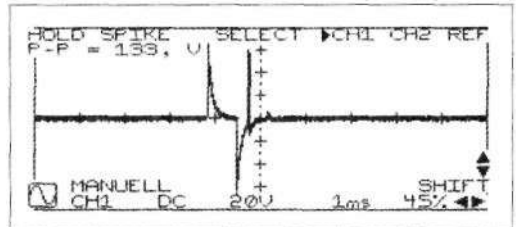


Рис. 6.25. Кривая изменения напряжения на выводах электромагнитного клапана насос-форсунки без предварительного впрыскивания при частоте вращения коленчатого вала 2000 мин<sup>-1</sup>

ние требуемой частоты. При слишком больших отклонениях от средней частоты вращения коленчатого вала считается дефектной соответствующая насос-форсунка.

При отсутствии возможности такого анализа с помощью тест-бука Rover тестирование насос-форсунок производится с использованием осциллографа и токоизмерительных клещей (рис. 6.19).

При работающем двигателе можно наблюдать за изменением силы тока на выводах электромагнитного клапана. Вплоть до значения частоты вращения коленчатого

вала порядка 1500 мин<sup>-1</sup> электромагнитный клапан насос-форсунки приводится дважды (рис. 6.20). Каждый процесс включения электромагнитного клапана начинается с тока страгивания величиной 8 А и примерно по истечении 0,8 мс сила тока ограничивается до уровня 4 А с помощью изменения тактности управляющего сигнала. При резком нажатии педали подачи топлива цикловая подача основной фазы впрыскивания в камеру сгорания возрастает за счет увеличения времени впрыскивания (рис. 6.21). При значениях частоты вра-

щения коленчатого вала свыше 1500 мин<sup>-1</sup> можно наблюдать только один процесс впрыскивания топлива (рис. 6.22).

При отсутствии токоизмерительных клещей протекание различных режимов работы насос-форсунки можно наблюдать по изменению напряжения, замеренного тестером на выводах электромагнитного клапана насос-форсунки (рис. 6.23—6.25). Однако осциллограммы силы тока более информативны.

Если осциллограммы имеют смазанное изображение, следует продолжить поиск ошибок путем других измерений. В первую очередь определяется сопротивление катушки электромагнита в насос-форсунке: оно должно составлять 1,2 Ом, а при замыкании на «массу» быть бесконечным. Дополнительно должны быть проверены провода, идущие от насос-форсунки к блоку управления, на обрыв и замыкание на «массу». Если электромагнитный клапан и провода в порядке, неисправность следует искать в блоке управления. Перед заменой блока управления следует считыванием памяти неисправностей определить, имеется ли иная, не относящаяся к насос-форсункам, причина, по которой блок управления не выдает команды.

Для проверки гидравлических характеристик насос-форсунок можно использовать дымомер. У исправного и прогретого двигателя на режиме холостого хода дымность ОГ должна составлять менее 5 % или, соответственно, коэффициент поглощения /с менее 0,12 м<sup>-1</sup> по шкале Картриджа. Более высокие значения дымности ОГ на режиме холостого хода наблюдаются из-за недостаточного уплотнения (поршневых колец, клапанов и т. д.) в камере сгорания или нарушений процесса сгорания. Подозрение на негерметичность камеры сгорания может быть исключено после оценки компрессии по цилиндрам, определяемой по замеру кривой пускового тока стартера. В случае нарушений в процессе сгорания, например, нарушения подвижности иглы или закоксованности отверстий распылителя, дымность ОГ значительно возрастает уже на режиме холостого хода. В таких случаях каждая насос-форсунка последовательно отключается

и замеряется дымность ОГ на режиме холостого хода. Таким образом, дефектная насос-форсунка выявляется при существенном падении дымности ОГ. (В описываемом в данном разделе двигателе Land Rover испытание с отключением насос-форсунок, к сожалению, невозможно, поскольку для этого пришлось бы снимать клапанную крышку.)

#### Демонтаж и монтаж насос-форсунок

Перед демонтажом насос-форсунки следует слить топливо из кольцевого канала головки блока цилиндров, по которому топливо подается к насос-форсункам. Для этого отворачивают быстросъемные крепления регулятора давления топлива и отбирают вытекающее топливо. Для доступа к болтам крепления насос-форсунок демонтируется крышка клапанов и снимается ось с коромыслами (рис. 6.26).

После отворачивания болта (показан стрелкой, рис. 6.11) крепления держателя насос-форсунки держатель снимается, и насос-форсунка с помощью специального приспособления вынимается из головки блока цилиндров (рис. 6.27). Насос-форсунку при этом ни в коем случае не следует держать за корпус электромагнитного клапана!



Рис. 6.26. Демонтаж оси с коромыслами

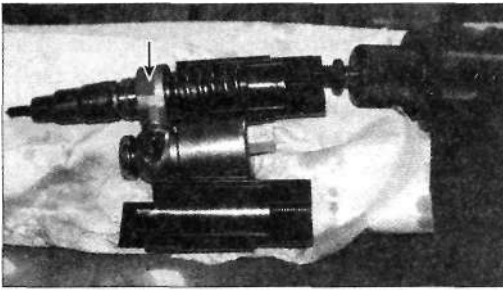


Рис. 6.27. Демонтированная насос-форсунка с деталями специального приспособления для ее демонтажа (стрелкой показана одна из фрезерованных плоскостей, по которым фиксируется приспособление)

Перед установкой насос-форсунки распорное и уплотнительное кольца на ней должны быть заменены. Момент затяжки болта крепления держателя насос-форсунки составляет 32 Н·м. После установки оси с коромыслами следует заново отрегулировать зазоры коромысел. Для этого кулачок распределительного вала соответствующей насос-форсунки устанавливается в верхнее положение и установочный болт коромысла, опирающийся на сферический наконечник насос-форсунки, поворачивается по часовой стрелке до тех пор, пока не наступит ощущение отчетливого сопротивления. Это означает, что плунжер насос-форсунки находится в своем самом нижнем положении. Затем установочный болт коромысла поворачивается на один оборот против часовой стрелки и законтривается. После установки крышки клапанов из системы подачи топлива должен быть удален воздух (выше подраздел «Работы по диагностике системы подачи топлива»).

После монтажа насос-форсунки замером дымности ОГ на режимах свободного ускорения можно быстро проверить, соответствует ли система впрыска топлива предписанным границам дымности ОГ (рис. 6.28): максимальная дымность ОГ должна составлять 45 % (коэффициент поглощения  $k = 1,39 \text{ м}^{-1}$ ). Если это значение оказалось существенно выше, двигатель будет иметь повышенный расход топлива, что соответствует либо слишком малому количеству всасываемого воздуха, либо слишком большому количеству подаваемого в камеру сгорания топлива (см. рис. 6.31).

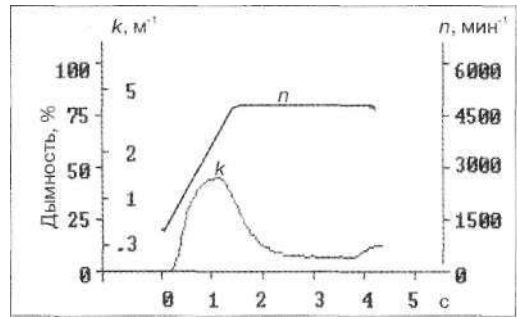


Рис. 6.28. Кривые дымности ОГ (коэффициент поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  двигателя автомобиля Land Rover Defender при свободном ускорении

Следует проверить систему наполнения цилиндров воздухом и испытать фильтр очистки воздуха, турбокомпрессор, охладитель наддувочного воздуха и систему подвода рециркулирующих ОГ. Если система наполнения цилиндров воздухом в порядке, следует проверить систему подачи топлива.

После замера давления топлива в ТНВД тестируются все датчики, показания которых блоком управления используется для расчета цикловой подачи топлива на режиме полной нагрузки. К ним в первую очередь относятся датчики давления наддува, а также температуры топлива и воздуха на входе. При поступлении в блок управления ошибочной информации о слишком высоком давлении наддува, слишком низкой температуре воздуха на впуске и слишком высокой температуре топлива блок управления, соответственно, рассчитывает ошибочную цикловую подачу топлива при полной нагрузке, что приводит к повышенному дымлению ОГ.

Соответствие кодировки установленных насос-форсунок программе блока управления проверяется с использованием тест-бука Rover.

Такая проверка необходима, если значение дымности ОГ при оборотах коленчатого вала свыше 2000 мин<sup>-1</sup> (рис. 6.28) слишком мало и потребитель ощущает недостаток мощности. Дополнительно следует произвести считывание информации из памяти неисправностей, поскольку блок управления в случае окончательного выхода из строя ка-

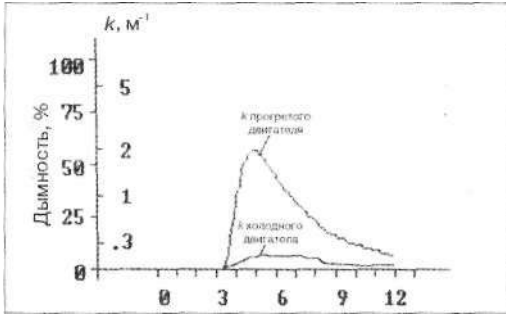


Рис. 6.29. Кривые дымности ОТ (коэффициента поглощения  $k$ ) при пуске двигателя Land Rover: для прогретого двигателя  $k = 0,2 \text{ м}^{-1}$ ; для холодного двигателя при температуре  $-10^\circ\text{C}$   $k = 0,2 \text{ м}^{-1}$ .

кого-либо из датчиков переводит двигатель на режим аварийной работы и снижает величину полной подачи топлива.

При возникших трудностях холодного пуска двигателя кроме свечей накаливания и компрессии в цилиндрах следует проверить величину пусковой подачи топлива с дымомера. При пуске прогретого двигателя максимальная дымность ОТ составляет 8 % или  $k = 0,2 \text{ м}^{-1}$  (рис. 6.29). При пуске холодного двигателя значение дымности ОТ существенно выше — это означает, что блок управления выдает повышенную подачу топлива. Холодный пуск двигателя может быть сымитирован подключением к датчику температуры сопротивления 15 кОм. Если при этом величина дымности ОТ не возрастает, следует проверить датчики температуры и провода, идущие к блоку управления, на обрыв и замыкание на «массу». Если датчики и провода в порядке, следует заменить блок управления.

Если двигатель по-прежнему не запускается, следует проверить аварийный выключатель, топливopодкачивающий насос, датчик ВМГ и блокировку страгивания автомобиля.

Проверка системы рециркуляции ОГ. В первую очередь проверяются подвижность и уплотнение сопряжений пневматического клапана рециркуляции ОГ. Самым простым способом проверки является осмотр трубопроводов и седла клапана. При подозрении на неисправность можно про-

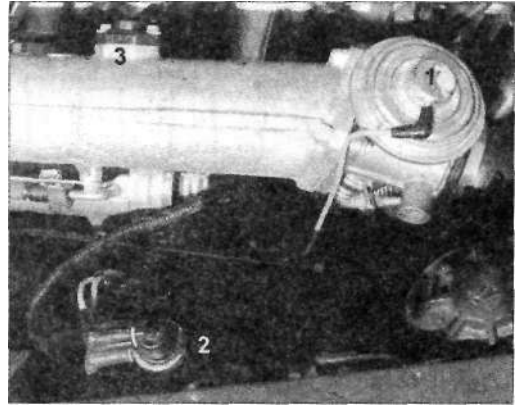


Рис. 6.30. Элементы системы рециркуляции ОГ: 1 — клапан рециркуляции ОГ; 2 — электронно-пневматический преобразователь давления; 3 — датчик давления во впускном трубопроводе

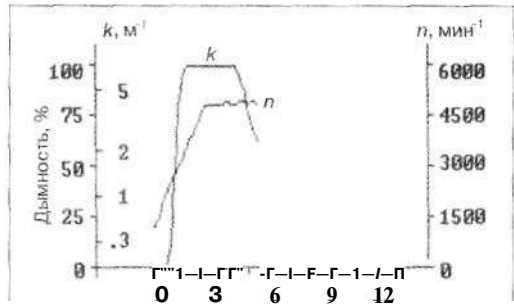


Рис. 6.31. Кривые дымности ОТ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  двигателя Land Rover при свободном ускорении с открытым клапаном рециркуляции ОГ:

должить проверку клапана с помощью дымомера или датчика массового расхода воздуха. При использовании дымомера с клапана рециркуляции ОГ снимается трубопровод низкого давления (рис. 6.30), и двигатель выводится на режимы свободного ускорения. Затем клапан рециркуляции ОГ открывается с помощью ручного вакуумного насоса, и повторяется процесс свободного ускорения. В этом случае значение дымности ОТ должно существенно возрастать (рис. 6.31). Если же не наблюдается никакой разницы, клапан рециркуляции ОГ «завис» и должен быть заменен. При использовании датчика массового расхода воздуха к его клеммам подсоединяется вольтметр или осцилло-

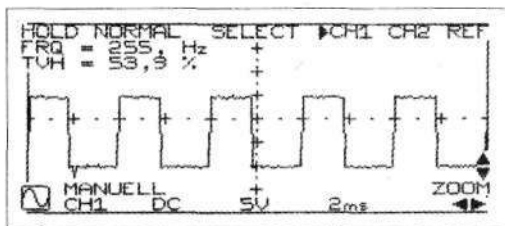


Рис. 6.32. Сквозность управляющего сигнала электронного преобразователя давления при открытом клапане рециркуляции ОГ: величина сквозности открытия (ТУН) = 54%

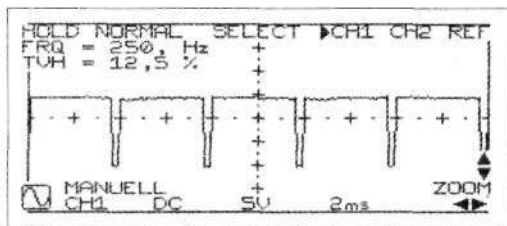


Рис. 6.33. Сквозность управляющего сигнала электронного преобразователя давления при закрытом клапане рециркуляции ОГ: величина сквозности открытия (ТВН) = 12,5%

граф, и двигатель выводится на средние значения частоты вращения коленчатого вала. Если при этом снять трубопровод разрежения с клапана рециркуляции ОГ, сигнал напряжения должен резко возрасти. Если этого не происходит, клапан не работает.

Управление подводом ОГ может быть проверено с помощью манометра ручного вакуумного насоса, который подсоединяется к вакуумному трубопроводу электронного преобразователя давления. Когда частота вращения коленчатого вала повышается до 2000 мин<sup>-1</sup>, должно проявляться максимальное разрежение; при частоте свыше 3000 мин<sup>-1</sup> разрежение должно пропадать.

При проверке работы клапана рециркуляции ОГ в зависимости от нагрузки устанавливается частота вращения коленчатого вала 2000 мин<sup>-1</sup> и педаль подачи топлива временно нажимается до упора. Если при этом наблюдается быстрое повышение разрежения, клапан рециркуляции ОГ — в порядке. В противном случае следует проверить электронно-пневматический преобразователь давления. Для этого осциллограф подключается к выводу преобразователя, передающему сигнал на блок управления, и к «массе». Блок управления изменяет величину разрежения тактированием электромагнитного клапана (рис. 6.32 и 6.33). Если не возникает отчетливого сигнала, следует замерить напряжение питания электромагнитного клапана (оно должно соответствовать напряжению аккумуляторной батареи) и сопротивление катушки электромагнита (должно быть от 15 до 17 Ом). Если тесты не выявили никаких ошибок и провода преобразователя давления в порядке, следует заменить блок управления.

### Проверка датчиков

Датчик массового расхода воздуха выдает в соответствии с расходом воздуха сигнал напряжения, который находится в диапазоне от 2 В на режиме холостого хода до 4,8 В при максимальном расходе воздуха (рис. 6.34). Если датчик сигнала не выдает, перед его заменой следует проверить напряжение питания на двух крайних клеммах (оно должно соответствовать напряжению аккумуляторной батареи) и сигнальный провод (средняя клемма) на разрыв. При полном выходе датчика из строя блок управления отключает рециркуляцию ОГ.

Датчик давления воздуха во впускном трубопроводе, располагаемый в одном корпусе с датчиком температуры воздуха на входе (рис. 6.6), питается напряжением 5 В. Напряжение сигнала, в зависимости от давления воздуха во впускном трубопроводе, составляет величину от 0,3 до 4,8 В. Датчик проверяется по показаниям тест-бука Rover. При выходе датчика из строя блок управления, используя заложенное в памяти значение давления воздуха (которое существенно ниже действительного давления во впускном топливопроводе) выдает сигнал на цикловую подачу топлива, которая меньше максимальной. Соответственно, не развивается полная мощность двигателя. Аналогично двигатель реагирует при выходе из строя датчика атмосферного давления (рис. 6.7) — давление наддува ограничивается для защиты турбокомпрессора.

В качестве температурных датчиков используются резисторы с отрицательным коэффициентом температурной зависимости электрического сопротивления. Сигнал

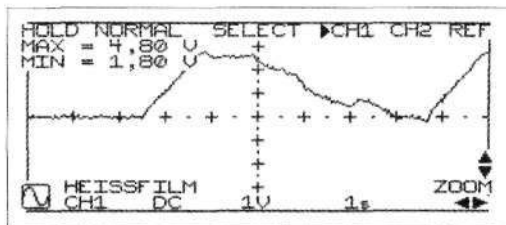


Рис. 6.34. Кривая изменения сигнала напряжения на датчике массового расхода воздуха при свободном ускорении

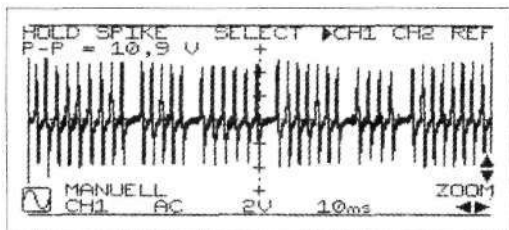


Рис. 6.35. Кривая изменения сигнала напряжения датчика ВМТ на режиме холостого хода

датчика температуры охлаждающей жидкости используется как для работы блока управления, так и для температурной индикации показаний на панели приборов. При выходе его из строя блок управления ведет расчеты по показаниям датчика температуры топлива. Если из строя выходит и этот датчик, блок управления исходит из заложенной константы в  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При этом, однако, могут наступить проблемы с пуском двигателя и недобором мощности.

В качестве датчика ВМТ используется индуктивный датчик, устанавливаемый в картере сцепления. Благодаря отверстиям и пазам в маховике (рис. 6.5) возникают сигналы напряжения, по которым в блоке управления рассчитываются частота вращения и угловое положение коленчатого вала. При выходе датчика ВМТ из строя блок управления не имеет другого подобного сигнала, поэтому двигатель останавливается или больше не запускается. Для проверки датчика ВМТ осциллограф подсоединяется к обеим клеммам датчика и проворачивается коленчатый вал двигателя. Напряжение сигнала изменяется в соответствии с метками на маховике (рис. 6.35). При отсутствии осциллографа к клеммам датчика можно подключить

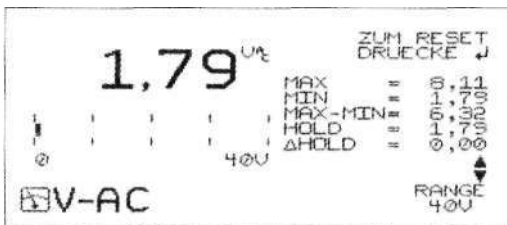


Рис. 6.36. Измерение переменного напряжения датчика ВМТ: на режиме холостого хода напряжение должно составлять примерно  $1,8\text{ В}$  и возрастать до  $8,0\text{ В}$  при максимальной частоте коленчатого вала

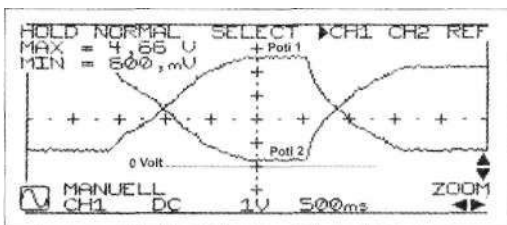


Рис. 6.37. Кривые напряжения при проверке датчика педали подачи топлива на шумы, зарегистрированные двухканальным осциллографом (двигатель автомобиля Land Rover Defender): суммарный сигнал напряжений по кривым 1 и 2 должен составлять в каждой точке  $5,0\text{ В}$

вольтметр, установленный на режим измерения напряжения переменного тока, и замерить изменение напряжения при проворачивании коленчатого вала (рис. 6.36). Если напряжение сигнала составляет меньше  $1\text{ В}$ , следует проверить крепление датчика ВМТ. Если не выдается никакого сигнала, замеряется сопротивление катушки индуктивности датчика (предписанная величина составляет от  $1,3$  до  $1,7\text{ кОм}$ ). Для того чтобы удостовериться, поступает ли сигнал на блок управления, проверяются идущие к нему от датчика провода на обрыв и замыкание на «массу».

Датчик педали подачи топлива посредством двухходового потенциометра передает блоку управления требование водителя к нагрузке на двигатель. При полном выходе датчика из строя двигатель работает только на режиме холостого хода. Перед заменой датчика следует проверить напряжение потенциометра (номинальная величина —  $5\text{ В}$ ) и провода, идущие к блоку управления, на обрыв и замыкание на «массу». Однако, если при изношен-

ном потенциометре кратковременно пропадает контакт с проводящей дорожкой, двигатель на это реагирует нестабильной работой («толчками»), что не всегда фиксируется в памяти неисправностей. В этом случае помогает проверка датчика на шумы замером дымности ОГ или измерением напряжения сигнала датчика при движении автомобиля. Следует медленно выжимать педаль подачи топлива и наблюдать за протеканием сигнала напряжения на осциллографе (рис. 6.37). При обнаружении неравномерности изменения сигнала датчик следует заменить.

### 6.3. СИСТЕМА

#### С НАСОС-ФОРСУНКАМИ LUCAS/DELPHI ДЛЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

На европейских двигателях первые системы с насос-форсунками устанавливались на двигателях Volvo FH12 (рис. 6.38). Позже



Рис. 6.38. Расположение насос-форсунки на двигателе Volvo: 1 — электромагнитный клапан насос-форсунки; 2 — коромысло насос-форсунки; 3 — коромысло выпускного клапана с гидротолкателем; 4 — коромысло впускного клапана; 5 — электромагнитный клапан моторного тормоза

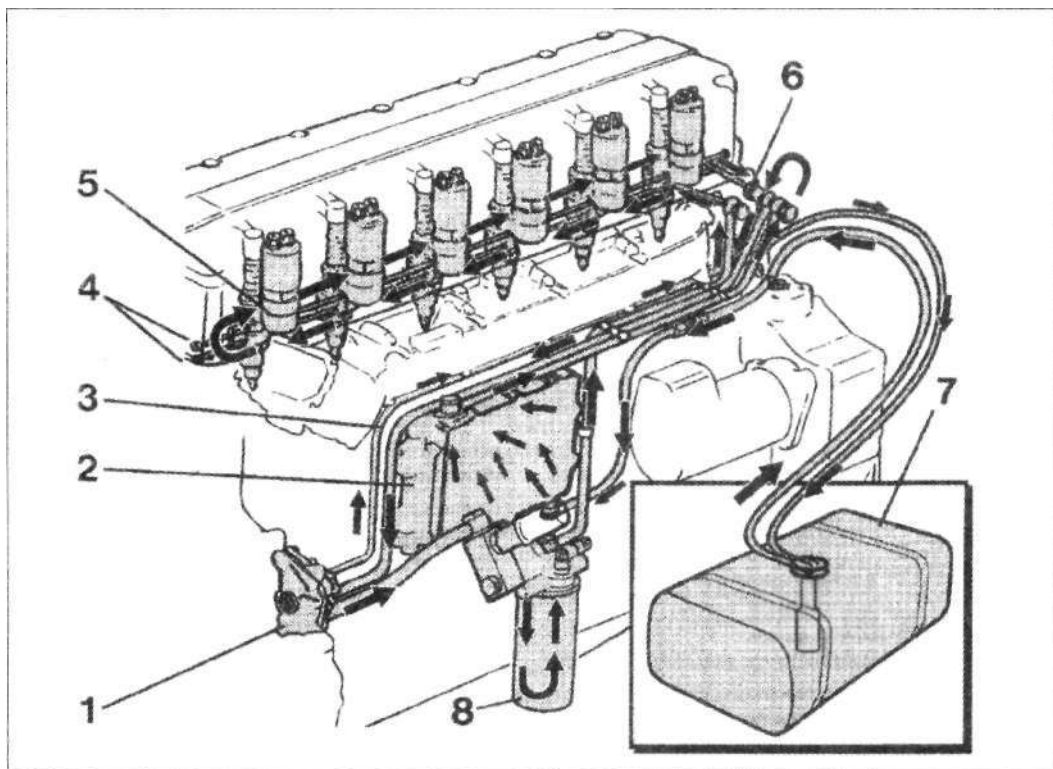


Рис. 6.39. Устройство системы с насос-форсунками грузового автомобиля (источник: Volvo Trucks [13]): 1 — топливоподкачивающий насос; 2 — блок управления; 3 — трубопровод отвода воздуха; 4 — кольцевой канал; 5 — насос-форсунка; 6 — перепускной клапан; 7 — топливный бак; 8 — топливный фильтр тонкой очистки

к Volvo присоединились фирмы Iveco и Scania. На рис. 6.39 показано устройство системы с насос-форсунками грузового автомобиля. Топливо сначала под действием шестеренного топливоподкачивающего насоса поступает из топливного бака к головке блока цилиндров под давлением 5,5 бар.

Кольцевой канал в головке блока цилиндров снабжает топливом насос-форсунки. По пути из топливного бака к топливоподкачивающему насосу топливо проходит через карманы корпуса блока управления, установленного на блоке цилиндров. Топливо, таким образом, служит для охлаждения

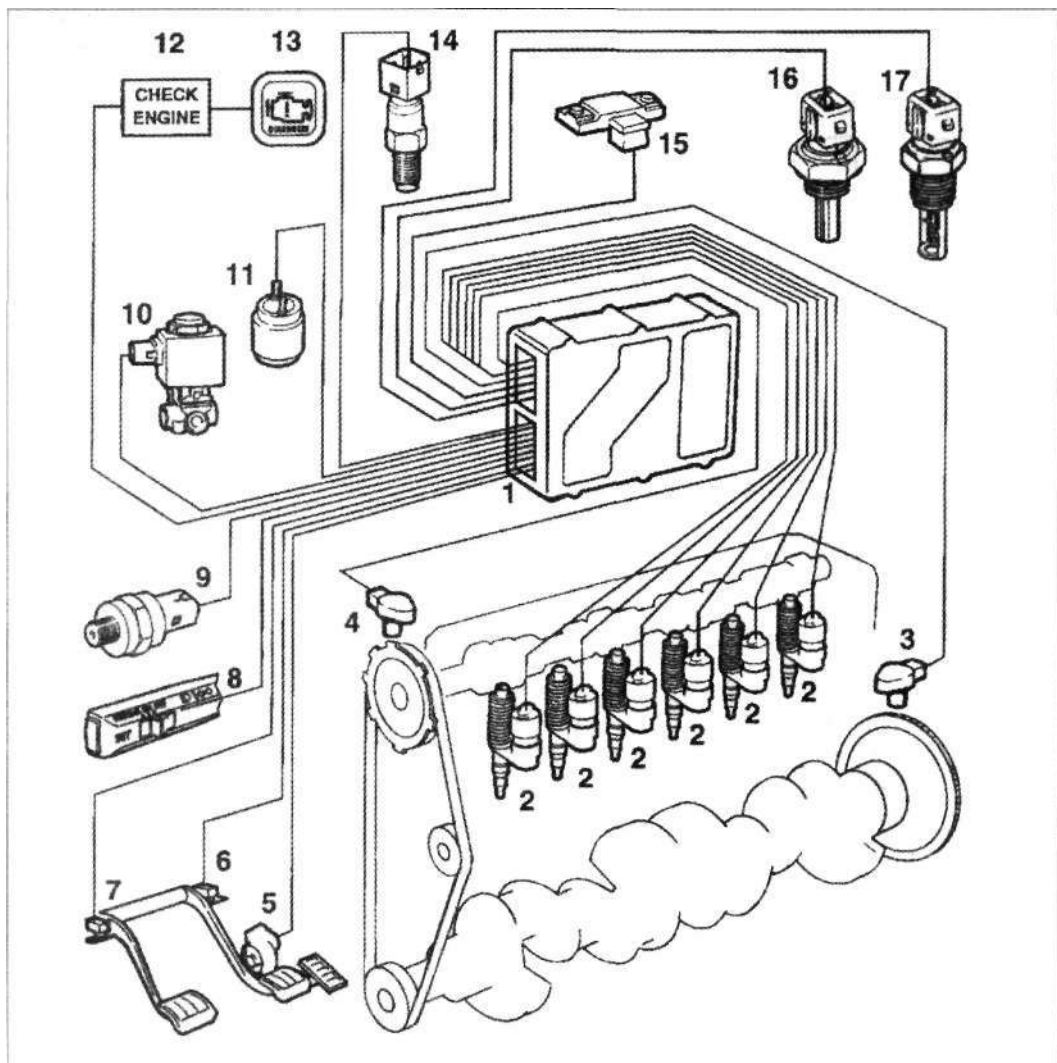


Рис. 6.40. Датчики и исполнительные механизмы системы с насос-форсунками (источник: Volvo Trucks [13]): 1 — блок управления; 2 — насос-форсунки; 3 — датчик ВМТ (угла поворота коленчатого вала); 4 — датчик угла поворота распределительного вала; 5 — датчик педали подачи топлива; 6 — выключатель педали тормоза; 7 — выключатель педали привода сцепления; 8 — переключатель темпомата; 9 — выключатель стояночного тормоза; 10 — электромагнитный клапан моторного тормоза; 11 — электромагнитный клапан компрессионного тормоза; 12 — контрольная лампа «Check Engine»; 13 — клавиша диагностики; 14 — датчик скорости движения автомобиля; 15 — датчик давления наддува воздуха; 16 — датчик температуры охлаждающей жидкости; 17 — датчик температуры воздуха на впуске

выходных каскадов блока управления, рассчитанных на силу тока порядка 15 А при напряжении 90 В.

**Управление началом впрыскивания и цикловой подачей топлива (рис. 6.40)**

Для установки начала впрыскивания топлива блок управления должен получить сигналы от датчиков угла поворота коленчатого и распределительного валов. Датчик угла поворота распределительного вала используется для определения номера работающего цилиндра, поскольку электромагнитный клапан насос-форсунки должен получить однократный управляющий сигнал. Кроме того, для расчета угла начала впрыскивания

топлива учитываются: сигнал о нагрузке двигателя, расчетная цикловая подача топлива и температура охлаждающей жидкости. Цикловая подача топлива устанавливается блоком управления в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки. Информация о частоте вращения коленчатого вала поступает от датчика ВМТ (угла поворота коленчатого вала). Информация о нагрузке на двигатель устанавливается по датчику педали подачи топлива.

При полной нагрузке, т. е. при выжатой до упора педали подачи топлива, блок управления определяет массу поступающего в цилиндры воздуха, достаточную для бездымного сгорания рабочей смеси. Расчет необ-

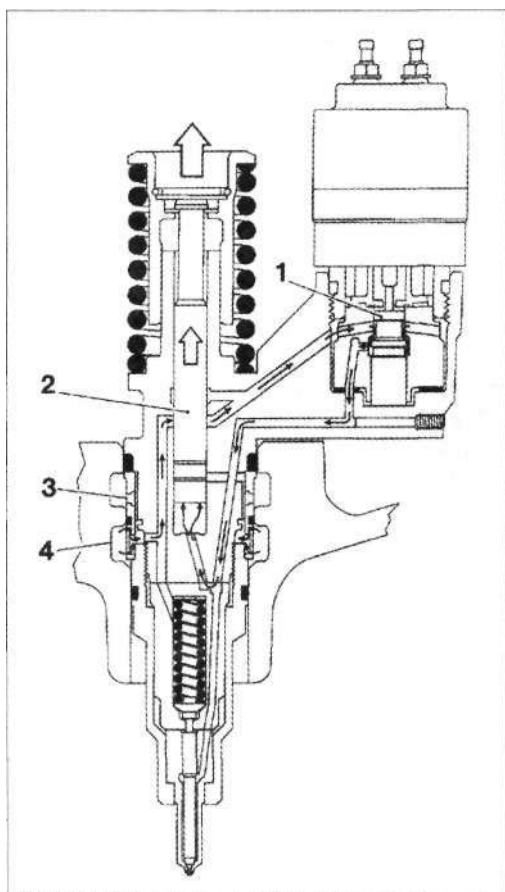


Рис. 6.41. Фаза наполнения насос-форсунки топливом (источник: Volvo Trucks [13]): 1 — электромагнитный клапан; 2 — плунжер; 3 — отвод топлива; 4 — подвод топлива

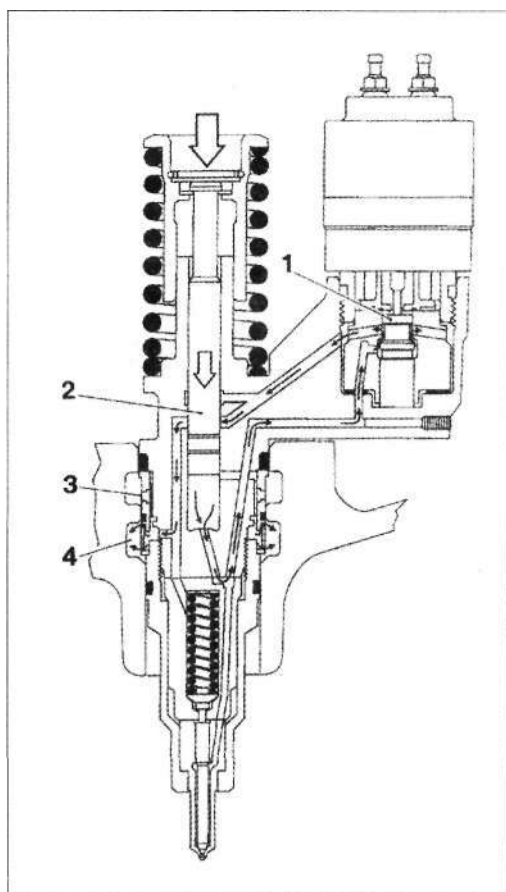


Рис. 6.42. Фаза предварительного впрыскивания топлива насос-форсункой (источник: Volvo Trucks [13]): 1 — электромагнитный клапан; 2 — плунжер; 3 — отвод топлива; 4 — подвод топлива

ходимого заряда воздуха происходит по замерам температуры и давления воздуха на впуске, прошедшего через турбокомпрессор. В качестве исполнительных механизмов для установки момента начала впрыскивания и величины цикловой подачи топлива служат электромагнитные клапаны насос-форсунок (1, рис. 6.38). Плунжер насос-форсунки, кроме отсутствия регулирующей кромки и нагнетательного клапана, аналогичен плунжеру рядного ТНВД. Регулирующая кромка заменена быстродействующим электромагнитным клапаном (1, рис. 6.41). Когда приближается момент впрыскивания топлива, коромысло толкает плунжер вниз. Топливо под

действием плунжера протекает через открытый электромагнитный клапан на обратный слив (рис. 6.42). В момент закрытия электромагнитным клапаном линии обратного слива начинается процесс впрыскивания (рис. 6.43), когда топливо, преодолевая возросшее гидравлическое сопротивление, проходит через сопловые отверстия распылителя в камеру сгорания. Плунжер нагнетает топливо до тех пор, пока закрыт электромагнитный клапан. Таким образом, момент закрытия блоком управления электромагнитного клапана определяет начало впрыскивания топлива, а продолжительность закрытого состояния электромагнитного клапана — цикловую подачу топлива. После открытия электромагнитного клапана процесс впрыскивания топлива прекращается. Плунжер на своем пути вниз продолжает выталкивать топливо, которое теперь через открытый электромагнитный клапан уходит на обратный слив (рис. 6.42). Давление в камере высокого давления под возвращающимся вверх плунжером достигает 5,5 бар. Процесс повторяется (рис. 6.41) через два оборота коленчатого вала

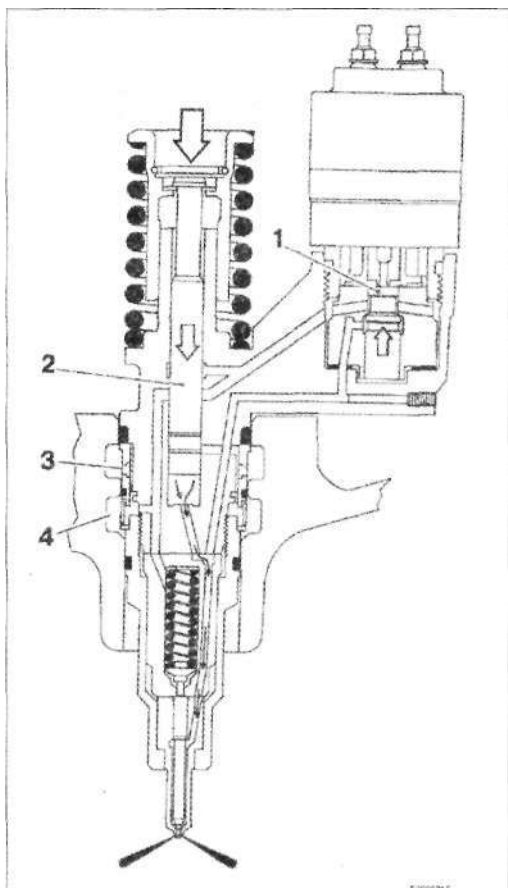


Рис. 6.43. Фаза основного впрыскивания топлива насос-форсункой (источник: Volvo Trucks [13]): 1 — электромагнитный клапан; 2 — плунжер; 3 — отвод топлива; 4 — подвод топлива

Регулирование равномерности работы двигателя на режиме холостого хода  
Блок управления при каждом рабочем ходе поршня учитывает повышение угловой скорости маховика, соответствующее ускорению движения поршня, по показаниям датчика ВМТ. Если это повышение для какого-то определенного цилиндра слишком велико, блок управления, при следующем рабочем ходе поршня, изменяет цикловую подачу топлива так, чтобы значения ускорения движения поршней по всем цилиндрам стали одинаковыми. Таким образом достигается равномерность работы двигателя на режиме холостого хода, несмотря на различие весовых характеристик деталей цилиндра-поршневой группы, вызванное неизбежными допусками при их изготовлении. При нажатии педали подачи топлива все цилиндры получают одинаковое количество топлива. При последующем пуске двигателя блок управления, при назначении цикловой подачи топлива, учитывает

результаты прежнего выравнивания работы двигателя по цилиндрам. Эти результаты могут обнуляться при удалении из памяти неисправностей. Для возобновления расчетов прогретый двигатель должен поработать на режиме холостого хода в течение по меньшей мере 5 мин. Если неравномерность работы двигателя по цилиндрам превышает допустимую величину, дефектному цилиндру присваивается код ошибки.

### Темпомат

Наряду с ограничениями скорости движения автомобиля, предписанными законодательно, блок управления реализует функции темпомата (регулирования скорости движения). С помощью переключателя на темпомате можно дополнительно установить новую границу частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода или при включении дополнительных потребителей. Для исполнения этих функций блоку управления требуются сигналы датчика скорости движения, выключателей привода сцепления и тормозов.

### Моторный тормоз VEB

Моторный тормоз VEB (Volvo Engine Brake) разработки фирмы Volvo выполнен в виде двухступенчатого дросселя. На первой ступени выход газов из турбокомпрессора закрывается со стороны выпускного коллектора пневматически (рис. 6.44). Электромагнитный и пневматический клапаны находятся на впускном трубопроводе (рис. 6.45). Если водитель воздействует на выключатель первой ступени, перекрывается выпускной коллектор. Благодаря возникающему противодавлению двигатель на стадии выхлопа развивает работу сжатия. Тормозная мощность при частоте вращения коленчатого вала 2000 мин<sup>-1</sup> составляет 140 кВт. Если при работающем двигателе происходит остановка автомобиля стояночным тормозом, дроссель на выхлопе точно так же закрывается, с тем чтобы двигатель быстрее достиг своей рабочей температуры. Поэтому оценка токсичности ОГ должна проводиться при отпущенном стояночном тормозе, чтобы не возникало проблем при свободном ускорении.

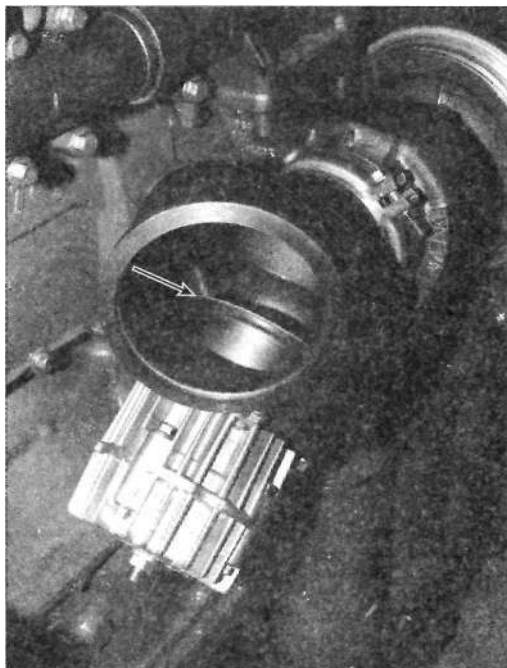


Рис. 6.44. Заслонка (показана стрелкой) дросселя моторного тормоза VEB на выпуске воздуха из турбокомпрессора — в положении «открыто»

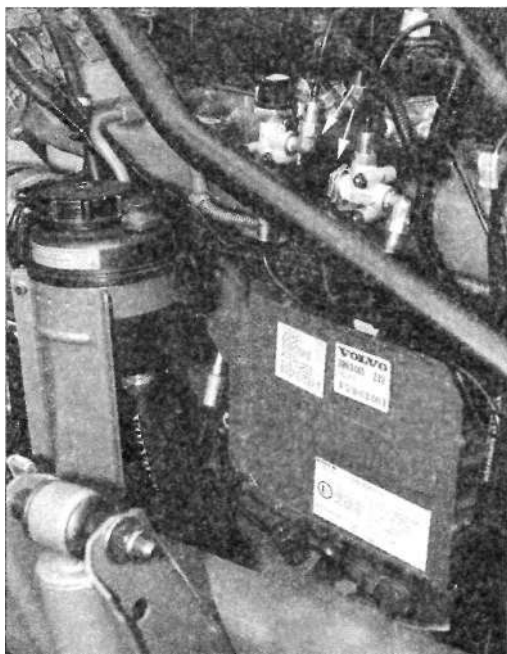


Рис. 6.45. Управляющий клапан заслонки на выпуске воздуха из турбокомпрессора дросселя моторного тормоза VEB

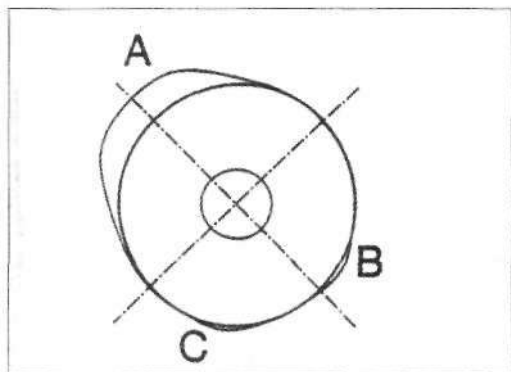


рис. 6.46. Кулачки на выпускном распределительном валу двигателя Volvo: А — выпускной; В и С — дополнительные компрессионного тормоза (источник: Volvo Trucks [14])

На второй ступени подключается компрессионный тормоз. Электромагнитный клапан открывается, повышая давление масла в головке блока цилиндров. Это давление воздействует на гидравлический толкатель коромысла выпускного клапана (3, рис. 6.38), у которого изменяется зазор с клапаном с 1,6 до 0,3 мм. Благодаря этому активизируются дополнительные кулачки В и С (рис. 6.46) на впускном распределительном валу. Кулачок В открывает выпускной клапан в начале такта сжатия на 1,1 мм. При этом ОГ, предварительно сжатые тормозом на выхлопе, устремляются в цилиндр.

После закрытия выпускного клапана происходит такт сжатия при возрастающем давлении. Момент проворачивания двигателя также возрастает. В конце такта сжатия выпускной клапан еще раз открывается кулачком С. Сильно сжатые ОГ уходят на выхлоп, не производя при движении вниз поршне какой-либо работы. Благодаря подключению компрессионного тормоза мощность торможения при частоте вращения коленчатого вала  $2000 \text{ мин}^{-1}$  возрастает со 140 кВт на первой ступени до 240 кВт на второй.

Из-за наличия дополнительных кулачков следует при установке зазоров в клапанах действовать осторожно. Для правильной установки зазоров на распределительном валу за первой опорой выбиты по две мет-

ки на каждый цилиндр. При установке распределительного вала, например, на метку «V 6» можно регулировать зазор в выпускном клапане шестого цилиндра, а при установке на метку «6» — впускной клапан и насос-форсунку шестого цилиндра.

#### 6.4. ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ДВИГАТЕЛЕ VOLVO FH12

##### Самодиагностика

Отображение данных памяти неисправностей возможно двумя способами. На панели приборов имеется контрольная лампа «Check Engine» и клавиша диагностики. Если блок управления распознал и учел неисправность, контрольная лампа «Check Engine» и лампа клавиши диагностики начинают светиться. Если при включенном выключателе стартера и свечей накаливания нажать клавишу диагностики, лампа «Check Engine» и лампа клавиши диагностики выдают световой код, который может быть расшифрован с помощью табл. 6.1.

Для стирания кода неисправности следует перед включением выключателя стартера и свечей накаливания нажать клавишу диагностики и держать ее нажатой в течение 3 с. При стирании памяти неисправностей обнуляются все данные, необходимые для выравнивания работы двигателя по цилиндрам. Поэтому первые 5 мин. после нового пуска двигателя эти данные вновь рассчитываются.

Коды неисправностей от 41 до 63 являются информационными, с помощью которых могут проверяться функции включения исполнительных механизмов и наличие поступающих от них сигналов. Этот простейший способ считывания кодов неисправностей повсеместно используется для грузовых автомобилей, с тем чтобы водитель сразу мог информировать специалистов на станции технического обслуживания о неполадках.

Данные памяти неисправностей могут также считываться в незашифрованном виде с помощью тестера фирмы Volvo. Тестер, основным элементом которого является ноутбук, позволяет пользователю при известных кодах неисправностей получить инфор-

Таблица 6.1. Коды неисправностей и информационные коды для двигателя Volvo D12A (источник: Volvo Trucks [15])

Коды неисправностей	
№	Дефектная конструктивная группа
11	Датчик положения педали подачи топлива
12	Контакты холостого хода
13	Датчик скорости движения автомобиля
14	Реле питания блока управления
21	Блок управления
22	Программирование блока управления
23	Датчик температуры охлаждающей жидкости
24	Датчик температуры наддувочного воздуха
25	Датчик давления наддува воздуха
26	Датчик угла поворота распределительного вала
27	Датчик ВМГ
31	Насос-форсунка цилиндра 1
32	Насос-форсунка цилиндра 2
33	Насос-форсунка цилиндра 3
34	Насос-форсунка цилиндра 4
35	Насос-форсунка цилиндра 5
36	Насос-форсунка цилиндра 6
Информационные коды	
41	Не проведено испытание тормозов или имеется дефект в выключателе педали тормоза
42	Горит сигнал готовности тормозов
43	Горит сигнал выключателя педали тормоза
44	Включен выключатель холостого хода
45	Включен выключатель педали привода сцепления
46	Задействован стояночный тормоз
47	Поступает сигнал безопасности
51	Темпомат включен
52	Темпомат в положении SET
53	Темпомат в положении RESUME
61	Поступает сигнал АБС моторного тормоза
62	Поступают данные от электронной системы управления коробкой передач
63	Блок управления в состоянии программирования

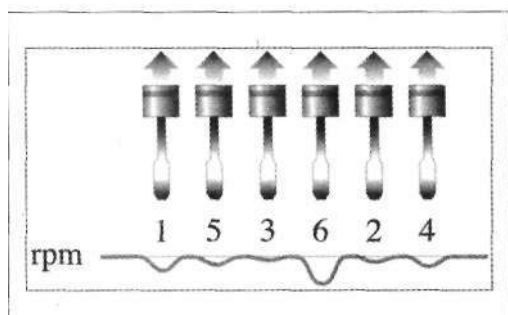


Рис. 6.47. Кривая частоты вращения коленчатого вала (rpm) при его проворачивании стартером: цилиндры 2 и 3 — в «плохом» состоянии (с низкой компрессией); цилиндр 6 — «хорошем» состоянии (с нормальной компрессией) (источник: Volvo Trucks [16])

мацию о последующих действиях по выявлению неисправностей. Такими действиями могут быть, например, отображение таблицы данных, замеры силы тока или напряжения с помощью мультиметра или осциллографа, измерение компрессии и равномерности работы двигателя по цилиндрам.

Измерение компрессии в цилиндре манометром, требующее снятия насос-форсунки и оси коромысел, т. е. больших затрат времени, может быть заменено тестированием компрессии, вычисляемой по замерам протекания кривой частоты вращения коленчатого вала при его проворачивании в течение нескольких минут. Поршень «хорошего» цилиндра (с нормальной

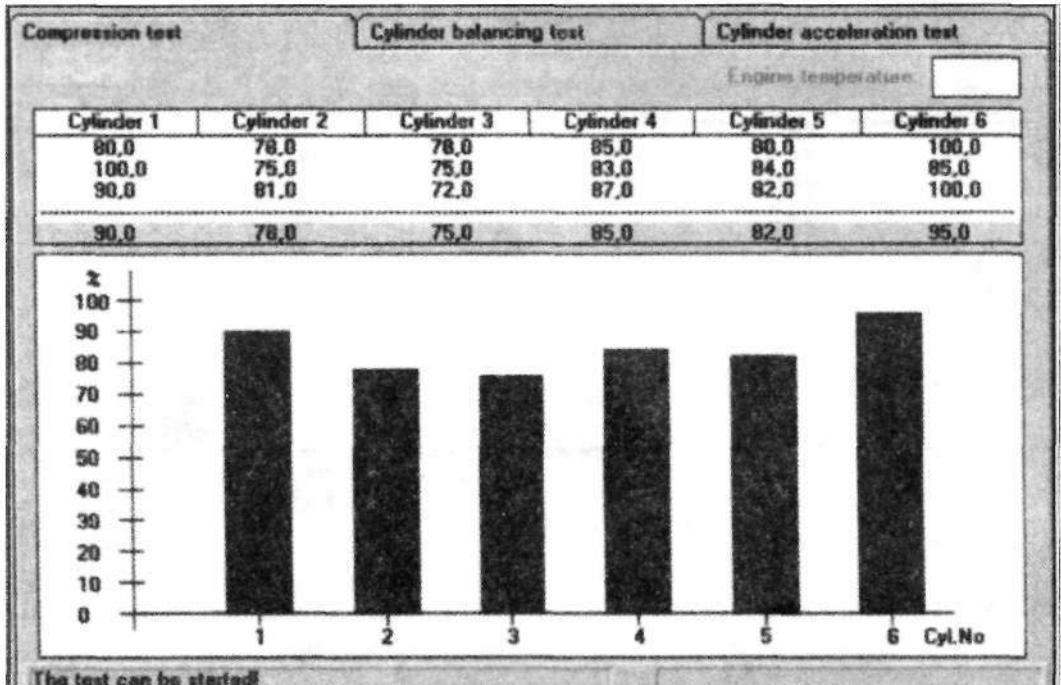


Рис. 6.48. Диаграмма частоты вращения коленчатого вала при тестировании компрессии в цилиндрах (источник: Volvo Trucks [16])

компрессией) при прохождении через ВМТ испытывает большее сопротивление, чем поршень «плохого» цилиндра (с недостаточной компрессией). Поэтому при «хорошем» цилиндре (цилиндр 6, рис. 6.47) кривая частоты вращения коленчатого вала изменяется сильнее, чем при «плохом». Тестер получает информацию о частоте вращения коленчатого вала от датчика ВМТ. Привязка по цилиндрам происходит по сигналу датчика угла поворота распределительного вала. Результаты отображаются в виде диаграммы (рис. 6.48). Также тестирование компрессии может быть проведено по кривой протекания пускового тока стартера (рис. 6.49).

При тестировании равномерности работы двигателя по цилиндрам могут быть определены отклонения в цилиндрах, не связанные с потерей компрессии. К ним в первую очередь относятся подозрения на неисправность насос-форсунок. Блок управления в этом случае определяет, можно ли увеличением или уменьшением цикловой

подачи топлива выровнять работу двигателя по цилиндрам. Тестер может отобразить нарушение баланса цикловой подачи топлива по цилиндрам графически (рис. 6.50). Такой тест является наиболее важным средством для определения дефектной насос-форсунки.

Даже если бы система самодиагностики могла определять все отклонения от работы и выход из строя всех датчиков и исполнительных механизмов, механик все равно не мог бы обойтись без собствен-

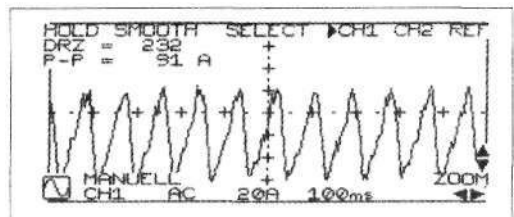


Рис. 6.49. Кривая протекания пускового тока стартера при проворачивании коленчатого вала двигателя Volvo: компрессия в цилиндрах - в норме

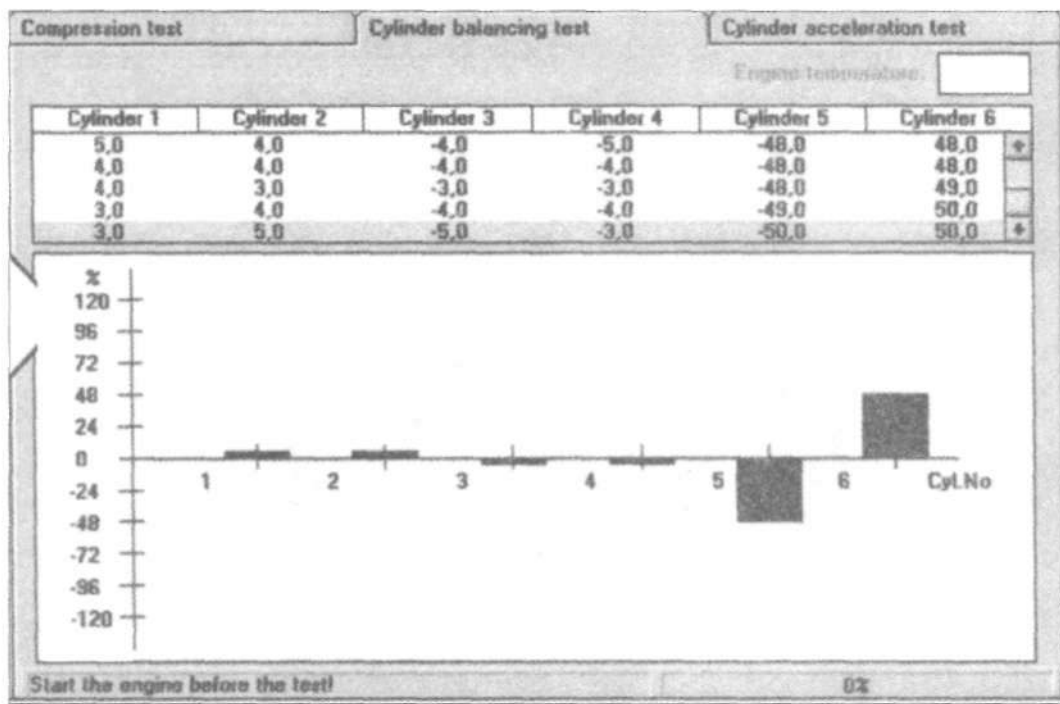


Рис. 6.50. Определение баланса цикловой подачи топлива по цилиндрам (двигатель Volvo D12A): цилиндр 5 получает увеличенную на 50 % цикловую подачу; цилиндр 6 получает уменьшенную на 50% цикловую подачу (источник: Volvo Trucks [16])

ных умозаключений. В двигателе имеется множество конструктивных групп, не подверженных самодиагностике. Например, самодиагностике не подлежит работа системы подачи топлива в контуре низкого давления: самодиагностика не реагирует вовсе или может давать неправильные заключения на засорение топливного фильтра или некачественное уплотнение сопряжений во всасывающем топливопроводе. Следовательно, контроль датчиков исполнительных механизмов должен ограничиваться испытанием на короткое замыкание или обрыв.

Поиск ошибки, как правило, начинается с оценки компрессии в цилиндрах и равномерности работы двигателя по цилиндрам, что дает первые представления о состоянии двигателя и насос-форсунок. Если компрессия — в норме, а баланс цикловой подачи топлива по цилиндрам явно нарушен, следует измерением дымности ОГ проверить работу гидравлики насос-форсунок.

На исправном прогретом дизельном двигателе дымность ОГ на режиме холостого хода не должна превышать 5 % или коэффициент поглощения  $\kappa = 0,1 \text{ м}^{-1}$ . В противном случае существуют нарушения процесса сгорания рабочей смеси. Если величина дымности ОГ слишком велика, следует последовательно отключать электрическое питание насос-форсунок. Неисправна та из них, при отключении которой дымность ОГ существенно падает.

Если величина дымности ОГ на режимах свободного ускорения слишком велика, существует проблема цикловой подачи топлива, что может быть связано со слишком малым количеством всасываемого воздуха или слишком большим количеством впрыскиваемого топлива. По версии недостатка воздуха должны быть проверены турбокомпрессор, охладитель наддувочного воздуха и клапан моторного тормоза. Состояние турбокомпрессора выявляется по замеру давления наддува при

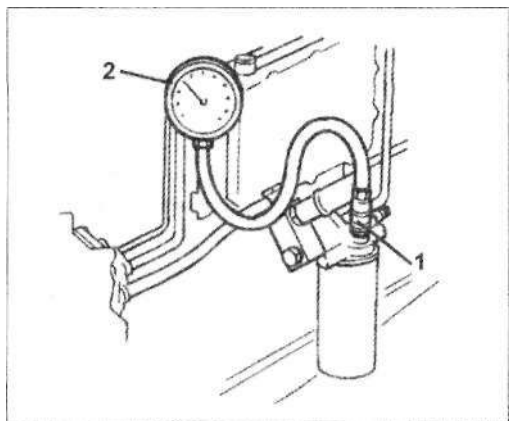


Рис. 6.51. Проверка давления, создаваемого шестеренным топливоподкачивающим насосом (источник: Volvo Truck [13]): 1 — клапан выпуска воздуха; 2 — манометр

полной нагрузке на двигатель (на больших грузовых автомобилях замер давления наддува без нагрузки на двигатель не дает никакой информации). Слишком большие значения цикловой подачи топлива могут быть следствием дефектов в насос-форсунках или неправильного программирования блока управления.

Если дымность ОГ слишком высока на всех режимах, то есть на режиме холостого хода, при максимальной нагрузке и частоте коленчатого вала, ограничиваемой регулятором, то проблема, вероятней всего, состоит в повышенном расходе масла, что выражается в появлении сизого дыма. Если при проверке компрессии в цилиндрах износ поршневой группы не выявлен, возможным источником неисправностей остается износ турбокомпрессора. В случае заправки топливного бака некачественным или не дизельным топливом дымность ОГ также будет очень высокой на всех режимах.

Если величина дымности ОГ на режимах свободного ускорения составляет существенно меньшую величину, чем обычные значения, соответствующие коэффициенту поглощения  $k$  в диапазоне от 1 до 2 м<sup>1</sup>, в топливном баке слишком мало топлива. Если после анализа данных памяти неисправностей и проверки давления наддува

есть уверенность, что блок управления выдает сигнал на полную цикловую подачу топлива, после штатной замены топливного фильтра, следует проверить давление, создаваемое шестеренным топливоподкачивающим насосом (номинальное значение — 5,5 бар). Для этого к клапану выпуска воздуха на ручном топливоподкачивающем насосе подключается манометр (рис. 6.51). При слишком низком или сильно колеблющемся давлении необходимо проверить топливопровод (подводящий топливо к топливному баку), топливоподкачивающий насос и перепускной клапан (закрепленный на головке блока цилиндров). Причиной слишком высокого давления могут оказаться дефект перепускного клапана и непрокачиваемость топливопровода на линии обратного слива топлива.

## 6.5. ПРОВЕРКА ЭЛЕМЕНТОВ АППАРАТУРЫ СИСТЕМЫ С НАСОС-ФОРСУНКАМИ ДВИГАТЕЛЯ VOLVO FH12

### Проверка датчиков

Сигналы датчиков лучше всего проверять там, куда они поступают, а именно — на блоке управления. Если блок управления получает нормальный сигнал, есть уверенность в том, что в порядке не только сам датчик, но и его соединение с блоком управления. Сигналы датчика определяются с помощью выносного контактного блока, Y-образный кабель которого монтируется между самим контактным блоком и разъемами блока управления. Блок управления имеет два разъема: один связан с разводкой двигателя, второй — с разводкой автомобиля. Соответствующие измерения по 36 клеммам разъема могут проводиться как на остановленном, так и на работающем двигателе.

Датчик ВМТ (угла поворота коленчатого вала) — индуктивный. На двигателе Volvo он расположен на картере у маховика (рис 6.52). Маховик разделен на три сектора по 120° (рис. 6.53). Для испытания датчика осциллограф подключается щупами к клеммам датчика, и двигатель запускается. Должен появиться сигнал, показанный на рис. 6.54, который четко повторяет зубчатую форму

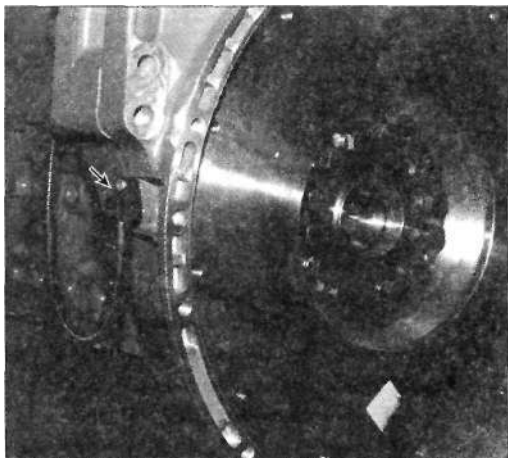


Рис. 6.52. Датчик ВМТ смонтирован на картере маховика

диска датчика. Если осциллограф отсутствует, достаточно подключить вольтметр, который устанавливается на режим замера переменного напряжения. При пуске двигателя напряжение должно составлять 1 В. Если сигнал с датчика на блок управления не поступает, замер повторяется на клеммах датчика. Замер может быть проведен при отсоединенном штекере датчика, поскольку последний работает без подвода напряжения. Если в этом случае сигнал появляется, значит дефектен кабель, идущий

к блоку управления. Если и в этом случае сигнал отсутствует — неисправен датчик. Для надежности должна быть проверена катушка индуктивности датчика (номинальное сопротивление — от 700 до 900 Ом) на обрыв и замыкание на «массу». Если сигнал, особенно при пуске двигателя, слишком слаб, следует проверить зазор между датчиком и маховиком (номинально, при установленных регулировочных шайбах, он должен быть в пределах 0,7—2,0 мм). При слишком большом зазоре должна быть установлена регулировочная шайба меньшей толщины. Если зазор в порядке, следует заменить датчик, у которого слишком слабое магнитное поле постоянного магнита. При выходе из строя датчика ВМТ двигатель запускается. Блок управления в качестве запасного воспринимает сигнал датчика угла поворота распределительного вала. Функция выравнивания работы двигателя по цилиндрам исключается. Регулирование начала впрыскивания топлива ухудшается по точности. Двигатель работает неравномерно, и повышается дымность *ОТ*. Включается сигнализатор неисправности.

Датчик угла поворота на распределительном валу служит для распознавания ВМТ сжатия по отдельным цилиндрам. Диск датчика крепится к шестерне распределительного вала.

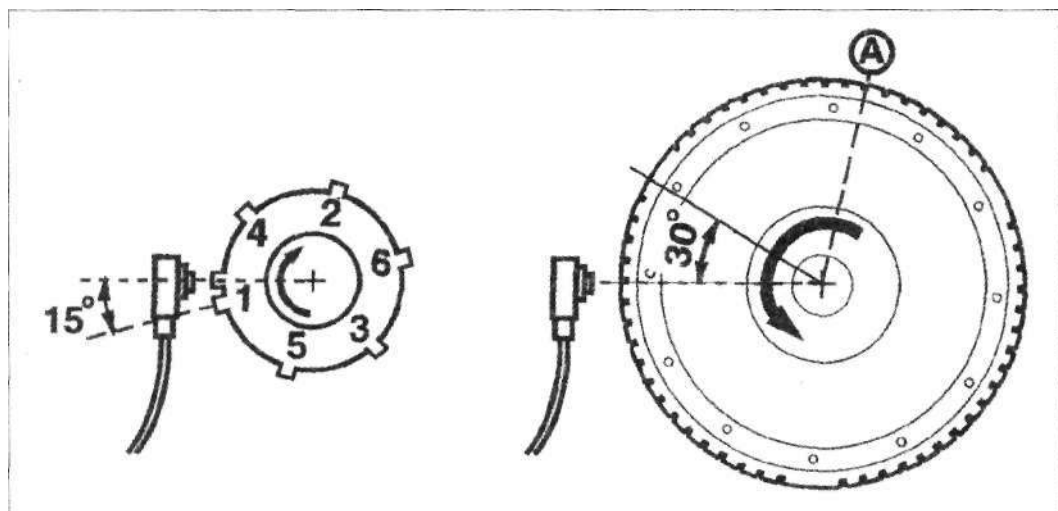


Рис. 6.53. Диски датчика угла поворота распределительного вала и датчика ВМТ (источник: Volvo Trucks [15])

тельного вала (рис. 6.55). Диск имеет шесть зубьев, расположенных на расстоянии  $60^\circ$  (рис. 6.53). За  $15^\circ$  перед зубом на диске, обозначающем первый цилиндр, располагается дополнительный зуб. Таким образом, блок управления распознает ВМТ сжатия первого цилиндра. При исправном датчике ВМТ для распознавания цилиндров было бы достаточно сигнала от шипа на зубчатом колесе. Шесть зубьев необходимы для временного определения частоты вращения и углового положения коленчатого вала при выходе из строя датчика ВМТ. Датчик угла поворота распределительного вала проверяется так же, как датчик ВМТ. Величины сопротивления и зазоры — аналогичны. Осциллограмма должна соответствовать форме диска датчика (рис. 6.56). При выходе из строя датчика угла поворота распределительного вала теряется идентификация цилиндров двигателя. В этом случае блок управления начинает работать по принципу проб и ошибок и производит впрыскивание при сигнале ВМТ любого цилиндра. Если частота вращения коленчатого вала после пуска двигателя не повышается, впрыскивание проведено ошибочно. Если после следующего опыта частота вращения коленчатого вала повысилась, значит, найдена ВМТ сжатия в нужном цилиндре. В этом случае блок управления распределяет электромагнитные клапаны насос-форсунок в заложенном в его память рабочем порядке и далее работает нормально. Двигатель при этом работает неравномерно и с повышенной дымностью ОГ. Если отсутствуют сигналы от обоих датчиков, двигатель не запускается. Если не распознается синхронизация сигналов датчика, блок управления по обоим датчикам выдает коды ошибок. Несмотря на это, двигатель работает. В этом случае следует проверить синхронизацию по двухканальному осциллографу (рис. 6.57). В случае значительного ухода нулевой линии от середины сигнала следует ослабить болты крепления диска датчика на шестерне распределительного вала, повернуть диск в зазорах крепежных отверстий в сторону, противоположную вращению, и снова затянуть болты.

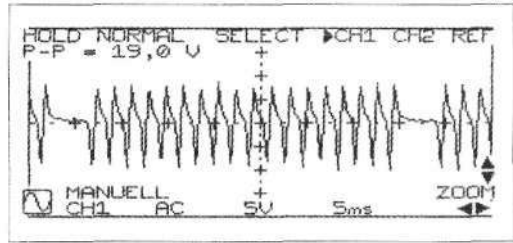


Рис. 6.54. Протекание сигнала напряжения от датчика ВМТ на режиме холостого хода

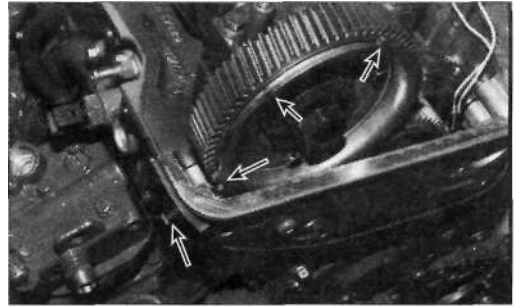


Рис. 6.55. Аиск датчика угла поворота распределительного вала прикреплен к шестерне распределительного вала. Стрелками показаны видимые зубья диска

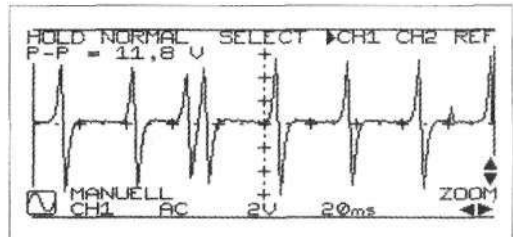


Рис. 6.56. Протекание сигнала напряжения датчика угла поворота распределительного вала на режиме холостого хода

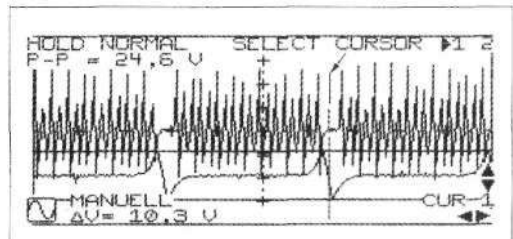


Рис. 6.57. Проверка синхронизации датчика угла поворота распределительного вала. Нулевая линия должна лежать посередине кривой, создаваемой зубцами датчика ВМТ

Датчик педали подачи топлива передает блоку управления требования водителя к нагрузке на двигатель. Датчик состоит из потенциометра и контактов холостого хода, которые соединены с осью педали подачи топлива. Потенциометр имеет три вывода и питается напряжением 5 В. Со среднего вывода снимается сигнал напряжения, величина которого зависит от положения педали подачи топлива. Для проверки датчика на шумы к среднему выводу и «массе» подсоединяется осциллограф или вольтметр и медленно приводится в действие педаль подачи топлива. Напряжение должно плавно возрастать до величины допустимого максимального значения (рис. 6.58). Если наблюдаются резкие изменения напряжения, потенциометр должен быть заменен. При изношенной контактной дорожке потенциометра двигатель работает нестабильно («толчками»). Если блок управления фиксирует дефект потенциометра (напряжение сигнала — 0 или 5 В), двигатель работает по сигналам контактов холостого хода, когда включается до 70 % от номинального положения педали подачи топлива, чтобы автомобиль мог самостоятельно доехать до ремонтной мастерской.

Контакты холостого хода служат для логической проверки сигнала потенциометра и позволяют сохранить необходимые функции движения автомобиля при неисправности потенциометра. Эти контакты разъединены при отпущенной педали и замыкаются при ее нажатии. Для проверки вольтметр подсоединяется к обоим контактам холостого хода при включенном выключателе стартера и свечей накаливания.

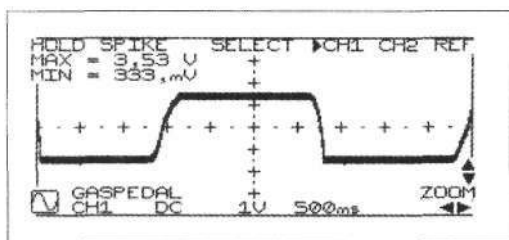


Рис. 6.58. Испытание датчика педали подачи топлива на шумы

При отпущенной педали вольтметр должен показывать напряжение 28 В. При нажатии педали напряжение должно падать ниже 1 В. Блок управления проверяет синхронизацию элементов. Для этого второй вольтметр подключается к клеммам сигнала о напряжении потенциометра. Если контакты холостого хода замкнуты, сигнал о напряжении потенциометра должен находиться в диапазоне 0,65—0,95 В, иначе блок управления выдает код неисправности. В этом случае следует проконтролировать правильность установки элементов педали или заменить ее.

Датчик давления наддува воздуха вворачивается непосредственно во впускной трубопровод. По сигналам датчика и значениям температуры воздуха на впуске рассчитывается масса всасываемого воздуха. Эта величина ограничивает максимальную цикловую подачу топлива при полной нагрузке. Выход из строя или неправильные показания датчика могут быть причиной потери до 50 % мощности. Датчик питается напряжением 5 В и выдает сигнал напряжения в соответствии с графиком (рис. 6.59). Для проверки датчик выворачивается и замеряется напряжение сигнала. При атмосферном давлении (100 кПа) напряжение составляет 1,1 В; при избыточном давлении 250 кПа напряжение равняется 2,9 В. Возможна имитация из-

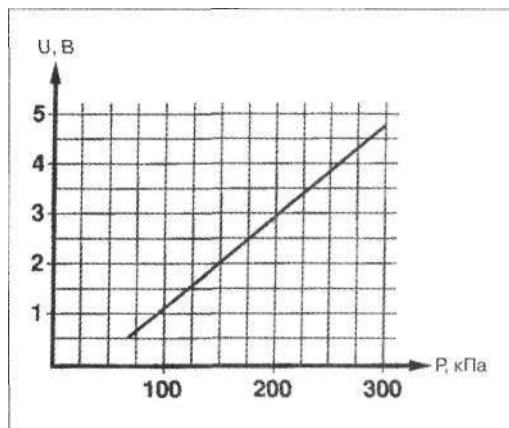


Рис. 6.59. Зависимость сигнала напряжения датчика давления наддува воздуха от величины давления (источник: Volvo Trucks [15])

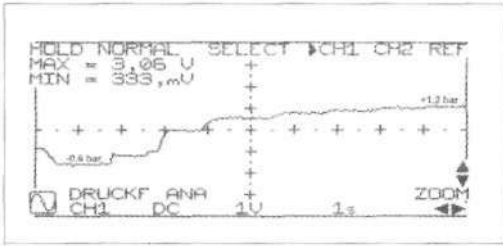


Рис. 6.60. Протекание сигнала напряжения датчика давления наддува воздуха при создании давления ручным насосом

быточного давления ручным насосом. Реакция датчика на изменение давления может определяться с помощью осциллографа (рис. 6.60). Если датчик в порядке, напряжение его сигнала может быть использовано для проверки давления наддува при движении автомобиля. В случае неисправности датчика следует перед установкой нового проверить его напряжение питания (номинальное — 5 В).

В качестве температурных датчиков используются резисторы с отрицательным температурным коэффициентом (когда с ростом температуры сопротивление падает). Блок управления подает на датчик напряжение питания 5 В и замеряется падение напряжения (рис. 6.61). Проверять температурный датчик можно замером сопротивления или напряжения. Проверка напряжением предпочтительнее, поскольку

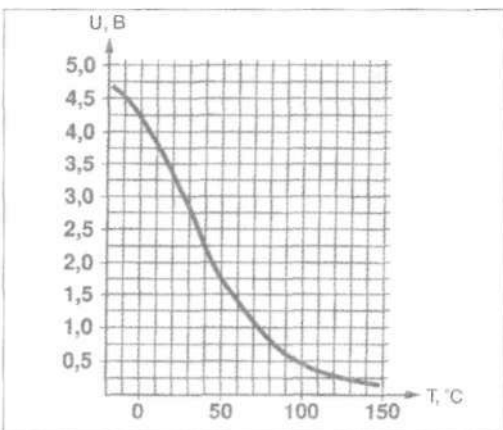


Рис. 6.61. Зависимость выходного напряжения датчика температуры охлаждающей жидкости от температуры (источник: Volvo Trucks [15])

ку при этом одновременно подтверждается напряжение питания. Кроме того, напряжение можно замерять также и во время движения автомобиля, с тем чтобы выявить наличие плохого контакта. Для испытаний необходимы осциллограф, вольтметр и термометр. С помощью последнего определяется действительная температура воздуха или жидкости для определения напряжения по графику на рис. 6.61. При сигнале напряжения 5 В можно предполагать обрыв в резисторе датчика или в подводящем проводе. Сигнал напряжения 0 В указывает на короткое замыкание в жгуте проводов на «массу» или в питании блока управления. В обоих случаях блок управления выдает коды неисправностей.

Контакты выключателей педалей привода сцепления и тормоза в свободном состоянии разомкнуты. Их проверяют так же, как и контакты холостого хода. При выходе из строя обоих выключателей перестает функционировать темпомат. Для работы темпомата дополнительно необходим сигнал датчика тахометра, представляющего собой датчик Холла, который посылает на тахограф сигнал прямоугольной формы. Тахограф отправляет блоку управления сигнал напряжения, колеблющийся в пределах 0,5—8,0 В. Блок управления, в свою очередь, выдает контрольный сигнал. Если автомобиль неподвижен, сигнал напряжения колеблется в диапазоне 6–9 или 0,5—2,0 В. Если автомобиль движется, получается наложение сигналов, как это показано на рис. 6.62. Если один из двух сигналов отсутствует, блок управления выдает код неисправности и тахограф регистрирует скорость между 0 и 30 км/ч.

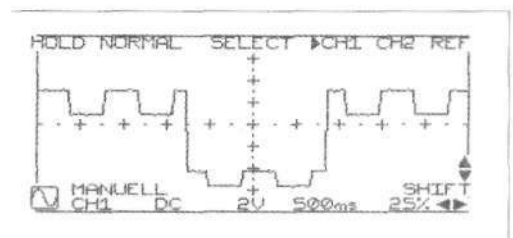


Рис. 6.62. Сигнал датчика тахометра на режиме принудительного холостого хода

### Насос-форсунка

Блок управления нагружает электромагнитные клапаны насос-форсунок пиковым напряжением 90 В (рис. 6.63). Сила тока включений электромагнитных клапанов при этом кратковременно достигает 15 А, после чего блок управления ограничивается введением тактности напряжения при силе тока включений на уровне 10 А. Схема включений электромагнитных клапанов показана на рис. 6.64. Проводом «+» три электромагнитных клапана соединены с транзистором Т+. В зависимости от потребности транзисторы Т1, Т2 или Т3 замыкаются на «массу». Через установленное время  $t_c$  блок управления выдает сигнал впрыскивания топлива. После отключения электромагнитного клапана возникающее напряжение самоиндукции может использоваться для зарядки конденсаторов через диоды. В зависимости от электрических дефектов, например короткого замыкания провода «+», перестают работать насос-форсунки цилиндров 1 или 3. Однако неисправными могут быть не все три насос-форсунки. В этом случае следует проверить разводку проводов и электромагнитные клапаны на обрыв и короткое замыкание (номинальное сопротивление — 1–2 Ом). Если протекание сигнала напряжения насос-форсунки соответствует показанному на рис. 6.65, значит электрическая часть в порядке. Проверка гидравлики может быть произведена только на рабочем режиме — по равномерности работы двигателя по цилиндрам и по замеру дымности ОГ. Проверка насос-форсунок средствами ремонтной мастерской невозможна. Визуальная проверка некачественного уплотнения сопряжений насос-форсунки по кольцевому каналу головки блока цилиндров или по электромагнитному клапану может осуществляться на двигателе, работающем на режиме холостого хода; однако такая проверка может привести к неприятным последствиям попадания топлива на лицо. Указанием на повышенные утечки топлива является высокое содержание топлива в моторном масле.

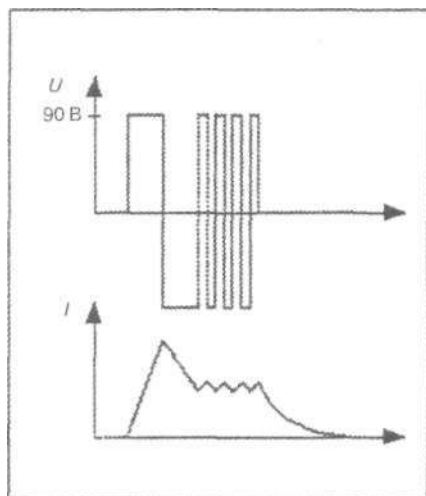


Рис. 6.63. Протекание напряжения  $U$  и силы тока  $I$  на электромагнитном клапане насос-форсунки (источник: Volvo Trucks [17])

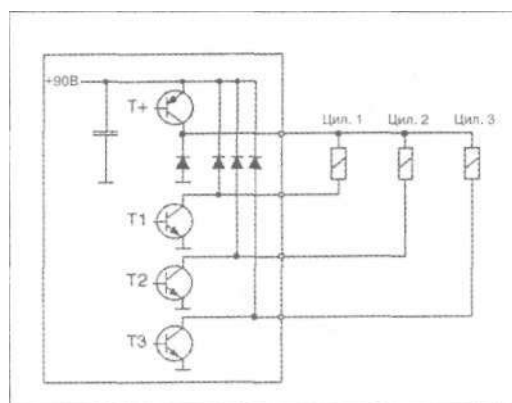


Рис. 6.64. Схема включений электромагнитных клапанов (источник: Volvo Trucks [17])

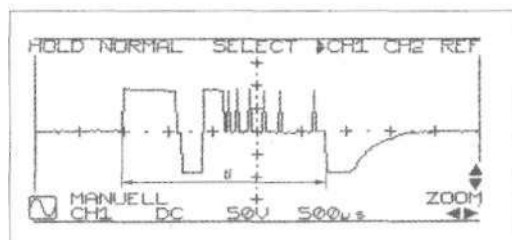


Рис. 6.65. Протекание сигнала напряжения электромагнитного клапана на режиме холостого хода. Рѐмняя продолжительность включения электромагнитного клапана, блок управления влияет на цикловую подачу топлива

глава

# 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.

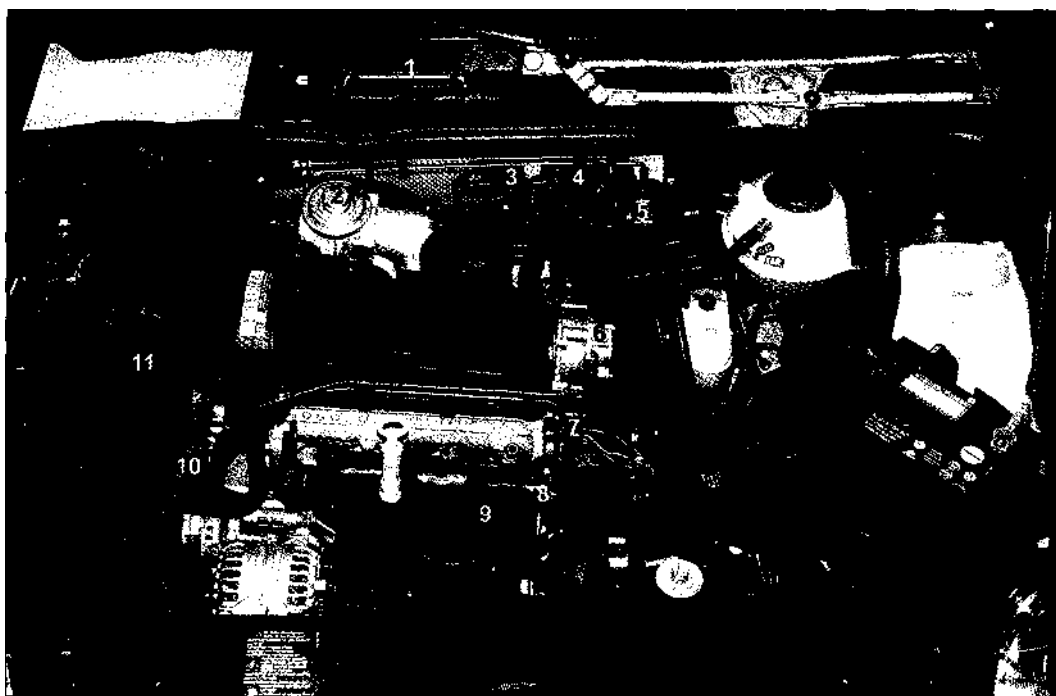


Рис. 7.1. Моторный отсек трехцилиндрового двигателя Volkswagen рабочим объемом 1,4 л, снабженного системой с насос-форсунками: 1 — блок управления; 2 — клапан рециркуляции ОТ; 3 — электромагнитный клапан заслонки останова двигателя; 4 — преобразователь разрежения системы рециркуляции ОТ; 5 — преобразователь 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 воздуха

### 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

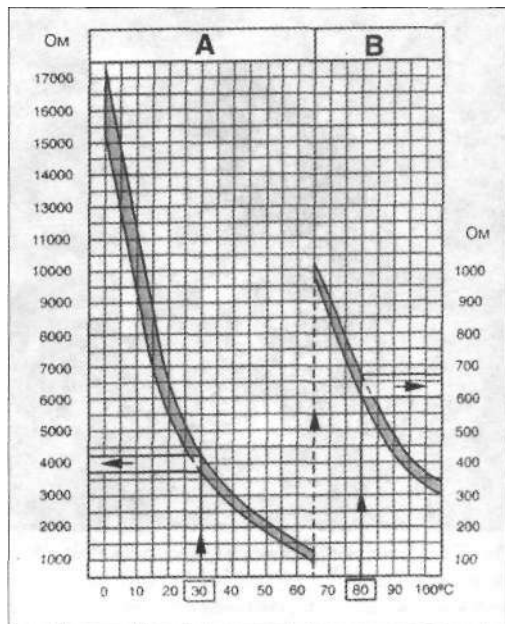
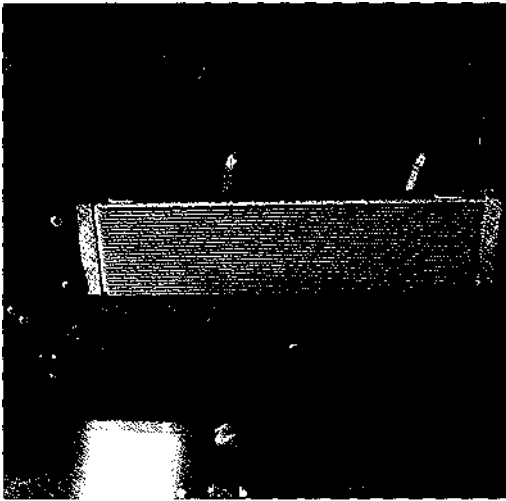


Рис. 7.5. Зависимость сопротивления датчика температуры топлива от температуры (источник: V.A.G [ 18])



*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 топливopодкачивающий насос, следует проверить топливный фильтр и все топливopроводы контура низкого давления.

В топливopровode 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 °С, 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 *ОТ* 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 *ЭОГ*. 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 топливopровод. 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-

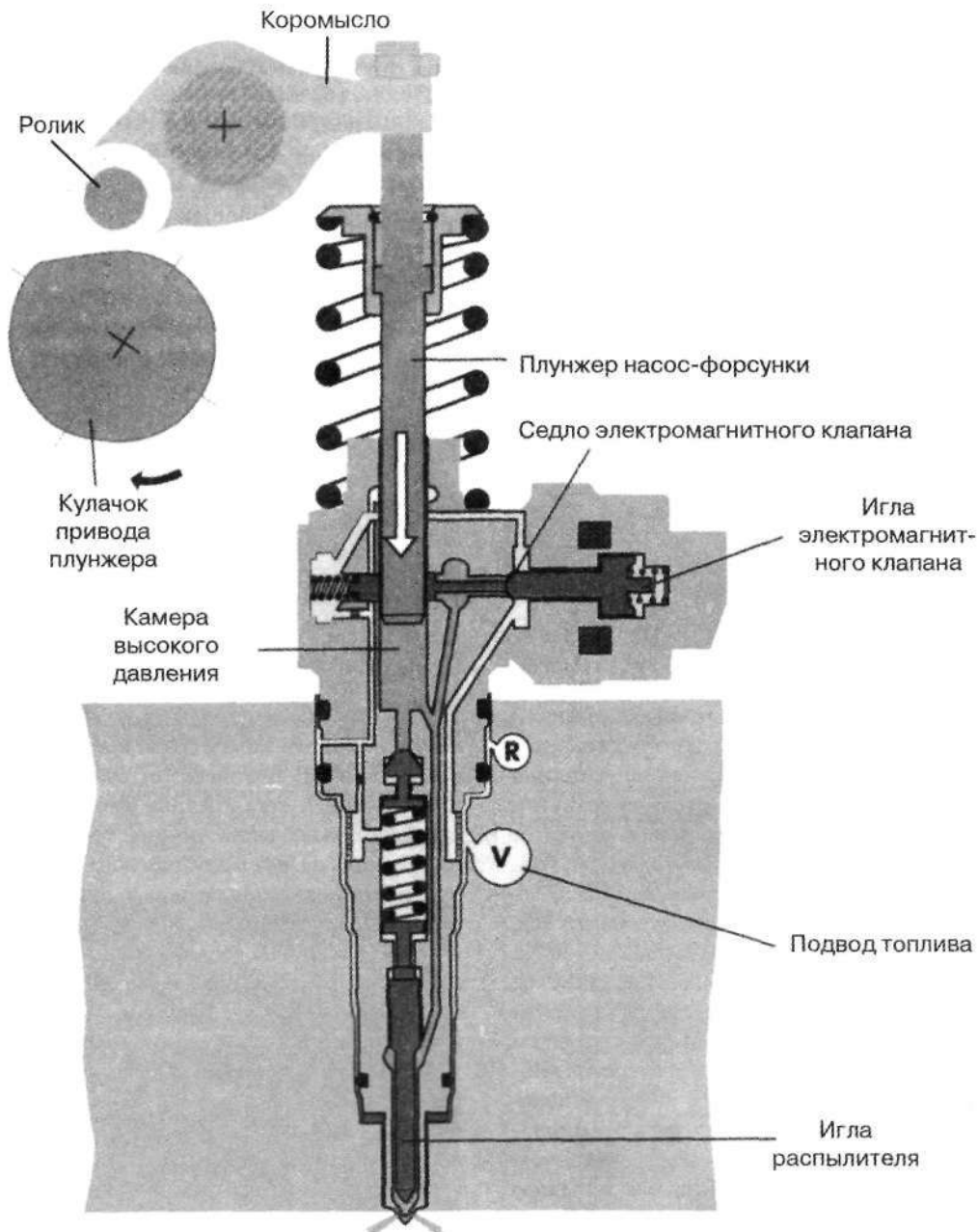


Рис. 7.7. Начало предварительного впрыскивания топлива в контуре высокого давления (источник: V.A.G [19])

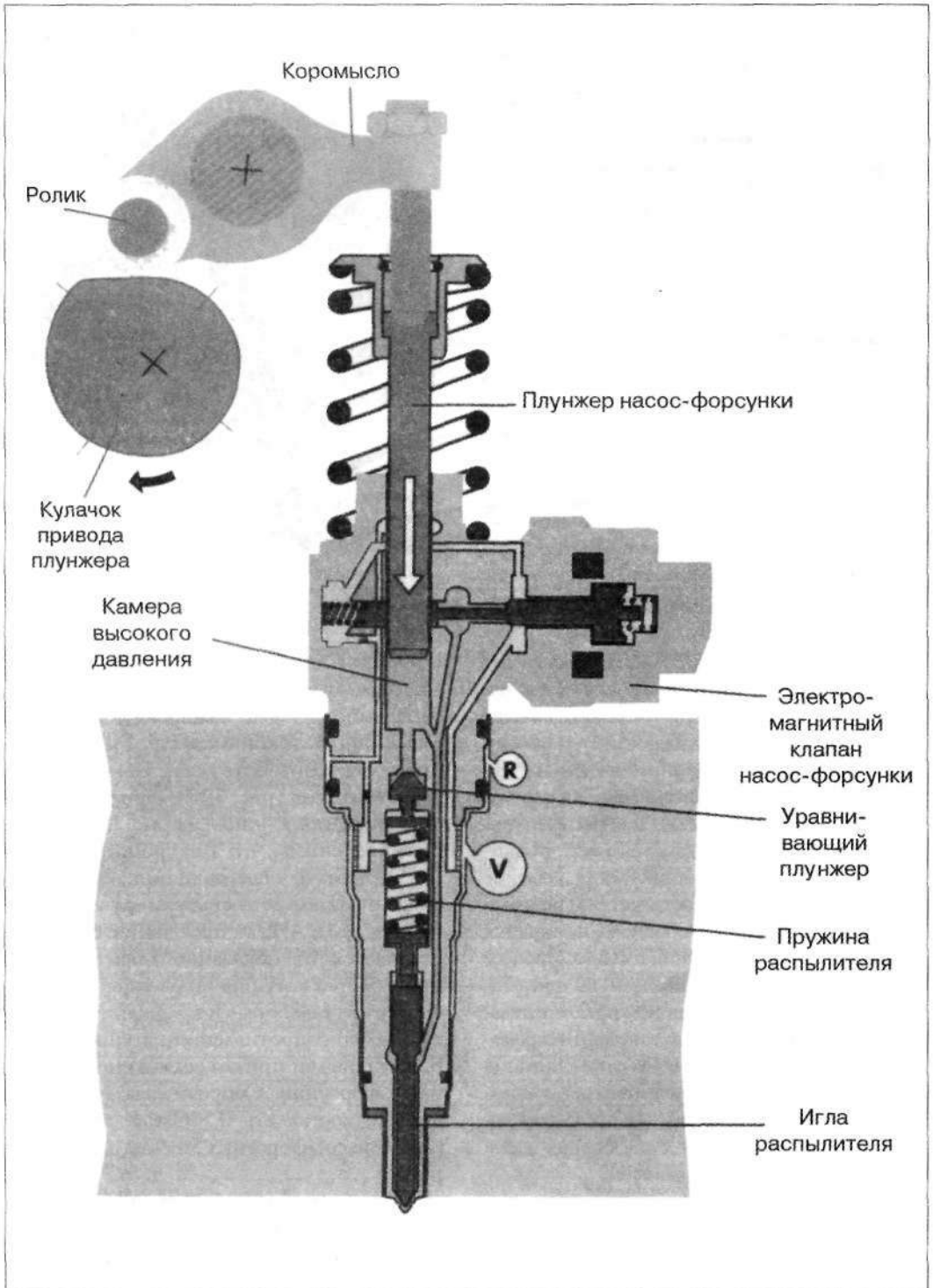


Рис. 7.8. Окончание предварительного впрыскивания топлива в контуре высокого давления (источник: V.A.G [19])

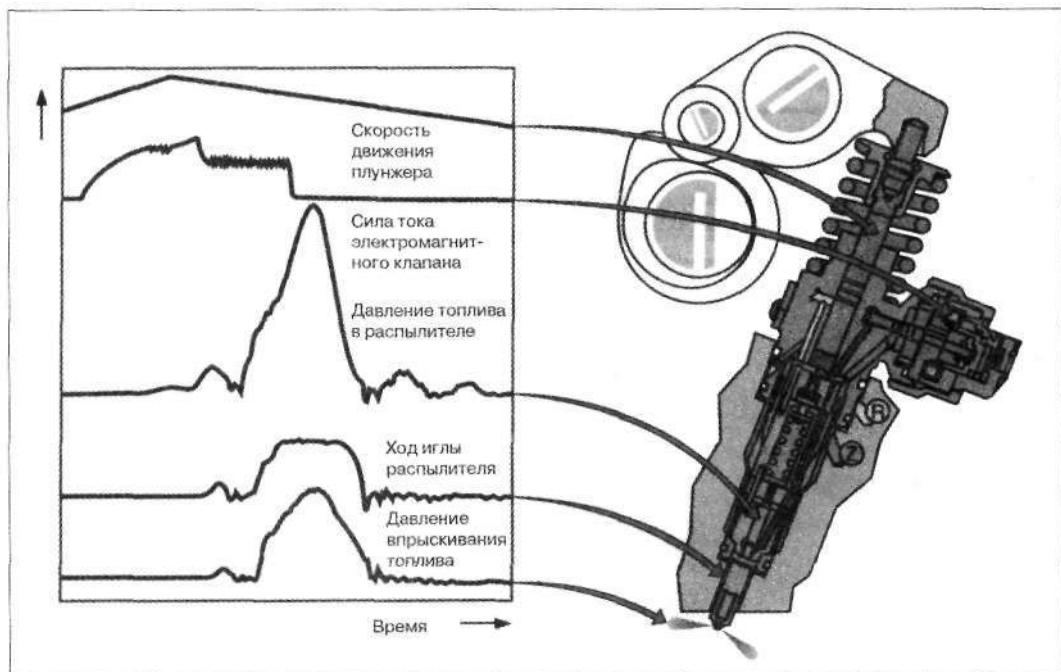


Рис. 7.9. Процесс впрыскивания топлива насос-форсункой (источник: Bosch [20])

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.

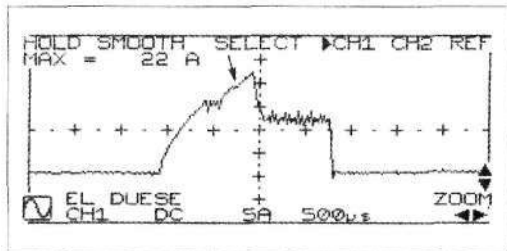


Рис. 7.11. Протекание силы тока электромагнитного клапана насос-форсунки на режиме холостого хода. Стрелкой показано начало посадки якоря электромагнита

### 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

<b>Volkswagen Lupo 1999 года выпуска с дизельным двигателем 1,4 TDI модели AFM</b>	
<b>Компьютерные данные</b>	
Действительная частота вращения коленчатого вала	903 мин <sup>-1</sup>
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
Скважность 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
Скважность 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 самоконтрающиеся установочные болты заворачиваются от руки. Прежде чем затянуть их окончательно, следует зафиксировать правильное

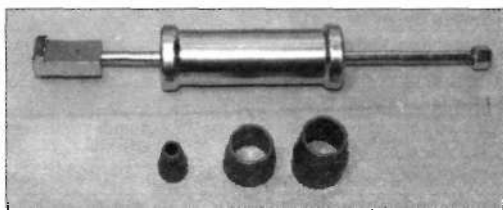


Рис. 7.12. Специальное приспособление для замены насос-форсунок

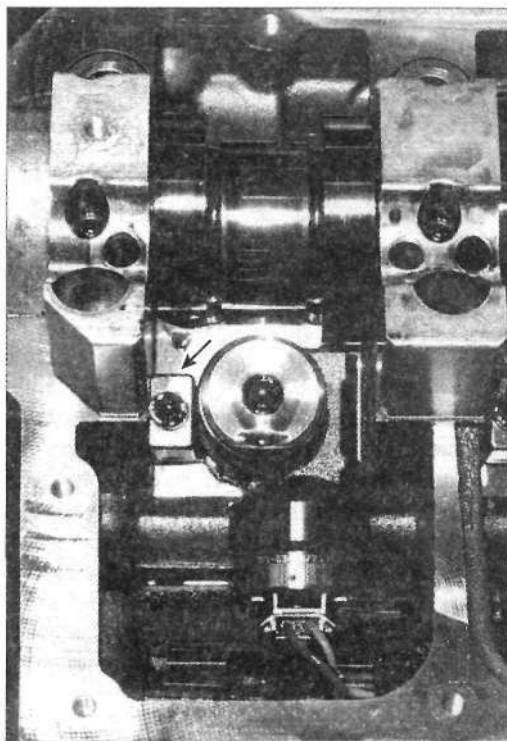


Рис. 7.13. Насос-форсунка после снятия оси с коромыслами. Стрелкой показано крепление насос-форсунки

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

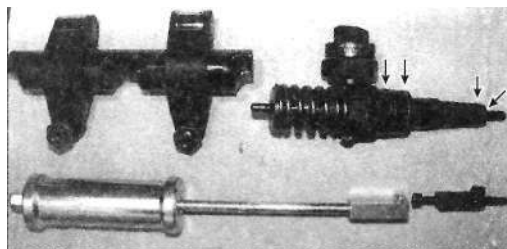


Рис. 7.14. Снятые детали и специальный инструмент. Уплотнительные кольца и теплозащитная шайба (показаны стрелками) перед монтажом насос-форсунки заменяются

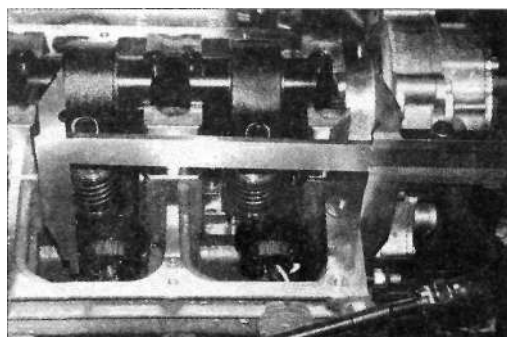


Рис. 7.15. Коррекция положения насос-форсунки в головке блока цилиндров при помощи штангенциркуля

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  $225^\circ$  и затягивается контргайкой (момент затяжки —  $30 \text{ Н*М}$ ). 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

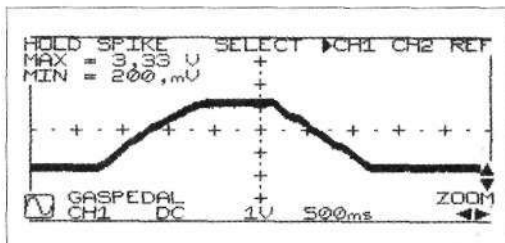


Рис. 7.17. испытание на шум потенциометра датчика педали подачи топлива

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. Исчерпывающий 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

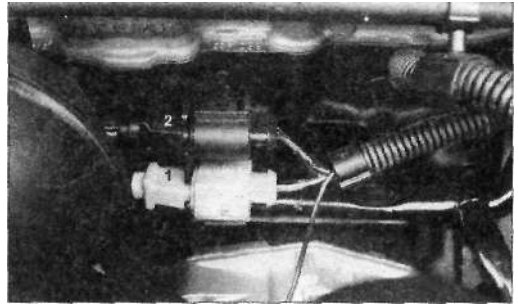


Рис. 7.21. Разъемы датчиков ВМТ (1) и Холла (2) на передней стороне двигателя

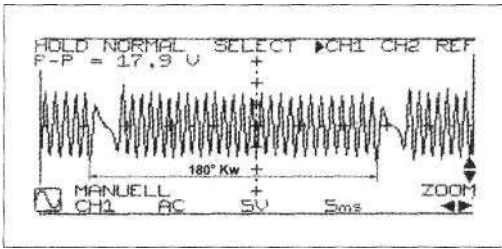


Рис. 7.19. Протекание сигнала напряжения датчика ВМТ на четырехцилиндровом двигателе

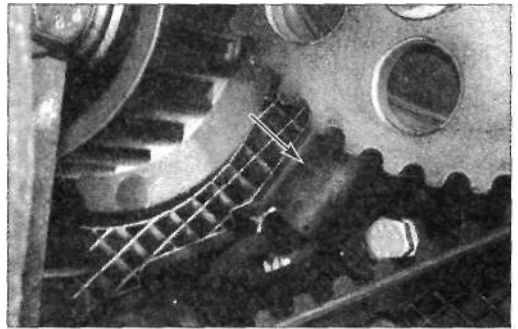


Рис. 7.22. Датчик Холла (показан стрелкой) расположен под диском, закрепленным на распределительном валу

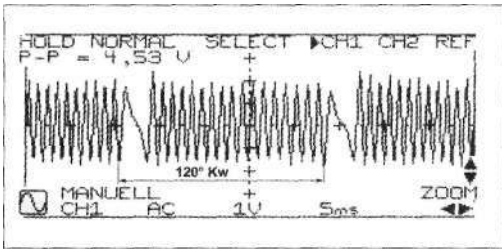


Рис. 7.20. Протекание сигнала напряжения датчика ВМТ на трехцилиндровом двигателе

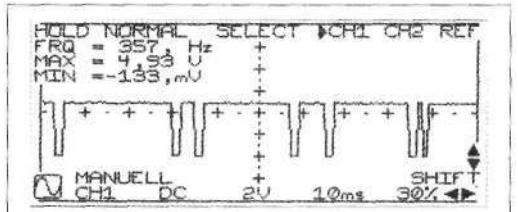


Рис. 7.23. Протекание сигнала напряжения датчика Холла на четырехцилиндровом двигателе

переменного тока. При пуске двигателя замеряется 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,

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

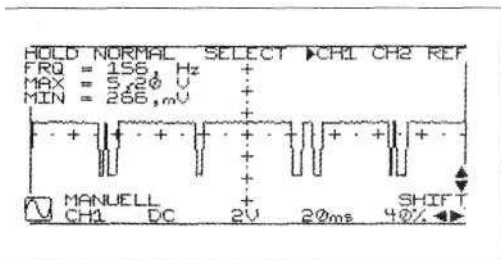


Рис. 7.24. Протекание сигнала напряжения датчика Холла на трехцилиндровом двигателе

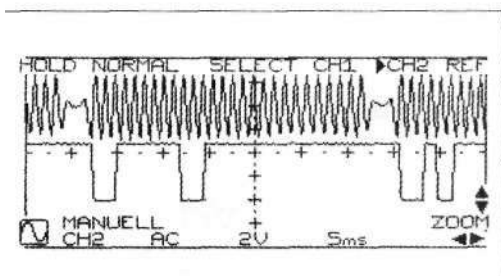


Рис. 7.25. Протекание сигналов напряжения датчиков ВМТ и Холла на четырехцилиндровом двигателе

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 определить 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 накаливания	0,95-1,05	Включен выключатель стартера и свечей накаливания	0,95-1,05
Режим холостого хода	2,0-2,2	Режим холостого хода	2,1-2,3
2000 мин <sup>-1</sup>	2,7-2,9	2000 мин <sup>-1</sup>	3,0-3,2
3000 мин <sup>-1</sup>	3,2-3,5	3000 мин <sup>-1</sup>	3,5-3,7
4000 мин <sup>-1</sup>	3,6-3,8	4000 мин <sup>-1</sup>	3,8-4,0
Свободное ускорение	4,0-4,2	Свободное ускорение	4,2-4,4

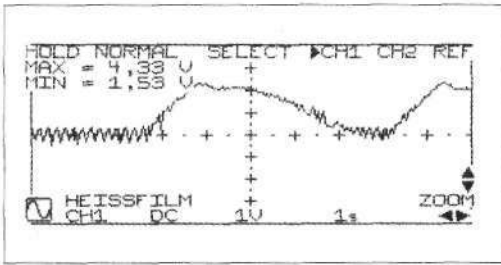


Рис. 7.26. Протекание сигнала напряжения датчика массового расхода воздуха на режимах свободного ускорения четырехцилиндрового двигателя

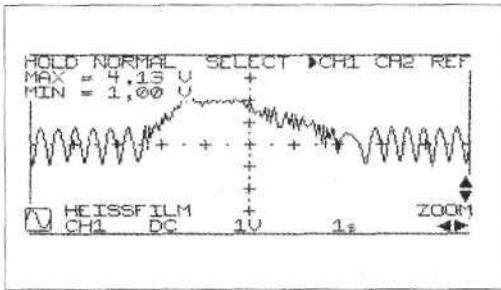


Рис. 7.27. Протекание сигнала напряжения датчика массового расхода воздуха на режимах свободного ускорения трехцилиндрового двигателя

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.

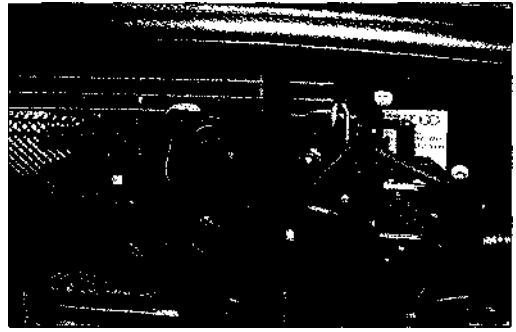
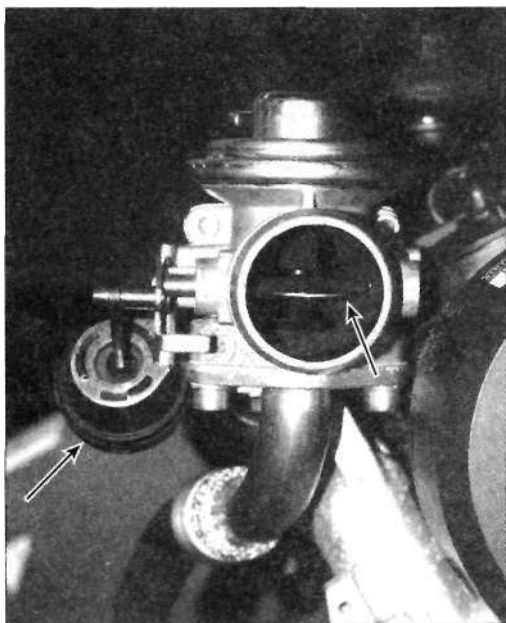


рис. 7.VS. Клапан рециркуляции ОГ двигателя рабочим объемом 1,4 л, оснащенного системой с насос-форсунками: 3 — электромагнитный клапан заслонки останова двигателя; 4 — клапан рециркуляции ОГ; 5 — электропневматический преобразователь давления в системе управления давлением наддува

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  $3000 \text{ мин}^{-1}$ . В зоне полных и частичных нагрузок при частоте вращения коленчатого вала свыше  $3000 \text{ мин}^{-1}$  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 ОТ (показан левой стрелкой). Заслонка останова двигателя (показана правой стрелкой) закрывается в течение трех секунд после остановки 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  $2000 \text{ мин}^{-1}$ . 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-

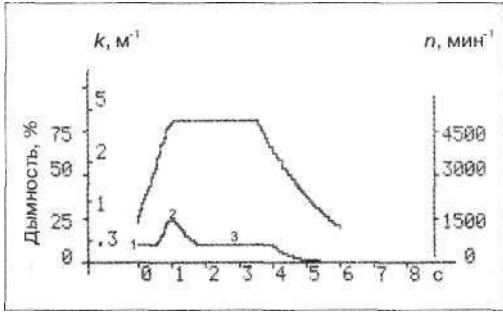


Рис. 7.30. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  дизеля Volkswagen 1,4 TDI: 1 — дымность ОГ на режиме холостого хода при активном клапане рециркуляции ОГ; 2 — дымность ОГ на режиме полной нагрузки,  $k_{max} = 0,6 M$ ; 3 — дымность ОГ при  $n_{max}$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

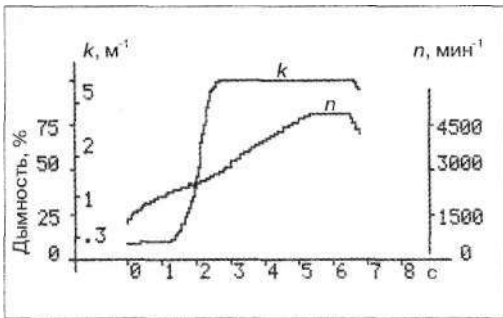


Рис. 7.31. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения  $k$ ) и частоты вращения коленчатого вала  $n$  дизеля Volkswagen 1,4 TDI при открытом клапане рециркуляции ОГ:  $k_{max} = 9,5 лг'$ ; время разгона — 5,0с

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 %

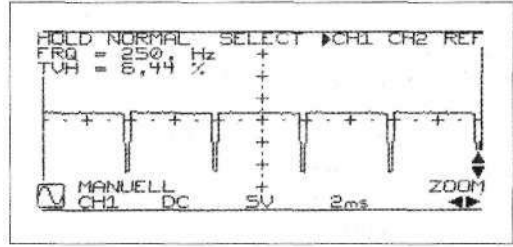


Рис. 7.32. Скважность управляющего сигнала преобразователя давления на клапане рециркуляции ОГ при неработающем двигателе и включенном выключателе стартера и свечей накаливания

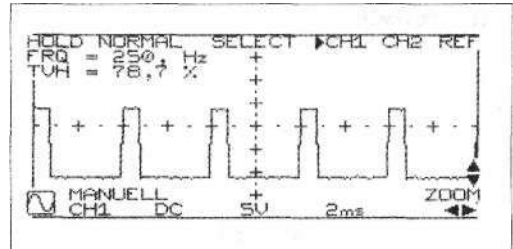


Рис. 7.33. Увеличивая скважность управляющего сигнала преобразователя давления, блок управления включает клапан рециркуляции ОГ

(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, незамкнут 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-

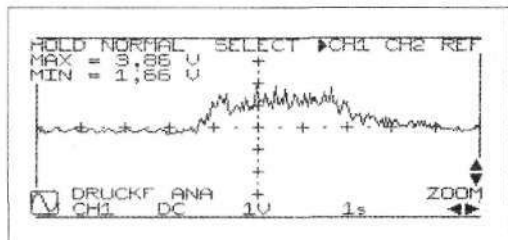


Рис. 7.34. Протекание сигнала напряжения датчика давления наддува при свободном ускорении

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<sup>-1</sup> 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 исполнения этого устройства:

- 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 путем создания разрежения (двигатели рабочим объемом 1,2 и 1,9 л).

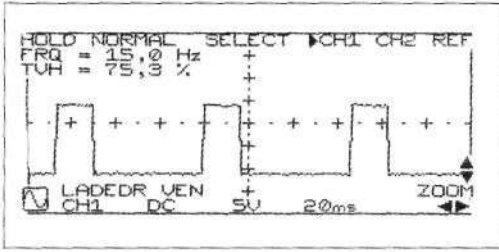


Рис. 7.35. При повышении давления наддува управление преобразователей давления осуществляется с высокой скважностью сигнала

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

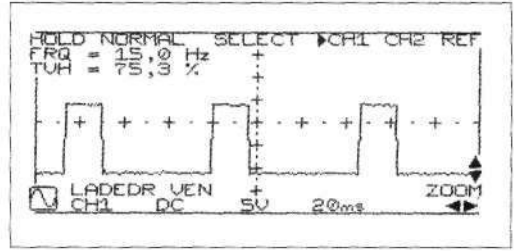


Рис. 7.36. Скважность управляющего сигнала уменьшается при ограничении или отключении давления наддува

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 нагнетателя 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.

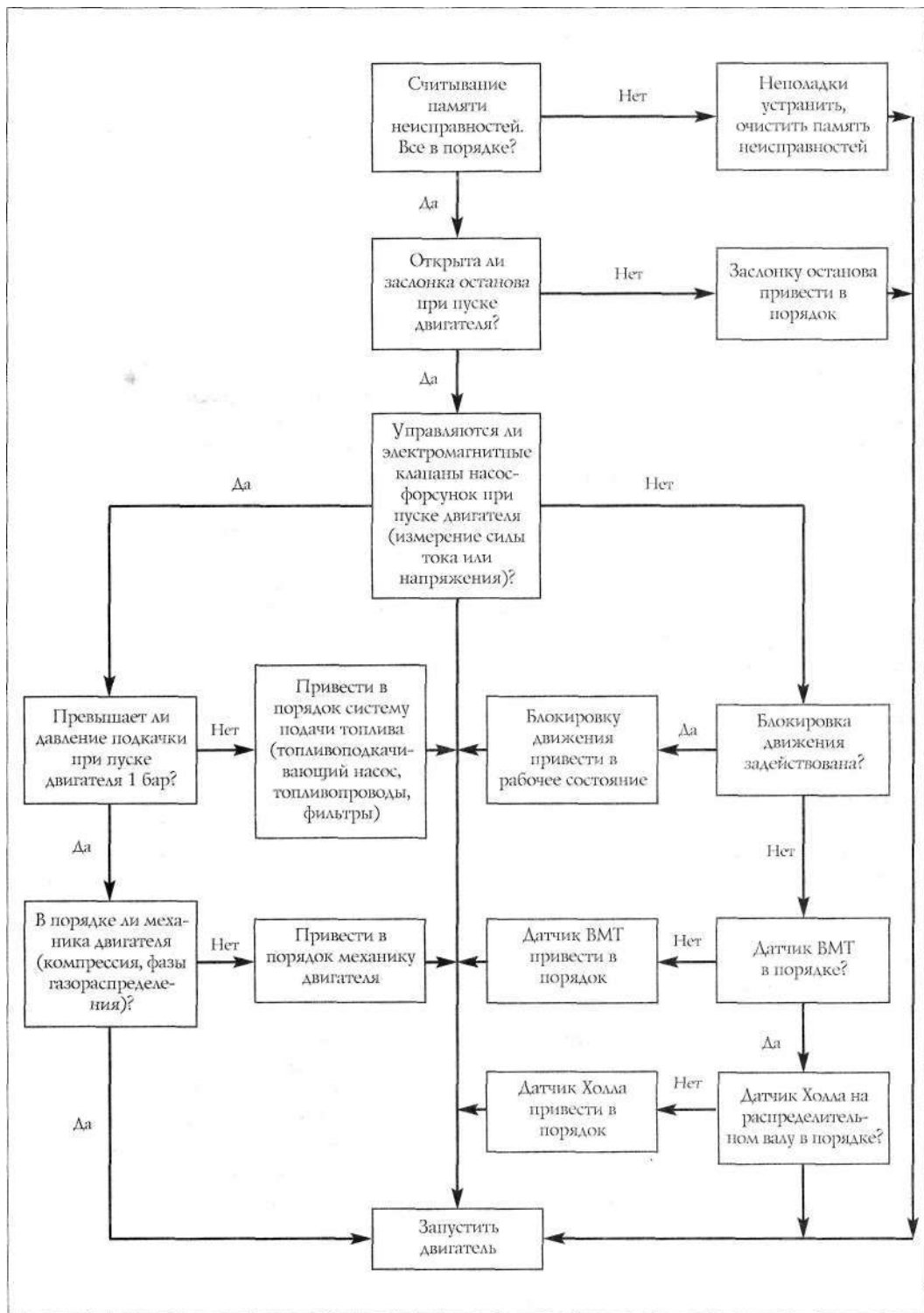


Рис. 7.37. План поиска неисправностей: двигатель не запускается или запускается с трудом

глава

## РЯДНЫЙ ТНВД С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВТУЛКОЙ

Рядные ТНВД с дополнительной втулкой и электронным управлением (рис. 8.1) часто относят к оснащению самых первых дизельных двигателей, которые снабжались механическими регуляторами частоты вращения коленчатого вала и момента впрыскивания топлива, впоследствии замененными электрическими исполнительными механизмами. Неизменность гидравлической системы впрыска топлива у этих двигателей позволила проводить обновление двигателей без существенных конструктивных изменений. Современные системы

впрыска топлива, например, системы с насос-форсунками, потребовали уже комплексного обновления всей конструкции двигателя.

Рядные ТНВД с дополнительной втулкой начали применяться фирмой Daimler-Chrysler при внедрении нового семейства предкамерных дизельных двигателей с электронным регулированием и механическим регулятором угла опережения впрыскивания топлива. Аналогичные двигатели, выпущенные фирмой MAN, отвечают нормам предельного содержания ток-

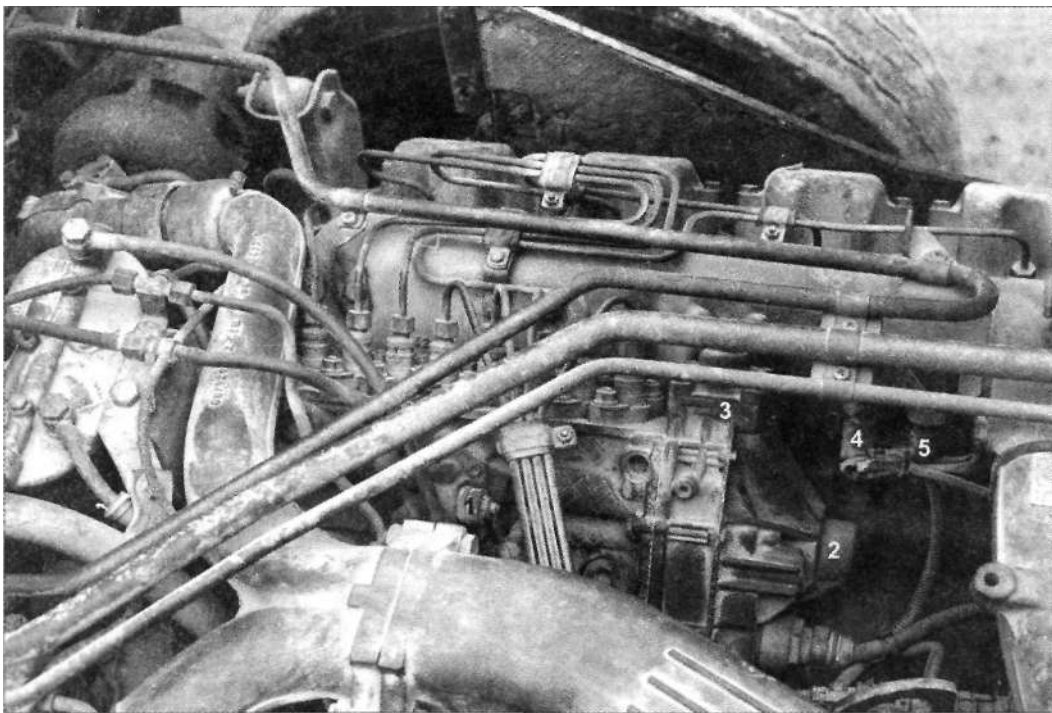


Рис. 8.1. Восемьсекционный рядный ТНВД с дополнительной втулкой, установленной в развале блока цилиндров двигателя V8 фирмы DaimlerChrysler модели OM442LA, предназначенного для работы в тяжёлых условиях: 1 — электромагнитный клапан останова двигателя (ELAB); 2 — электромагнит управления рейкой; 3 — электромагнит управления дополнительной втулкой; 4 — датчик давления наддува; 5 — датчик температуры воздуха на впуске

сичных веществ в ОТ на уровне Евро 3. Фирма Iveco решила эту задачу, применив систему с насос-форсунками.

На рис. 8.2 показана функциональная схема электронного управления дизелем грузового автомобиля DaimlerChrysler, оснащенного рядным ТНВД с дополнительной втулкой. В данной системе управления используются два блока управления. Блок управления автомобилем и двигателем (блок

управления FMR) воспринимает сигналы датчиков, контролирующих поведение автомобиля, — скорости движения, педали подачи топлива, включения моторного тормоза и т. д., — и передает управляющие сигналы соответствующим исполнительным механизмам и блокам управления. В блоке управления FMR заложены поля характеристик и номинальные значения параметров автомобиля, например ограничения по скорости движения, функции темпозата, способ регулирования частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода или при включении вспомогательных агрегатов.

В блоке электронной системы управления работой дизеля (блок управления EDC) сигналы датчиков перерабатываются в соответствующие управляющие сигналы для исполнительных механизмов двигателя. Этот блок управления является индивидуальным конструктивным элементом, характерным для конкретного двигателя.

Обмен параметрами между блоками управления происходит в цифровом формате по шине CAN (бортовой контроллер связи). Обмен всеми необходимыми параметрами по этим каналам связи происходит по двум проводникам. Благодаря высокой надежности такой системы передачи информации экономятся многие метры проводов.

Между топливным фильтром и контуром низкого давления ТНВД находится электромагнитный клапан останова двигателя (ELAB) (рис. 8.1), который производит аварийный останов двигателя, например, при заклинивании рейки ТНВД. При включении выключателя стартера и свечей накаливания блок управления подает бортовое напряжение на клапан ELAB, который открывает подвод топлива к контуру низкого давления ТНВД. При аварийном останове двигателя происходит не только закрытие клапана ELAB, но и торможение двигателем за счет приведения в действие заслонки на выпуске ОГ. При штатном останове двигателя рейка ТНВД устанавливается возвратной пружиной на нулевую подачу. Клапан ELAB закрывается примерно через семь секунд после выключения выключателя стартера и свечей накаливания. Это предотвращает вытекание

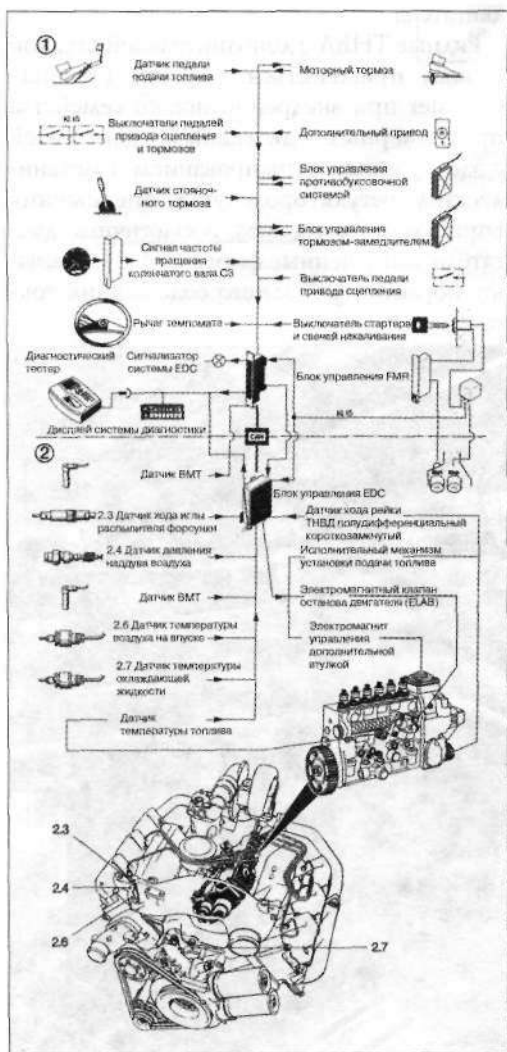


Рис. 8.2. Функциональная схема электронного управления дизельным двигателем, оснащенный рядным ТНВД с дополнительной втулкой:

1 — блок управления FMR, 2 — блок управления EDC (источник: DaimlerChrysler [21])

топлива из ТНВД со стороны всасывания для обеспечения быстрого последующего пуска двигателя. Напряжение питания клапана ELAV замеряется вольтметром (номинальное — от 21 до 27 В).

### 8.1. УПРАВЛЕНИЕ ПОДАЧЕЙ ТОПЛИВА

Управление подачей топлива в рядном ТНВД с дополнительной втулкой и электронным управлением производится поворотом плунжера, как и у ТНВД с механическим регулированием. Плунжер 7 в ТНВД с дополнительной втулкой 3 для взаимодействия с этой втулкой выполнен полым, с осевым отверстием (рис. 8.3). Когда открывается управляющее отверстие на дополнительной втулке 6, начинается процесс нагнетания топлива в полость 1. Когда верхняя кромка регулирующей канавки 5 плунжера доходит до отсечного отверстия 4 дополнительной втулки, нагнетание топлива прекращается. Величина полезного хода плунжера  $B$  и, соответственно, цикловой подачи топлива изменяется путем поворота плунжера рейкой ТНВД, кото-

рая перемещается в направлении повышения цикловой подачи топлива под действием управляющего электромагнита (рис. 8.4), преодолевающего силу возвратной пружины. Управляющий электромагнит получает от блока управления тактированные сигналы постоянного тока с заданной скважностью, перемещая рейку ТНВД в требуемое положение. При обесточенном электромагните возвратная пружина сдвигает рейку ТНВД в положение «стоп».

Для установки цикловой подачи топлива блок управления EDC должен получить от блока управления FMR информацию от датчика положения педали подачи топлива о заданной нагрузке. При этом корректирующее воздействие на эту информацию могут оказывать темпомат и блоки управления противобуксовочной системой (ASR) и тормозом-замедлителем.

На режиме частичных нагрузок блок управления регулирует цикловую подачу топлива, так чтобы выдерживались требуемые условия, например, скорость движения автомобиля, заданная темпоматом, или частота вращения коленчатого вала на режиме холостого хода. На режиме полной нагрузки для предотвращения образования черного дыма в ОГ для расчета величины цикловой подачи топлива используются данные о давлении наддува воздуха и температуре воздуха на впуске (рис. 8.2). Затем, в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, из памяти блока управления вызываются поля значений цикловой подачи топлива и по ним определяется величина допустимой цикловой подачи топлива на режиме полной нагрузки. Эта величина устанавливается смещением рейки ТНВД в сторону увеличения цикловой подачи топлива до тех пор, пока датчик хода рейки ТНВД (9, рис. 8.4) не сообщит блоку управления о достижении требуемого положения рейки ТНВД.

На неисправности блок управления реагирует снижением цикловой подачи топлива или остановом двигателя. При выходе из строя датчика педали подачи топлива или нарушении связи с шиной CAN блок управления устанавливает частоту вращения коленчатого вала 1150 мин<sup>-1</sup>. Двига-

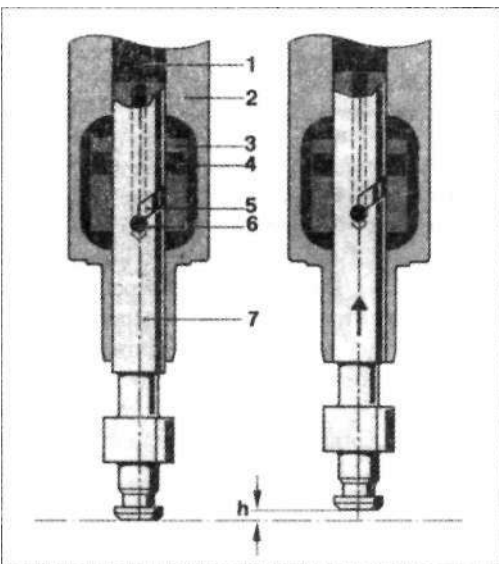


Рис. 8.3. Плунжерная пара рядного ТНВД с дополнительной втулкой (источник: Bosch [22]): 1 — камера высокого давления; 2 — втулка плунжера; 3 — дополнительная втулка; 4 — управляющее отверстие; 5 — регулирующая канавка плунжера; 6 — распределительное отверстие в плунжере; 7 — плунжер;  $B$  — величина полезного хода плунжера

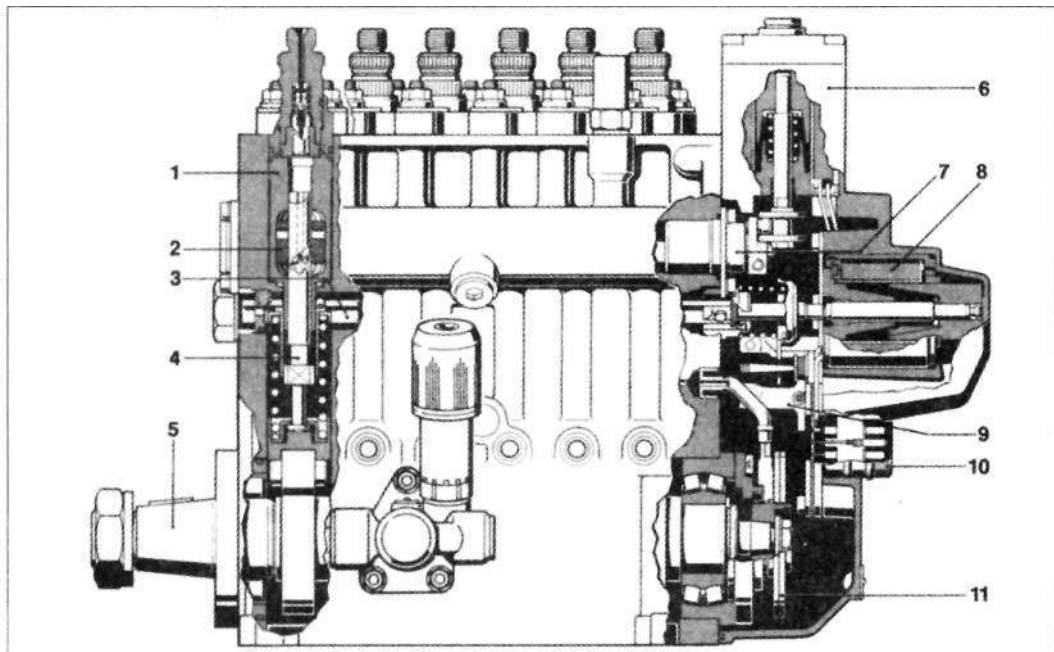


Рис. 8.4. Внешний вид и частичный разрез рядного ТНВД с дополнительной втулкой (источник: Bosch [22]): 1 — гильза плунжера; 2 — дополнительная втулка; 3 — рейка ТНВД; 4 — плунжер; 5 — кулачковый вал; 6 — исполнительный механизм начала подачи; 7 — валик установки дополнительной втулки; 8 — исполнительный механизм изменения хода рейки ТНВД; 9 — датчик хода рейки ТНВД; 10 — итекер соединения с блоком управления; 11 — шайба блокировки начала подачи

тель не запускается, если вышли из строя датчик частоты вращения коленчатого вала или датчик хода рейки ТНВД. При дефектных датчике давления наддува воздуха или датчике температуры воздуха на впуске блок управления предписывает задание максимальной цикловой подачи топлива, соответствующей 30% нагрузки.

## 8.2. РЕГУЛИРОВАНИЕ НАЧАЛА ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА

Регулирование начала впрыскивания топлива происходит в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, нагрузки на двигатель, температуры воздуха на впуске и температуры охлаждающей жидкости. Механизм действия устройства установки угла опережения впрыскивания топлива показан на рис. 8.5. Управляющий электромагнит 4, воздействуя на рычаг, поворачивает валик 1, который передвигает дополнительную втулку плунжерной пары вверх и вниз. Если дополнительная втулка находится

в верхнем положении, управляющее отверстие 7 закрывается позже. Соответственно позже начинается и подача топлива. Позднее впрыскивание топлива ( $\sphericalangle$ , рис. 8.6) приходится на верхнее положение дополнительной втулки, ранее ( $\sphericalangle$ , рис. 8.6) — на нижнее без изменения цикловой подачи топлива. При обесточенном управляющем электромагните дополнительная втулка сдвигается пружиной в положение поздней подачи. Таким образом предотвращается возможность поломки двигателя из-за слишком раннего угла опережения впрыскивания топлива.

Для расчета начала подачи топлива блоку управления требуется сигнал датчика ВМТ, по которому устанавливаются частота вращения и угловое положение коленчатого вала. Дополнительно блок управления использует данные о нагрузке на двигатель, определяемые по сигналам датчика положения педали подачи топлива и датчика температуры охлаждающей жидкости.

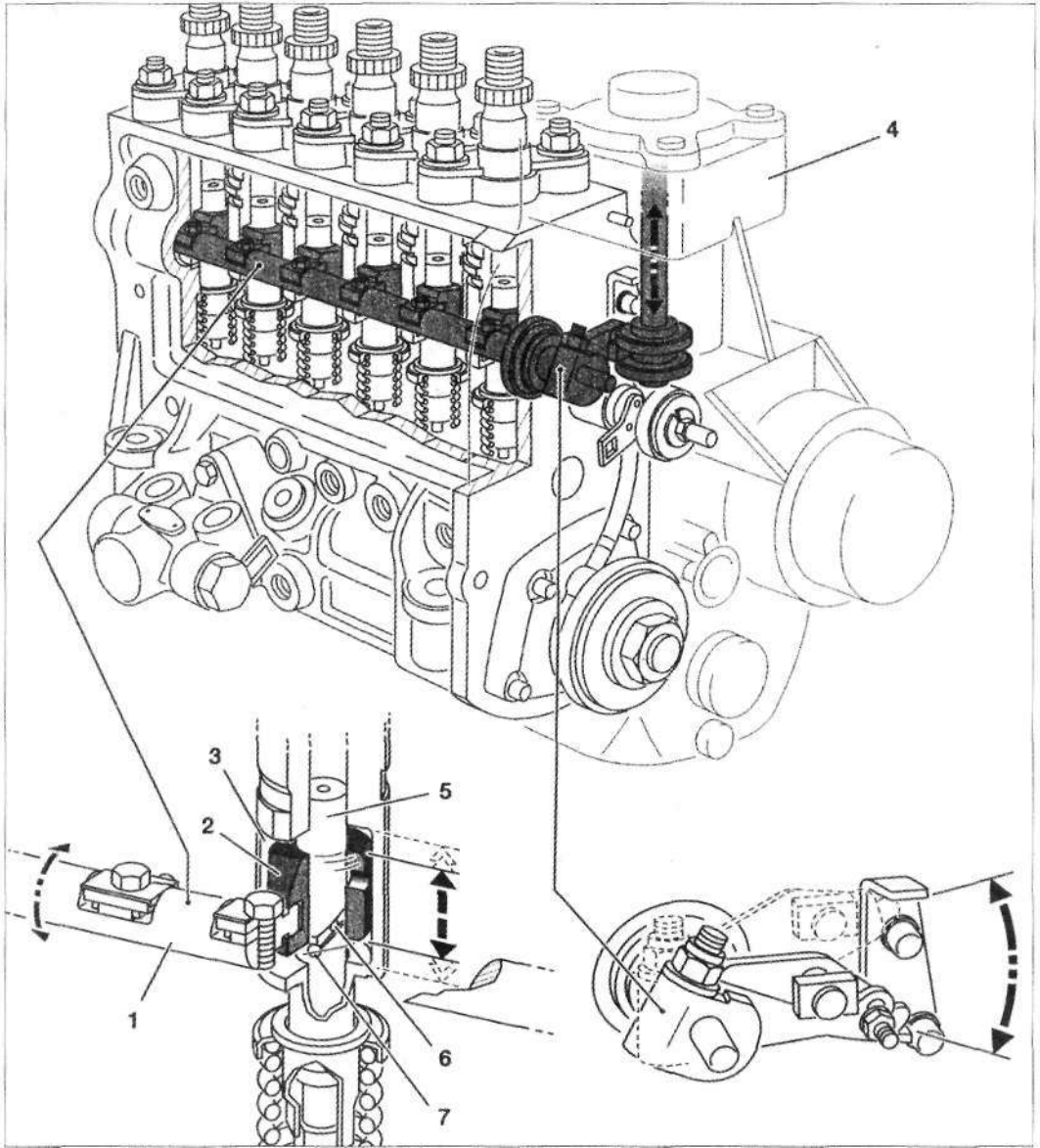


Рис. 8.5. Механизм действия устройства установки угла опережения впрыскивания топлива ТНВД с дополнительной втулкой (источник: DaimlerCrysler [21]): 1 — валик установки положения дополнительной втулки; 2 — дополнительная втулка; 3 — гильза плунжера; 4 — управляющий электромагнит; 5 — плунжер; 6 — регулирующая кромка плунжера; 7 — распределительное отверстие в плунжере

В соответствии с заложенным в память блока управления полем характеристик определяется требуемый момент начала впрыскивания топлива, и на управляющий электромагнит подается сигнал определенной скважности. Окончательный контроль процесса впрыскивания топлива осуществ-

ляется по сигналу датчика хода иглы распылителя форсунки. На двигателе, изображенном на рис. 8.7, такой датчик установлен в форсунке первого цилиндра, о чем свидетельствует дополнительный кабель (показан стрелкой). В форсунке с датчиком хвостовик удлиненной иглы распылителя



Рис. 8.6. Изменение начала подачи топлива с  $f_1$  (раннее впрыскивание топлива) на  $f_2$  (позднее впрыскивание топлива) путем перестановки дополнительной втулки (источник: Bosch [22])



Рис. 8.7. Датчик хода иглы распылителя форсунки на данном двигателе установлен в форсунку первого цилиндра, о чем свидетельствует дополнительный кабель (показан стрелкой)

формирует магнитное поле катушки индуктивности датчика. Первый всплеск напряжения сигнала свыше 0,2 В воспринимается блоком управления как момент начала впрыскивания топлива.

### 8.3. ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ В СИСТЕМЕ ВПРЫСКА ТОПЛИВА

#### Самодиагностика

Поиск неполадок начинается со считывания памяти неисправностей блока управления. Для уточнения необходимых



Рис. 8.8. Дисплей диагностической системы автомобиля (VDS-дисплей)

испытаний также следует обратиться к характеристикам таблицы данных, по которым блок управления рассчитывает команды исполнительным механизмам. Так можно проверить, имеют ли физический смысл определенные блоком управления параметры. После длительной остановки двигателя все датчики температуры должны показывать примерно одинаковые величины. Если какое-то значение сильно отличается, следует проверить соответствующий датчик и его соединения. Это позволит также оценить и правильность замера давления наддува турбокомпрессора. Коды неисправностей и замеренные параметры таблицы данных позволяют без использования тестера судить о работе двигателя по дисплею диагностической системы автомобиля (FDS-дисплею) (рис. 8.8).

Используя системный тест внутри установки, можно выбрать необходимый блок управления, например FMR или EDC, затем отобразить номер элемента электроники и (при следующем шаге системного теста) код неисправности соответствующего блока управления, например EDC F 040. Коды неисправностей подразделяются на три класса (табл. 8.1).

Таблица 8.1. Коды неисправностей блоков управления FMR и EDC (источник: DaimlerChrysler [21])

№ кода	Неисправная конструктивная группа
<b>Коды неисправностей блока управления FMR</b>	
030	Датчик стояночного тормоза
035	Неисправность сигнала темпомата
040	Неисправность сигнала выключателя педали тормоза
055	Неправильно отрегулирован датчик положения педали подачи топлива
100	Ошибка датчика скорости движения автомобиля
105	Неисправность датчика частоты вращения коленчатого вала
110	Блок управления
115	Частотный сигнал стабильности приемлем
120	Датчик частоты вращения коленчатого вала в системе FMR
125	Контакты холостого хода, короткое замыкание на проводе «+»
130	Выводы моторного тормоза
140	Выводы дросселя
150	Датчик положения педали подачи топлива, короткое замыкание на проводе «+», обрыв «массового» провода
155	Датчик положения педали подачи топлива, короткое замыкание на проводе «←»
160	Контакты холостого хода, короткое замыкание на проводе «←», обрыв провода
170	Неправильная действительная цикловая подача топлива
175	Неприемлем CAN-протокол
180	Системная ошибка шины CAN, короткое замыкание, обрыв
<b>Коды неисправностей блока управления EDC</b>	
030	Датчик атмосферного давления
040	Датчик температуры топлива
050	Датчик температуры наддувочного воздуха
060	Датчик температуры охлаждающей жидкости
070	Датчик давления наддува воздуха
080	Задание предельной скорости движения
090	Предписанное значение частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода
130	Частота вращения коленчатого вала, ограничиваемая регулятором ТНВД
132	Промежуточная частота вращения коленчатого вала
134	Задаваемая цикловая подача топлива
136	Дефект системы FMR
138	Дефект шины CAN
142	Дефект датчика хода иглы распылителя форсунки
144	Регулирование начала впрыскивания топлива
150	Датчик частоты вращения коленчатого вала системы FMR
152	Датчик частоты вращения коленчатого вала системы EDC
160	Главное реле
162	Напряжение аккумуляторной батареи
176	Блок управления
180	Блок управления
182	Пуск: нет выбега после последней остановки
190	Блок управления
200	Блок управления
210	Определено превышение частоты вращения коленчатого вала
220	Поломка в исполнительном механизме дополнительной втулки ТНВД
230	Корректирование регулятором ТНВД цикловой подачи, компьютер 1
240	Корректирование регулятором ТНВД цикловой подачи, компьютер 2
245	Датчик хода рейки ТНВД

Таблица 8.2. Таблица данных изменяемых параметров блоков управления FMR и EDC (источник: DaimlerChrysler [21])

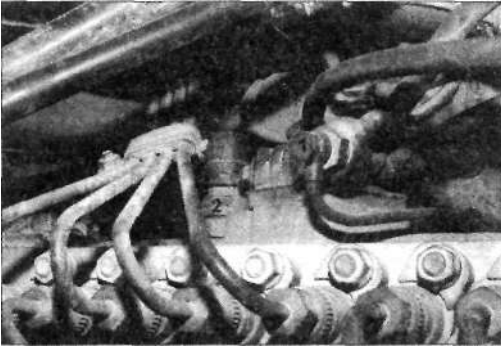
№ клеммы	Измеряемая величина	Единицы измерения
<b>Параметры блока управления FMR</b>		
M01	Задаваемая цикловая подача топлива в системе EDC	/о
M02	Действительное значение цикловой подачи топлива в системе EDC	%
M03	Частота вращения коленчатого вала двигателя в системе FMR	мин <sup>-1</sup>
M04	Частота вращения коленчатого вала двигателя в системе EDC	мин <sup>-1</sup>
M05	Скорость движения автомобиля	км/ч
M06	Максимальная скорость движения автомобиля	км/ч
M07	Напряжение на выводах датчика положения педали подачи топлива	мВ
M08	Напряжение на выводах датчика стояночного тормоза	мВ
M09	Параметр регулирования частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода	мин <sup>-1</sup>
M10	Устанавливаемая рабочая частота вращения коленчатого вала	мин <sup>-1</sup>
MП	Превышение максимальной частоты вращения коленчатого вала, задаваемой системой FMR	мин <sup>-1</sup>
<b>Параметры блока управления EDC</b>		
M05	Максимальная цикловая подача топлива по внутреннему ограничению в системе	%
M06	Действительное значение цикловой подачи топлива в системе EDC	%
M07	Превышение величины цикловой подачи топлива, задаваемой системой FMR	%
M10	Частота вращения коленчатого вала системы EDC	мин <sup>-1</sup>
MИ	Предписанное значение частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода	мин <sup>-1</sup>
M12	Частота вращения коленчатого вала на режиме холостого хода, ограничиваемая системой FMR	мин <sup>-1</sup>
M13	Ограничение максимальной частоты вращения коленчатого вала в системе FMR	мин <sup>-1</sup>
M14	Задаваемый интервал промежуточных значений частоты вращения коленчатого вала	мин <sup>-1</sup>
M1 5	Скорость движения автомобиля	км/ч
M1 6	Напряжение аккумуляторной батареи	В
M1 7	Температура охлаждающей жидкости	°С
M1 8	Температура топлива	°С
M19	Температура наддуваемого воздуха	°С
M20	Давление наддува воздуха	мбар
M21	Атмосферное давление	мбар

Код неисправности, начинающийся с цифры 0, свидетельствует о незначительных неполадках, которые должны быть устранены при последующем обслуживании. Дефекты, обозначаемые кодами неисправности, начинающимися с цифры 1, должны быть устранены непосредственно на станции технического обслуживания. При кодах неисправности, начинающихся с цифры 2, возникает риск потери безопасности движения — автомобиль должен быть остановлен и доставлен в автомастерскую эвакуатором. Печать данных системного теста дает возможность последовательно отобразить все коды неисправностей систем FMR и EDC. Последующая распечатка системно-

го теста позволит обнаружить изменение характеристик всех замеряемых параметров (табл. 8.2).

Замеры при неопределенных кодах неисправностей

Если при остановке двигателя появляются неясные шумы, но в памяти неисправностей никаких отклонений не зафиксировано, следует проверить контур низкого давления, состояние клапана останова двигателя (ELAB) и компрессию в цилиндрах. Система подачи топлива может быть проверена замером давления между топливным фильтром и ТНВД (номинальное значение — 2 бара). При наличии клапана ELAB



*Рис. 8.9. Если ослабить болт 1 затяжки трубопровода обратного слива топлива, при пуске двигателя в этом месте вытечет некоторое количество топлива. Рядом с клапаном ELAV находится датчик температуры топлива 2*

следует проверить напряжение питания (номинальное значение при включенном выключателе стартера и свечей накаливания соответствует напряжению аккумуляторной батареи) и правильность функционирования клапана. Подачу топлива можно проверить, отсоединив трубопровод обратного слива топлива (рис. 8.9): — если при пуске двигателя топливо вытекает, подача топлива и клапан ELAV — в норме.

Замер компрессии в цилиндрах может быть проведен без снятия форсунок измерением силы тока стартера (см. разд. 1.6.1). При проблемах недостаточной мощности после проверки воздушного и топливного фильтров следует замерить давление наддува воздуха с помощью манометра или датчика давления наддува воздуха в системах EDC, показания которого отображаются на FDS-дисплее при полной нагрузке. Замер давления наддува воздуха на режимах холостого хода или свободного ускорения может не дать полной информации о состоянии турбокомпрессора, поскольку у двигателей тяжелых грузовиков при таких режимах даже при исправном турбокомпрессоре давление наддува может не возникать.

При возникновении неравномерности работы двигателя следует провести испытание форсунок или проанализировать протекание давления впрыскивания (см. разд. 1.7.2). Также причиной неравно-

мерности работы двигателя может оказаться некачественное соединение контактов в системе электрического питания или некачественное заземление блока управления. Кроме того, следует проверить на шумы датчик педали подачи топлива.

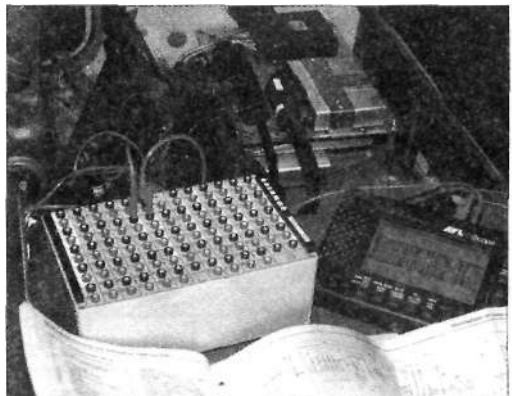
#### **8.4. ПРОВЕРКА ЭЛЕМЕНТОВ РЯДНОГО ТНВД С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВТУЛКОЙ**

Если в перечне неисправностей указана дефектная конструктивная группа, для определения неисправного элемента необходимо провести дополнительные уточняющие замеры. Для проверки электрических элементов требуются осциллограф и мультиметр. Наличие Y-кабеля подсоединения осциллографа к блоку управления (рис. 8.10) сильно упрощает работу, поскольку большинство измерений может быть проведено без опрокидывания кабины водителя и монтажных работ на двигателе.

##### **8.4.1. Элементы системы регулирования начала впрыскивания топлива**

Датчик ВМТ/частоты вращения коленчатого вала

Датчик ВМТ, смонтированный на картере маховика, информирует блок управления EDC о частоте вращения и положении коленчатого вала. Эта информация базируется на показаниях индуктивного датчика.



*Рис. 8.10. По осциллографу, подсоединенному через переносной контактный ящик к блоку управления EDC, наблюдаются сигналы с шины CAN*

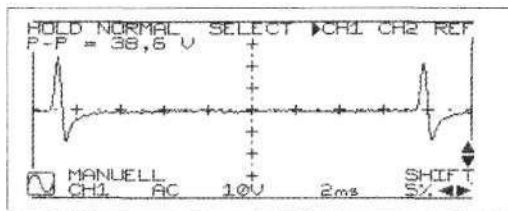


Рис. 8.11. Сигнал напряжения датчика VMT системы EDC на режиме холостого хода. Для лучшего просмотра представлены два из шести сигналов датчика за один оборот коленчатого вала

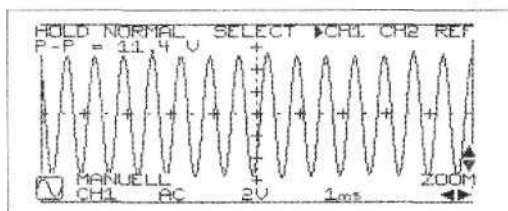


Рис. 8.12. Сигнал напряжения датчика частоты вращения коленчатого вала системы FMR на режиме холостого хода

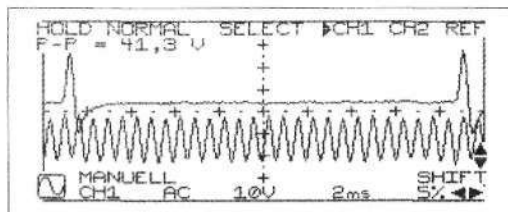


Рис. 8.13. Отображение сигналов датчиков VMT/частоты вращения коленчатого вала систем EDC и FMR по двухканальному осциллографу на режиме холостого хода

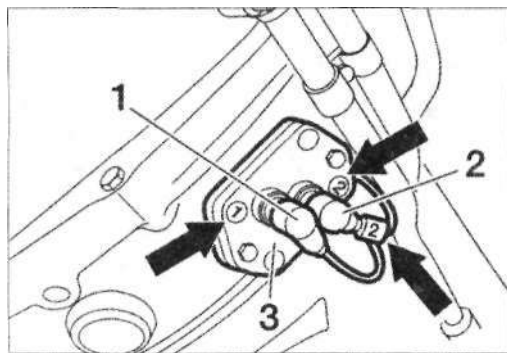


Рис. 8.14. Вид на встроенные датчики VMT/частоты вращения коленчатого вала (источник: DaimlerChrysler [21]): 1 — датчик системы EDC; 2 — датчик системы FMR; 3 — фланец

Шесть штифтов на маховике создают за один оборот коленчатого вала соответствующий сигнал напряжения (рис. 8.11). На режиме холостого хода от всплеска до всплеска сигнала напряжение достигает примерно 40 В. Если сигнал слабый или вовсе отсутствует, следует проверить сопротивление катушки индуктивности датчика (номинальное значение — от 900 до 1600 Ом), а также провода и катушку на короткое замыкание. Если проверка электрических элементов никаких неисправностей не выявила, следует проверить взаимное расположение датчика и штифтов на маховике, слишком большой зазор между ними уменьшает напряжение сигнала, особенно на пусковых частотах вращения коленчатого вала.

Блок управления FMR представляет собой такой же индуктивный датчик частоты вращения коленчатого вала, который устанавливается напротив венца маховика, имеющего 160 зубьев. Сигнал напряжения датчика представлен на рис. 8.12.

Сигналы датчиков систем EDC и FMR могут быть получены одновременно по двухканальному осциллографу (рис. 8.13). Датчики крепятся на площадке картера двигателя (рис. 8.14). Одинаковая конструкция датчиков обеспечивает их взаимозаменяемость. Однако подключенные датчики менять местами нельзя. Для того чтобы этого не случилось, на датчиках и в местах их крепления на фланце имеются маркировки (показаны стрелками, рис. 8.14). Если выходит из строя датчик системы EDC, в качестве вспомогательного используется сигнал датчика системы FMR — и двигатель может запускаться, но при этом не происходит регулирование частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода и момента начала впрыскивания топлива (который выбирается по заложенной в памяти блока управления константе).

Датчик хода иглы  
распылителя форсунки

При поднятии иглы распылителя форсунки, снабженной соответствующим датчиком, в нем возникает сигнал напряжения, который изменяется в зависимости от частоты

вращения коленчатого вала и нагрузки на двигатель (рис. 8.15 и 8.16). Превышение напряжения сигнала 0,2 В блок управления воспринимает как начало впрыскивания топлива. На дальнейшее протекание сигнала напряжения блок управления не реагирует. Форсунку с датчиком хода иглы распылителя можно распознать по дополнительному электрическому кабелю. Если на осциллографе сигнал от датчика не возникает, следует отсоединить штекер подключения датчика (рис. 8.17) и проверить катушку индуктивности датчика на обрыв и короткое замыкание (номинальное сопротивление — от 90 до 130 Ом). На выводах штекера со стороны блока управления, при включенном выключателе стартера и свечей накаливания, должно быть напряжение, несколько большее величины 5 В. Если напряжение отсутствует, неисправны либо провода, идущие к блоку управления, либо сам блок. При вышедшем из строя датчике регулирование момента начала впрыскивания топлива производится принудительной установкой аварийного значения, заложенного в память блока управления.

### Исполнительный электромагнит дополнительной втулки ТНВД

Электромагнит включается блоком управления с различной скважностью путем подключения «массы». К проводу «+» подводится бортовое напряжение. С увеличением скважности угол начала подачи топлива сдвигается в направлении «раньше». Для проверки работы электромагнита осциллограф подключается к проводу, идущему от электромагнита к блоку управления, и к «массе» и замеряется скважность управляющего сигнала на режиме холостого хода и при высокой частоте вращения коленчатого вала. Она должна возрастать с увеличением частоты вращения коленчатого вала (рис. 8.18 и 8.19). Если напряжение составляет 0 или 24 В, следует провести тестирование исполнительного механизма по схеме, представленной в разд. 1.9.4 (см. с. 40). Причинами нулевого напряжения могут оказаться дефектный подводный провод, обрыв в катушке индуктивности (номинальное сопротивление —  $\sim 5$  Ом)

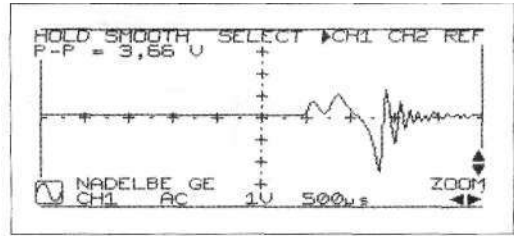


Рис. 8.15. Сигнал напряжения датчика хода иглы распылителя форсунки на режиме холостого хода

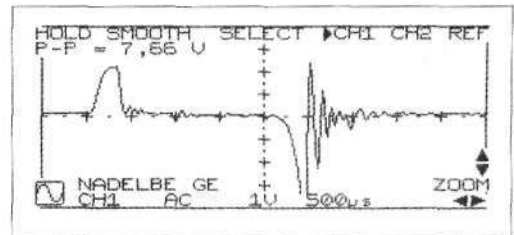


Рис. 8.16. Сигнал напряжения датчика хода иглы распылителя форсунки при нажатии педали подачи топлива

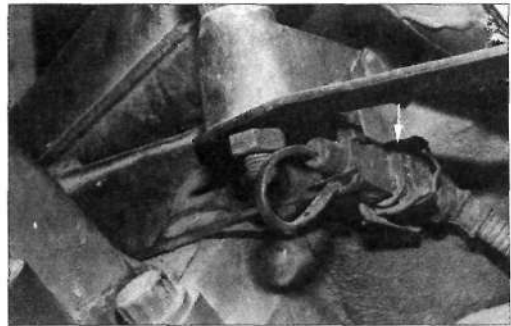


Рис. 8.17. Двухполюсный штекер датчика хода иглы распылителя форсунки

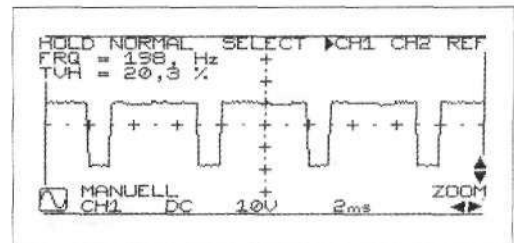


Рис. 8.18. Протекание напряжения в соединительном проводе исполнительного электромагнита дополнительной втулки ТНВД на режиме холостого хода: скважность управляющего сигнала составляет 20,3%

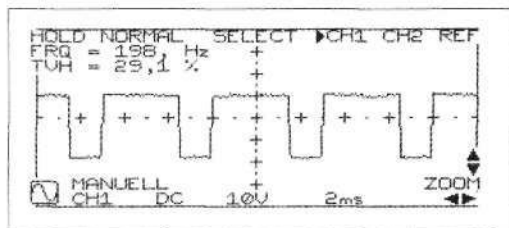


Рис. 8.19. Протекание напряжения в соединительном проводе исполнительного электромагнита дополнительной втулки ТНВД при частоте вращения коленчатого вала 2100 мин<sup>-1</sup>: скважность управляющего сигнала повышается до 29,1 %

или отсутствие связи с «массой». Если устойчиво замеряется напряжение 24 В, питающий провод и катушка индуктивности — в порядке. В этом случае дефектными могут быть подсоединительный провод или блок управления. При выходе из строя электромагнита дополнительные втулки сдвигаются возвратными пружинами в направлении меньшего угла начала подачи топлива. Двигатель на это реагирует пониженной мощностью, высоким расходом топлива и повышенной дымностью ОГ.

#### 8.4.2. Элементы системы управления

##### подачей топлива

##### Датчик положения педали

##### подачи топлива

Наиболее важные задачи по управлению цикловой подачей топлива ставит водитель, который с помощью потенциометра датчика положения педали подачи топлива сообщает блоку управления FMR о требуемой нагрузке на двигатель. Только в случае, если водитель отпускает педаль подачи топлива **или** нажимает ее до отказа, блок управления об-

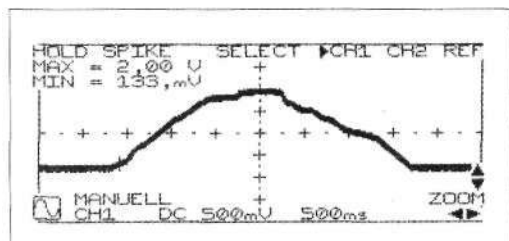


Рис. 8.20. Протекание напряжения при проверке потенциометра датчика положения педали подачи топлива на шумы

ращается за дополнительной информацией, такой как частота вращения коленчатого вала и давление наддува воздуха, для установления необходимой цикловой подачи. При проверке датчика положения педали подачи топлива потенциометр датчика проверяется на шумы. После подключения осциллографа к выводу датчика и «массе» медленно нажимается и снова отпускается педаль подачи топлива при включенном выключателе стартера и свечей накаливания. Получаемая кривая напряжения должна соответствовать показанной на рис. 8.20. Если в процессе повышения или падения напряжения обнаруживаются всплески, контактная дорожка потенциометра повреждена. Автомобиль на эти всплески реагирует толчками в движении. В этом случае датчик положения педали подачи топлива должен быть заменен. Если осциллограф не регистрирует сигнал напряжения, следует вольтметром проверить напряжение питания потенциометра (номинальное значение — 5 В). Для проверки контактов холостого хода подключают вольтметр к их клеммам. При отпущенной педали подачи топлива напряжение на клеммах должно быть существенно ниже 5 В, а при нажатой педали — приближаться к бортовому напряжению.

#### Шина CAN

Показания датчика положения педали подачи топлива обрабатываются блоком управления FMR и посылаются в цифровом виде на блок управления EDC через шину CAN. Сокращение CAN расшифровывается как бортовой контроллер связи, т. е. эта шина осуществляет обмен данными в циф-

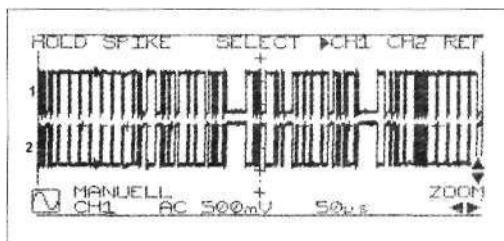


Рис. 8.21. Сигналы передачи данных по шине CAN: 1 — сигнал верхнего канала; 2 — сигнал нижнего канала

ровой форме между двумя или большим числом блоков управления. К преимуществам такого вида обмена данными относятся: возможность передавать информацию по двум каналам в оба направления; использование информации несколькими блоками управления; сокращение количества каналов; уменьшение возможных ошибок. Надежность передачи существенно повышается, поскольку величины переходных сопротивлений и электромагнитных помех на содержимое информации не влияют. При этом нарушения обмена данными значительно проще распознать.

Для повышения надежности передача данных происходит по двум каналам — верхнему и нижнему. Как показано на рис. 8.21, сигналы обоих каналов симметричны, благодаря чему блок управления может мгновенно распознать ошибку. Если один сигнал выпадает, блок управления переходит на обработку другого сигнала и выдает код неисправности.

Каналы шины CAN объединены между собой и поэтому могут быть быстро обнаружены в пучке проводов. Кроме того, не все объединенные в кабель провода относятся к шине CAN. С помощью быстрореагирующего осциллографа можно оценить передачу по шине CAN протокола параметров. Осциллограф должен иметь высокое внутреннее сопротивление и давать соответствующие временные отметки. Замеры ведутся относительно «массы». Такие измерения необходимы как для расшифровки протокола параметров, так и для определения обрывов в проводах и неисправностях электромагнитных датчиков. Большинство ошибок определяется системой самодиагностики.

#### Датчик давления наддува воздуха

Если водитель нажимает педаль подачи топлива до отказа, блок управления по величине давления наддува и температуре воздуха рассчитывает количество вошедшего в двигатель воздуха. Датчик давления наддува воздуха, имеющий чувствительный элемент с напряжением питания 5 В, выдает сигнал напряжения от 0,5 до 4,5 В (рис. 8.22). Для быстрой проверки датчика можно сравнить

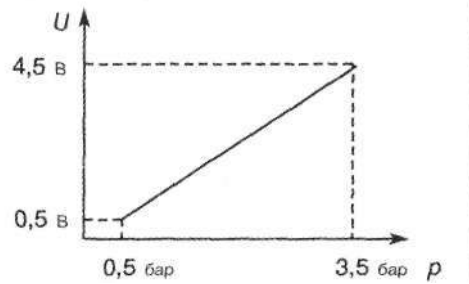


Рис. 8.22. Кривая изменения напряжения  $U$  сигнала датчика давления наддува воздуха в зависимости от давления  $p$  (источник: DaimlerChrysler [21])

в системе управления автомобилем и двигателем показания атмосферного давления и давления наддува воздуха на неработающем двигателе (см. табл. 8.2). Датчик атмосферного давления расположен в блоке управления. На большой высоте над уровнем моря цикловая подача топлива ограничивается во избежание перегрузки турбокомпрессора. Если давление наддува воздуха сильно отличается от атмосферного, следует проверить с помощью ручного насоса и данных табл. 8.2, соответствуют ли показания датчика давления наддува воздуха предписанным величинам давления. При выходе датчика давления наддува воздуха из строя полная цикловая подача и, следовательно, мощность двигателя автоматически уменьшаются на треть.

#### Температурные датчики

Для регулирования величины полной цикловой подачи топлива блок управления должен получать данные о температуре воздуха на впуске, топлива и охлаждающей жидкости. Значения температуры воздуха на впуске и топлива блок управления использует для расчета плотности соответственно воздуха и топлива. Информация о температуре охлаждающей жидкости необходима для определения максимальной цикловой подачи топлива при пуске двигателя и для ограничения цикловой подачи топлива при перегреве двигателя. При выходе любого датчика температуры из строя расчет ведется по величине, заложенной в память блока управления. При этом двигатель может потерять до 20 % мощ-

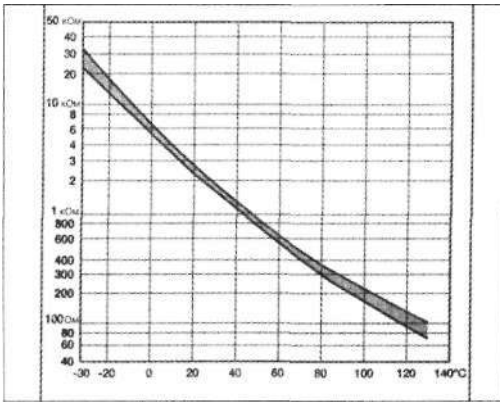


Рис. 8.23. Зависимость сопротивления температурных датчиков от температуры (источник: DaimlerChrysler [21])

ности, а при низких температурах окружающей среды пуск двигателя не может быть гарантирован. Самая быстрая проверка датчиков температуры проводится с помощью диагностической системы автомобиля — дисплей воспроизводит все температурные параметры и перепроверяет сомнительные величины поступающих от датчиков значений температуры. При длительном простаивании автомобиля датчики температуры должны показывать примерно одинаковые значения. Если наблюдаются большие отклонения в показаниях, следует перепроверить электрическое сопротивление датчиков. Номинальные значения сопротивления для всех температурных датчиков можно определить по графику на рис. 8.23.

### Короткозамкнутый полудифференциальный кольцевой датчик хода рейки ТНВД

Блок управления должен непрерывно получать информацию о положении рейки ТНВД. В качестве такого датчика используется бесконтактный индуктивный полудифференциальный короткозамкнутый кольцевой датчик (рис. 8.24), который определяет положение рейки с точностью до 0,2 мм. Принцип действия датчика основан на изменении электрического сопротивления катушки индуктивности при перемещении рейки ТНВД. Катушки индуктивности 1 и 7 датчика находятся под напряжением переменного тока частотой 10 кГц. Регистрируемая блоком управления

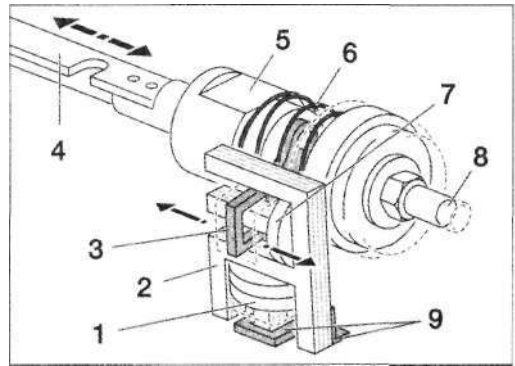


Рис. 8.24. Конструкция датчика хода рейки ТНВД, выполненного по принципу полудифференциального короткозамкнутого кольца (источник: Daimler-Chrysler [21]): 1 — эталонная катушка индуктивности; 2 — сердечник; 3 — короткозамкнутое кольцо для регистрации хода рейки ТНВД; 4 — рейка ТНВД; 5 — опора; 6 — возвратная пружина; 7 — измерительная катушка индуктивности; 8 — сердечник электромагнита цикловой подачи топлива; 9 — эталонное короткозамкнутое кольцо

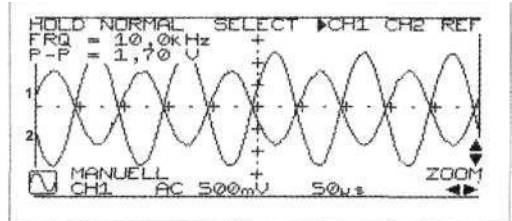


Рис. 8.25. Сигналы напряжения на датчике хода рейки ТНВД при нулевой подаче топлива: 1 — измеряемый; 2 — эталонный

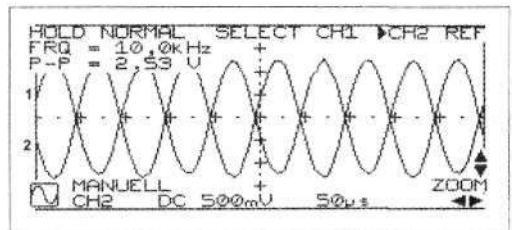


Рис. 8.26. Сигналы напряжения на датчике хода рейки ТНВД при частоте вращения коленчатого вала на режиме холостого хода: 1 — измеряемый; 2 — эталонный

величина напряжения сигнала, поступающего с катушки индуктивности 1, постоянно сравнивается с величиной эталонного напряжения, которое возникает на катушке индуктив-

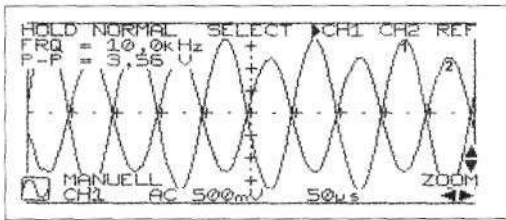


Рис. 8.27. Сигналы напряжения на датчике хода рейки ТНВД при полной нагрузке: 1 — измеряемый; 2 — эталонный

ности 7 при фиксированном короткозамкнутом кольце 9. Таким образом учитывается ошибка получения результата при отклонениях, связанных с изменением температуры.

На рис. 8.25—8.27 показано протекание сигнала напряжения на датчике при различных условиях эксплуатации. При переходе от режима полной нагрузки к нулевой подаче топлива напряжение сигнала датчика должно быстро и без скачков падать. В противном случае имеет место механическое сопротивление перемещению рейки ТНВД. Если катушка индуктивности датчика вышла из строя, двигатель не запускается. При отсутствии сигнала датчика следует проверить обе катушки на обрыв и короткое замыкание (номинальное электрическое сопротивление — от 18 до 25 Ом). Если катушки индуктивности в порядке, следует проверить, подводится ли к датчику питание от блока управления. Если питание провода без повреждений, следует заменить блок управления.

### Линейный электромагнит цикловой подачи топлива

При включенном выключателе стартера и свечей накаливания электромагнит цикловой подачи топлива питается напряжением 24 В, поступающим с «плюсового» провода. «Минусовой» провод через блок управления замыкается на «массу». При включенном электромагните рейка (рис. 8.24) под действием сердечника 8 электромагнита перемещается в направлении увеличения цикловой подачи топлива. При выключенном электромагните рейка под действием возвратной пружины 6 перемещается в обратном направлении вплоть до положения нулевой подачи. Блок управления, изменяя скважность вклю-

чения электромагнита, может устанавливать любое требуемое положение рейки. Контроль за ее положением происходит по сигналу датчика хода рейки ТНВД. Функционирование электромагнита проверяется осциллографом, который подключается к проводу, идущему от блока управления, и к «массе». При неработающем двигателе и включенном выключателе стартера и свечей накаливания блок управления задает постоянную скважность управляющего сигнала включения электромагнита (рис. 8.28). При работающем двигателе скважность управляющего сигнала изменяется в зависимости от задач, выполняемых блоком управления, например, для регулирования режима холостого хода рейку ТНВД необходимо постоянно перемещать (рис. 8.29). При неисправном электромагните двигатель не запускается. Если напряжение электромагнита длительное время показывает 0 или 24 В, следует выполнять те же действия, что описаны при проверке исполнительного электромагнита дополнительной втулки (см. разд. 8.4.1). Сопротивление катушки индуктивности электромагнита должно составлять от 0,5 до 5,0 Ом

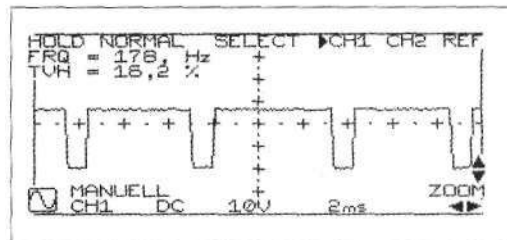


Рис. 8.28. Кривая напряжения линейного электромагнита цикловой подачи топлива при неработающем двигателе

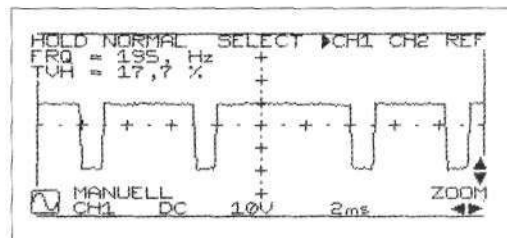


Рис. 8.29. Кривая напряжения линейного электромагнита цикловой подачи топлива на режиме холостого хода