

В. Д. Мигаль

**ТЕХНИЧЕСКАЯ
ДИАГНОСТИКА
АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ**

Том 3

**Практические основы
диагностирования**

*Рекомендуется ученым советом Харьковского национального
автомобильно-дорожного университета в качестве
учебного пособия для студентов, обучающихся
по специальностям «Автомобили и автомобильное хозяйство»,
«Двигатели внутреннего сгорания» (протокол № 9 от 30.05.2014)*

Харьков
«Майдан»
2014

УДК 629.33
ББК 30
М 57

Рецензенты: **Бажинов А. В.**, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Автомобильная электроника» Харьковского национального автомобильно-дорожного университета

Парсаданов И. В., д-р техн. наук, профессор, кафедра «Двигатели внутреннего сгорания» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»

Самородов В. Б., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Автомобиле- и тракторостроения» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»

Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: учебное пособие в 3-х томах. Т. 3. Практические основы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Харьков: Майдан, 2014. – 444 с.

ISBN 978-966-372-551-2.

ISBN 978-966-372-554-3 (т. 3)

Том 1. Объекты и методы диагностирования.

Том 2. Неисправности, параметры и средства диагностики.

Том 3. Практические основы диагностирования.

Рассмотрены практические вопросы диагностирования механических, газогидроэрозионных систем двигателей внутреннего сгорания, признаки их неисправностей и диагностические параметры, диагностирование по структурно-следственным, функционально-структурным, функционально-логическим параметрам, таблицам неисправностей и диагностическим матрицам.

Освещены методы и средства диагностирования двигателей электрических и электронных систем двигателя. Рассмотрены бортовые диагностические системы, структура программного обеспечения и нормативные требования OBD-II, структура кодов ошибок и неисправностей и протоколы обмена данными в OBD-II, а также международные стандарты, устанавливающие связь между блоками управления двигателем и диагностическим оборудованием, диагностические коды и карты неисправностей двигателя в системе автомобиля. Описана диагностика двигателя бортовой системой самоконтроля, по таблицам неисправностей и функциональным параметрам, причинно-следственным связям, по давлению и расходу топлива. Диагностирование электронных систем управления топливным насосом, регулятором давления топлива в гидравлическом аккумуляторе, контроль форсунок и цикловой подачи топлива, датчиков и исполнительных устройств электронных систем управления двигателем, функционирования систем бортовой диагностики. Приведены действующие сигналы датчиков и интерпретация их осциллограмм, рекомендации по локализации неисправностей систем зажигания, поиску неисправностей при аварийной работе двигателя автомобиля, контроль и диагностирование общего электрооборудования двигателя и автомобиля.

Для преподавателей, аспирантов и студентов профильных учебных заведений, подготовки специалистов по диагностированию и техническому обслуживанию двигателей и автомобилей.

УДК 629.33
ББК 30

ISBN 978-966-372-551-2.

ISBN 978-966-372-554-3 (т. 3)

© В. Д. Мигаль, 2014

Содержание

Предисловие	9
1. Диагностирование механических и газогидроаэродинамических систем двигателей	13
1.1. Понятия и термины в диагностике	13
1.2. Основные понятия диагностирования: контроль, самоконтроль и самодиагностика	17
1.3. Сложность оценки технического состояния двигателя	19
1.4. Диагностирование неисправностей двигателя по внешним признакам Контрольные вопросы	24 29
1.5. Диагностирование неисправностей двигателя по структурно-следственным и функционально-структурным моделям	29
1.5.1. Построение структурных схем диагностирования объектов двигателя	29
1.5.2. Построение функционально-логической модели объекта	32
1.5.3. Локализация неисправностей по диагностическим матрицам	33
Контрольные вопросы	38
1.6. Диагностирование КШМ, ЦПГ и ГРМ	39
1.6.1. Методы диагностирования	39
1.6.2. Диагностирование герметичности надпоршневого пространства цилиндров по разрежению во впускном трубопроводе и прорыву газов в картер	42
1.6.3. Диагностирование КШМ	45
1.6.4. Диагностирование ЦПГ двигателя измерением компрессии	47
1.6.5. Диагностирование герметичности полостей ЦПГ, ГРМ и клапанов головки блока по утечкам подаваемого сжатого воздуха	50
1.6.6. Контроль компрессии и утечек из камеры сгорания измерением силы тока стартера и напряжения на АКБ	51
1.6.7. Диагностирование ЦПГ, ГРМ и форсунок по параметрам пульсации давления картерных газов и топлива в гидравлическом аккумуляторе	54
1.6.8. Проверка компрессии в цилиндрах по параметрам частоты вращения коленчатого вала	55
1.6.9. Регулирование работы КШМ, ГРМ и системы питания двигателей	57
Контрольные вопросы	58
1.7. Диагностирование рабочих процессов двигателя по колебаниям угловой скорости коленчатого вала	58
1.7.1. Диагностирование переходных процессов в цепи системы зажигания	58
1.7.2. Оценка компрессионных свойств цилиндров двигателя по изменению угловой скорости коленчатого вала	61
1.7.3. Диагностирования элементов ДВС и трансмиссии по внутрицикловым изменениям угловой скорости коленчатого вала	64
1.7.4. Погрешности определения текущих значений диагностических параметров	67
Контрольные вопросы	73
1.8. Диагностирование систем питания двигателей	74

1.8.1. Диагностирование карбюраторных двигателей.....	74
1.8.2. Диагностирование систем пуска и питания дизельных двигателей.....	79
1.8.2.1. Контроль устройства облегчения пуска двигателя.....	79
1.8.2.2. Диагностирование фильтров и герметичности системы питания.....	80
1.8.2.3. Регулировочные работы по системам питания карбюраторного и дизельного двигателей.....	83
Контрольные вопросы.....	83
1.9. Диагностирование топливной аппаратуры.....	84
1.9.1. Топливная система с механическим управлением подачи топлива.....	84
1.9.2. Контроль состояния форсунок двигателей.....	90
1.9.3. Диагностирование топливной системы виброакустическими методами.....	95
1.9.4. Комплексный контроль топливной аппаратуры на стендах.....	99
Контрольные вопросы.....	101
1.10. Способы и средства промывки форсунок.....	101
1.10.1. Способы промывки.....	101
1.10.2. Средства промывки форсунок и топливных систем.....	106
Контрольные вопросы.....	109
1.11. Диагностирование систем охлаждения двигателей.....	109
1.11.1. Контроль системы охлаждения двигателя традиционной конструкции.....	109
1.11.2. Контроль системы охлаждения двигателя с микропроцессорной системой управления.....	117
Контрольные вопросы.....	119
1.12. Диагностирование дизелей по дымности и температуре отработавших газов.....	119
1.12.1. Обоснование экспресс-метода диагностирования.....	119
1.12.2. Поиск неисправностей двигателя с использованием дымомера.....	123
Контрольные вопросы.....	132
1.13. Контроль технического состояния двигателя по изменению мощности и давления наддува.....	132
1.13.1. Контроль давления наддува.....	132
1.13.2. Контроль мощности двигателя.....	136
Контрольные вопросы.....	142
1.14. Методы диагностирования по индикаторному и механическому КПД двигателя.....	142
1.14.1. Расчетные методы.....	142
1.14.2. Экспериментальные методы определения индикаторных показателей.....	148
1.14.3. Определение мощности механических потерь.....	149
Контрольные вопросы.....	150
1.15. Диагностирование системы смазки двигателей.....	151
1.15.1. Объекты и методы контроля.....	151
1.15.2. Стандартные средства оценки качества работающего масла.....	153
1.15.3. Диагностирование технического состояния двигателя по продуктам износа в картерном масле.....	155
1.15.4. Замена моторного масла.....	156

Контрольные вопросы	157
1.16. Диагностирование неисправностей систем двигателя по составу отработавших газов	158
1.16.1. Средства и способы проверки токсичности отработавших газов	158
1.16.2. Связь неисправностей двигателя с составом отработавших газов	162
1.16.3. Причины повышенного выделения несгоревших углеводородов.....	163
1.16.4. Оценка неисправностей электронных систем по концентрации СО в ОГ	165
1.16.5. Оценка состава смеси в цилиндре двигателя по концентрации СО ₂ , СО и С _n H _m в отработавших газах	166
1.16.6. Оценка неисправности системы рециркуляции отработавших газов	169
1.16.6.1. Определение неисправности системы рециркуляции....	169
1.16.6.2. Определение неисправности системы EGR	172
1.16.7. Оценка неисправностей системы зажигания по содержанию СН в отработавших газах	174
1.16.8. Оценка эффективности сгорания топлива по содержанию кислорода (О ₂) и двуокиси углерода (СО ₂) в отработавших газах	176
1.16.9. Примеры диагностирования двигателя по составу отработавших газов.....	180
1.16.10. Оценка перегрева двигателя и состава смеси по содержанию NO _x в отработавших газах.....	181
1.16.11. Методы и средства контроля состава отработавших газов автомобильных двигателей	182
1.16.11.1. Контроль состава отработавших газов на испытательных стендах.....	183
1.16.11.2. Контроль состава отработавших газов на маршрутном тесте.....	184
Контрольные вопросы.....	185
2. Диагностирование электронных систем двигателей.....	187
2.1. Бортовые диагностические системы.....	187
2.1.1. Общие сведения.....	187
2.1.2. Нормативные требования OBD-I и OBD-II	187
2.1.3. Диагностический разъем	194
2.1.4. Структура кодов ошибок	195
2.1.5. «Стоп-кадр» (Freeze frame record)	196
2.1.6. Протоколы обмена данными в OBD-II.....	197
2.1.7. Международные стандарты.....	200
2.1.7.1. Стандарт ISO 9141	200
2.1.7.2. Стандарт DIN ISO 9141-2	201
2.1.7.3. Европейская система самоконтроля OBD	201
2.1.7.4. Инициализация.....	201
2.1.7.5. Индикатор неисправностей (MI)	202
Контрольные вопросы.....	203
2.2. Диагностические коды и карты неисправностей двигателей и их	

описание в системе автомобиля.....	203
2.2.1. Кодирование неисправностей и типы кодов ошибок	203
2.2.2. Считывание кодов неисправностей двигателей	212
2.2.3. Диагностические карты проверки параметров и поиска неисправностей.....	216
Контрольные вопросы.....	226
2.2.4. Неустойчивые коды неисправностей и стирание кодов.....	226
2.3. Диагностирование двигателя бортовой системой самоконтроля	228
2.3.1. Обеспечение условий реализации самоконтроля	228
2.3.2. Возможности бортовой системы самодиагностики.....	233
2.3.3. Системы самоконтроля электронных систем двигателя	235
2.3.4. Поиск неисправностей с помощью бортовой системы самоконтроля	237
2.3.5. Факторы, влияющие на достоверность определения неисправностей бортовой системой самоконтроля.....	239
2.3.6. Недостатки бортовых и стационарных электронных систем диагностирования.....	251
Контрольные вопросы.....	254
2.4. Диагностирование двигателей по таблицам неисправностей и функциональным параметрам.....	254
2.4.1. Сбор информации о возможных неисправностях	254
2.4.2. Контроль функциональных параметров двигателя	258
2.4.3. Поиск неисправностей двигателя по причинно-следственным связям	265
Контрольные вопросы.....	269
2.5. Диагностирование бензиновых двигателей внешними средствами	269
2.5.1. Структурные схемы электронных систем диагностики и управления рабочими процессами двигателя	269
2.5.2. Технологическая последовательность диагностирования	272
2.5.3. Диагностика двигателя с распределительной системой впрыска топлива	274
2.5.4. Диагностирование топливного насоса, регулятора давления топлива в гидроаккумуляторе и форсунок	276
2.5.4.1. Средства и контролируемые параметры.....	276
2.5.4.2. Выбор датчика системы измерения давления, места его установки и анализ действующих процессов в топливной системе	278
Контрольные вопросы.....	284
2.6. Диагностирование топливной системы дизельного двигателя внешними средствами.....	284
2.6.1. Влияние состояния топливной аппаратуры на эффективность работы двигателя.....	284
2.6.2. Схемы электронных систем управления и подготовка двигателя к диагностированию.....	285
2.6.3. Контролируемые параметры	287
2.6.4. Методы и средства диагностирования топливных аккумуляторных систем	290
2.6.5. Статические и динамические измерения начала подачи топлива	298
2.6.6. Диагностирование клапанов и топливных насосов высокого	

давления.....	301
2.6.6.1. Контроль исправности насосов по таблицам неисправностей.....	302
2.6.6.2. Контроль исправности насосов по расходу и давлению подачи топлива	304
2.6.6.3. Контроль электрических клапанов ТНВД.....	306
Контрольные вопросы.....	307
2.7. Диагностирование форсунок.....	307
2.7.1. Методы диагностирования	307
2.7.2. Диагностирование форсунок по расходу топлива через форсунки	309
2.7.3. Диагностирование форсунок по тест-планам.....	310
2.7.4. Зависимость цикловой подачи топлива от давления в гидравлическом аккумуляторе.....	312
2.7.5. Выявление неисправностей зависания иглой форсунки и заклинивания клапана регулятора давления	314
2.7.6. Управление цикловой подачей топлива, впрыскиваемого насос-форсункой	316
2.7.7. Электрическая и гидравлическая проверка насос-форсунок.....	319
2.7.8. Контроль неисправностей распылителей форсунки и трубопровода высокого давления	321
Контрольные вопросы.....	329
2.8. Диагностирование электронных систем управления двигателем.....	330
2.8.1. Методы и средства диагностирования	330
2.8.2. Диагностика компонентов электронной системы управления двигателем.....	333
2.8.3. Проверка электрических блоков осциллографом и мультиметром.....	336
2.8.4. Контроль технического состояния датчиков и исполнительных устройств.....	338
2.8.5. Параметры контроля технического состояния датчиков	342
2.8.5.1. Датчик положения дроссельной заслонки.....	344
2.8.5.2. Проверка датчика ВМТ	344
2.8.5.3. Датчики положения коленчатого и распределительного валов и датчик скорости движения автомобиля	345
2.8.5.4. Лямбда-зонды	346
2.8.5.5. Датчик температуры охлаждающей жидкости системы охлаждения двигателя (ECT)	348
2.8.5.6. Датчик измерения массы воздушного потока.....	348
2.8.5.7. Датчики детонации	350
2.8.5.8. Датчики воздушного потока	350
2.8.5.9. Датчики давления.....	351
2.8.5.10. Контроль датчиков управления величиной подачи топлива.....	353
2.8.5.11. Проверка электрических исполнительных устройств....	354
Контрольные вопросы.....	357
2.9. Проверка правильности функционирования систем бортовой диагностики OBD	357

2.9.1. Средства контроля и диагностирования	357
2.9.2. Применение осциллографа для контроля рабочих сигналов системы управления.....	359
2.9.3. Параметры периодических сигналов и очистка памяти OBD-II ..	360
2.9.4. Интерпретация осциллограмм	362
2.9.5. Типичные сигналы компонентов систем управления двигателем.....	364
2.9.6. Проверка состояния электронного модуля управления	368
Контрольные вопросы.....	368
2.10. Поиск неисправностей при аварийной работе двигателя автомобиля	368
2.10.1. Неисправности в аккумуляторной системе впрыска Common Rail	368
2.10.2. Логическая последовательность распознавания неисправности «аварийная работа двигателя»	371
2.10.3. Поиск неисправностей в системе впуска воздуха, системе питания и рециркуляции отработавших газов	376
Контрольные вопросы.....	381
2.11. Контроль и диагностирование общего электрооборудования двигателя и автомобиля	381
2.11.1. Диагностическая характеристика электрооборудования автомобиля с электромеханической системой управления	381
2.11.2. Неисправности системы электроснабжения.....	385
2.11.3. Контроль цепи питания, пуска и зажигания.....	387
2.11.4. Визуальный контроль системы зажигания двигателя	390
2.11.5. Проверка момента зажигания, свечей и распределителя зажигания	400
2.11.6. Локализация неисправностей системы зажигания	403
2.11.7. Неисправности системы пуска двигателя.....	410
2.11.8. Параметры, методы и средства диагностирования электрооборудования двигателя и автомобиля.....	412
2.11.9. Принципы диагностирования электронных устройств	415
2.11.10. Диагностирование и регулирование стартеров.....	421
2.11.11. Диагностирование стартерных аккумуляторных батарей	426
2.11.12. Диагностирование автомобильных генераторов	431
Контрольные вопросы.....	434
Литература	435
Предметный указатель	438

Предисловие к трехтомному изданию учебного пособия

Двигатель внутреннего сгорания – наиболее сложный и важный агрегат транспортных машин, от состояния которого зависят многие технические, экологические и экономические параметры их эксплуатации. Постоянное повышение эффективности двигателей, проявившееся в автоматизации процессов управления, сильно усложнило их конструкцию, что требует существенного повышения уровня подготовки специалистов по их диагностированию и техническому обслуживанию.

Исходное техническое состояние двигателя зависит от технического уровня проектирования, технологии производства, доводки двигателя. Сохранение проектного качества двигателя в эксплуатации зависит от уровня заложенной надежности и эффективности бортового диагностического обеспечения, технического обслуживания, уровня проведения текущего диагностирования внешними средствами. Поэтому создание двигателей требует системного подхода к диагностическому обеспечению всех стадий их жизненного цикла.

Основными задачами исследований технической диагностики при проектировании является недопущение конструктивного дефекта, на этапе производства – технологического дефекта как каждого несоответствия проекту. Проектирование и изготовление включает в часть своих диагностических задач недопущение неисправностей и отказов в эксплуатации, недопустимое изменение заданных технических свойств объектов двигателя в гарантийный период.

Проектный уровень диагностического обеспечения двигателя определяется достаточным количеством и заложенной глубиной диагностирования неисправностей, их параметров, уровнем доводки бортовой диагностической системы до заданной надежности и достоверности диагностирования. Однако доля диагностирования двигателей внешними средствами из-за недостаточного диагностирования бортовыми системами продолжает оставаться очень высокой.

При диагностировании двигателей в эксплуатации основными требованиями к субъекту решения задачи являются хорошие знания устройства и рабочих процессов двигателя, закономерностей изменения его технического состояния в эксплуатации, возможных отказов и неисправностей, их диагностических параметров, методов, средств и процесса диагностирования. Уровень таких знаний по двигателю в системе автомобиля определяет квалификацию специалиста-диагноста.

Знания рабочих процессов двигателя в системе автомобиля, типовых неисправностей, их диагностических параметров и методов диагностирования позволяют построить математические модели объектов диагностирования, диагностические матрицы, таблицы, структурно-следственные схемы и в необходимом объеме математический аппарат алгоритма диагностирования. А знание средств, методов и алгоритмов распознавания неисправностей – разработать программное обеспечение электронных систем диагностирования. Но фактически в существующих учебных рабочих программах, учебных пособиях и учебниках по дисциплине «Автомобильные двигатели» такие комплексные знания по диагностированию двигателей студентам не предоставляются. Эти пособия посвящены конструкции двигателей и действующим в них рабочим процессам. В учебных рабочих программах практически не рассматриваются вопросы проектирования диагностического обеспечения двигателей, а их решение требует высокого уровня

знаний типовых дефектов и неисправностей, их диагностических параметров, методов и средств диагностирования. Таким образом, на кафедрах «Двигатели» студенту не предоставляют возможности получить основные знания по диагностике автомобильных двигателей.

В настоящее время все проблемы диагностирования автомобильных двигателей отнесены к кафедрам эксплуатации автомобилей. В учебных пособиях этих кафедр вопросы диагностирования двигателей рассматриваются лишь в некоторых разделах по эксплуатации и техническому обслуживанию автомобилей. Отсутствие системного учебного пособия по диагностике двигателя не создает возможностей улучшения учебных рабочих программ по диагностике автомобилей и возможности самостоятельного получения студентами знаний диагностики автомобильных двигателей.

Нашей целью является устранение названных пробелов в предоставлении студентам системных знаний по диагностике автомобильных двигателей. В основу такого подхода положена наша концепция «Анализ развития и задачи подготовки высококвалифицированных специалистов по технической диагностике транспортных машин (Автомобильный транспорт. Сб. науч. трудов. – Вып. 29. Х.: 2011. – С. 172-178.)

Реализация комплексных требований к подготовке высококвалифицированных специалистов по диагностике двигателей потребовала написания трех книг (томов) систематизированного теоретического и практического материала из знаний конструкции двигателя, его неисправностей, их диагностических параметров, методов и средств диагностирования, а также практики диагностирования двигателей.

В первом томе представлены характеристики узлов и компонентов объектов диагностирования механических, газогидроаэродинамических, электрических и электронных систем двигателей. Детально рассмотрены методы диагностирования этих технических систем. Приведены применяемые приборы и компоненты электронных систем управления двигателем, систем всасывания воздуха, аккумуляторных систем подачи топлива, насосов и регуляторов давления топлива, электромагнитных, пьезоэлектрических и насос-форсунок впрыска топлива, схемы расположения компонентов систем управления бензиновых и дизельных двигателей.

Представлена классификация методов оценки диагностической информации на теоретическом, эвристическом и эмпирическом уровнях. Рассмотрены интеллектуальные системы методов тестового и функционального диагностирования, определения технического состояния двигателей по эталонам, маскам, составу отработавших газов и нормативным диагностическим параметрам.

Описаны виброакустические методы контроля и диагностирования двигателя, программные, логические и автоматизированные методы диагностирования по дымности и составу отработавших газов и продуктов износа в масле. Изложены методы контроля технического состояния электрических и электронных систем двигателя, гидроприводов, трущихся деталей и смазочной способности масел.

Во втором томе представлены технические характеристики автомобильных двигателей внутреннего сгорания, неисправности двигателей с аналоговой и электронной системами управления. Описаны неисправности, структурные и функциональные диагностические параметры систем ЦПГ, КШМ, ГРМ, смазки, охлаждения, расхода топлива, зажигания и впрыска топлива, компонентов систем

электронного управления двигателем; закономерности изменения структурных и функциональных параметров двигателей в эксплуатации.

Представлены средства контроля и диагностирования технических систем двигателя по внешним признакам. Диагностирование ЦПГ, КШМ, ГРМ, системы смазки и качества масла, систем охлаждения, питания, состояния форсунок, определения дымности и содержания вредных веществ в отработавших газах, средства контроля и диагностирования электронных систем управления двигателя.

Третий том посвящен вопросам практического диагностирования механических, газогидроаэродинамических, электрических и электронных систем двигателя.

В разделе диагностирования механических и газогидроаэродинамических систем двигателя представлены внешние признаки возможных неисправностей и правила их оценки, диагностирование неисправностей по структурно-следственным, функционально-структурным параметрам и моделям, функционально-логическим и диагностическим матрицам. Рассмотрены методы и средства диагностирования ЦПГ, КШМ, ГРМ по структурным и функциональным параметрам измерения давления в цилиндре в конце такта сжатия (компрессии), угловой скорости и сопротивления прокручивания коленчатого вала, давлению во впускном трубопроводе, расходу масла на угар, разрежению в цилиндре и впускном коллекторе (вакуумметр), давлению воздуха, подаваемого в цилиндры (компрессометр); определение технического состояния двигателя по местам утечек подаваемого сжатого воздуха, спектральному анализу масла, давлению масла в системе смазки, расходу топлива, составу отработавших газов, величинам тепловых зазоров, герметичности клапанов, пульсации давления в гидравлическом аккумуляторе и частоты вращения коленчатого вала. Рассмотрено диагностирование систем пуска и питания двигателей по воздухоподаче и герметичности системы питания, топливных систем по параметрам угла опережения впрыска, высокого и низкого давления топлива, создаваемого насосами, по герметичности давления топлива и качеству распыления топлива форсунками, количеству топлива, впрыскиваемого за один рабочий цикл; описаны методы и средства, преимущества и недостатки промывки форсунок, диагностирование систем охлаждения двигателей с аналоговой и микропроцессорной системами управления по дымности, температуре и составу отработавших газов, изменению мощности и давления наддува, индикаторному и механическому КПД двигателя, диагностирование системы смазки.

В разделе диагностирования электронных систем рассмотрены бортовые диагностические системы, структура программного обеспечения и нормативные требования OBD-II, структура кодов ошибок и неисправностей, протоколы обмена данными в OBD-II, международные стандарты, устанавливающие связь между блоками управления двигателем (автомобилем) и диагностическим оборудованием, диагностические коды и карты неисправностей двигателя в системе автомобиля; диагностирование двигателя бортовой системой самоконтроля, по таблицам неисправностей и функциональным параметрам, причинно-следственным связям, по расходу и давлению топлива. Освещены вопросы диагностирования электронных систем управления и работой топливного насоса, подачи топлива, регулятора давления топлива в гидравлическом аккумуляторе, контроля форсунок и цикловой подачи топлива, датчиков и исполнительных устройств электронных систем управления двигателем, правильности функционирования систем бортовой диагностики. Описаны действующие сигналы датчиков и интерпретация их осцилло-

грамм. Приведены рекомендации по локализации неисправностей системы зажигания, поиска неисправностей при аварийной работе двигателя автомобиля, контроля и диагностирования общего электрооборудования двигателя и автомобиля.

Изложенный материал характеризуется объективностью, научностью и четкой логической последовательностью, которая формирует в учащихся основные знания по технической диагностике автомобильных двигателей. А инженер имеет возможность использовать представленный в учебном пособии материал и решать конкретные практические задачи технического диагностирования автомобильных двигателей.

Содержание учебных пособий может служить хорошим источником для разработки учебных рабочих программ по предоставленным к освоению студентами базовых знаний по диагностике автомобильных двигателей, по выбору тем курсовых и дипломных работ по доводке и созданию технических заданий на проектирование диагностического обеспечения, диагностирования при техническом обслуживании, выявлении и устранении неисправностей и отказов двигателей.

Выражаю откровенную благодарность всем авторам учебников, монографий, журнальных статей и диссертаций, выдержки из которых использованы при написании этих книг и ссылки на которые сделаны в списке литературы.

Автор глубоко благодарен уважаемым рецензентам учебного пособия за важные рекомендации по улучшению его качества, за поддержку, постоянное внимание и понимание необходимости написания такого учебного пособия.

Искренне благодарен сотрудникам ХНАДУ д. т. н., профессору А. Н. Пойде и к. т. н., доценту Е. Ю. Зенкину за полезные консультации, к. т. н., доценту Н. П. Булгакову за предоставленные иллюстрации к содержанию книги, ст. преподавателю А. И. Жадану за компьютерный набор, компоновку и техническое редактирование учебного пособия.

Автор

1. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ И ГАЗОГИДРОАЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЕЙ

1.1. Понятия и термины в диагностике

Техническая диагностика считается одним из важнейших средств управления надежностью технических объектов.

Как прикладная и теоретическая наука техническая диагностика имеет собственную систему понятий и терминов.

Вопросу терминологии диагностирования машин посвящен ряд стандартов: ГОСТ 27518-87, ГОСТР 51709-2001, ГОСТ 27.302-89, ГОСТ 19919-74, ДСТУ 2389-94, в которых ряд терминов и понятий несколько отличаются.

Нормативно-техническая документация определяет, что автоматизированная система контроля – это совокупность объекта контроля (диагностирования), средства для определения его технического состояния и оператора (водителя, диагноста). Такая система функционирует с частичным участием оператора, в отличие от автоматической системы, которая выполняет те же функции без участия оператора. Считается, что понятия «автоматизированная» является более широким, то есть автоматическая система есть частным случаем автоматизированной, если действия человека приобретают нулевое значение.

Целью технического диагностирования согласно ГОСТ 27518-87 в процессе производства, эксплуатации и ремонта является поддержание установленного уровня надежности, обеспечение требований безопасности и эффективности использования изделий. Техническое диагностирование изделий должно быть направлено на решение следующих взаимосвязанных задач:

- определение вида технического состояния;
- поиск места отказа или неисправности;
- прогнозирование технического состояния.

Задачами технической диагностики согласно ГОСТР 51709-2001 «Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки» являются:

- проверка исправности и работоспособности машины в целом или ее составных частей с установленной вероятностью правильности диагностирования;
- поиск дефектов, нарушающих исправность и (или) работоспособность машины;
- сбор исходных данных для прогнозирования остаточного ресурса или вероятность безотказной работы машины в межконтрольный период.

Показатели точности и достоверности диагностирования в соответствии с ГОСТ 27518-87 приведены в табл. 1.1.

Показатели достоверности и точности диагностирования

Задача диагностирования	Результат диагностирования	Показатели достоверности и точности
Определение вида технического состояния	Заключение в виде: 1. Изделие исправно и (или) работоспособно. 2. Изделие неисправно и (или) неработоспособно	Вероятность того, что в результате диагностирования изделие признается исправным (работоспособным) при условии, что оно неисправно (неработоспособно). Вероятность того, что в результате диагностирования изделие признается неисправным (неработоспособным) при условии, что оно исправно (работоспособно)
Поиск места отказа или неисправности	Наименование элемента (сборочной единицы) или группы элементов, которые имеют неисправное состояние и место отказа или неисправностей	Вероятность того, что в результате диагностирования принимается решение об отсутствии отказа (неисправности) в данном элементе (группе) при условии, что данный отказ имеет место. Вероятность того, что в результате диагностирования принимается решение о наличии отказа (неисправности) в данном элементе (группе) при условии, что данный отказ отсутствует
Прогнозирование технического состояния	Численное значение параметров технического состояния на задаваемый период времени, в том числе и на данный момент времени. Численное значение остаточного ресурса (наработки). Численное значение остаточного ресурса (наработки), соответствующего заданной вероятности (для изделий специальной техники)	Среднеквадратическое отклонение прогнозируемого параметра. Среднеквадратическое отклонение прогнозируемого остаточного ресурса. Вероятность безотказной работы, показатели изменения прогнозируемого диагностического параметра по ГОСТ 27.302-86. Доверительная вероятность

В соответствии с государственным стандартом ДСТУ 2389-94 контроль – это проверка соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации (норме), определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени. Такими видами могут быть: состояние исправности и состояние неисправности, состояние правильного функционирования и состояние неправильного функционирования, работоспособное состояние и неработоспособное (или отказное) состояние и т.п. В соответствии с тем же стандартом, техническое диагностирование – это определение технического состояния объекта с заданной точностью. Далее в стандарте представлены разъяснения этого оп-

ределения, согласно которого «задачами технического диагностирования» являются:

- контроль технического состояния;
- поиск места и определения причин отказа (неисправности);
- прогнозирование технического состояния.

Диагностическое обеспечение – комплекс взаимосвязанных правил, методов, алгоритмов и средств, необходимых для осуществления диагностирования на всех этапах жизненного цикла объекта.

Исправное состояние – состояние объекта, при котором он способен выполнять все заданные функции объекта.

Неисправное состояние – состояние объекта, при котором он не способен выполнять хотя бы одну из заданных функций объекта.

Работоспособное состояние – состояние объекта, при котором он способен выполнять все требуемые функции.

Контролепригодность – свойство объекта, характеризующее его пригодность к проведению диагностирования (контроля) заданными средствами.

Точка контроля – место расположения первичного источника информации о диагностическом (контролируемом) параметре.

Контролируемый сигнал – сигнал, поступающий на вход диагностирования (контроля) и несущий информацию о техническом состоянии объекта.

Рабочее техническое диагностирование – диагностирование, при котором на объект подаются рабочие воздействия.

Тестовое техническое диагностирование – диагностирование, при котором на объект подаются тестовые воздействия.

Диагностический тест – одно или несколько тестовых воздействий и последовательность их выполнения, обеспечивающая диагностирование.

Экспресс-диагностирование – диагностирование по ограниченному числу параметров за заранее установленное время.

Непрерывное техническое диагностирование – диагностирование, при котором поступление информации происходит непрерывно.

Самоконтроль – диагностирование (контроль) объекта диагностирования (контроля) с помощью встроенных средств диагностирования или специальных программ.

Система технического диагностирования – совокупность средств, объекта и исполнителей, необходимая для проведения диагностирования (контроля) по правилам, установленным в технической документации.

Достоверность технического диагностирования (контроля) – степень объективного соответствия диагноза действительному техническому состоянию.

Достоверность результатов диагностирования характеризуется способностью методов, средств измерения и режимов диагностирования отражать фактическое состояние объекта. Она зависит от полноты полученной исходной информации, назначенных предельных диагностических параметров, которые обусловлены выбором контролируемого параметра, от воз-

возможности потери информации вследствие несовершенства методов диагностирования, выбора и однозначности применения режимов диагностирования.

Точность результатов диагностирования – зависит прежде всего от правильности выбора проверяемых параметров, обуславливающих методическую погрешность, и степени совершенства средств диагностирования, обуславливающих инструментальную погрешность. Большие погрешности измерений приводят к ошибке при оценке технического состояния объектов диагностирования.

Мониторинг – наблюдение за изменением технического состояния машины и анализ причин этих изменений. Основное отличие мониторинга от диагностики связано с тем, что мониторинг не ставит своей целью обнаружение места и вида неисправности на ранней стадии ее развития и остаточного ресурса. В функции мониторинга входит своевременное обнаружение сильных изменений технического состояния в предположении, что по крайней мере незадолго до отказа любая неисправность является звеном цепочки возможного отказа и хотя бы одна неисправность в этой цепочке оказывает существенное воздействие на состояние машины.

Остаточный ресурс – суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние.

Прогнозирование – определение технического состояния объекта с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени.

Резервирование – способ обеспечения надежности объекта за счет использования диагностических средств и (или) возможностей, избыточных по отношению к минимально необходимым для выполнения требуемых функций.

Резерв – совокупность дополнительных средств и (или) возможностей, используемых для резервирования.

Структурное резервирование – резервирование с применением резервных элементов структуры объекта.

Техническое обслуживание и ремонт - совокупность всех технических и организационных действий, включающих технический надзор, направленных на поддержание или возвращение объекта в состояние, в котором он способен выполнять требуемую функцию.

Технический осмотр – мероприятие, выполняемое вручную или автоматически (встроенными или внешними средствами) с целью определения технического состояния объекта.

Деградация – действие одного или совокупности естественных процессов старения, коррозии, изнашивания, усталости или разрушения.

Старение – постепенное необратимое изменение свойств объекта, вызываемое химическими и (или) физическими процессами, самопроизвольно протекающими в материалах.

Отказоустойчивость – свойство объекта сохранять работоспособность при наличии отказов его составных частей.

Отказоустойчивость закладывается при проектировании объекта в целях недопущения критических отказов и обеспечения безопасности.

Технический критерий – предельное состояние составных частей, когда они не могут больше выполнять свои функции по техническим причинам. Например, предельное увеличение ремня или цепи, предельное давление масла и др.

Технико-экономический критерий – предельное состояние, указывающее на снижение эффективности использования объекта диагностирования вследствие изменения технического состояния. Например, снижение мощности двигателя, производительности насоса и т. п.

Для этого критерия предлагаются два показателя: максимум производительности и минимум затрат. Поэтому в большинстве случаев необходимо сохранять оптимальные показатели надежности и эффективности при минимальных удельных издержках.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта, то есть утрата объектом способности выполнять требуемую функцию. «Отказ» является событием в отличие от «неисправности», которая является состоянием и причиной отказа.

Отказы возникают по причине, связанной с несовершенством конструкции, технологии производства и эксплуатации двигателя автомобиля. Снижение отказов конструкционного, производственного и эксплуатационного происхождения достигается совершенствованием методов диагностирования и своевременным принятием мер по устранению дефектов (неисправностей) на каждом этапе жизненного цикла.

1.2. Основные понятия диагностирования: контроль, самоконтроль и самодиагностика

Контроль технического состояния является неперменной первой процедурой технического диагностирования. Именно на результатах контроля базируются две последующих задачи технического диагностирования – поиск места отказа и прогнозирование технического состояния. Таким образом, любая система диагностирования должна содержать систему контроля объекта на его соответствие техническим требованиям (норме) в качестве основной составляющей, как информационную основу для выполнения двух упомянутых заданий. Эта характеристика должна быть выражена в качественной форме: исправный-неисправный и т. д. (ГОСТ 27002-89), а прогнозирование в количественной форме – численного значения располагаемого ресурса работоспособности. Если средствам контроля придавать также функцию поиска места отказа и функцию прогнозирования технического состояния, то в этом случае различия между средствами контроля и средствами диагностирования исчезают, чем объясняется тот факт, что в научно-технической литературе эти понятия нередко используют как синонимы. Поэтому «средства контроля» и «средства диагностирования» также часто не отличаются друг от друга по своим функциональным возможностям.

Разница между техническим диагностированием (ТД) и техническим контролем (ТК) на практике состоит в следующем:

- ТК применяется в основном для измерения параметров материалов, деталей и узлов конструкций, тогда как объектами ТД являются более сложные агрегаты и механизмы, для которых необходимо определять остаточный ресурс и риск эксплуатации;

- при проведении ТК характер и размеры допустимых дефектов регламентированы заранее установленными нормами, а при ТД результаты анализируются с учетом влияния дефектов (неисправностей) на работоспособность в соответствии с конкретными методиками, программами и стандартами по расчету остаточного ресурса и риска эксплуатации на основании данных ТК.

В соответствии со стандартом ГОСТ 19919-74, различают такие процессы определения технического состояния с помощью средств контроля:

- контроль технического состояния – определение вида технического состояния изделия;

- воспроизведение технического состояния – процесс установления технического состояния изделия по записям значений параметров в эксплуатации;

- поиск места отказа – определение части изделия, отказ которой послужил причиной неработоспособности этого изделия;

- прогнозирование – процесс определения технического состояния изделия на следующий интервал времени.

Следует указать, что прогнозирование, как качественное предсказание безотказной работы до следующей операции контроля, является неотъемлемой частью любой операции контроля, так как иначе любой контроль утратил бы смысл, поскольку во время контроля работоспособности изделия всегда предполагают, что на протяжении некоторого времени после окончания контроля изделие будет выполнять свои функции. Подобно этому, пребывание значения параметра в границах допуска воспринимается таким, что на протяжении некоторого времени оно не выйдет за эти пределы. Процесс поиска места отказа также связан с предположением, что некоторое время те части изделия, в которых не было отказов во время контроля, не выйдут из строя и после его окончания.

Контролю подлежат геометрические размеры и механические перемещения, угловые и линейные ускорения, частота вращения, давление жидкостей и газов, температура, расход и уровень жидкостей, химический состав масел, различные сигналы и т. п.

Количество точек контроля на современном транспортном средстве может достигать нескольких десятков и сотен. Все сигналы, которые подлежат контролю, как правило, превращают в электрические.

Таким образом, контроль (регулирование) с восстановлением работоспособности играет роль регулятора в управлении эксплуатационной надежностью изделий. Этот контроль может только поддерживать надежность объекта на уровне, заложенном в него во время проектирования и производства. Разработчик и производитель транспортных машин способен поднять заложенный уровень надежности и уровень безопасности за счет конструктивных изменений и модернизации конструкции.

Как в первом, так и во втором случаях обязательным является использование автоматизированной системы контроля (АСК) в качестве источника объективной информации о техническом состоянии транспортного средства.

Оптимальное решение задач оценки технического состояния бортовых систем требует тщательного анализа оснащения этих систем уже в период проектирования. Недооценка такого подхода может обернуться тем, что оснащение окажется неконтролепригодным, то есть таким, которое не поддается эффективному контролю, а это резко снизит технико-экономическую эффективность эксплуатации машины и может быть причиной снижения безопасности ее эксплуатации. Чтобы этого не произошло, на каждую бортовую систему, начиная с этапа ее эскизного проектирования, разрабатывают специальный конструкторский документ, который называется характеристикой контролепригодности. Документ совершенствуют и корректируют во время всего жизненного цикла объекта – от его создания до списания.

Знание модели отказа и ее количественных характеристик позволяет объективно подойти к выбору программы обслуживания, в том числе – к контролю объекта диагностирования.

Понятие «самоконтроль» встречается в разнообразнейших сферах человеческой деятельности и применяется в сложных системах управления, способных к самопроверке. Не является исключением и сам человек, как сверхсложная высокоорганизованная система. Согласно толковому словарю «самоконтроль» – это способность контролировать свои действия, свои поступки. Человек ежедневно проводит операции самоконтроля, оценивая свое состояние, свои возможности для выполнения разнообразных функций – от простых трудовых операций к сложным формам общественной деятельности.

Самоконтроль в технике решает аналогичную, но более узкую задачу – определение технического состояния объекта с помощью средств самого объекта.

Понятие «самоконтроль» в отечественной научно-технической литературе применяют наряду с другими близкими понятиями: самопроверка, самотестирование, самодиагностика. В иностранной литературе встречаются такие соответствия: self-monitoring (самоконтроль), self-verifying (самопроверка), self-diagnosing (самодиагностика), self-testing (самотестирование), built in test (BIT) – тестирование АСК, которая использует ресурсы самой АСК и др.

1.3. Сложность оценки технического состояния двигателя

Схему диагностирования механической системы двигателя от несложной до средней сложности можно представить известным числом диагностических параметров.

Численное значение каждого параметра является его количественной мерой, оно может быть номинальным, допустимым и предельным. **Номинальное значение параметра** ($P_{ном}$) характерно для новых или капитально

отремонтированных машин и сборочных единиц и обеспечивает их рациональную эксплуатацию. Значение параметра, обеспечивающее безотказную работу сборочных единиц до очередного диагностирования, называется **допустимым** ($\Pi_{\text{доп}}$). **Предельное значение параметра** ($\Pi_{\text{пр}}$) характеризует экономическую нецелесообразность или опасность дальнейшей эксплуатации машины.

Несмотря на высокий современный уровень развития производства и эксплуатации, практика показывает, что полного исключения внезапных отказов установок из-за узлов трения пока еще не возможно. Для некоторых типов авиационных двигателей до 70% отказов связано с повреждением деталей, работающих на контактные нагрузки. Кроме того, не менее 70% выключений двигателей в эксплуатации происходит по вине трущихся пар, что сопровождается значительным износом деталей.

Безотказная работа машины на участке и снижение трудоемкости ТО и плановых ремонтов зависят от точности определения изменений контролируемых параметров при диагностировании сборочных единиц и систем. Снижение трудоемкости обслуживания и ремонтов машины произойдет, если процесс диагностирования рассматривать как систему последовательно-параллельных технологических операций (рис. 1.1 [1]).

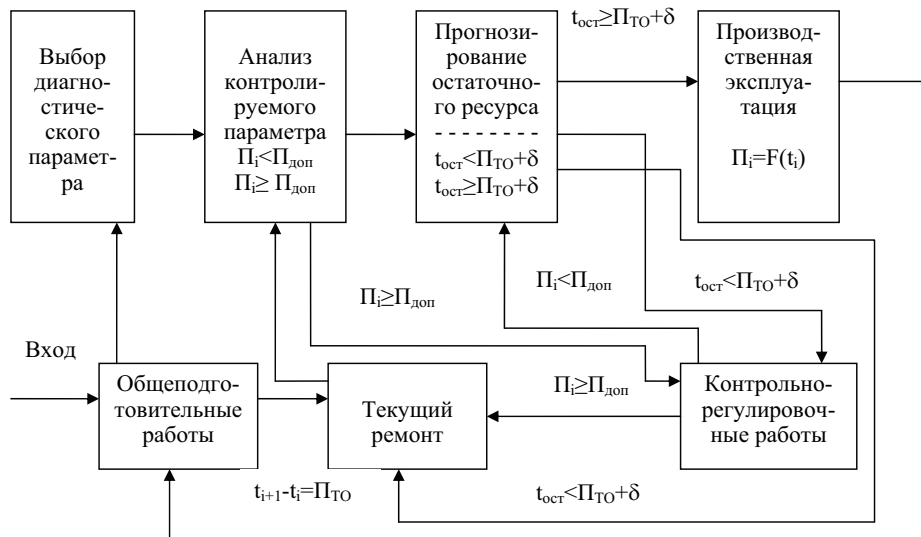


Рис. 1.1. Схема диагностирования объекта

Здесь рассматриваются операции, выполняемые для всех сборочных единиц (общеподготовительные работы, выбор диагностического параметра, анализ контролируемого параметра, прогнозирование остаточного ресурса). Для сборочных единиц с текущими значениями параметра, превышающими допустимые, дополнительно проводятся контрольно-регулирующие и (или) ремонтные операции. В момент контроля техниче-

ского состояния машины или сборочной единицы определяется фактическое значение параметра Π_i и сравнивается с допустимым значением $\Pi_{\text{доп}}$ ($t_{\text{доп}} = t_{\text{п}} - \Pi_{\text{ТО}} - \delta$). Если $\Pi_i < \Pi_{\text{доп}}$, то для машины в целом или для сборочной единицы прогнозируется остаточный ресурс $t_{\text{ост}}$. Предельное значение параметра диагностируемого объекта не достигается в процессе эксплуатации при значениях $t_{\text{ост}}$, превышающих наработку до очередного контролируемого мероприятия, включая и значение абсолютной ошибки прогнозирования δ .

Как правило, наработка до очередного контрольного мероприятия равна периодичности первого технического обслуживания ($\Pi_{\text{ТО}}$). Машина должна поступать в эксплуатацию при $t_{\text{ост}} \geq \Pi_{\text{ТО}} + \delta$. Если остаточный ресурс $t_{\text{ост}} < \Pi_{\text{ТО}} + \delta$, то планируются контрольно-регулирующие и (или) ремонтные работы, после проведения которых машина поступает на пост текущего ремонта.

Двигатель как объект диагностирования является очень сложной системой. Под сложной системой понимают объект, выполняющий заданные функции и который может быть расчленен на элементы, каждый из которых также выполняет определенные функции и находится во взаимодействии с другими элементами. Элементы сложной (механической, газогидроаэродинамической, электрической) системы могут иметь разнообразные выходные параметры, которые с позиции диагностики и надежности можно разбить на три группы (типа):

- x_1 – параметры, изменение которых с выходом за установленные уровни показателей приводит к потере работоспособности элемента и системы;

- x_2 – параметры, участвующие в формировании выходных параметров всей системы, но по которым трудно судить об отказе элемента;

- x_3 – параметры, влияющие на работоспособность других элементов системы аналогично изменению внешних условий работы всей системы.

В общем случае число диагностических параметров двигателя превышает две сотни, а количество отдельных подсистем и механизмов автомобиля, связанных с двигателем – несколько десятков. Кроме этого, между многими механизмами и системами двигателя и режимами работы автомобиля существует сложная взаимосвязь параметров x_1, x_2, x_3 .

Пример такой взаимосвязи параметров КШМ, ГРМ и ЦПГ, систем охлаждения, питания и зажигания, определяющих управляемость и работоспособность двигателя и автомобиля представлена на рис. 1.2 [2].

При изменении технического состояния двигателя различные неисправности часто могут сопровождаться одинаковыми диагностическими параметрами. Например, негерметичность поплавковой камеры карбюратора, износ топливного жиклера и неправильная регулировка холостого хода сопровождаются одинаковыми признаками: повышением расхода топлива, большим содержанием углеводородов C_xH_y в отработавших газах, загрязнением карбюратора.

Для большей наглядности возможных типов выходных параметров системы из двух элементов (на примере двигателя) можно представить структурной схемой (рис. 1.2).

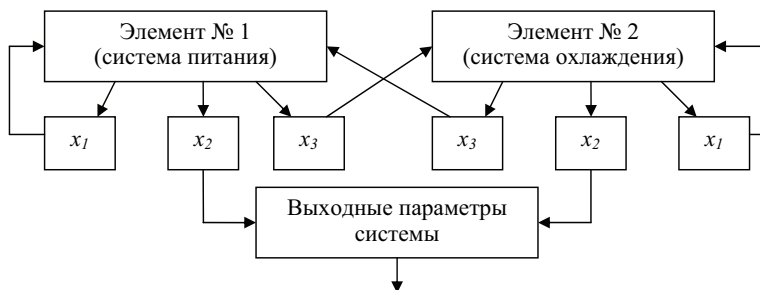


Рис. 1.2. Пример взаимодействия разных типов выходных параметров элементов сложной системы

В представленной на рис. 1.2 схеме для системы питания x_1 – это пропускная способность топливного жиклера (если жиклер забит и топливо не поступает, то система питания отказывает и отказывает двигатель); x_2 – это износ топливного жиклера (топливная экономичность автомобиля ухудшается); x_3 – образование богатой смеси (двигатель перегревается и затрудняет работу системы охлаждения). В свою очередь, плохая работа системы охлаждения приводит к перегреву двигателя и образованию паровых пробок в системе питания – это x_3 для элемента № 2, плохая работа термостата затягивает прогрев двигателя, что приводит к снижению топливной экономичности автомобиля – это x_2 , обрыв ремня приводит к отказу системы охлаждения и отказу автомобиля – это x_1 для элемента № 2.

В реальных сложных системах элементы могут иметь или все три типа выходных параметров, или меньше (один или два). Во многом это зависит от степени расчленения системы на элементы. В рассмотренном примере система питания и система охлаждения сами являются сложными системами.

При анализе надежности такой системы ее разделяют на следующие группы элементов:

- отказ которых практически не влияет на работоспособность автомобиля (повреждение обивки салона, коррозия крыла). Отказ таких элементов обычно рассматривают изолированно от системы;
- работоспособность которых за рассматриваемый промежуток времени или наработки практически не меняется (для автомобиля, направляемого на уборку урожая, учитывать изменение состояния картера коробки передач не имеет смысла);
- восстановление работоспособности которых не требует значительных затрат времени и практически не снижает показателей эффективности работы автомобиля (натяжение ремня вентилятора);
- отказы которых приводят к отказу автомобиля и регламентируют его надежность.

Функционирование двигателя связано с выполнением разнообразных задач в неодинаковых условиях эксплуатации, поэтому разделение элементов на группы может быть весьма сложным. Вследствие исключительно большого разнообразия конструкций, технологий изготовления и сборки, климатических и эксплуатационных условий, сложности объектов диагностирования двигателя автомобиля пока еще не стало строго формализованной системой, при которой любые проблемы могут быть решены с помощью исчерпывающего набора алгоритмов.

Возможность непосредственного измерения конструктивных параметров узлов двигателя без их разборки весьма ограничена. Поэтому для оценки их технического состояния пользуются диагностическими параметрами – косвенными величинами, связанными с конструктивными параметрами и несущими достаточную информацию о техническом состоянии узла. Данные обстоятельства требуют поиска унифицированных параметров и соответствующих им методов и средств диагностирования.

Основной причиной изменения (деградации) технического состояния механических систем является изнашивание деталей. По ГОСТ 23.002-78 изнашивание – это процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела и (или) накопления в нем остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров или формы тела. В результате изнашивания происходит трансформация микро- и макрогеометрических параметров сопряженных деталей, нарушаются условия смазки, пространственная ориентация осей кинематически связанных элементов и увеличивается их динамическая нагруженность.

Помимо структурных изменений в сопряженных деталях износ оказывает отрицательное влияние на эффективность протекания рабочих процессов в узлах, агрегатах и системах двигателя. В ДВС нарушается термодинамика сгорания рабочей смеси в цилиндрах по причине уменьшения степени сжатия, изменения угла опережения зажигания (впрыска), изменения подачи топлива и смесеобразования, фаз газораспределения; увеличивается расход масла на угар, мощность механических потерь, уровень шума и вибрации. Похожие изменения технического состояния характерны и для других элементов.

Доминирующая роль, которую играют электронные системы, заставляет уделять повышенное внимание проблемам, связанным с их обслуживанием. Кроме того, так как основные функции двигателя становятся все более зависимыми от электронных систем, они должны удовлетворять довольно жестким требованиям по надежности.

В силу сложности автоматических систем контроля рабочих процессов их отказы и неисправности трудно диагностировать обычными методами.

Современные системы контроля рабочих процессов оснащены встроенными диагностическими системами с функциями «самоконтроля», «самодиагностирования», функциональными и контрольными испытаниями. Распознавание неисправностей происходит путем непрерывного циклического процесса сравнения текущих показаний датчиков и систем на любых режимах работы с заложенными в блоках управления матрицами рабочих значе-

ний данных параметров. Несоответствие полученного от датчика значения для требуемого режима работы эталонному распознается как неисправность.

1.4. Диагностирование неисправностей двигателя по внешним признакам

От состояния двигателя зависят многие технические, экономические и экологические показатели автомобиля, качество показателей езды: отсутствие рывков, провалов, особенно на переменных режимах, качество динамических показателей разгона, максимальная скорость.

Основными признаками необходимости диагностирования двигателя автомобиля являются:

- осязаемое снижение мощности;
- увеличение удельного расхода топлива;
- повышенный расход масла;
- падение давления масла;
- повышенное содержание окиси углерода в отработавших газах;
- появление стуков и вибраций, дымления (цвет дыма) и неравномерной работы.

Основные проверки:

- проверить уровень масла в двигателе, состояние масла и вентиляцию картера. Своевременное обслуживание системы смазки двигателя особенно важно для его безотказной работы. На автомобилях, оснащенных каталитическим нейтрализатором, грязное масло, неисправная система вентиляции картера или дымящий двигатель быстро приведут нейтрализатор в непригодное состояние;

- проверить уровень охлаждающей жидкости и ее состояние. Своевременное обслуживание системы охлаждения двигателя чрезвычайно важно для его безотказной работы. Холодный или перегретый двигатель может послать ЭБУ неправильный сигнал датчика температуры охлаждающей жидкости, что приведет к нарушению опережения зажигания и сбоям цикловой подачи топлива;

- уровень и состояние жидкости в автоматической коробке передач;
- состояние аккумуляторной батареи и надежность ее крепления;
- уровень электролита в аккумуляторе;
- состояние клемм и проводов аккумулятора;
- состояние и натяжение ремня привода вспомогательных агрегатов;
- состояние свечей зажигания, при необходимости заменить;
- искровой зазор в свечах;
- убедиться, что тип свечей соответствует двигателю;
- снять крышку распределителя зажигания, осмотреть ее снаружи и изнутри на наличие трещин и следов пробоя высоким напряжением;
- проверить, не просочилась ли под крышку какая-нибудь жидкость из двигателя через нарушенное уплотнение;
- состояние ротора распределителя, измерить его сопротивление;

- состояние крышки катушки зажигания на наличие трещин и следов пробоа;

- электрические разъемы на наличие коррозии и повреждений. Убедиться, что штырьки разъема полностью входят в свои гнезда и имеют с ними надежный контакт;

- осмотреть вакуумные шланги, впускной коллектор и воздухопроводы, уплотнение крышки клапанного механизма и датчик расхода воздуха на отсутствие утечек вакуума;

- состояние воздушного фильтра. Заменить его, если в нем есть хоть немного грязи;

- осмотреть выпускную систему от коллектора до выхлопной трубы;

- состояние топливной системы. Обратить внимание на возможные утечки топлива, на изношенные или треснувшие детали. Если есть газоанализатор, способный измерить НС, проверить щупом газоанализатора вдоль топливопроводов и трубок с парами топлива. Если газоанализатор дает показание, значит данный элемент может пропускать топливо или его пары;

- проверить корпус дроссельной заслонки на наличие в нем нагара. Нагар может помешать повороту заслонки и вызывать проблемы с холостым ходом и при работе двигателя с меняющимися нагрузками. Обычно для удаления нагара используют жидкость для чистки карбюраторов.

Основные неисправности системы питания проявляются, как правило, в нарушении работы дозирующих систем карбюратора, в результате чего он prepares чрезмерно богатую или бедную горючую смесь, при сгорании которой двигатель не развивает полной мощности, перерасходует бензин и выбрасывает с отработавшими газами много токсичных веществ.

Различные нарушения работы карбюратора чаще всего проявляются в ухудшении ездовых показателей автомобиля, то есть совокупность факторов, определяющих ощущения водителя при воздействии на педаль управления дроссельной заслонкой, которые он субъективно связывает с ускорением автомобиля. Организм человека очень чувствителен к ускорению и реагирует даже на небольшие его изменения. О неисправности, предположительно являющейся следствием неисправности карбюратора, можно говорить, если при изменении положения дроссельной заслонки не происходит ожидаемого привычного изменения скорости движения автомобиля, то есть ускорения.

Провал – хорошо воспринимаемое, достаточно продолжительное (от 0,5 до 5 с и более) уменьшение ускорения вплоть до перехода в замедление, несмотря на открытие дроссельных заслонок.

Рывок – тот же провал, но более ограниченный во времени (0,1-0,4 с).

Подергивание – серия следующих один за другим легких коротких рывков.

Раскачивание – серия следующих один за другим провалов.

Вялый разгон – низкая интенсивность увеличения скорости движения автомобиля.

Повышенный расход топлива происходит при износе поршневых колец, поршней и цилиндров, нарушении регулировки и повреждении при-

боров системы питания и зажигания, наличии смолистых отложений в системе питания и нагара на деталях двигателя, нарушении регулировки зазоров в газораспределительном механизме и т. д.

Двигатель не запускается при повреждении или нарушении в системе питания или зажигания. Свеча зажигания считается пригодной для дальнейшей эксплуатации, если значение давления при бесперебойном искрообразованием будет соответствовать следующим данным: зазорам 0,5; 0,6; 0,8; 0,9 мм соответствует давление 0,7; 0,6; 0,45; 0,4 МПа.

Если двигатель не развивает полной мощности, это свидетельствует о недостаточной компрессии в цилиндрах, повреждении приборов системы питания или зажигания, перегреве или переохлаждении двигателя.

Утечки воздуха через клапаны двигателя указывают на их неисправности, обнаруживаемые прослушиванием при помощи фонендоскопа или визуально по колебаниям пушинок в индикаторе, устанавливаемом в свечных отверстиях, соседних с проверяемым цилиндром. Утечки через прокладку головки цилиндров определяют по пузырькам воздуха, появляющимся в горловине радиатора или в полости разъема; в стыке головки с цилиндром, смоченном мыльным раствором.

Уровень масла в картере двигателя всегда должен находиться у верхней метки указателя. Интенсивность изменения уровня масла во многом зависит от технического состояния двигателя. Расход масла не должен быть более 3,5% израсходованного топлива для карбюраторных двигателей и 5% для дизельных. При проверке уровня масла необходимо обращать внимание на качество масла. Основное внимание при этом уделяют его прозрачности и отсутствию капель охлаждающей жидкости. Объективно качество масла оценивают методом спектрального анализа, когда пробу масла сжигают в высокотемпературном пламени и с помощью спектрографа регистрируют продукты износа. Полученные результаты подвергают качественному и количественному анализу.

Проверка системы смазки включает и проверку работы масляного фильтра тонкой очистки. При температуре не ниже 70 °С ротор исправной центрифуги должен вращаться не менее 35 с.

Угар масла определяют по доливам в процессе эксплуатации. Он зависит от износа колец и герметичности клапанов. Кроме того, возможны утечки масла. Допустимая норма угара масла составляет не более 4% от расхода топлива. Повышенный угар масла сопровождается заметным дымлением на выпуске (при прогревом двигателя).

Недостатками указанного метода являются: трудность учета величины угара масла в эксплуатации, зависимость расхода масла не только от износов колец, но и от износов направляющих втулок клапанов и утечек через неплотности соединений.

Признаком необходимости проверки или замены поршневых колец является повышенный расход масла (угар) – более 100 г на 100 км пробега. зазор в замке поршневых колец не должен превышать 0,75 мм. Проверку осуществляют набором щупов. Во всех случаях разборки двигателя после 60000 км обязательно следует заменить поршневые кольца.

При любом виде диагностирования осмотр и опробование двигателя пуском предусматривает визуальное обнаружение подтеканий масла, топлива, охлаждающей жидкости, оценку легкости пуска, дымления на выпуске, прослушивание его работы с целью обнаружения резких шумов, стуков, оценку равномерности и устойчивости работы и др. Проверка позволяет выявить очевидные неисправности двигателя и определить необходимость его технического обслуживания или ремонта перед диагностированием.

Диагностирование включает:

- ознакомление с учетными данными;
- осмотр и опробование пуском;
- определение эффективной мощности;
- диагностирование кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов.

Если эти параметры находятся в допустимых пределах, то двигатель пригоден к дальнейшей эксплуатации. В противном случае нужно выполнить поэлементную диагностику для выявления конкретной неисправности.

По результатам диагностирования проводят необходимые регулировочные, крепежные или ремонтные работы. Учетные данные двигателя включают следующие сведения:

- пробег автомобиля и ресурс работы двигателя;
- ремонты, которым подвергался двигатель;
- топливную экономичность;
- заявки водителя о неисправностях двигателя.

Прежде чем диагностировать двигатель, необходимо предварительно отрегулировать его механизмы и системы, так как у неизношенного, но неотрегулированного двигателя мощность может значительно снизиться (до 20-30% от номинальной), а мощность изношенного, но отрегулированного двигателя может снизиться всего лишь на 5-7%.

Перед тем как приступить к поиску причин и устранению неисправностей карбюратора, необходимо убедиться в том, что они связаны с неисправностями именно карбюратора, а не системы топливоподачи до карбюратора или системы зажигания.

Признаком сильного нарушения дозирования горючей смеси карбюратором является работа двигателя с резкими хлопками («стрельба») в карбюратор при переобеднении смеси и в глушитель при переобогащении. Признаком работы двигателя на переобедненной смеси является также его перегрев. При сильном переобогащении горючей смеси отработавшие газы приобретают темный цвет.

Распространенной причиной неисправности карбюратора является установка жиклеров несоответствующей пропускной способности.

Причинами переобогащения горючей смеси являются высокий уровень топлива в поплавковой камере, отворачивание и выпадение жиклеров, засмоление воздушных жиклеров, потеря герметичности клапаном экономайзера и нарушение регулировки его привода, неполное открытие воздушной заслонки.

Переобеднение горючей смеси может иметь место, как при уменьшении подачи бензина, так и при подсосе воздуха в местах крепления карбюратора и впускного трубопровода к головке блока цилиндров. Переобеднение смеси возможно из-за малой подачи бензина в карбюратор, повреждения мембраны подкачивающего насоса или неплотного прилегания его клапанов, неплотного крепления топливопроводов к штуцерам, низкого уровня бензина в поплавковой камере. В результате происходит «вялое» сгорание топлива, падение мощности и перегрев двигателя. Кроме того, пламя от догорающей горючей смеси может попасть через уже открывающийся впускной клапан во впускной коллектор, вызвать в нем хлопки или взрывообразное сгорание и пожар в подкапотном пространстве.

Так, например, в системе питания могут быть засорены топливозаборник, фильтр тонкой очистки топливного насоса. Эти неисправности могут вызывать нарушения в нормальной работе двигателя, быть причиной «провалов» в первую очередь на режиме с повышенной нагрузкой, в то время как при малой нагрузке или на режиме холостого хода потребление двигателем топлива невелико и даже при нарушенной топливоподаче его может хватить для нормальной работы на данных режимах.

При проверке системы питания в первую очередь необходимо убедиться в отсутствии течи топлива через соединения и нормальной работе бензонасоса, так как эти неисправности зачастую приводят к пожарам.

Бензонасос первоначально проверяют непосредственно на двигателе, если необходимо, то его снимают с двигателя. Для проверки насоса на двигателе топливопровод отсоединяют от карбюратора и опускают его конец в прозрачный сосуд, заполненный бензином. Если при нажатии на рычаг ручной подкачки из топливопровода выбивает сильная струя топлива, насос исправен. Выход из топливопровода пузырьков воздуха указывает на подсос воздуха (негерметичность) в соединениях трубопроводов или насосе.

При пуске двигателя и его визуальном осмотре можно обнаружить подтекания масла, топлива или охлаждающей жидкости, оценить равномерность работы двигателя и др.

В большинстве случаев течь можно устранить подтягиванием соединений или заменой поврежденных прокладок. Повышенное дымление или увеличенное содержание СО в отработавших газах чаще всего возникает из-за неисправности топливной аппаратуры.

Одним из видов аномального процесса сгорания является работа двигателя после выключения зажигания. Это не калильное зажигание и не детонация. Известно, что при частоте вращения коленчатого вала 100–200 мин⁻¹ горючая смесь нагревается от отработавших газов и подобно дизельному процессу начинается самовоспламенение.

Для исключения такого явления двигателя современных автомобилей оборудуются системой «антидизель». С этой целью в двигателях с непосредственным впрыском топлива в программе управления предусмотрено отключение подачи топлива сразу после выключения зажигания. У большинства зарубежных карбюраторов и в некоторых отечественных карбюраторах имеется электромагнитный клапан, перекрывающий топливный жик-

лер холостого хода. В карбюраторах с экономайзером принудительного холостого хода при выключении зажигания предусмотрено отключение подачи горючей смеси.

Карбюраторы с системой электронного дозирования топлива совмещают все преимущества по смесеобразованию, которые имеют карбюраторы классической конструкции с высокой точностью дозирования смеси, которое могут обеспечить электронные средства управления.

Визуальное диагностирование свечей зажигания, признаков неисправности двигателей и электрооборудования системы зажигания описано в разделе 2.

Контрольные вопросы

1. Какие задачи диагностирования?
2. Привести показатели достоверности и точности диагностирования.
3. Объяснить технические и технико-экономические критерии предельного состояния объекта диагностирования.
4. Объяснить отличительные особенности видов диагностирования: контроль, самоконтроль и самодиагностика.
5. Рассказать, в чем заключается сложность диагностирования технического состояния двигателя.
6. Перечислить основные причины изменения технического состояния механических систем двигателя.
7. Какие основные признаки необходимости диагностирования двигателя?
8. Перечислить неисправности двигателя по внешним признакам.
9. Объяснить причины переобогащения топливной смеси.

1.5. Диагностирование неисправностей двигателя по структурно-следственным и функционально-структурным моделям

1.5.1. Построение структурных схем диагностирования объектов двигателя

При определении технического состояния двигателя выбор параметров диагностирования является основной задачей. Здесь следует учитывать различные взаимосвязи между структурными и функциональными параметрами, используемыми для целей диагностирования. При решении задачи выбора параметров диагностирования в сложных ситуациях определяют возможный набор параметров. С этой целью строят структурно-следственные схемы сборочной единицы или системы, представляющие собой граф-модель, которая увязывает в единое целое основные параметры диагностируемого объекта двигателя, характеризующие их структурные параметры, перечень характерных неисправностей и параметры диагностирования.

В качестве примера на рис. 1.3 приведена структурно-следственная схема цилиндропоршневой группы, а на рис. 1.4 – газораспределительного механизма (ГРМ) двигателя.

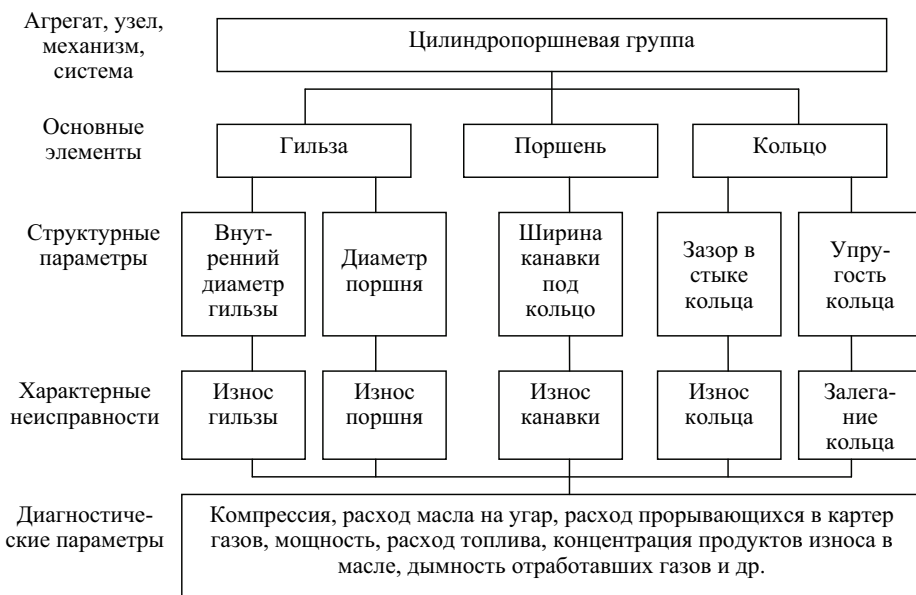


Рис. 1.3. Структурно-следственная схема цилиндропоршневой группы двигателя как объекта диагностирования

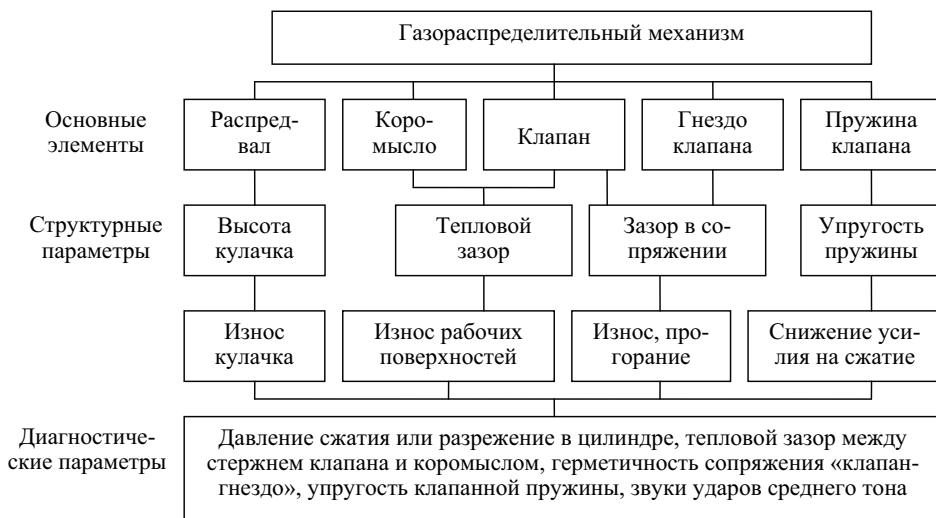


Рис. 1.4. Структурно-следственная схема газораспределительного механизма как объекта диагностирования

По составленной схеме устанавливают первоначальный перечень диагностических параметров. На основе анализа с учетом выполнения требований однозначности, стабильности, чувствительности, информативности и технологичности, осуществляют отбор наиболее эффективных диагностиче-

ских параметров. На заключительном этапе оценивают параметры по затратам на диагностирование, предпочтение отдается разработке процессов диагностирования с минимальными удельными приведенными затратами.

Пользуясь подобной схемой, можно применительно к определенному перечню структурных параметров и неисправностей установить первоначальный перечень диагностических параметров и связи между ними.

Для целей диагностирования часто удобнее представить объект и в виде функционально-структурной схемы. В ней часть конструктивных элементов, непосредственно влияющих на рабочую функцию, обособлена. Такой подход способствует правильному выбору функционального и тестового диагностирования всего объекта.

Для дизельного двигателя внутреннего сгорания функционально-структурная схема (модель) может быть представлена, например, в виде граф-дерева, показанного на рис. 1.5 [3].

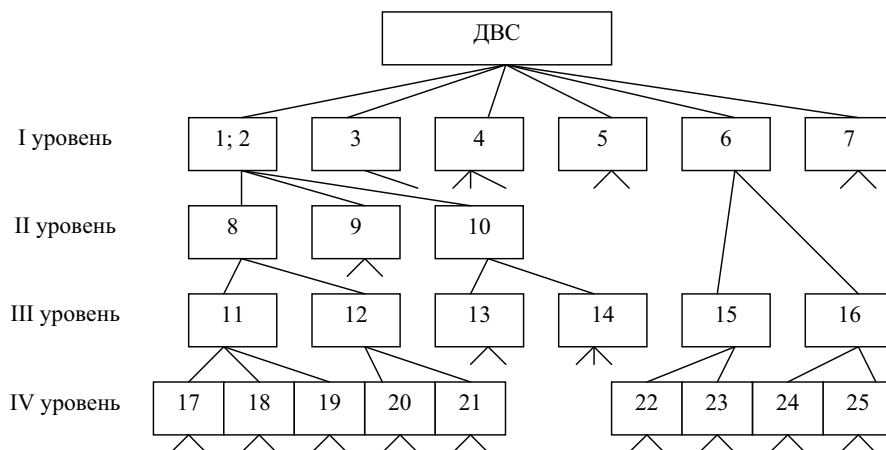


Рис. 1.5. Функционально-структурная схема дизельного ДВС:

I уровень (энергопреобразование): 1 – эффективная мощность; 2 – удельный расход топлива; 3 – система смазки; 4 – система охлаждения; 5 – система пуска; 6 – кривошипно-шатунный механизм; 7 – газораспределительный механизм;

II уровень (обеспечение рабочего процесса в двигателе): 8 – топливоподача; 9 – воздухоподача; 10 – герметичность камеры сгорания;

III уровень (приборы и узлы): 11 – топливный насос высокого давления (ТНВД); 12 – форсунка; 13 – клапанная группа; 14 – цилиндропоршневая группа (ЦПГ); 15 – кривошипно-шатунная группа (КШГ); 16 – шатунно-поршневая группа (ШПГ);

IV уровень (единичные сопряжения и процессы): 17 – герметичность плунжерной пары; 18 – герметичность нагнетательного клапана; 19 – угол опережения впрыска; 20 – герметичность форсунки; 21 – давление впрыска; 22 – зазор в коренном подшипнике; 23 – зазор в шатунном подшипнике; 24 – зазор в сопряжении «палец-поршень»; 25 – зазор в сопряжении «палец-шатун»

С корневой вершиной сопоставлен ДВС, а с вершинами I уровня (ранга) – энергопреобразование: эффективная мощность двигателя (1); удельный расход топлива (2); системы ДВС (3, 4, 5) и его механизмы (6 и 7).

Известно, что для обеспечения рабочего процесса (II уровень) в двигателе требуется подача в его цилиндр топлива (8), воздуха (9) и обеспечение герметичности камеры сгорания (10). Из приведенной схемы видно, какие именно приборы, узлы (III уровень) или другие элементы (IV уровень) влияют на топливopодачу и герметичность камеры сгорания (здесь показан принцип построения модели и многие элементы упущены).

Число уровней может быть увеличено. Например, к V уровню можно отнести величины износов, то есть численные значения структурных параметров от номинального до предельного состояния, различимые с помощью диагностического средства. К другим уровням (рангам) можно отнести возможные причины износов, их характер и т. д., то есть все то, что представляет интерес при определении технического состояния объекта и оценке количества необходимой информации для его диагностирования.

Предложенная функционально-структурная схема ДВС позволяет представить его как сложную диагностическую систему со взаимосвязанными элементами, рассчитать неопределенность (энтропию) его технического состояния, а следовательно, необходимое и достаточное количество информации для поиска дефекта с заданной глубиной, обосновать методы и алгоритм диагностирования.

1.5.2. Построение функционально-логической модели объекта

Диагностирование по степени охвата объекта может быть общим и поэлементным (локальным). При общем диагностировании определяют работоспособность объекта диагностирования, выявляют наличие повреждений в структурных единицах (узлах и агрегатах), дают им качественную оценку. При поэлементном техническом диагностировании осуществляют поиск неисправного узла, когда объект диагностирования находится в работоспособном состоянии. При этом особое значение приобретают признаки, характеризующие техническое состояние.

Важнейшим этапом процесса диагностирования является постановка диагноза. Общая оценка работоспособности диагностируемого объекта в целом производится по выходным параметрам, на основании которых ставится общий диагноз «работоспособен» или «неработоспособен» («да», «нет»). При втором варианте для определения потребности в ремонтно-регулирующих операциях и локализации конкретной неисправности требуется более глубокий диагноз на основе построения функциональной модели объекта диагностирования двигателя. Оценка работоспособности объекта одним диагностическим параметром сводится к сравнению номинальных, текущих и предельных его значений.

Под функциональной моделью диагностируемой системы будем понимать модель, состоящую из функционально связанных между собой элементов, до уровня которых может осуществляться поиск неисправности. То есть, если система состоит из N элементов, то в каждый момент времени она может находиться либо в исправном, либо в одном из N неисправных со-

стояний по количеству функциональных элементов. Отказ двух и более элементов одновременно считается событием маловероятным.

Функциональная модель может совпадать с функциональной схемой диагностируемой системы, если диагностика будет осуществляться до уровня элементов функциональной схемы. Рассмотрим функциональную модель диагностируемой системы, изображенную на рис. 1.6.

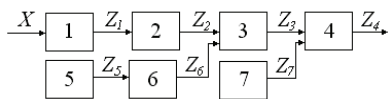


Рис. 1.6. Модель диагностируемой системы

подается сигнал X , а с выходов снимаются контролируемые сигналы Z_i . Определение различных технических состояний диагностируемой системы, а также учет влияния отказов каждого функционального элемента на все остальные осуществляется с помощью таблицы неисправностей (матрицы неисправностей).

Для диагностируемой системы, функциональная модель которой изображена на рис. 1.6, таблица неисправностей имеет вид, представленный в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Показатели достоверности и точности диагностирования

S_i/Z_j	S_0	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
Z_1	1	0	1	1	1	1	1	1
Z_2	1	0	0	1	1	1	1	1
Z_3	1	0	0	0	1	0	0	1
Z_4	1	0	0	0	0	0	0	0
Z_5	1	1	1	1	1	0	1	1
Z_6	1	1	1	1	1	0	0	1
Z_7	1	1	1	1	1	1	1	0

Таблица неисправностей представляет собой матрицу, в которой число столбцов равняется числу функциональных элементов модели плюс один, то есть числу возможных технических состояний диагностируемой системы, а число строк равняется числу контролируемых параметров. Таблица заполняется на основании логического анализа функциональной модели диагностируемой системы.

1.5.3. Локализация неисправностей по диагностическим матрицам

Постановка диагноза при оценке работоспособности по нескольким диагностическим параметрам проводится на основе установленных связей между неисправностями и используемыми диагностическими параметрами. Для реализации этой задачи на практике широко используются диагностические матрицы. Такая матрица представляет собой логическую модель, описывающую связи возможных неисправностей с диагностическими пара-

метрами. Единица в месте пересечения строки и столбца означает возможность наличия неисправности, а ноль – ее отсутствие. С помощью диагностической матрицы (табл. 1.3) решается задача локализации одной из четырех неисправностей ДВС с помощью шести диагностических параметров. Так, на мощность ДВС влияет герметичность цилиндра, зазор в сопряжении «клапан-гнездо» в открытом состоянии, который зависит от износа кулачка распределительного вала, определяемого по ходу коромысла.

Таблица 1.3

**Диагностическая матрица локализации
неисправностей ГРМ двигателя**

Диагностические параметры	Возможные неисправности			
	Увеличен- ные зазоры сопряжения «поршень- кольца- гильза»	Нарушение герметич- ности со- пряжения «клапан- гнездо»	Износ ку- лачка распред- вала	Сниже- ние уп- ругости пружин
1. Мощность двигателя	1	1	1	1
2. Давление сжатия в цилиндре	1	1	0	1
3. Количество газов, прорывающихся через сопряжение «клапан-гнездо»	0	1	0	0
4. Количество газов, прорывающихся в картер двигателя	1	0	0	0
5. Ход коромысла (высота кулачка)	0	0	1	0
6. Усилие сжатия пружины	0	0	0	1

На снижение герметичности цилиндра влияют зазоры в сопряжениях «поршень-кольца-гильза» и «клапан-гнездо», а также упругость клапанных пружин. Локализацию этих неисправностей можно провести с помощью параметров 3, 4 и 6.

Диагностические матрицы позволяют автоматизировать процесс диагностирования, сократить его трудоемкость и увеличить достоверность постановки диагноза.

Другой пример. Локализацию конкретных неисправностей при оценке работоспособности двигателя можно осуществить через диагностическую матрицу, представленную в табл. 1.4 [1].

Диагностирование работающего двигателя в целом производится по эффективной мощности, удельному расходу топлива, составу выхлопных газов и акустическим признакам. При допустимых значениях контролируемых параметров прогнозируется работоспособность двигателя на объекте и, соответственно, при предельных значениях или при значениях остаточного ресурса менее наработки до первого технического обслуживания диагностируются его системы.

Диагностическая матрица локализации неисправностей ДВС

[illegible]

[illegible]

Система двигателя		Диагностический параметр	Возможные неисправности																
			Двигатель не запускается	Двигатель не развивает мощность	Жесткая работа двигателя	Шумная работа двигателя	Перегрев двигателя	Неустойчивая работа на холостом ходу	Неравномерная работа ДВС	Повышенный расход топлива	Черный выхлоп	Голубой выхлоп	Белый выхлоп	Попадание ОЖ в картер	Стуки в двигателе	«Выстрелы» в воздушном фильтре	Износ деталей ЦПГ	Нарушено сопряжение выхлопного клапана с гнездом	То же выпускного клапана с гнездом
ГРМ (продолжение)	Нарушение фаз ГРМ	+	+																
	Суммарный зазор в сопряжениях шатуна														+				
Система смазки	Давление масла														+				
	Давление масла														+				
	Уровень масла						+					+			+				
Система охлаждения	Состав масла														+				
	Температура охлаждающей жидкости (ОЖ)											+							
	Герметичность системы					+							+						
	Разность температур в радиаторе					+													
Система электрооборудования	Объем ОЖ					+													
	Частота вращения КВ/ДВС при запуске	+																	

Наибольшее количество возможных неисправностей связано с топливной аппаратурой, о чем свидетельствует диагностическая матрица. Последовательность выполняемых операций при оценке технического состояния топливной аппаратуры дизельного двигателя при его трудном запуске: проверка состава и объема топлива; прокачка топливной системы, удаление воздуха; проверка давления, развиваемого топливным насосом высокого давления, и давления впрыска топлива; оценка степени загрязненности воздушного фильтра; проверка угла опережения впрыска.

При допустимых значениях параметров, оценивающих техническое состояние топливной аппаратуры, и трудном запуске двигателя проверяется герметичность цилиндра по давлению сжатия. При его значениях ниже допустимых пределов проверяются цилиндропоршневая группа и газораспределительный механизм по дополнительным параметрам, оценивающим техническое состояние этих систем. Трудность запуска также связана с заниженной частотой вращения коленчатого вала двигателя.

Поиск возможных неисправностей при легком запуске двигателя начинается с анализа показаний приборов, характеризующих его работоспособность, и акустических признаков неисправностей.

По давлению масла оценивают состояние КШМ и системы смазки. Снижение давления масла из-за изнашивания сопряжений КШМ оценивается посредством акустических признаков. Стук слышен без приборов, но для лучшего восприятия его прослушивают стетоскопом или фонендоскопом. Стук коленчатого вала с изношенными коренными подшипниками – глухого тона, хорошо слышен вблизи разъема с картером, а в изношенных шатунных подшипниках – резкий стук в зоне верхнего положения шатунной шейки коленчатого вала. Стук в шатунных подшипниках легко можно определить, отключая поочередно цилиндры. В неработающем цилиндре он значительно усиливается. Стук поршневых пальцев в изношенных гнездах – редкий, в зоне цилиндров ближе к головке блока. Отсутствие стуков в кривошипно-шатунном механизме при низком давлении масла указывает на неисправность системы смазки.

Отклонение показаний указателя охлаждающей жидкости от оптимальной величины отражает неисправность системы охлаждения. Выявление конкретной неисправности производится по другим диагностическим параметрам, характеризующим ее работоспособность.

Если трудно определить неисправность по комбинации диагностических параметров, проводится углубленное диагностирование с возможностью постановки диагноза по одному параметру. Например, при нарушении герметичности цилиндра неисправность определяют по месту выхода воздуха, подаваемого под давлением в цилиндр.

Контрольные вопросы

1. Привести структурно-следственную схему ЦПГ как объекта диагностирования.
2. Привести структурно-следственную схему ГРМ как объекта диагностирования.
3. Построить функционально-логическую модель объекта диагностирования.
4. Построить диагностическую матрицу неисправностей КШМ.

1.6. Диагностирование КШМ, ЦПГ и ГРМ

1.6.1. Методы диагностирования

Современные двигатели за редким исключением являются многоцилиндровыми. Выход из строя какого-нибудь цилиндра еще не означает полную потерю работоспособности всего двигателя. Однако, такое неисправное, хотя и работоспособное состояние двигателя приводит к ухудшению его эксплуатационных характеристик: потеря мощности, снижение крутящего момента, увеличение расхода горюче-смазочных материалов.

Цилиндропоршневая группа (ЦПГ) ставится к кривошипно-шатунному механизму (КШМ) и обеспечивает герметичность тактов двигателя. ЦПГ состоит из цилиндров, поршней, поршневых колец.

Цилиндропоршневая группа работает в наиболее тяжелых условиях (газовая среда, высокая температура, большие циклические нагрузки). При этом происходит интенсивное изнашивание деталей, что приводит к прорыву газов из камер сгорания в картер, увеличению шума и вибрации, загрязнению моторного масла и его потере на угар, снижению герметичности в надпоршневом пространстве.

Диагностирование ЦПГ производится по функциональным параметрам: изменение давления сжатия в цилиндрах; прорыв газов в картер; угар масла; утечки сжатого воздуха, подаваемого в цилиндр; разрежение в камере сгорания; изменение шума и вибрации; изменение параметров моторного масла.

Большое количество параметров определения технического состояния ЦПГ позволяет объединять их по трем зонам измерений: камера сгорания, блок цилиндров, картер двигателя. В зоне камеры сгорания проверяют, как правило, давление сжатия, прорыв газов в картер, утечку сжатого воздуха, разрежение в камере сгорания.

Герметичность камеры сгорания характеризует техническое состояние колец, цилиндра, прокладки головки цилиндров и сопряжения «клапан-гнездо». Параметрами ее оценки могут быть разрежение и утечка сжатого воздуха, подаваемого в цилиндр.

Герметичность надпоршневого пространства и равномерность компрессионных свойств цилиндров – важные показатели технического состояния ДВС. Именно идентичность нарастания и абсолютное значение давления рабочего тела в такте сжатия всех цилиндров предопределяет равномерность хода ДВС и степень приближения фактического рабочего процесса к оптимальному.

Техническое состояние двигателя хорошее, если при проверке герметичность цилиндра составляет 95-100%, и требуется ремонт двигателя при значениях герметичности менее 75% для дизельного и, соответственно, 80% для карбюраторного.

При предельных значениях герметичности цилиндра дополнительно проводятся измерения для установления места неисправности. Хорошие ре-

зультаты дают приборы, подающие воздух в пространство над поршнем проверяемого цилиндра.

Кривошипно-шатунный механизм служит для преобразования возвратно-поступательного движения поршней во вращательное движение коленчатого вала. Механизм газораспределения служит для управления рабочими процессами двигателя, производит впуск воздуха или топливной смеси в цилиндры, а также выпуск отработавших газов. В большинстве конструкций ГРМ клапаны приводятся в движение от распределительного вала через толкатели, штанги, регулирующие винты и коромысла.

На кривошипно-шатунный и распределительный механизмы приходится около 30% отказов двигателя, а на устранение отказов – около половины трудоемкости ремонта и обслуживания.

Методы диагностирования КШМ и ГРМ показаны схематически на рис. 1.7, 1.8.

На рис. 1.7 цифрами обозначены методы диагностирования: 1 – разрежению на впуске; 2 – компрессии; 3 – утечкам сжатого воздуха; 4 – прорыву газов в картер; 5 – анализу картерного масла; 6 – виброакустическим параметрам; К – карбюратор.

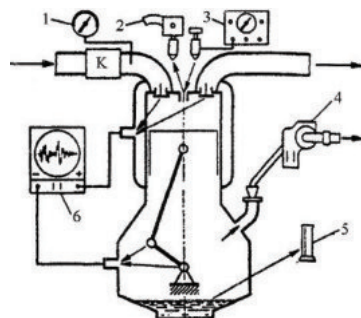


Рис. 1.7. Схематическое представление методов диагностирования двигателя

Диагностирование осуществляется путем измерения количества газов, прорывающихся в картер; зазоров в верхних и нижних головках шатунов; компрессии в цилиндрах; стуков и вибрации; перепадов да-

вления масла в диагностируемых сопряжениях; разрежения во впускном трубопроводе; угару масла; а также путем измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя при выключении из работы отдельных цилиндров; по утечке сжатого воздуха и др. [4].

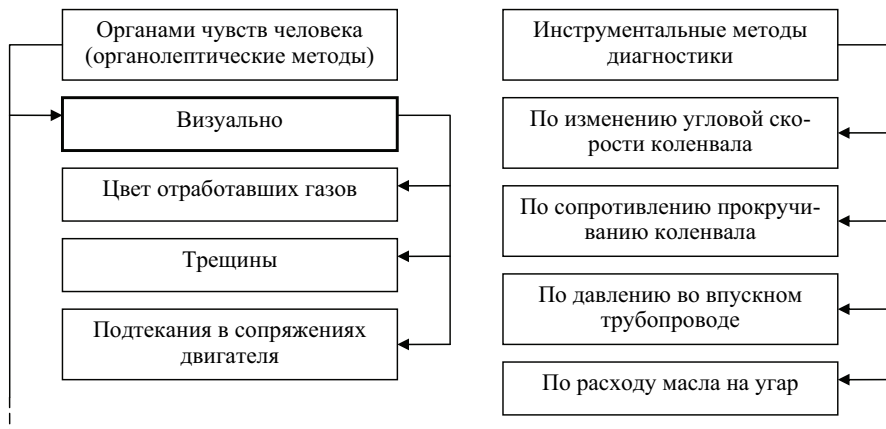
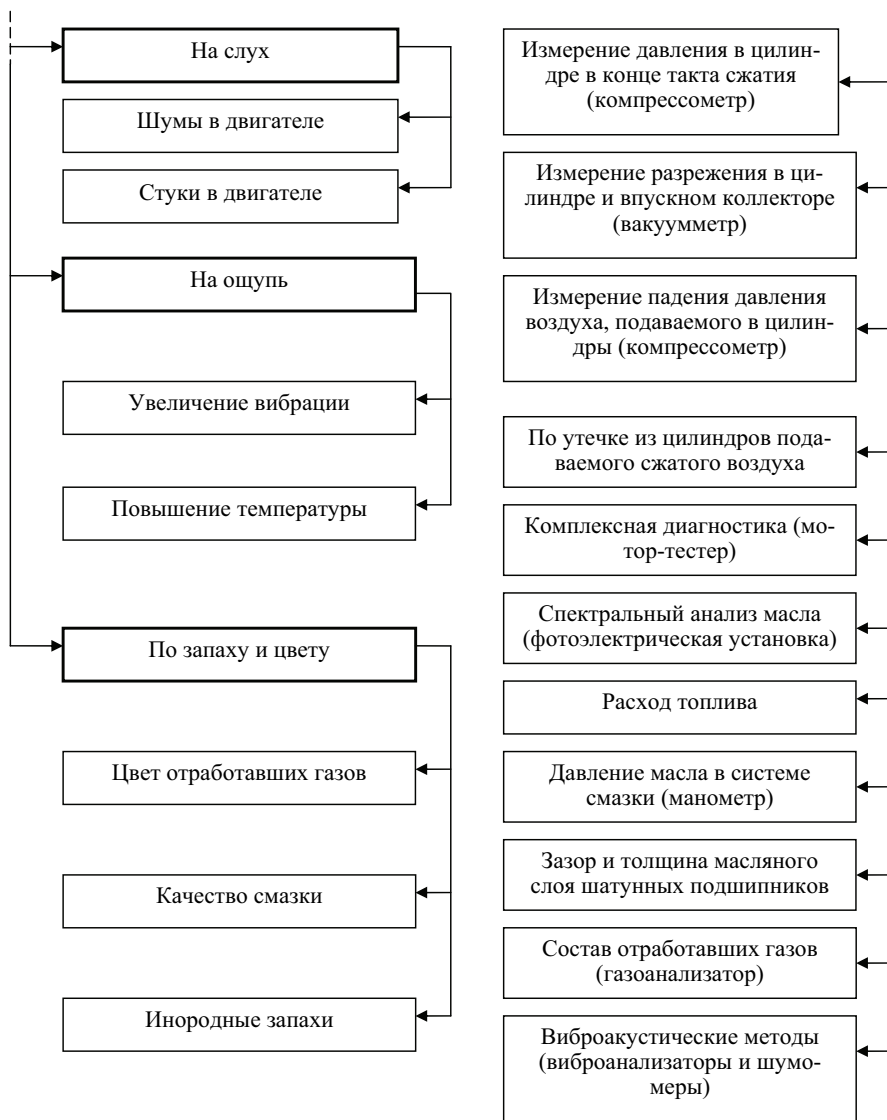


Рис. 1.8. Существующие методы диагностирования КШМ и ЦПГ



Продолжение рис. 1.8

Существующие бесстендовые средства диагностирования недостаточно универсальны, отличаются многообразием используемых диагностических параметров и не позволяют измерять многие показатели рабочих процессов, необходимых для идентификации технического состояния каждого одноименного элемента в составе ДВС. Неточность и противоречи-

вость, например, данных измерений компрессометром компрессии ЦПГ двигателя может составлять 35-50%.

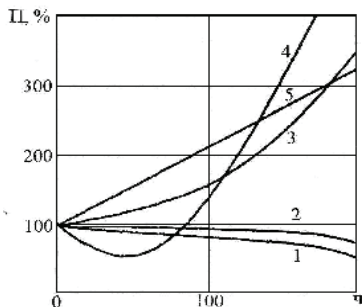


Рис. 1.9. Изменение диагностических параметров (П) в зависимости от наработки двигателя ЗИЛ-130 в часах при форсированных износных испытаниях

На рис. 1.9 цифрами обозначены: 1 – компрессия; 2 – разрежение; 3 – прорыв газов в картер; 4 – угар масла; 5 – утечка сжатого воздуха при положении поршня в верхней мертвой точке.

Экспериментальные кривые чувствительности диагностических параметров, используемых в перечисленных методах, получают при форсированных износных испытаниях двигателя (рис. 1.9 [4]). Большей чувствительностью обладают методы, связанные с измерением угара

масла, прорыва газов в картер и утечек сжатого воздуха, и меньшей – методы измерения компрессии и разрежения во впускном трубопроводе.

1.6.2. Диагностирование герметичности надпоршневого пространства цилиндров по разрежению во впускном трубопроводе и прорыву газов в картер

Разрежение во впускном трубопроводе и его постоянство зависят от скоростного напора воздуха и потерь напора, обусловленных компрессией, сопротивлением воздушного фильтра, неплотностью клапанов, неравномерностью рабочих процессов и т. д. Поэтому величины и стабильность разрежения во впускном трубопроводе двигателя могут характеризовать его техническое состояние.

Разрежение измеряют вакуумметром, присоединяемым к выпускному трубопроводу. Перед проверкой состояния механизмов двигателя устраняют неисправности систем питания и зажигания. Ориентировочные нормативы разрежения (в зависимости от типа двигателя) при исправном состоянии двигателя составляют при прокручивании коленчатого вала стартером 0,5-9,6 кПа (положение стрелки прибора должно быть стабильным).

Прорыв газов в картер зависит от износа колец, гильзы и клапанного механизма ЦПГ двигателя (рис. 1.10).

Методы нормирования прорывающихся в картер газов приведены на рис. 1.11, а разработанные нормы и их взаимосвязь с износом поршневых колец, расходом масла, снижением мощности и увеличением расхода топлива приведены на графике рис. 1.12.

Прорыв газов измеряют на стенде тяговых качеств под нагрузкой, соответствующей максимальному крутящему моменту двигателя на прямой передаче.

Расход картерных газов изменяется в пределах от 30 до 200 л/мин и зависит от типа двигателя и его наработки.

При использовании диагностических параметров объема и пульсации давления газовых потоков, проникающих в картер, необходима предварительная его герметизация, что значительно увеличивает трудоемкость диагностирования.

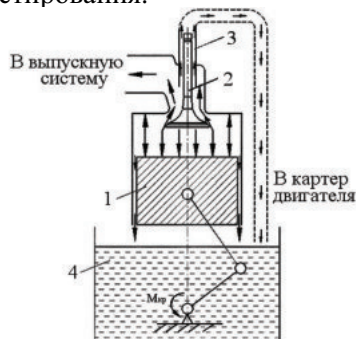


Рис. 1.10. Схема прохождения газов из надпоршневого пространства в картер двигателя

На рис. 1.10 цифрами обозначены: 1 – поршень; 2 – выпускной клапан; 3 – направляющая втулка клапана; 4 – поддон картера.

Объем прорывающихся в картер газов измеряют газовым счетчиком или же газовым расходомером КИ-4887-1, КИ-4887-И, КИ-13671, ППГ-1 и др.

Газовый счетчик присоединяют к маслосливной горловине, а картер герметизируют (закрывают вентиляционную трубку и отверстие для маслоизмерительного щупа).

Для идентификации технического



Рис. 1.11. Методы нормирования диагностических параметров состояния двигателя по прорыву газов в картер

состояния цилиндров расходомером КИ-4887-1 необходимо поочередно отключать каждый из них. При этом чем сильнее уменьшается объем картерных газов при отключении одного из цилиндров, тем больше его износ. Из-за существенной деформации рабочего процесса двигателя при отключении одного из цилиндров, а также наличия утечек из него на такте сжатия, результаты диагностирования данным методом имеют малую достоверность.

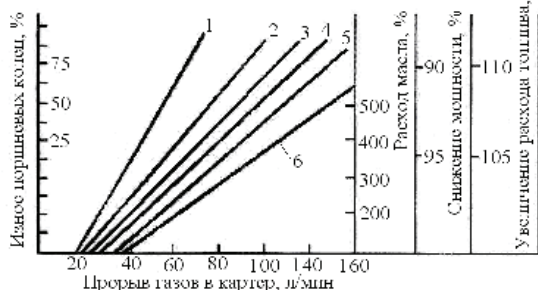


Рис. 1.12. Нормы на прорыв газов в картер для различных двигателей автомобилей:

1 — УАЗ-469; 2 — ГАЗ-3302; 3 — ЗИЛ-5301; 4 — ГАЗ-3307; 5 — ЗИЛ-130; 6 — ЯМЗ-238

КИ-4887-1 состоит из камеры с входным и выходным дросселями, шлангов, соединяющих прибор соответственно с заливной горловиной картера и отсасывающим устройством (инжектором или вакуум-насосом). Объем газов измеряют одновременно с определением на стенде колесной мощности автомобиля, т. е. при работающем двигателе после предварительной герметизации его картера.

Основным условием при проведении измерений является поддержание давления в картере близким к атмосферному, что позволяет снизить до минимума неучтенные утечки газов через различные неплотности и исключить выход из строя сальников коленчатого вала. Этим требованиям соответствует расходомер КИ-4887-1, схема которого приведена на рис. 1.13.

Газовый расходомер

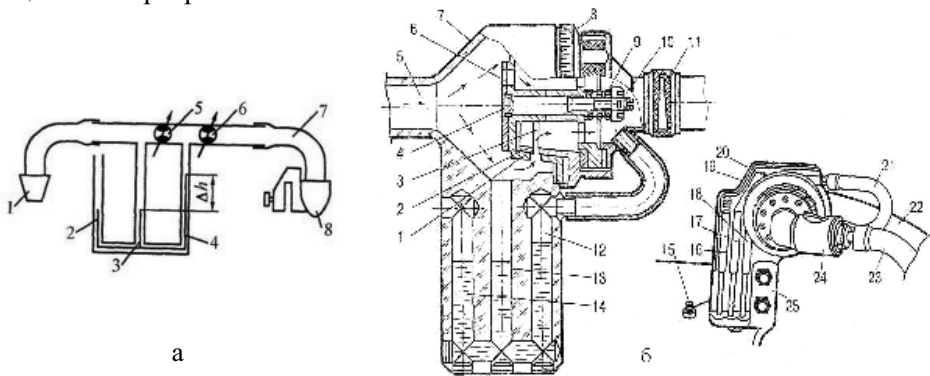


Рис. 1.13. Прибор КИ-4887-1 для измерения расхода картерных газов:

а: 1 — входной патрубок; 2-4 — жидкостный манометр; 5, 6 — входной и выходной дроссели; 7 — выходной патрубок; 8 — эжектор;

б: 1, 2 — втулки, соответственно неподвижная и подвижная; 3, 6 — отверстия, соответственно дросселирующее и калиброванное; 4 — заслонка; 5, 22 — трубопроводы, соответственно впускной и выпускной; 7 — корпус; 8 — шкала подвижной втулки; 9 — пружина; 10 — выпускной патрубок; 11 — дроссель; 12, 13, 14 — жидкостные манометры; 15 — пробка; 16, 17, 18 — корпус; 19 — корпус; 20 — лимб дросселя; 21, 23 — шланги, соответственно выравнивания давления и отсасывающий; 24, 25 — кронштейны

Принцип работы расходомера основан на зависимости количества газов, проходящих через прибор, от величины проходного сечения при заданном перепаде давления. Пользуясь этим принципом, прорыв газов в картер можно косвенно измерить по величине открытия входного дросселя (по углу его поворота), при котором разрежение за дросселем повышается на заданную величину $\Delta h = 15$ мм при установившемся (в результате отсоса) давлении в картере, равном атмосферному. Для этого, открывая больше или меньше входной и выходной дроссели, создают в картере атмосферное давление. При этом жидкость в трубках манометра устанавливается на одном уровне, так как левая трубка сообщается с атмосферой, а средняя – с картером. Затем за входным дросселем создают разрежение, соответствующее повышенному на Δh уровню жидкости в трубке. Высота Δh задается в технических условиях.

Чем больше прорыв газов в картер, тем меньше разрежение в приборе за входным дросселем и тем на больший угол нужно повернуть заслонку дросселя, чтобы повысить разрежение и установить уровень Δh в трубке. Угол поворота выходного дросселя фиксирует по шкале величину прорыва газов в картер.

Для диагностирования ЦПГ по параметру давления газов в маслозаливной горловине устанавливают датчик пульсаций давления.

Осциллограммы пульсаций, возникающих от давления газов, прорывающихся в картер четырехцилиндрового двигателя при нормальном техническом состоянии гильзопоршневой группы и при неплотностях, имеющихся, например, в третьем цилиндре, приведены на рис. 1.14.

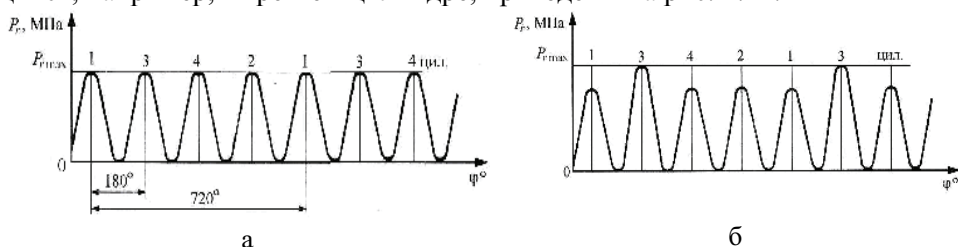


Рис. 1.14. Осциллограммы пульсаций давления газов, прорывающихся в картер двигателя:

а – при исправном техническом состоянии ЦПГ; б – при нарушении герметичности в сопряжениях ЦПГ третьего цилиндра

Характер пульсаций давления газов в картере (в зависимости от угла поворота φ коленчатого вала) имеет синусоидальную форму. Амплитуда давления P_r с увеличением неплотности в цилиндре возрастает.

1.6.3. Диагностирование КШМ

В кривошипно-шатунный механизм (КШМ) входят блок цилиндров с картером и головкой цилиндров, шатунно-поршневая группа и коленчатый вал с маховиком.

Основным структурным параметром, характеризующим работоспособность КШМ является радиальный зазор подшипниковых узлов. Для оценки технического состояния используют функциональные параметры: давление масла в главной масляной магистрали; расход масла в единицу времени; шум и стуки, возникающие в сопряжениях.

Давление масла определяется при нормальном тепловом режиме с номинальной частотой вращения коленчатого вала, затем на холостом ходу. При номинальной частоте вращения давление масла для разных двигателей колеблется в пределах 0,2-0,7 МПа, а при минимальной равно 0,1 МПа.

Одним из наиболее эффективных способов определения технического состояния КШМ является прослушивание неработающего двигателя, камеры сгорания которого подключены к компрессорно-вакуумной установке, создающей в надпоршневом пространстве разрежение и повышенное давление. Для окончательного решения о состоянии проверяемых сопряжений измеряют суммарный зазор, который для разных двигателей равен 0,3-0,5 мм.

При работающем двигателе глухой, низкого тона стук в нижней части картера указывает на износ коренных подшипников. Ритмичный, металлический, звонкий стук среднего тона в средней части блока цилиндров, как правило, вызван износом шатунных подшипников. При значительном износе поршневых пальцев в верхней части блока прослушивается ритмичный, высокого тона с металлическим оттенком стук. Регулярный металлический стук в зоне крышки головки блока указывает на увеличенные зазоры в клапанном механизме.

Параметрами контроля ГРМ являются: тепловой зазор между стержнем клапана и коромыслом, герметичность сопряжения «клапан-гнездо», высота кулачка распределительного вала, упругость клапанных пружин, характерные стуки в зоне подшипников распределительного вала.

Тепловой зазор в зависимости от конструкции двигателя находится в пределах 0,25-0,45 мм. Величина зазора определяется с помощью устройства, которое исключает необходимость установки поршня проверяемого цилиндра в определенное положение.

Герметичность клапанов проверяют по утечке воздуха через сопряжение «клапан-гнездо» с помощью прибора. Предельные значения утечки воздуха для разных двигателей – 50-60 л/мин.

Износ кулачков распределительного вала определяют по максимальному перемещению клапана, которое не должно быть менее 9-12 мм.

Проверка упругости пружины клапана производится прибором. При усилиях на сжатие менее 170-200 Н пружины необходимо заменять.

Средства диагностирования ЦПГ, КШМ, ГРМ названных процессов базируются на измерении диагностических параметров, сопутствующих работе двигателя и тесно связанных со структурными параметрами его основных элементов. Зная измеренные и нормативные значения диагностических параметров, можно без разборки определить техническое состояние двигателя.

1.6.4. Диагностирование ЦПГ двигателя измерением компрессии

Исправное функционирование ЦПГ сводится к обеспечению герметичности тактов двигателя. При этом чрезмерное давление из надпоршневого пространства не должно проникать в картер двигателя, а из картера в камеру сгорания не должно попадать масло. За правильное функционирование отвечают все элементы, входящие в эту группу: поршни, поршневые кольца, цилиндры. Поэтому при оценке технического состояния ЦПГ двигателя следует проверять прямые структурные параметры: зазор между поршнем и кольцом по высоте канавки, зазор в стыках поршневых колец, зазор между цилиндром и поршнем в верхнем поясе (рис. 1.15) или соответствующие им функциональные зависимости.

Поскольку функцию герметичности камеры сгорания обеспечивает не только ЦПГ, но и клапанная группа, необходимо учитывать в процессе диагностирования двигателя и такой структурный параметр, как зазор между клапаном и седлом, то есть герметичность клапана (рис. 1.16).

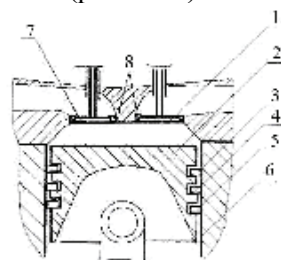
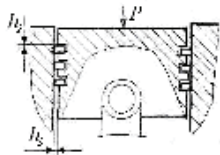
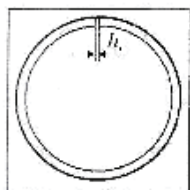


Рис. 1.15. Структурные параметры ЦПГ, которые проверяют:

h_1 – зазор в стыках поршневых колец; h_2 – зазор между цилиндром и поршнем; h_3 – зазор между поршнем и кольцом по высоте канавки; P – давление

Рис. 1.16. Элементы, обеспечивающие герметичность камеры сгорания двигателя:

1 – впускной клапан; 2 – поршень; 3 – верхнее компрессионное кольцо; 4 – среднее компрессионное кольцо; 5 – маслосъемное кольцо; 6 – цилиндр; 7 – выпускной клапан; 8 – седла клапанов

Для измерения компрессии используют компрессометры-манометры с фиксируемой стрелкой, со шкалой для карбюраторных двигателей до 1,5 МПа и дизельных – до 10 МПа, а также компрессометры с самописцем – компрессографы.

Давление в каждом цилиндре двигателя измеряют манометром, компрессометром или компрессографом, вращая коленчатый вал с установленной частотой. Чтобы получить достоверные результаты, необходимо компрессию определять на прогретом двигателе, с исправной и заряженной батареей.

Для повышения достоверности оценки состояния цилиндров по компрессии необходимо поддерживать постоянными частоту вращения коленчатого вала двигателя и температуру стенок цилиндров, что из-за возможной неисправности системы пуска, сложности контроля частоты вращения при прокрутке стартером, возможного разброса температур по цилиндрам часто невыполнимо.

У двухтактных двигателей компрессию проверяют при работе на холостом ходу. В зависимости от степени сжатия компрессия современных бензиновых двигателей составляет 1,0-1,5 МПа, а для дизельных – 3,0-3,5 МПа. Резкое снижение компрессии (на 30-40%) указывает на поломку колец или же на залегание их в поршневых канавках. Компрессию измеряют при вводе наконечников приборов (компрессометра, компрессографа) в отверстие для свечи зажигания или форсунки и полностью открытой воздушной и дроссельной заслонкой.

Параметрами, влияющими на величину компрессии, являются: температура двигателя, угол открытия дроссельной заслонки и частота вращения коленчатого вала. Чем выше эти параметры, тем больше величина компрессии двигателя, и наоборот. Поэтому контроль компрессии в цилиндрах производят после проверки и регулировки зазоров клапанов на двигателе, прогревом до температуры 80-90 °С.

Проверка компрессии и тест падения давления требуют большого подготовительного времени, так как требуется получить доступ к камере сгорания через отверстия, предназначенные для форсунок или свечей зажигания. Измерение устройством для проверки компрессии производится при пусковой частоте вращения коленчатого вала без воспламенения в цилиндрах. То есть в тестовом режиме при прокручивании коленчатого вала двигателя на 10-15 оборотов при частоте вращения 450-500 мин⁻¹. Величина компрессии зависит в основном от конструктивных особенностей двигателя и приводится в инструкциях по техническому обслуживанию и ремонту автомобиля (табл. 1.5). Проверку компрессии осуществляют 2-3 раза для каждого цилиндра.

Таблица 1.5

Величина компрессии бензиновых двигателей

Модель автомобиля	Величина компрессии, МПа		
	допустимая	минимальная	разница между цилиндрами
Audi	1,0-1,3	0,75	0,2-0,3
Volkswagen	1,0-1,3	не учитывается	0,2-0,3
Opel	1,2-1,5	0,70	0,10-0,15
Daewoo	1,2-1,5	не учитывается	0,3
Ford	1,2	не учитывается	0,12
BMW	1,0-1,3	не учитывается	0,20-0,26
Škoda	1,1-1,5	не учитывается	0,15
Mercedes-Benz	1,1-1,2	не учитывается	0,15
Honda	1,29	0,95	0,20
Renault	1,0-1,3	не учитывается	0,20-0,26

Основным конструктивным параметром, определяющим величину компрессии, является степень сжатия (отношение полного объема цилиндра к объему камеры сгорания). В современных бензиновых двигателях степень сжатия находится в пределах 10-11,5, у дизельных – 19-24.

Если компрессия ниже нормы, рекомендуется залить в цилиндр 0,029-0,025 л моторного масла и еще раз измерить компрессию. Если величина ее

возрастает, то это указывает на неисправность поршневых колец, а если она существенно не изменяется, то причиной может быть неплотное прилегание клапанов или повреждение прокладки головки блока цилиндров.

Измеренные значения компрессии в цилиндрах двигателя сравниваются между собой. Расхождение в измерениях не должно превышать 10-20% (0,1-2 МПа).

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 влияют.

Преимущество измерения падения давления состоит в его простоте и низкой стоимости компрессометра.

Негерметичность может быть точно установлена опросом соответствующих «выходов» (табл. 1.6).

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

Таблица 1.6

Обработка результатов измерения падения давления

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

При принятии «дорогостоящих» решений, например, при постановке вопроса о капитальном ремонте или замене двигателя, необходимо опираться на несколько различных методов и устройств, измерения компрессии, падения давления, измерения силы тока стартера и АКБ.

Основным недостатком данного способа является слабая информативность и чувствительность к износу ЦПГ. Даже при незначительном износе ЦПГ компрессия падает всего на 10-15%, а в случае попадания масла в цилиндр из-за изношенных сопряжений компрессия может наоборот увеличиться.

Частичная разборка, выворачивание свечей зажигания и форсунок, неоднократное прокручивание коленчатого вала стартером может вносить загрязнения. На результаты измерений оказывают значительное влияние техническое состояние АКБ и нестабильность теплового режима, которые изменяются в процессе диагностирования при последовательных проверках компрессии в цилиндрах.

1.6.5. Диагностирование герметичности полостей ЦПГ, ГРМ и клапанов головки блока по утечкам подаваемого сжатого воздуха

Наличие в цилиндре неисправностей вызывает утечку воздуха и уменьшение в камере давления, регистрируемого прибором. Принцип диагностирования по герметичности цилиндра можно пояснить на приборе К-69М (рис. 1.17). Этот прибор определяет относительную утечку воздуха в процентах к максимальному значению. Он работает от сети сжатого воздуха при давлении 1,3-1,6 МПа.

Измерение относительной утечки воздуха и определение места утечки производят путем подачи воздуха в цилиндр через отверстие для форсунки или свечи в головке блока.

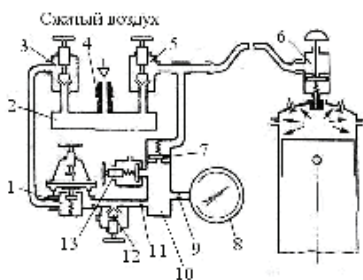


Рис. 1.17. Прибор К-69М для определения технического состояния двигателя по утечке сжатого воздуха

На рис. 1.17 цифрами обозначены: 1 – редуктор давления; 2 – коллектор; 3 – вентиль для измерения утечки воздуха; 4 – штуцер; 5 – вентиль для прослушивания; 6 – испытательный наконечник; 7 – обратный клапан; 8 – манометр; 9, 11 – калибровочные отверстия; 10 – воздушная камера; 12 – регулировочная игла; 13 – предохранительный клапан.

Утечки сжатого воздуха из цилиндра в положении, когда его клапаны закрыты, характеризуют износ колец, потерю ими упругости, их закоксовывание

или поломку, износ цилиндра или стенок поршневых канавок, потерю герметичности клапанов и прокладки головки блока цилиндров.

При помощи прибора К-69М проверяют износ деталей ЦПГ, клапанов головки блока, коллектора, бачка радиатора. Пользуясь этим прибором, поочередно впускают сжатый воздух в цилиндры через отверстия для свечей зажигания при закрытых клапанах и измеряют утечки воздуха по показаниям манометра прибора.

Для удобства пользования прибором по манометру определяют не давление, а относительную утечку воздуха в процентах по отношению к ее максимальному значению. При полной герметичности цилиндра стрелка манометра будет показывать максимальное давление, которое по шкале манометра принимается за нуль. При полной утечке воздуха из цилиндра давление по шкале манометра принимается за 100%. Таким образом, отклонение стрелки манометра от нулевого значения будет указывать на утечку воздуха через неплотности, выраженную в процентах, на зоны: хорошее состояние двигателя, удовлетворительное и требующее ремонта.

Утечка воздуха, соответствующая 15% и более, указывает на сильный износ цилиндров.

Для определения мест негерметичности стыки диагностируемых поверхностей смачивают мыльным раствором.

Утечка воздуха через карбюратор свидетельствует о неплотности впускного клапана. Если воздух выходит через глушитель то негерметичен выпускной клапан, а если через радиатор или полость радиатора (в нем появляются пузырьки воздуха) или соседний цилиндр (характерное шипение), то повреждены прокладки головки блока цилиндров или имеет место деформация постели либо блока цилиндров.

Утечки воздуха можно обнаружить прослушиванием при помощи фонендоскопа или визуально по колебаниям пушинок в индикаторе, устанавливаемом в свечные (или форсуночные) отверстия соседних с проверяемым цилиндрах.

Недостатками метода является частичная разборка (выворачивание свечей или форсунок), крепление наконечников соединительных шлангов прибора к гнездам подпоршневых пространств цилиндров, наличие магистрали сжатого воздуха, требование к чистоте сжатого воздуха и неоднократное прокручивание коленчатого вала стартером.

1.6.6. Контроль компрессии и утечек из камеры сгорания измерением силы тока стартера и напряжения на АКБ

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 поршень 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 по всем цилиндрам и величина силы тока достаточно высокая (рис. 1.18).

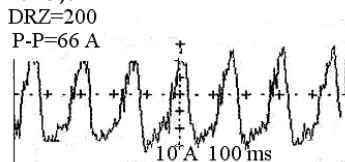


Рис. 1.18. Кривая силы тока стартера при исправном двигателе

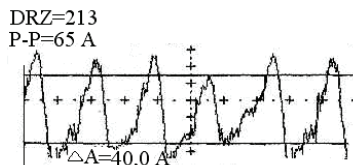


Рис. 1.19. Кривая силы тока стартера при неисправном двигателе

При неисправностях четвертого цилиндра двигателя наблюдается более низкий подъем силы тока (табл. 1.7, рис. 1.19).

Из табл. 1.7 видна утечка из камеры сгорания четвертого цилиндра [9]. Снижение нарастания силы тока стартера (рис. 1.19) приблизительно на 30% подтверждает неисправность четвертого цилиндра, определенной по данным проверки компрессии.

**Сравнение методов проверки компрессии и утечек
из камеры сгорания на примере неисправного четырехцилиндрового
дизельного двигателя с 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

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⁻¹ при нарастании силы тока более 30 А. Превышение частоты вращения коленчатого вала границы в 300 мин⁻¹ и нарастание силы тока менее 30 А указывают на изношенность двигателя. В этом случае следует провести измерение компрессии по цилиндрам.

Кривая силы тока с низкой компрессией во всех цилиндрах будет с низким нарастанием силы тока стартера и высокой частотой вращения коленчатого вала. Имитацию неисправности осуществляют отключением канала осциллографа. Признаками устранения неисправности является нарастание силы тока стартера, падение частоты вращения коленчатого вала.

Опознавание цилиндра для большинства мотор-тестеров невозможно, т. к. (особенно это характерно для дизельных двигателей с механическими регуляторами) у неработающего двигателя отсутствует сигнал, определяющий цилиндр. При использовании осциллографа для регистрации кривой силы тока стартера при помощи двухканального осциллографа необходимо на второй канал осциллографа ввести 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). Таким образом, опознавание 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 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. В этом случае измерение компрессии в цилиндрах только тогда будет правильным, когда стартер исправен.

По параметрам изменения напряжения (тока) на клеммах АКБ. Сущность метода заключается в измерении импульсов падения напряжения U в аккумуляторной батарее, создаваемых при прокрутке коленчатого вала стартером (при подавленном зажигании или отсутствии подачи топлива в цилиндре). Относительные неравномерности компрессионных свойств цилиндров оцениваются по амплитуде напряжения и его изменениям.

На рис. 1.20 показаны измерения падения напряжения на клеммах аккумулятора с помощью прибора «Испытатель сжатия 855 AVL». Нормаль-

ное состояние компрессии по цилиндрам вызывает равномерное падение напряжения на клеммах (рис. 1.20, а). Чем больше значение компрессии в цилиндре, тем выше значение потребляемого тока и меньше напряжение АКБ при подходе поршня к ВМТ на тактах сжатия конкретных цилиндров.

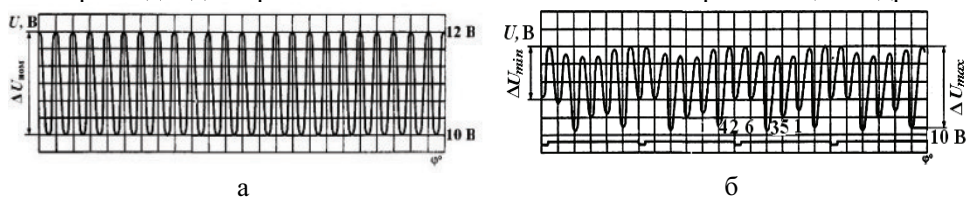


Рис. 1.20. Осциллограммы пульсаций напряжения на аккумуляторной батарее при прокрутке коленчатого вала стартером:

а – при нормальной компрессии в цилиндрах; б – при уменьшенной компрессии в первом, втором, пятом и шестом цилиндрах; $\Delta U_{\text{ном}}$ – падение напряжения, соответствующее нормальной компрессии в цилиндрах двигателя; ΔU_{min} – падение напряжения, соответствующее минимальной компрессии в цилиндре двигателя; ΔU_{max} – падение напряжения, соответствующее максимальной компрессии в цилиндре двигателя; U – напряжение аккумуляторной батареи

Вращение коленчатого вала стартером вызывает падение напряжения на такте сжатия в каждом цилиндре. В исправном двигателе амплитуда импульсов падения напряжения одинакова и, как правило, составляет 2-2,5 В. В двигателе, у которого имеется нарушение компрессии, вызванное, например, износом клапанов или компрессионных колец, амплитуда импульсов падения напряжения на аккумуляторе при прокрутке коленчатого вала уменьшается.

Из представленных на рис. 1.20 осциллограмм пульсации при прокрутке коленчатого вала двигателя (в зависимости от угла поворота коленчатого вала) видна нормальная и уменьшенная компрессии, например, в первом, втором, пятом и шестом цилиндрах шестицилиндрового двигателя.

Этот метод реализован в приборах ИНС-1, М 1-2, а также в их зарубежных аналогах 885 AVL (Австрия), SUN (США) и патентных разработках 4309900 (США) и 2731249 (Германия), реализующих метод в автоматическом режиме. Осциллограммы, представленные на рис. 1.21, записаны с использованием приборов фирмы BOSCH серия FSA-720/740/750.

Алгоритм определения технического состояния ЦПГ двигателя предусматривает индикацию показателей относительной их герметичности, когда за 100% герметичности принимается максимальная амплитуда колебаний тока i -го цилиндра, а герметичность других цилиндров выдается в сравнении с ним.

Погрешность способа в значительной мере зависит от технического состояния АКБ, стартера и токоподводящих цепей системы пуска. Непрерывный нагрев проводников и обмоток возбуждения стартера при прохождении через них большого тока (200-600А) постоянно изменяет общее сопротивление цепи. По этой причине каждое значение пикового тока (напряжения), измеренное на последующих угловых интервалах поворота коленчатого вала при относительно равной компрессии в цилиндрах, может

колебаться в достаточно широких пределах. Часто оценка компрессионных свойств цилиндров этим методом оказывается весьма приблизительной.

В целом методы и средства диагностирования одноименных элементов автомобиля по параметрам электрических величин имеют высокую информативность, относительно низкую стоимость, но ограниченную область применения.

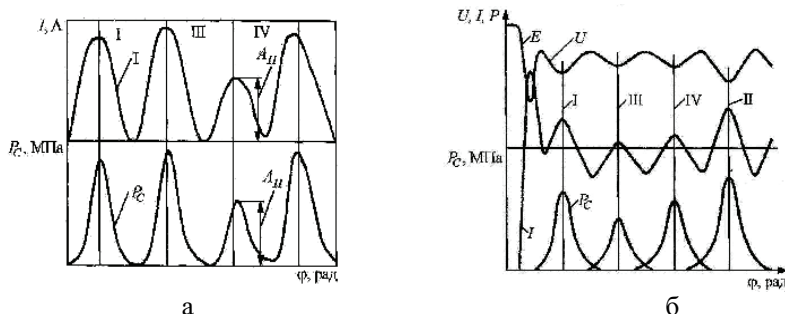


Рис. 1.21. Изменение параметров I, U в цепи стартера и давления P_c в цилиндрах:

I-IV – номера цилиндров; A_H – амплитуда колебаний, соответствующая неисправному цилиндру; E – электродвижущая сила АКБ

1.6.7. Диагностирование ЦПГ, ГРМ и форсунок по параметрам пульсации давления картерных газов и топлива в гидравлическом аккумуляторе

Изношенность каждого цилиндра можно оценить параметрами пульсаций давления картерных газов. Датчик давления, устанавливаемый на маслозаливную горловину, регистрирует пульсации давления картерных газов, имеющих синусоидальную форму (рис. 1.22, а [5, 6]). При этом каждый импульс соответствует рабочему ходу каждого цилиндра. При увеличенных утечках в одном из цилиндров амплитуда и площадь импульса, соответствующего этому цилиндру, будут больше остальных.

По пульсациям топливовоздушной смеси, создаваемым во впускном коллекторе двигателя, оценивают герметичность конкретных элементов ЦПГ и ГРМ, а также определяют фазы газораспределения.

По осциллограммам скорости нарастания давления топлива в аккумуляторе, давления, создаваемого работой ТНВД, можно оценивать техническое состояние элементов и неисправности системы подачи топлива (плунжерные пары, форсунки), см. рис. 1.22, б, в. По амплитуде «провалов» давления при срабатывании форсунок на разных режимах работы (холостой ход, пуск, ускорение, максимальное давление) можно оценивать техническое состояние форсунок.

Таким образом, метод диагностирования по объемам и пульсациям давления газовых и топливовоздушных потоков по трудоемкости, точности и числу диагностируемых одноименных элементов сравним с ранее рас-

смотренными методами оценки ЦПГ и ГРМ по компрессии и утечкам сжатого воздуха, приборная реализация которых значительно дешевле.

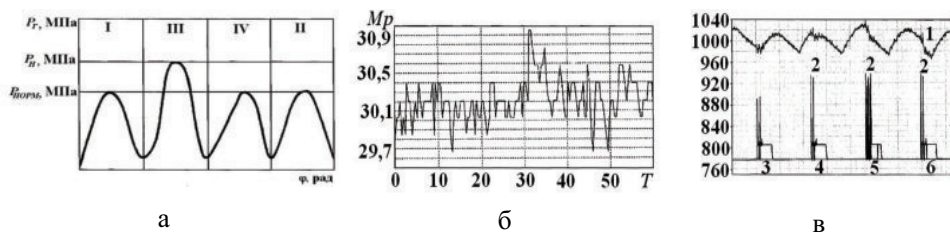


Рис. 1.22. Осциллограммы колебаний давлений:

а – осциллограмма пульсаций давлений газов, прорывающихся в картер двигателя по углу поворота φ ; I-IV – номера цилиндров; P_{norm} , P_n – амплитуда давления, соответственно исправного и неисправного цилиндра; б – осциллограмма колебания давления топлива, определяемые KTS520 через OBD-II; в – осциллограмма колебаний давления топлива, определяемые осциллографом L-Card783 с датчика топлива Renault Master Dci; 1 – давление в аккумуляторе; 2 – управляемые импульсы на форсунке (напряжение открытия 60-100 мВ, удержания 12-15 В) предварительного и основного впрыска, 3, 4, 5, 6 – первая, третья, четвертая и вторая форсунки соответственно

Контролировать форсунки можно следующими методами:

- проливом;
- отключением цилиндров;
- присоединением датчика пульсации к регулятору давления топлива;
- проверкой форсунок на специальном стенде.

Последний метод имеет наибольшую достоверность по сравнению с остальными.

1.6.8. Проверка компрессии в цилиндрах по параметрам частоты вращения коленчатого вала

Проверку компрессии в цилиндрах можно производить тестером по анализу изменения не силы тока стартера, а частоты вращения коленчатого вала его проворачивании (рис. 1.23 [7]). Здесь самое большое изменение частоты вращения коленчатого вала наблюдается на такте сжатия шестого цилиндра, самое маленькое – на такте сжатия третьего цилиндра.

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 неисправности цилиндров. Это самый быстрый метод проверки компрессии в цилиндрах.

Описанные методы проверки компрессии в цилиндрах по электрическим сигналам все больше вытесняют классические испытания с использованием манометра, т. к. первые дают правильные результаты уже через несколько минут. Однако в случае определения неисправности этими метода-

ми следует провести, например, классический тест падения давления для большей гарантии и правильности результатов.

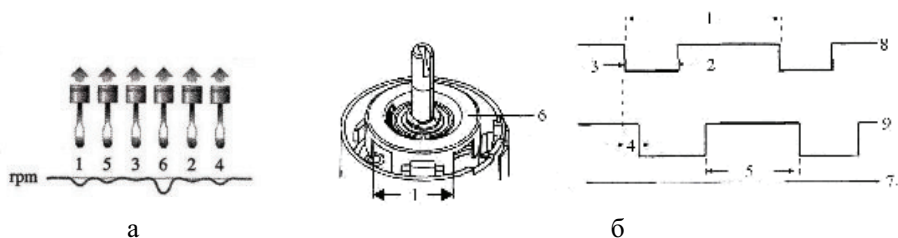


Рис. 1.23. Иллюстрации кривой изменения частоты вращения коленчатого вала (а) и определение частоты вращения (б):

а: 1, 2, 3, 4, 5, 6 – цилиндры двигателя; б: 1 – период; 2 – опорный уровень отсчета задержки; 3 – начало отсчета; 4 – время задержки; 5 – время замкнутого состояния; 6 – ротор с экранами; 7 – ось времени; 8 – сигнал датчика Холла; 9 – управляющий сигнал оконечного каскада

Оценка равномерности рабочих процессов в цилиндрах считается наиболее информативной при диагностировании ДВС и является необходимой при приемочных испытаниях серийных и эксплуатируемых двигателей. По ее параметрам подбираются (настраиваются) ДВС, предназначенные для работы в паре с генераторами тока и трансмиссией.

Определить степень идентичности рабочих процессов цилиндров ДВС на любых режимах, в том числе на неустановившихся, можно анализом измерения угловой скорости коленчатого вала в пределах углов его поворота, соответствующих рабочим тактам конкретных цилиндров.

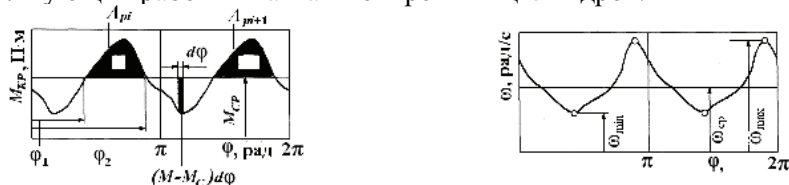


Рис. 1.24. Изменение крутящего момента $M_{кр}$ и угловой скорости коленчатого вала ω по углу поворота φ при равномерной работе цилиндров

В процессе работы двигателя на установившемся режиме крутящий момент M и, следовательно, развиваемая им мощность не остаются постоянными величинами, а представляет собой периодическую функцию угла поворота коленчатого вала, что обусловливается особенностями протекания рабочего процесса в отдельных цилиндрах двигателя и кинематическими свойствами его кривошипно-шатунного механизма. При этом коленчатый вал получает периодические импульсы крутящего момента в зависимости от угла поворота коленчатого вала (φ , то есть отклонение его мгновенного значения от средней величины момента сопротивления M_c , что вызывает периодическое изменение угловой скорости коленчатого вала ω (рис. 1.24), которое представлено в следующем виде [6]:

$$M = M_c = J\omega \cdot \frac{d\omega}{d\phi} + \frac{dJ}{d\phi} \cdot \frac{\omega^2}{2}, \quad (1.1)$$

где ω – средняя угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя при работе на установившемся режиме; J – момент инерции вращающихся и возвратно-поступательно движущихся деталей двигателя и соединенных с ним дополнительных элементов трансмиссии, приведенный к оси коленчатого вала.

1.6.9. Регулирование работы КШМ, ГРМ и системы питания двигателей

Устранение «залегания» поршневых колец. Двигатель необходимо прогреть, затем залить в каждое отверстие для свечей зажигания (форсунок) 20-25 г смеси, состоящей из равных частей керосина и денатурированного спирта. Через 8-10 ч в каждый цилиндр заливают 5-10 г моторного масла, запускают двигатель и дают ему проработать 20-25 мин. Нагар выгорает и выбрасывается с газами. Если данный способ не дает результата, то необходимо разобрать двигатель и удалить нагар.

Регулировочные работы по кривошипно-шатунному и газораспределительному механизмам двигателя включают:

- регулировку тепловых зазоров между торцами стержней клапанов и толкателями или носками коромысел (при верхнем расположении клапанов);

- подтяжку креплений опоры двигателя к раме, головки цилиндров, поддона картера к блоку цилиндров и других соединений.

Регулировка зазоров клапанов устраняет преждевременный износ деталей газораспределительного механизма, позволяет восстановить фазы газораспределения, повысить наполнение цилиндров, их компрессию и в итоге мощность двигателя. Зазоры регулируют при полностью закрытых клапанах, пользуясь плоским щупом. Начинают с первого цилиндра в последовательности, соответствующей порядку работы цилиндров двигателя. Зазор изменяют до нужной величины, вращая регулировочный болт толкателя или винт коромысла (в двигателях ранних выпусков).

Регулировку тепловых зазоров надо производить только на холодном двигателе при температуре охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя 15-25 °С. Зазор между торцами регулировочных винтов коромысел и наконечниками стержней клапанов необходимо устанавливать для впускных и выпускных клапанов в соответствии и инструкцией по эксплуатации.

Осовой зазор между упорными кольцами и торцами щек коленчатого вала должен быть в пределах 0,1-0,29 мм.

Гайки головки цилиндров подтягивают для предотвращения пропуска газов и охлаждающей жидкости через прокладку головки цилиндров. При этом используют динамометрическую рукоятку. Момент и последовательность затяжки гаек устанавливаются заводскими инструкциями. Учитывая,

что на предварительный натяг влияют коэффициенты теплового расширения металлов головки цилиндров и шпилек, гайки крепления чугунной головки подтягивают на прогретом двигателе, а алюминиевой – на холодном.

Контрольные вопросы

1. Привести основные методы диагностирования ЦПГ, КШМ и ГРМ.
2. Какая достоверность диагностирования ЦПГ измерением компрессии?
3. От каких параметров зависит количество прорывающихся в картер газов?
4. Какие существуют методы и способы нормирования количества газов, прорывающихся в картер?
5. Рассказать о методах контроля пульсации давления газов, прорывающихся в картер двигателя.
6. По каким параметрам диагностируют КШМ?
7. По каким параметрам контролируют состояние ГРМ?
8. Как измеряют компрессию в цилиндрах двигателя и как определяют вид неисправности элементов ЦПГ?
9. Какие неисправности ЦПГ и ГРМ определяют по утечкам подаваемого сжатого воздуха при использовании прибора К-69М?
10. По каким параметрам определяют компрессию и утечки из камеры сгорания при запуске двигателя стартером?
11. Какими методами можно контролировать состояние форсунок?
12. Как можно контролировать компрессию в цилиндре по параметрам частоты вращения коленчатого вала?
13. Зачем необходимо регулировать тепловые зазоры в ГРМ?

1.7. Диагностирование рабочих процессов двигателя по колебаниям угловой скорости коленчатого вала

1.7.1. Диагностирование переходных процессов в цепи системы зажигания

По статистике на систему зажигания приходится 40% всех отказов по двигателю и его системам. Неисправности системы зажигания в 80% случаев являются причиной повышенного расхода топлива (6-8%), снижения мощности двигателя. Методы диагностирования системы зажигания и их недостатки представлены на рис. 1.25.

Метод диагностирования по параметрам периодически повторяющихся колебаний основан на анализе рабочих процессов, протекающих в одноименных элементах ДВС, кинематически связанных с положением коленчатого вала. Такими параметрами являются колебания:

- электрических величин в цепях системы зажигания и электрооборудования;
- угловой скорости вращающихся деталей;
- уровня шума и вибрации;
- давления в системах воздухо- и топливopодачи, газообмена;
- температуры отработавших газов, создаваемый в пределах угловых или временных интервалов, соответствующих определенным рабочим тактам и порядку работы цилиндров.



Рис. 1.25. Методы диагностирования системы зажигания

Отклонения амплитудно-фазовых параметров указанных величин по углу поворота коленчатого вала, в пределах полного кинематического цикла (для четырехтактного ДВС – двух оборотов коленчатого вала) от нормативно-допустимых, свидетельствуют об аномалиях рабочих процессов в конкретных одноименных звеньях.

Метод диагностирования одноименных элементов системы зажигания по характерным осциллограммам изменения напряжения в первичной и вторичной цепях за время между последовательными искровыми разрядами в цилиндрах является одним из самых совершенных. Устройствами типа К-484, реализующего данный метод, оборудованы мотор-тестеры К-461, К-488, КИ-5524 (Россия), Paltest JT-302 (Чехия), Elkon S-300 (Венгрия), SUN (США). По результатам сравнения осциллограмм переходных процессов в цепи зажигания при последовательной работе цилиндров определяют асинхронизм искрообразования и угла замкнутого состояния контактов прерывателя, разность пробивных напряжений на свечах зажигания и углов опережения зажигания, ряд других параметров. Дальнейшее разви-

тие таких средств диагностирования направлено по пути совершенствования датчиков накладного типа, автоматизации режима контроля с помощью микропроцессора и цифро-буквенной индикации, подобно прибору М 1-3 (Беларусь). Однако этим методом невозможно оптимизировать значения угла опережения зажигания для конкретного технического состояния ДВС и проверить эффективность работы центробежного вакуумного регулятора в зависимости от нагрузочного и скоростного режимов.

Работоспособность катушки зажигания проверяют по пробойному напряжению на осциллограмме электронного осциллографа, сравнивая его с эталонным. Если напряжение, показываемое на осциллографе, больше 20 кВт (при снятом со свечи проводе), то катушка исправна. Применение приборов позволяет сравнивать длину искрового промежутка с промежутком эталонной катушки.

Правильность установки зажигания можно определить при движении автомобиля с прогретым двигателем по ровной дороге на прямой передаче до скорости 40-45 км/час и резком нажатии на педаль управления дросселями. При этом если возникнут слабые детонационные стуки в двигателе, то зажигание установлено правильно; если стуки не возникнут – зажигание позднее; если стуки сильные – зажигание раннее.

Хорошие результаты контроля системы зажигания дают стробоскопические методы и применение осциллографа. При стробоскопическом методе импульс высокого напряжения на свече первого цилиндра поджигает стробоскопическую лампу, дающую в момент начала зажигания вспышку, освещающую метку начала зажигания; вспышку, освещающую метку шкива коленчатого вала и метку выступ на крышке блока цилиндров. Если при вспышке метка шкива коленчатого вала совпадает с меткой на крышке блока цилиндров, значит зажигание установлено правильно.

Недостатками электронной катушечной системы зажигания являются отсутствие возможности регулировать зажигание из-за нехватки сенсорики. Поэтому всегда интересны новые конструкции, как, например, анализ потока ионов, однако в данном случае все упирается в высокую стоимость.

Если раньше система зажигания нуждалась в очень частом обслуживании и ремонте, сейчас все работы, как правило, ограничиваются заменой свечей. Современные системы самоконтроля помогают обнаружить неисправности в периферии. Однако практика показывает, что снять сигналы вторичной обмотки посредством осциллоскопа у систем со статическим распределением высокого напряжения достаточно сложно. Между тем анализ первичного и вторичного сигналов при поиске неисправности по-прежнему остается самым информативным средством для оценки процессов в камере сгорания.

Неисправности в периферии из-за высокой степени объединения систем не всегда однозначно определимы. От механика при поиске неисправности больше чем когда-либо требуется высокий уровень знания современных систем, не говоря уже о необходимых тестерах и диагностических приборах.

Турбулентность в камере сгорания у современных двигателей может привести к «задуванию» искры. Система зажигания должна выдавать достаточно энергии для создания новой искры.

1.7.2. Оценка компрессионных свойств цилиндров двигателя по изменению угловой скорости коленчатого вала

Существующие методы и средства оперативного контроля компрессионных свойств цилиндров недостаточно точны.

Способ определения компрессии в цилиндрах ДВС по внутрицикловой неравномерности изменения угловой скорости коленчатого вала в пределах углов поворота, соответствующих тактам сжатия конкретных цилиндров, при прокручивании коленчатого вала двигателя стартером, если отсутствует процесс сгорания топливовоздушной смеси в цилиндрах, более достоверен и оперативен. Сущность способа поясняется следующими предпосылками.

Принудительное вращение коленчатого вала двигателя стартером при отсутствии сгорания рабочей смеси в цилиндрах с постоянным крутящим моментом M вследствие отклонений мгновенного значения момента сопротивления $M_{C\phi}$ от среднего его значения M_C в пределах кинематического цикла вызывает изменение момента сил инерции движущихся масс, а следовательно, и угловой скорости ω вала по углу его поворота ϕ (рис. 1.26) [6].

$$M = M_C + J_n \varpi \frac{d\omega}{d\phi}, \quad (1.2)$$

где J_n – момент инерции вращающихся, поступательно движущихся масс двигателя и прокручивающего устройства (стартера), приведенный к оси коленчатого вала.

Мгновенное значение момента сопротивления в отсутствие сгорания рабочей смеси в цилиндрах двигателя формируется следующими составляющими:

$$M_{C\phi} = M_M + M_H \pm M_n \pm M_{np} + M_{инг} \pm M_k, \quad (1.3)$$

где M_M – момент механических потерь от действия сил трения в подшипниках коленчатого, распределительного валов и вспомогательных механизмах (водяной, масляный и топливный насосы, генератор, вентилятор и другие); M_H – момент, затрачиваемый на процесс газообмена в цилиндрах (насосные потери); M_n – момент переменной составляющей сил инерции от возвратно-поступательно движущихся масс двигателя; M_{np} – переменный момент, затрачиваемый на преодоление сил упругости клапанных пружин; $M_{инг}$ – момент от сил трения в сопряжениях ЦПГ; M_k – переменный момент сопротивления от действия компрессионных сил сжатия-расширения рабочего тела P_k .

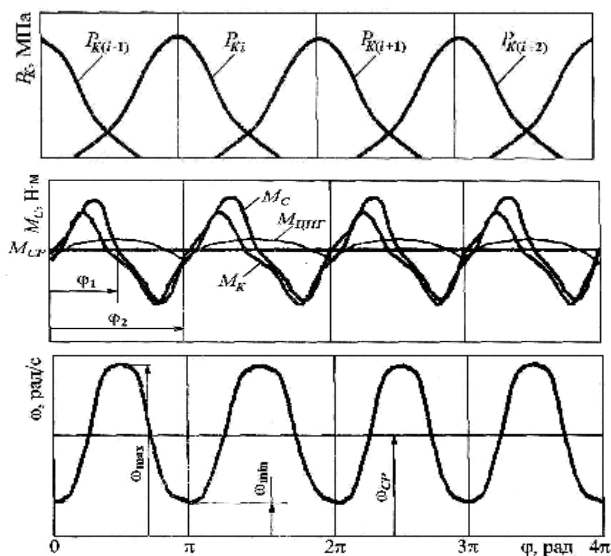


Рис. 1.26. Изменение давления P_{κ} в цилиндрах, составляющих момента сопротивления M_c и угловой скорости ω при прокручивании стартером коленчатого вала четырехцилиндрового двигателя

одинаково, независимо от того, в каких цилиндрах в данный момент времени осуществляются такты впуска и выпуска. Это приводит к тому, что давление рабочего тела, действующее на поршни разных цилиндров на данных тактах, незначительно отличается от атмосферного и друг друга (на 0,001–0,005 МПа) в зависимости от реально возможных различий в степени герметичности их ЦПГ. По этим причинам влиянием M_n на внутрицикловую последовательность изменения M_c можно пренебречь.

Переменная составляющая момента M_n сил инерции возвратно-поступательно движущихся масс, зависящая от положения коленчатого вала на режимах прокручивания ДВС стартером с $\omega=15\text{--}25$ рад/с не превышает 2–3% от суммарного момента M_c и ее в дальнейшем не учитываем.

Влиянием переменной составляющей M_{np} от сил упругости клапанных пружин на данном режиме также можно пренебречь, так как затраты мощности на привод ГРМ не превышают 4% от суммарных механических потерь двигателя.

Основной переменной составляющей механических потерь являются потери на трение поршневых колец и поршней $M_{\text{пнз}}$, которые зависят от угла поворота коленчатого вала φ . Момент от сил трения в сопряжениях ЦПГ равен

$$M_{\text{пнз}} = \sum_{i=2}^z P_{\text{пнзи}} R \frac{\sin(\varphi_i + \beta_i)}{\cos \beta_i} \approx \sum_{i=2}^z P_{\text{пнзи}} R \left(\sin \varphi_i + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi_i \right), \quad (1.4)$$

где $P_{\text{пнзи}}$ – сила трения в сопряжениях ЦПГ i -го цилиндра; φ_i – значение угла поворота коленчатого вала i -го цилиндра с учетом фазового угла сдвига

Потери на трение в подшипниках коленчатого вала и на привод вспомогательных механизмов M_n составляют около 25% от всех механических потерь двигателя. Величина этих потерь является постоянной на заданном режиме прокручивания и не вызывает изменения угловой скорости по углу поворота коленчатого вала.

Момент потерь на газообмен M_n при малой частоте прокручивания и открытых дроссельной и воздушной заслонках не превышает 10% от суммарных потерь M_c . В пределах периода изменения $M_{c\varphi}$ влияние M_n

между одноименными тактами, осуществляемыми в соответствии с порядком работы цилиндров; $\lambda=R/L$ – отношение радиуса кривошипа R к длине шатуна L ; β – угол отклонения шатуна от оси цилиндра, соответствующий величине φ_i .

Сила трения $P_{\text{инг}}$ определяется силами взаимодействия поршневых колец $P_{\text{нк}}$ и юбки поршня $P_{\text{юн}}$ со стенками цилиндра и зависит от условий смазки, упругости колец и давления газовых сил. На установившемся режиме прокручивания коленчатого вала эти условия при скорости движения поршня в узком диапазоне 0-2 м/с и незначительной разности газовых сил в цилиндрах ДВС примерно одинаковы $P_{\text{инг}}=P_{\text{инг}(i+1)}=P_{\text{инг}z}$ при осуществлении в них одних и тех же рабочих тактов. Следовательно, момент $M_{\text{инг}}$ является функцией только угла поворота φ коленчатого вала с периодом, кратным числу цилиндров ($4\pi/z$).

Момент сопротивления от действия компрессионных сил $P_{\text{кф}}$ i -го цилиндра определяется

$$M_{\kappa_i} = P_{\kappa\varphi_i} F_n \cdot R \frac{\sin(\varphi_i + \beta_i)}{\cos \beta_i} \approx P_{\kappa\varphi_i} F_n \cdot R \left(\sin \varphi_i + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi_i \right), \quad (1.5)$$

где F_n – площадь поршня.

В общем случае суммарное действие компрессионных сил на среднее значение момента сопротивления M_C можно принять равным нулю (считаем, что затраченная кинетическая энергия на сжатие рабочего тела полностью возвращается при движении поршня от ВМТ на такте расширения). Однако влияние компрессионных сил на мгновенное значение момента сопротивления на протяжении такта сжатия в i -м цилиндре различно. Большая часть (75%) работы сил давления сжатия рабочего тела при его расширении в предыдущем ($i-1$)-м цилиндре приходится на первую половину такта сжатия диагностируемого i -го цилиндра, а от сил сопротивления сжатия (компрессии) – на заключительную его половину. Следовательно, действие компрессионных сил в первой части такта сжатия от 0 до φ_1 , характеризующих такт расширения в ($i-1$)-м цилиндре, проявится в уменьшении $M_{C\varphi}$ по отношению к его среднему значению M_C

$$M_{C(0-\varphi_1)} = M_M - M_K, \quad (1.6)$$

а во второй части – от φ_1 до φ_2 , характеризующих такт сжатия в i -м цилиндре, – в увеличении

$$M_{C(\varphi_1-\varphi_2)} = M_M + M_K. \quad (1.7)$$

Колебания моментов M_M и M_K в пределах кинематического цикла ДВС (составляющие M_n , $M_{\text{н}}$, $M_{\text{нд}}$, не принимаем во внимание по ранее обоснованным причинам) приводят к изменению суммарного момента сопротивления M_C , а следовательно, изменению момента M и угловой скорости ω коленчатого вала по углу его поворота φ при прокручивании стартером (см. рис. 1.26)

Таким образом, суммарный момент сопротивления M_C в режиме прокручивания стартером в основном определяется моментами M_M , $M_{инг}$ и зазорами между клапанами и коромыслами, превышающих ход клапана при сохранении всех остальных условий постоянными. При этом в первом случае оценивают техническое состояние выпускных клапанных механизмов, а во втором – впускных. В обосновании предложенного способа рассмотрен наиболее общий пример диагностирования ГРМ двигателя с неразборной в эксплуатационных условиях жесткой связью привода ГРМ от коленчатого вала. Однако большинство современных ДВС имеют легкоосъемный цепной или ременный привод ГРМ. Применительно к таким ДВС диагностирование ГРМ можно осуществлять путем непосредственного прокручивания шестерни распределительного вала (без связи с коленчатым валом) от внешнего источника энергии с измерением параметров изменения угловой скорости по углу поворота в пределах одного оборота. В этом случае полностью исключается влияние технического состояния ЦПГ и КШМ на результаты диагностирования ГРМ. При таком контроле необходимо помнить, что во избежание контакта клапанов с днищами поршней коленчатый вал двигателя необходимо устанавливать в положение, исключающее нахождение какого-либо поршня в ВМТ.

Способ диагностирования ГРМ целесообразно использовать для 2-, 3-, 4- и 6-цилиндровых ДВС.

1.7.3. Диагностирования элементов ДВС и трансмиссии по внутрицикловым изменениям угловой скорости коленчатого вала

Методы диагностирования одноименных элементов автомобиля по параметрам изменения угловой скорости являются наиболее перспективными.

К достоинствам методов относят их высокую оперативность, достоверность, универсальность и надежность измерительной аппаратуры. Рассмотрим применимость данного метода к оценке технического состояния одноименных элементов двигателя.

Поскольку в большинстве случаев основанием для контроля технического состояния элементов системы «ДВС-трансмиссия» является неравномерная работа цилиндров, предварительно рекомендуется проверить эффективную мощность ДВС, которая должна находиться в пределах 0,93-1,04 ее номинального значения.

Измерение мощности двигателя по изменению угловой скорости коленчатого вала можно осуществлять на двух тестовых режимах: установившемся и неустановившемся (переходном).

Использование показателей внутрицикловой неравномерности угловой скорости вращения коленчатого вала позволило повысить точность и существенно расширить область применения динамического метода для диагностирования одноименных элементов системы «ДВС-трансмиссия». За счет введения установившихся режимов (УР) испытания и новых признаков

функционального состояния ДВС (рис. 1.27 [6]) стало возможным количественно оценить все параметры технического состояния ДВС и трансмиссии при помощи единой измерительной аппаратуры с унифицированными датчиками угловых перемещений, что значительно сокращает расходы на диагностирование.

Функциональное состояние ДВС определяется наличием или отсутствием рабочих процессов в цилиндрах при диагностировании и должно обеспечивать максимально возможную чувствительность и информативность контролируемого диагностического параметра. В случае необходимости контроля параметров рабочего процесса, их оптимизации, а также диагностирования технического состояния систем питания, зажигания, газораспределительного механизма, влияющих на показатели эффективности рабочих процессов, испытания проводят при нормальном функционировании ДВС, то есть при наличии процессов сгорания рабочей смеси в цилиндрах. При этом могут быть использованы как тестовые, так и функциональные режимы диагностирования. Функциональные режимы реализуются в процессе выполнения автомобилем транспортной работы средствами встроенного диагностирования или при использовании систем автоматического управления впрыском, зажиганием, ГРМ с целью поддержания оптимальных режимов работы ДВС.

При диагностировании нерегулируемых параметров технического состояния одноименных элементов (герметичности надпоршневого пространства, зазоров в подшипниках и других сопряжениях КШМ, ЦПГ, ГРМ, зубчатых зацеплений трансмиссии) предпочтительней второй вариант – испытание при отсутствии рабочих процессов в цилиндрах двигателя. Поскольку обязательным условием динамического метода является наличие вращающихся инерционных масс ДВС, то отсутствие энергии газовых сил от сгорания рабочей смеси в цилиндрах должно компенсироваться или предварительно запасенной кинетической энергией вращающихся и поступательно движущихся частей (осуществление выбега ДВС путем выключения подачи топлива или зажигания, а для элементов трансмиссии вывешенного на подъемнике автомобиля – отключением сцепления), или использованием внешнего источника энергии (стартера или иного приводного устройства).

В разработанных способах диагностирования анализ динамики изменения угловой скорости коленчатого вала по углу его поворота от технического состояния элементов ДВС выполняется в традиционном предположении об абсолютной жесткости коленчатого вала на кручение. Теоретические основы диагностирования одноименных элементов ДВС и трансмиссии по внутрицикловым изменениям угловой скорости коленчатого вала описаны в работах [6, 8].

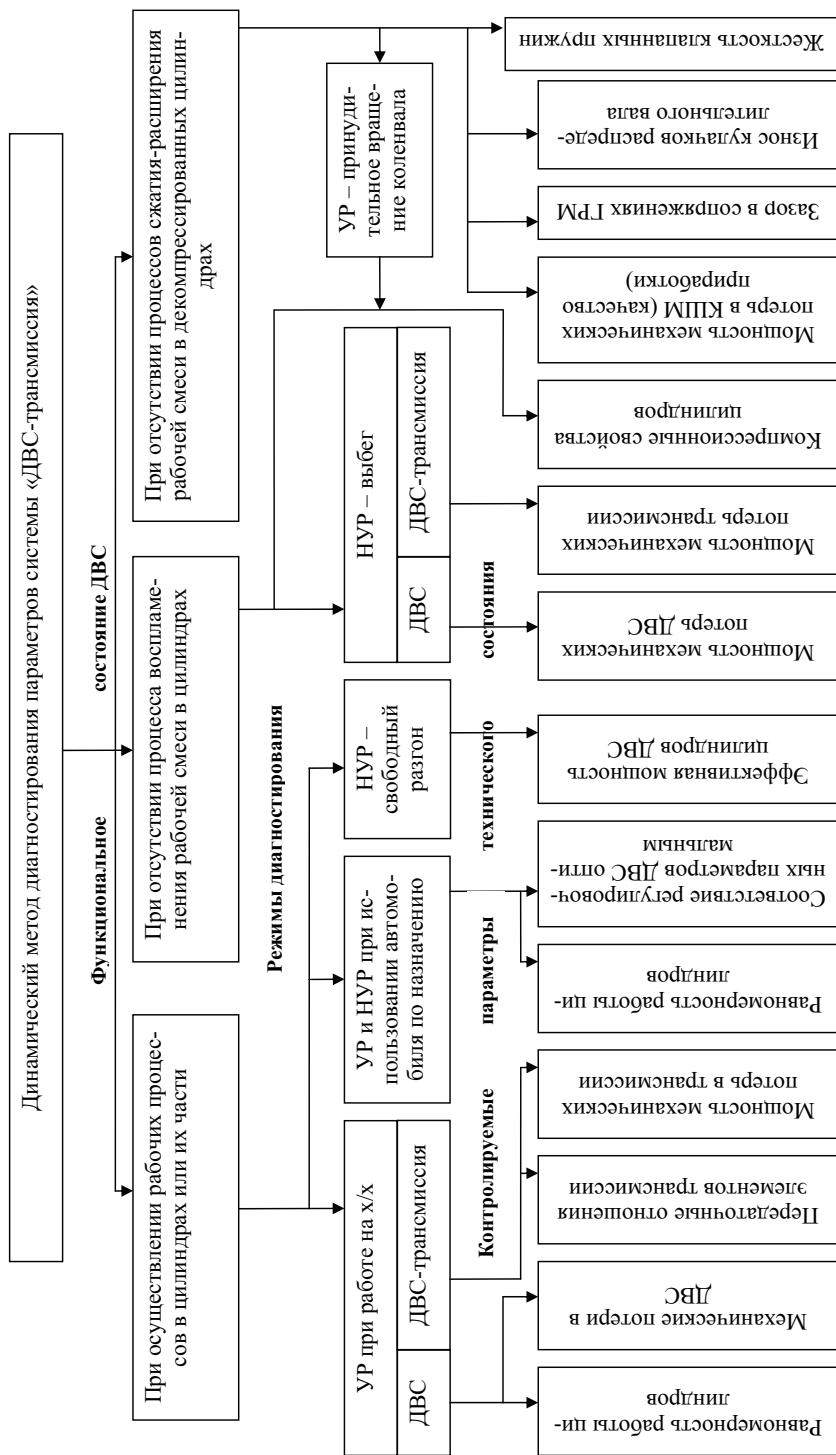


Рис. 1.27. Классификация режимных признаков метода диагностирования одноименных элементов системы «ДВС-трансмиссия»

1.7.4. Погрешности определения текущих значений диагностических параметров

Погрешность определения значения приведенного момента инерции ДВС. Анализ номинальных значений и допустимых отклонений масс вращающихся и поступательно движущихся элементов девяти моделей ДВС по техническим условиям заводов-изготовителей, представленных в работе [8], показывает, что расчетная величина отклонений приведенного момента инерции карбюраторных двигателей не превышает $\pm 0,8\%$, дизельных $\pm 1\%$. В процессе эксплуатации ДВС из-за износа сопряжений КШМ и частичной замены некоторых элементов на детали ремонтных размеров, значение отклонения приведенного момента инерции от номинальной величины изменяется незначительно. Об этом свидетельствуют экспериментальные данные, в соответствии с которыми величина приведенного момента инерции тракторных двигателей конкретной модели изменяется не более чем на $1,3\%$. Поэтому при оценке точности Δ_Σ динамического метода диагностирования погрешность от варьирования значения момента инерции J , приведенного к оси коленчатого вала, для автотракторных двигателей принимаем равной $\pm 1,3\%$. Далее приводятся результаты работы [8].

Погрешность определения положения верхней мертвой точки поршня. Непосредственное определение положения коленчатого вала ДВС, соответствующее нахождению поршня конкретного цилиндра в ВМТ на неработающем двигателе, представляет достаточно трудоемкий процесс. В условиях АТП точность фиксации поршня в ВМТ зависит от квалификации исполнителя и не превышает 1° по углу поворота коленчатого вала (п.к.в.). Поэтому при диагностировании ДВС пользуются меткой ВМТ поршня первого цилиндра, нанесенной заводом-изготовителем на шкив коленчатого вала или венец маховика. Для автотракторных ДВС относительная погрешность расположения метки ВМТ не превышает $\pm 0,5$ градуса п.к.в. С учетом допустимого по техническим условиям отклонения угла расклинки $\pm 15'$ кривошипов коленчатого вала фактическая погрешность определения положений ВМТ поршней других цилиндров относительно метки ВМТ поршня первого цилиндра может достигать $45'$ п.к.в. На работающем двигателе положение ВМТ поршня несколько отличается от статического из-за наличия зазоров в сопряжениях КШМ, крутильной деформации коленчатого вала и ряда других причин. В зависимости от технического состояния ДВС под воздействием перечисленных факторов рабочее положение ВМТ поршней всех цилиндров смещается на примерно одинаковую величину, не превышающую 1° п.к.в.

Таким образом, если датчики положения коленчатого вала фиксировать по метке ВМТ завода-изготовителя ДВС то максимально возможная погрешность подачи сигнала датчиком о начале рабочего хода поршня конкретного цилиндра составляет $1,5-2,0^\circ$ п.к.в. При этом фактическая разность углов поворота коленчатого вала, соответствующих рабочим тактам в цилиндрах ДВС, не превышает 1° . Из сказанного следует, что погрешность определения фазовых положений экстремумов угловой скорости $\varphi_{\omega max}$, $\varphi_{\omega in}$

относительно отметок ВМТ на диаграммах изменений угловой скорости, получаемых от датчика-преобразователя угловых перемещений и необходимых для определения технического состояния ГРМ, не может быть выше 1° п. к. в. Такая точность достаточна для целей диагностирования элементов ГРМ. Для других элементов системы «ДВС-трансмиссия» точность установки датчиков положения коленчатого вала относительно истинного расположения метки ВМТ не оказывает влияния на результаты диагностирования, так как все точки экстремальных мгновенных значений угловых скоростей по углу поворота коленчатого вала, соответствующих рабочим тактам конкретных цилиндров, смещены на одну и ту же величину, а последовательность их расположения на диаграмме известна.

Для точной установки момента начала впрыскивания топлива блок управления должен определять положение как коленчатого, так и распределительного валов, т. к. форсунки должны регулироваться раздельно. 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° 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. Если сигнал отсутствует, двигатель не запустится. В этом случае следует проверить сопротивление датчика ВМТ. 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. При отсутствии сигнала двигатель не запускается. Если датчик Холла выходит из строя во время движения автомобиля, двигатель продолжает работать до следующей его остановки.

Требования к преобразователям угловых перемещений коленчатого вала ДВС. Важнейшим условием получения достоверной информации о техническом состоянии элементов автомобиля по показателям внутрицикловых изменений угловой скорости является способность датчика обеспечить высокую точность определения угловых перемещений вращающейся детали, которая определяется статической и динамической ошибками.

Статическая ошибка складывается из дискретности датчика, кинематической погрешности (люфта механической передачи) и моментных ошибок, возникающих под действием нагрузок на исполнительное звено приво-

да. Динамическая ошибка связана с переходными процессами при изменении частоты вращения объекта контроля. При использовании безударных малоинерционных передач дискретность привода определяется дискретностью датчика, которая для диагностируемых параметров ДВС не должна быть выше 1° по углу поворота коленчатого вала. Обеспечить подобную дискретность можно с помощью высокоточных датчиков индуктивного или фотоэлектрического типов, обладающих достаточными метрологическими характеристиками и надежностью.

В двигателях автомобилей российского производства в качестве датчиков, обеспечивающих «привязку» начала отсчета текущей последовательности сигналов-импульсов к соответствующему рабочему такту конкретного цилиндра, используются:

- для дизелей – накладные пьезо-, тензопреобразователи, которые крепятся к топливopовoду высокого давления (вибpопpеобpазователъ Д-14 или под гайку форсунки (ДПЦД-1);

- для карбюраторных – трансформатор тока ТТ-1, широко используемый в отечественных мотор-тестерах.

Погрешность датчиков «привязки» (обычно к ВМТ поршня первого цилиндра) не влияет на точность измерений мгновенной угловой скорости. Основное к ним требование – легкость установки и надежность. В отечественных ДВС (ВАЗ, ГАЗ) с распределенным впрыском топлива датчик положения поршня первого цилиндра в ВМТ такта сжатия предусмотрен конструкцией двигателя, установлен на распределительном валу и его сигнал может быть использован при диагностировании.

Минимальное значение угла квантования датчика ВЕ-178А $\Delta\varphi=0,35^\circ$ (1024 растровых штриха), выходной сигнал унифицирован по ГОСТ 9895-78 диапазоном изменения 0-5 В прямоугольной формы.

Погрешность и принцип работы устройства для измерения внутрицикловых значений угловой скорости коленчатого вала двигателя. Измерение неравномерности изменения угловой скорости по углу поворота коленчатого вала двигателя осуществляют аналоговыми и цифровыми электронными устройствами.

Наиболее перспективными считаются цифровые средства измерения, обладающие высокой точностью, быстродействием, удобством считывания и переработки информации встроенными микропроцессорами.

Подобные устройства разработаны для диагностирования многих агрегатов и систем автомобиля.

Принцип измерения мгновенной угловой скорости цифровыми устройствами заключается в определении времени прохождения коленчатым валом заранее известного углового интервала. Длительность этого временного интервала τ_i определяется подсчетом импульсов генератора эталонной частоты ν с помощью электронных счетчиков между двумя последовательными импульсами угловых положений коленчатого вала от преобразователя (датчика) угловых перемещений

$$\tau_i = \frac{f_i}{\nu}$$

где f_i – число импульсов на электронном счетчике при прохождении i -го интервала.

Пропорциональный рост относительной погрешности измерения значений угловой скорости наблюдается с увеличением частоты вращения, так как время и число импульсов f_i , регистрируемых счетчиком, на осуществление квантованного угла поворота коленчатого вала уменьшается. Поэтому обоснование выбора необходимой частоты ν импульсов кварцевого генератора устройства для измерения внутрицикловых значений угловой скорости коленчатого вала, предназначенного для диагностирования ДВС, следует выполнить для двух скоростных режимов. Первый режим (15-100 рад/с) относится к диагностированию элементов ЦПГ, КШМ, ГРМ, при прокручивании коленчатого вала стартером или при работе ДВС на минимальных оборотах, второй (200-400 рад/с) – к определению мощностных показателей цилиндров ДВС в диапазоне номинальной частоты вращения.

Для первого скоростного режима расчет частоты ν генератора выполним для минимальной дискретности углового интервала $\varphi=1^\circ$ (0,01744 рад), которая необходима при диагностировании элементов ГРМ ДВС и зубчатых зацеплений трансмиссии и средней скорости прокручивания коленчатого вала стартером $\varpi=30$ рад/с. При допустимой относительной погрешности изменения угловой скорости $\Delta\omega=0,01$ разность значений времени прохождения двух смежных угловых интервалов составит

$$\Delta\tau = \frac{\varphi}{\varpi} - \frac{\varphi}{\varpi + \varpi \cdot \Delta\omega} = \frac{0,01744}{30} - \frac{0,01744}{30,3} = 57 \cdot 10^{-7} \text{ с}.$$

Регистрация электронными счетчиками такого промежутка времени возможна при наличии в устройстве опорного генератора с частотой следования импульсов не менее 175 кГц.

С учетом увеличения углового интервала φ до 5-10° п.к.в., реально необходимого при измерениях внутрицикловых значений угловой скорости для оценки мощностных показателей работы цилиндров ДВС, расчетная частота эталонного генератора составляет около 500 кГц.

Установлено, что с увеличением угловых интервалов квантования поворота коленчатого вала (анализировались $\varphi=0,7; 2,8$ и $5,6$ град. п.к.в.), частоты вращения и числа осредненных последовательных циклов погрешность $\Delta\omega$ определения величин мгновенной угловой скорости уменьшается нелинейно. В связи с этим наибольшие требования по метрологическому обеспечению точности измерения внутрицикловых значений угловой скорости предъявляются к режимам прокручивания.

В ДВС ряд причин приводит к колебаниям показателей рабочего процесса относительно средних значений. Эти отклонения имеют случайный характер и подчиняются нормальному закону распределения. Флуктуация внутрицикловых колебаний мгновенных значений угловой скорости коленчатого вала в последовательных циклах также рассматривается как случайный стационарный процесс. Поэтому для приближения к истинному характеру изменения угловой скорости по углу поворота коленчатого вала необ-

ходимо усреднение ее значений в конкретном интервале за несколько последовательных циклов работы ДВС.

Значения погрешности $\Delta\omega$ определения угловой скорости по другим моделям автотракторных ДВС незначительно отличаются, так как их характеристики изменения внутрицикловой угловой скорости примерно одинаковы. Отличительной особенностью дизельных ДВС является высокая погрешность $\Delta\omega$, достигающая 0,6% при усреднении трех диаграмм изменения угловой скорости при работе на минимальной частоте вращения $n \leq 600$ мин⁻¹. Нестабильность одноименных значений угловой скорости на этом режиме объясняется непостоянством цикловой подачи топлива из-за низкочастотных колебаний рейки топливного насоса высокого давления. При небольшом увеличении частоты вращения до $n \geq 800$ мин⁻¹ относительная погрешность $\Delta\omega$ дизельных ДВС уменьшается вдвое. Для всех типов ДВС при $n > 1000$ мин⁻¹ относительная погрешность измерения внутрицикловых значений угловой скорости не превышает 0,2%.

Для обеспечения относительной погрешности, определения диагностических показателей по внутрицикловым значениям угловой скорости не более 5% для режима прокручивания с дискретностью квантования угловых интервалов $\varphi = 0,7-1,4$ град. п.к.в. и рабочих режимов с дискретностью $\varphi = 2,8-5,6$ град. п.к.в. необходимое число измерений соответственно равно пяти и трем.

Проверка стационарности исследуемых режимов диагностирования по дисперсии показала, что при $N=5$ и $K=6$ значения G составляли:

- в режиме прокручивания коленчатого вала ДВС с $\varpi = 20$ рад/с $G = 0,204$;

- в режиме минимальной частоты вращения ДВС на холостом ходу с $\varpi_{\text{хх}} = 50$ рад/с $G = 0,194$;

- при $\varpi = 200$ рад/с $G = 0,189$.

Полученные значения статистики G меньше критического значения по многовыборочному критерию Кокрена, который при доверительной вероятности $P_d = 0,95$ равен 0,49.

$$Z_G > G,$$

где $Z_G(N, K, P_d)$ – критическое значение критерия Кокрена; K – число выборок; N – объем каждой выборки; P_d – доверительная вероятность;

$$G = \frac{\sigma_{j \max}}{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2} - \text{статистика.}$$

Следовательно, процесс изменения внутрицикловых значений угловой скорости от цикла к циклу является стационарным и в значительной степени стабильным.

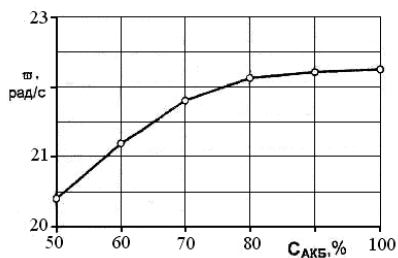
Методологические погрешности диагностирования от несоответствия режимных условий. Под режимом диагностирования понимается совокупность нормативных требований к функциональному состоянию объекта диагностирования, при котором достигаются максимальная досто-

верность и информативность диагностического параметра. Так как динамический метод диагностирования элементов системы «ДВС-трансмиссия» реализуется в отсутствие каких-либо нагрузочных устройств, то основными факторами, влияющими на погрешность результатов диагностирования, считаются скоростной и тепловой режимы. Необходимо определить границы допустимого их изменения, при которых методическая погрешность от несоответствия режимных условий нормативным была бы минимальной или исключалась вообще.

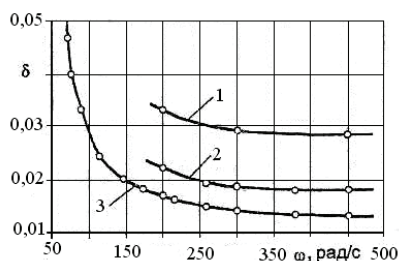
Контроль скоростного режима осуществляется по цифровому электронному тахометру – устройству для измерения внутрицикловых значений угловой скорости с относительной погрешностью не более 0,25%. Поддержание необходимой частоты вращения коленчатого вала при наличии рабочих процессов в цилиндрах ДВС осуществляется изменением подачи топлива и не вызывает особых затруднений. При совпадении значения средней угловой скорости коленчатого вала с нормативным ее значением устройство автоматически или по команде оператора производит необходимые измерения, которые индицируются на информационном табло.

Сложнее воспроизводить нормативную частоту вращения коленчатого вала при диагностировании компрессионных свойств цилиндров и элементов ГРМ в режиме прокручивания вала стартером. В зависимости от степени заряженности АКБ, технического состояния стартера и токоведущих проводов системы пуска частота прокручивания коленчатого вала при одном и том же тепловом режиме конкретной модели ДВС может отличаться на 5 рад/с и более. Часто причиной резкого снижения частоты прокручивания коленчатого вала стартером являются подгоревшие или окисленные контактные поверхности болтов и подвижного диска системы тягового реле. Их техническое состояние контролируется по падению напряжения на контактах привода стартера, которое должно быть ниже 0,15 В.

При исправной системе электростартерного пуска и номинальном тепловом режиме ДВС частота прокручивания коленчатого вала в зависимости от допустимой в эксплуатации степени заряженности АКБ (до 50% изменяется менее чем на 10% в течение первых 5-7 оборотов вала (рис. 1.28, а). Для сопоставимости результатов измерений текущих значений диагностических параметров в процессе эксплуатации с их номинальными значениями с погрешностью менее 5% необходимо среднюю частоту прокручивания коленчатого вала ограничивать узким диапазоном, не превышающим по абсолютной величине 0,6 рад/с. С учетом гарантированной минимальной частоты прокручивания стартером от разряженной на 50% АКБ для автотракторных ДВС нормативная средняя угловая скорость назначается в пределах 15-20 рад/с. Для двигателей 4Ч 9,2/9,2 наиболее приемлемым режимом прокручивания является $\omega = 19 \pm 0,3$ рад/с. Указанные режимы прокручивания при диагностировании достигаются путем установки на клеммы АКБ дополнительной регулируемой нагрузки.



а



б

Рис. 1.28. Зависимость неравномерности угловой скорости коленчатого вала:

а – зависимость изменения средней угловой скорости ω прокручивания коленчатого вала двигателя 4Ч 9,2/9,2 от степени заряженности C_{AKB} ; б – зависимость коэффициента δ неравномерности угловой скорости коленчатого вала двигателя 4Ч 7,6/7,5 от угловой скорости ω и нагрузки: 1 – 100% Ne; 2 – 25% Ne; 3 – холостой ход

Пределы допустимого отклонения нормативной частоты вращения при диагностировании неравномерности работы цилиндров и определении мощности механических потерь ДВС в диапазоне средних угловых скоростей $\omega = 60\text{--}130$ рад/с не должны превышать $\pm 0,5$ рад/с. При частоте вращения n свыше 1200 мин^{-1} ($\omega > 125$ рад/с) значения коэффициента вариации одноименных значений угловой скорости по углу поворота коленчатого вала и коэффициента ее неравномерности δ стабилизируются и уменьшаются (рис. 1.28, б), поэтому точность поддержания нормативного скоростного режима может быть уменьшена до $\pm 10 \text{ мин}^{-1}$ (± 1 рад/с).

Более высокие требования предъявляются к поддержанию теплового режима диагностирования ДВС, особенно при оценке компрессионных свойств цилиндров и мощности механических потерь.

Контрольные вопросы

1. На чем основано диагностирование рабочих процессов в двигателе по колебаниям угловой скорости коленчатого вала?
2. Рассказать о методе диагностирования элементов системы зажигания по осциллограммам изменения напряжения на катушке.
3. По каким параметрам определяется работоспособность катушки зажигания?
4. Пояснить сущность метода оценки компрессионных свойств цилиндров по изменению угловой скорости коленчатого вала в режиме прокручивания его стартером.
5. Рассказать о погрешностях определения положения верхней мертвой точки поршня.
6. Из чего складывается статистическая погрешность показаний внутрицикловых изменений угловой скорости коленчатого вала?
7. Какие погрешности диагностирования могут быть вызваны несоответствием режимных условий?

1.8. Диагностирование систем питания двигателей

1.8.1. Диагностирование карбюраторных двигателей

Несмотря на то, что производство карбюраторных двигателей прекращено с 2010 года, в эксплуатации находится много автомобилей с такими двигателями и их еще многие годы необходимо диагностировать и обслуживать.

Техническое состояние механизмов и узлов системы питания двигателя существенно влияет на его мощность и экономичность, а следовательно, и на динамические качества автомобиля.

Диагностирование системы питания карбюраторного двигателя заключается в проверке подачи топлива в карбюратор и количества обратного слива топлива, контрольной проверке расхода топлива при работе двигателя на автомобиле, в проверке токсичности отработавших газов, определении уровня топлива в поплавковой камере карбюратора, измерении давления развиваемого топливным насосом. При несоответствии проверяемых параметров требуемым нормам проводят регулировочные работы на автомобиле или снимают карбюратор и топливный насос для ремонта.

Диагностическими признаками неисправностей системы питания являются:

- затруднение пуска двигателя;
- увеличение расхода топлива под нагрузкой;
- падение мощности двигателя и его перегрев;
- изменение состава и повышение токсичности отработавших газов.

Диагностика систем питания карбюраторных и дизельных двигателей проводится методами ходовых и стендовых испытаний и оценки состояния механизмов и узлов системы после их демонтажа.

При диагностике методом ходовых испытаний определяют расход топлива при движении автомобиля с постоянной скоростью на мерном горизонтальном участке (1 км) шоссе с малой интенсивностью движения. Чтобы исключить влияние подъемов и спусков, выбирают маятниковый маршрут, то есть такой, на котором автомобиль движется до конечного пункта и возвращается по той же дороге.

Диагностирование систем питания можно проводить и одновременно с испытанием тяговых качеств автомобиля на стенде с беговыми барабанами.

Диагностирование систем питания двигателей автомобилей производят, в основном, по таким диагностическим параметрам: удельный расход топлива; содержание токсичных веществ в отработавших газах; давление, создаваемое топливным насосом; давление топлива после насоса; уровень топлива в поплавковой камере; загрязненность воздухоочистителя, определяемая по разрежению во впускном трубопроводе.

Расход топлива измеряют расходомерами ротаметрическими, тахометрическими, фотоэлектрическими и другими, а также мерными сосудами или весами. Удельный расход топлива определяют прибором КИ-13967 и устройствами для нагружения двигателя. Расходомеры применяют не только для диагностики системы питания, но и для обучения водителей экономно-

му вождению.

Техническое состояние топливного насоса проверяется по давлению топлива после насоса и его производительности. Для современных отечественных двигателей давление топлива после насоса должно быть в пределах 17-30 кПа, падение давления не должно превышать 8-10 кПа за 30 с. Производительность насоса 0,7-3,0 л/мин. После прекращения работы насоса давление и разрежение, проверяемые по контрольным приборам, должны сохраняться в течение 10 с. При частоте вращения вала привода 1800 мин⁻¹ подача топлива должна быть не менее 50 л/ч.

Для определения причин отсутствия подачи топлива нужно отвернуть топливопровод от карбюратора, покачать рычаг ручной подкачки или повернуть несколько раз коленчатый вал двигателя, предварительно подставив под шланг емкость для возможного слива бензина. Если при этом появится струя топлива – насос исправен, и тогда следует вынуть и промыть топливный фильтр входного штуцера карбюратора.

Оценить работоспособность клапанов топливного насоса проще всего на двигателе, установив коленчатый вал в пределах двух оборотов в такое положение, чтобы рычаг ручной подкачки топлива не был заблокирован кулачком привода. При этом при перемещении рычага ручной подкачки должно ощущаться сопротивление сжимаемой при ходе всасывания пружины мембраны насоса. Для этого снимают топливоподводящий шланг со штуцера на карбюраторе, вручную подкачивают топливо до его появления в отверстии шланга, отворачивая болт крепления крышки бензонасоса, снимают крышку и сетку. Затем отверстие шланга плотно перекрывают (можно пальцем), отводят до упора рычаг ручной подкачки насоса в направлении его хода всасывания и затем отпускают, внимательно следя за появлением воздушных пузырьков и струек топлива в отверстии выпускного клапана насоса.

Проверку топливного насоса производят по максимальному давлению, развиваемому бензонасосом, и герметичности клапанов с использованием прибора К-436 или более компактного прибора НИИАТ-527Б (рис. 1.29). Оба прибора позволяют проконтролировать работу насоса непосредственно на автомобиле. Перед проверкой прогревают двигатель до рабочей температуры, затем, остановив двигатель и разъединив топливопровод, бензонасос, карбюратор, присоединяют шланг прибора к карбюратору, кран – к топливопроводу от бензонасоса. Затем отвертывают на 2-3 оборота иглу крана прибора, запускают двигатель и дают ему поработать при минимальной частоте вращения коленчатого вала; по шкале манометра проверяют давление, развиваемое топливным насосом (нормальное давление, развиваемое топливными насосами, должно соответствовать нормативным значениям).

Далее полностью ввертывают иглу крана прибора, останавливают двигатель и определяют по манометру падение давления за 30 с; клапаны топливного насоса считаются исправными, если падение давления за это время не превысит 0,01 МПа. Затем выворачивают иглу крана прибора и запускают двигатель; дав ему поработать 10-15 с, останавливают, определяют падение давления за 30 с и сравнивают его с падением давления, полученным при предыдущей проверке. Более быстрое падение давления при повторной

проверке указывает на неплотность топливного клапана топливного механизма карбюратора, приводящую к повышению уровня топлива в поплавковой камере. Если топливный насос не развивает необходимого давления и не обеспечивает подачу топлива или из нижней части корпуса насоса происходит утечка топлива, насос снимают с автомобиля для выявления неисправности.

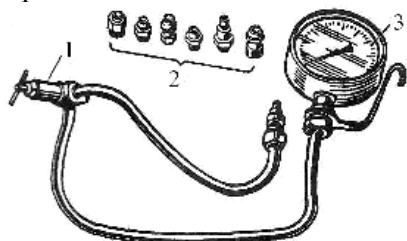


Рис. 1.29. Прибор НИИАТ-527Б для проверки топливных насосов

На рис. 1.29 цифрами обозначены: 1 – кран; 2 – сменные штуцеры; 3 – мановакуумметр.

Для двигателей марок «ЗМЗ» и «ЗИЛ» давление должно составлять 18–30 кПа. Меньшее давление может быть при ослаблении пружины мембраны, неплотном прилегании клапана.

Для проверки давления топлива после насоса (должно быть в пределах 17–30 кПа, падение давления не должно превышать 8–10 кПа за 30 с) и производительности насоса (0,7–2,0 л/мин) используют специальные приборы с ручным или электрическим приводом. Давление, создаваемое насосом, зависит от упругости пружины его диафрагмы, поэтому необходима проверка длины пружины в свободном состоянии и под определенной нагрузкой.

В диагностику карбюраторов входит проверка уровня топлива в поплавковой камере, пропускной способности жиклеров, герметичности клапана экономайзера.

Для проверки уровня топлива большинство карбюраторов имеет в корпусе поплавковой камеры специальное смотровое окно (карбюратор К-126 автомобилей «Москвич», «Волга», ГАЗ-53) или контрольную пробку (карбюратор К-84 автомобиля ЗИЛ-130).

Низкий уровень топлива может быть вызван нарушением регулировки или заеданием поплавка. Заедание клапана подачи топлива в закрытом положении обнаруживается отвертыванием спускной пробки карбюратора. Если топливо вытекает из отверстия непродолжительное время, а затем перестает вытекать, то имеется неисправность.

Неполное закрытие воздушной заслонки можно определить при снятом воздушном фильтре, выдвинув до отказа ручку управления заслонкой.

Для проверки и установки уровня топлива используют установку, показанную на рис. 1.30. Для этого устанавливают нужное давление топливного насоса 3 с помощью манометра 5, открывают кран 6 и регистрируют уровень топлива.

Простейшим методом проверки герметичности поплавка является опускание поплавка в ванну с горячей водой (температура 80 °С). Если в течение 30 с на поверхности не появятся пузырьки воздуха, то поплавок исправен.

На карбюраторах автомобилей ВАЗ-«Жигули» и «Москвич» проверку уровня топлива осуществляют установками типа «Озон» или «Солекс»

(рис. 1.30, 1.31) при снятой верхней крышке карбюратора подгибанием упора кронштейна поплавка для обеспечения размера А (рис. 1.30), равного $6,5 \pm 0,25$ мм и размера Б, равного $8 \pm 0,25$ мм, причем крышка должна находиться в вертикальном положении.

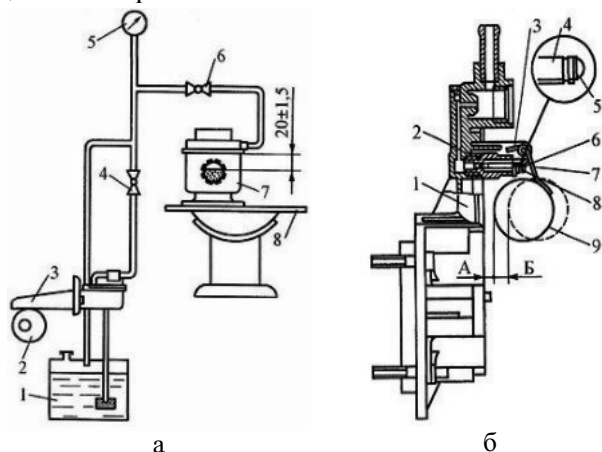


Рис. 1.30. Установка для проверки и регулировки уровня топлива в поплавковой камере (а) и установка уровня топлива в поплавковой камере карбюратора типа «Озон» (б):

а: 1 – бак с топливом; 2 – электропривод с эксцентриком; 3 – бензонасос; 4, 6 – краны; 5 – манометр; 7 – карбюратор; 8 – подставка; б: 1 – крышка карбюратора; 2 – седло игольчатого клапана; 3 – упор; 4 – игольчатый клапан; 5 – шарик запорной иглы; 6 – оттяжная вилка иглы клапана; 7 – кронштейн поплавка; 8 – язычок; 9 – поплавок

На двигателях ВАЗ-2108 расстояние между поплавком 1 и прокладкой 4, прилегающей к крышке 5, которое определяет уровень топлива, составляет $1 \pm 0,2$ мм (рис. 1.31), при этом крышка располагается горизонтально поплавком вверх. Уровень топлива регулируется подгибанием язычка вниз для увеличения уровня и вверх – для уменьшения. При этом упорная поверхность язычка должна быть перпендикулярна оси игольчатого клапана 3 и не должна иметь вмятин и забоин.

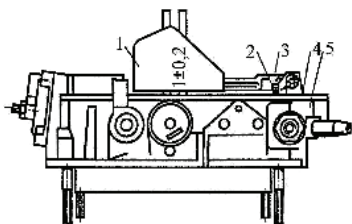


Рис. 1.31. Установка уровня топлива в поплавковой камере карбюратора типа «Солекс»

На рис. 1.31 цифрами обозначены: 1 – поплавок; 2 – язычок; 3 – игольчатый клапан; 4 – прокладка; 5 – крышка карбюратора.

На карбюраторе, снятом с двигателя, уровень топлива в поплавковой камере можно проверить на приборе модели 577, который позволяет с помощью насоса создать рабочее давление в поплавковой камере и одновременно с проверкой уровня топлива проконтролировать герметичность соединений карбюратора.

При подозрении на засорение жиклеров следует вывернуть пробки и

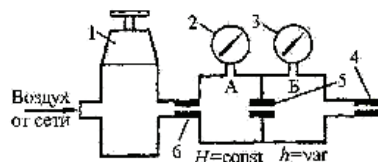


Рис. 1.32. Принципиальная схема пневматического контрольного прибора

через отверстия продуть жиклеры сжатым воздухом с помощью насоса для шин. Если после продувки жиклеров двигатель станет работать без перебоев, то причиной уменьшения подачи топлива было засорение жиклеров. Засоренность сетчатого фильтра карбюратора определяют визуально, вынув его из карбюратора.

Проверить пропускную способность жиклеров можно и на приборе НИИАТ-362, которая определяется количеством воды в кубических сантиметрах, протекающей через дозирующее отверстие жиклера за одну минуту под напором водяного столба высотой $(1 \pm 0,002)$ м при температуре воды $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$,

Диагностирование систем питания карбюраторных двигателей может выполняться с высокой степенью точности и достаточной производительностью методом пневмоконтроля. С этой целью в НИИАТ разработан пневматический прибор (рис. 1.32), методика и режимы диагностирования. Прибор состоит из стабилизатора давления 1 и двух камер, из которых А – рабочая, Б – измерительная. Стабилизатор давления связан с рабочей камерой с помощью входного 6, а рабочая камера с измерительной – с помощью измерительного 5 жиклеров. Испытуемый жиклер 4 (или другой элемент карбюратора или насоса) устанавливают на выходе из измерительной камеры. Давление в камерах контролируют с помощью контрольного 2 и измерительного 3 манометров.

Действие прибора (рис. 1.32) основано на том, что при постоянном давлении в камере А величина давления в камере Б зависит от пропускной способности (или степени герметичности) контролируемого элемента карбюратора. Пропускная способность (или герметичность) контролируемого элемента оценивается по показаниям измерительного манометра 3. Шкала этого манометра тарируется в единицах контролируемой величины.

В условиях АТП приборы пневматического контроля позволяют выполнять все диагностические работы, связанные с измерением пропускной способности жиклеров и каналов, проверкой герметичности посадки клапанов, регулировочных винтов и т. п.

Для измерения производительности, плотности прилегания клапанов и максимального давления, развиваемого бензонасосом, без снятия его с двигателя применяют прибор КИ-436 (см. рис. 1.33), который при помощи шлангов 2 и 5 включают между бензонасосом и карбюратором. Трехходовым краном устанавливают следующие режимы работы прибора: топливо от насоса одновременно поступает на манометр и в карбюратор, при этом измеряют рабочее давление в топливной системе; топливо поступает в цилиндр прибора, и по выдвижению мерной линейки определяют производительность бензонасоса; подключив манометр на выход бензонасоса, измеряют максимальное давление.

При неработающем двигателе по времени падения давления в первом положении крана оценивается суммарная герметичность клапана насоса и запорной иглы карбюратора, а в третьем – герметичность клапана насоса. По разнице этих показаний определяют герметичность запорной иглы карбюратора.

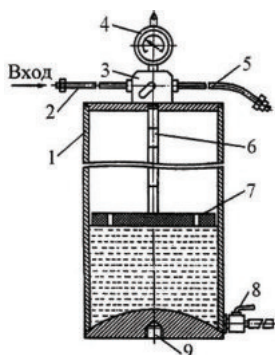


Рис. 1.33. Прибор для проверки бензонасосов КИ-436

или о негерметичности выпускного клапана, или о повреждении мембраны или прокладки. Для устранения неисправностей топливный насос снимают с двигателя и ремонтируют.

Оценку состояния системы питания карбюраторного двигателя по содержанию окиси углерода в отработавших газах производят при помощи газоанализаторов.

1.8.2. Диагностирование систем пуска и питания дизельных двигателей

1.8.2.1. Контроль устройства облегчения пуска двигателя

При трудностях с холодным пуском дизеля свечи накаливания проверяются омметром на обрыв. Проверка выполняется быстрее, 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 в 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. 1.34 [7]).

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

На рис. 1.33 цифрами обозначены: 1 — закрытый цилиндр; 2, 5 — шланг; 3 — трехходовый кран; 4 — манометр; 6 — мерная линейка; 7 — поплавок; 8 — кран; 9 — резьбовое отверстие.

Для определения снижения давления используют также вакуумметр, который присоединяют к впускному отверстию насоса штуцером.

Стартером проворачивают коленчатый вал двигателя на несколько оборотов, измеряют давление, которое у исправного насоса должно составлять 50–45 МПа. Если снижение давле-

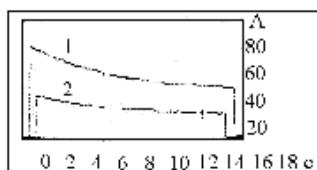


Рис. 1.34. Зависимости силы тока (А) от времени (с):

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

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

Диагностирование систем питания дизельных двигателей включает в себя проверку герметичности системы и состояния топливных и воздушных фильтров, проверку топливоподкачивающего насоса, а также насоса высокого давления и форсунок.

Схема питания двигателей ЯМЗ-238 приведена на рис. 1.35.

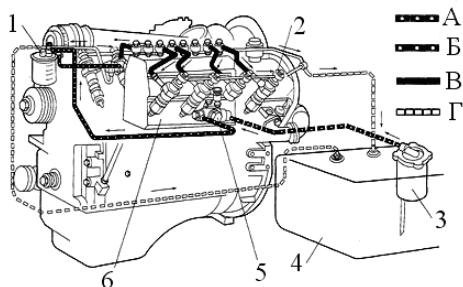


Рис. 1.35. Схема питания двигателя топливом

того чтобы можно было различать 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 исправны и должны быть заменены. Если напряжение отсутствует, необходимо проверить

На рис. 1.35 приняты следующие обозначения: 1 – фильтр тонкой очистки; 2 – форсунка; 3 – фильтр грубой очистки топлива; 4 – топливный бак; 5 – топливоподкачивающий насос; 6 – топливный насос высокого давления; А – всасывающая магистраль; Б – низкое давление; В – высокое давление; Г – слив излишков топлива в бак.

1.8.2.2. Диагностирование фильтров и герметичности системы питания

При оценке воздухоподачи измеряют засоренность воздухоочистителя и герметичность впускного тракта. Засоренность воздухоочистителя определяют визуально и по разрежению во всасывающем коллекторе при помощи специального сигнализатора **ОР-9928** или стандартного вакуумметра. Сигнализатор засоренности (рис. 1.36) состоит из цилиндрического корпуса с прозрачным окном. Внутри корпуса перемещается поршень, прикрепленный к эластичной подпружиненной диафрагме, на которую с одной стороны действует атмосферное давление, а с другой – разрежение во всасывающем коллекторе. Сигнализатор устанавливают в специально выполненное резьбовое отверстие во всасывающем коллекторе. Для включения сигнализатора

нажимают на стержень 1, при этом диафрагма 2 через клапан 7 соединяется с полостью всасывающего коллектора и поршень 3 под воздействием разрежения перемещается вниз. Красная полоса, появившаяся на поршне, сигнализирует о недопустимом разрежении. По мере засорения воздушного фильтра увеличивается степень разрежения во впускных трубопроводах двигателя и при достижении давления в 7 кПа индикатор срабатывает (красный барабан закрывает окно индикатора и не возвращается в исходное положение после останова двигателя), что свидетельствует о необходимости технического обслуживания воздушного фильтра. Индикатор соединяют с контрольным отверстием на впускном коллекторе с помощью резинового наконечника. Степень засоренности воздушного фильтра определяют при работе двигателя на максимальной частоте вращения коленчатого вала в режиме холостого хода.

Индикатор включают нажатием на стержень 1, который открывает клапан 7 и соединяет камеру 8 с впускным трубопроводом. Камера 8 сообщается с окружающей средой, поэтому положение поршня 3 относительно смотрового окна корпуса 4 определяет сопротивление воздушного фильтра. Полное перекрытие окна поршнем происходит при давлении во впускном трубопроводе более 70 кПа, что сигнализирует о предельной засоренности воздушного фильтра.

После переборки топливopодкачивающего насоса при испытаниях на специальном стенде он должен обеспечивать при частоте вращения коленчатого вала 1050 мин⁻¹ разрежение не менее 50 кПа, давление не менее 400 кПа и подачу топлива не меньше 0,025 мл на 100 рабочих ходов (для восьмицилиндровых двигателей марок «МАЗ» и «КамАЗ»).

Состояние сухих воздушных фильтров, устанавливаемых на последних моделях автомобилей, проверяют по разрежению за фильтром с помощью водяного пьезометра (не более 700 мм вод. ст.).

Состояние топливных фильтров проверяют на холостом ходу двигателя по давлению за фильтром (не менее 150 кПа), а более точно – по перепаду давлений перед фильтром и за ним (не более 20 кПа).

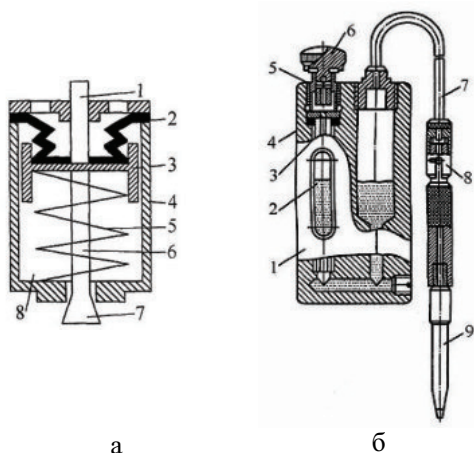


Рис. 1.36. Схема сигнализатора засоренности воздухоочистителя ОР-9928 (а) и индикатора герметичности воздушного тракта КИ-4870 (б):

а: 1 – стержень; 2 – диафрагма; 3 – поршень; 4 – корпус; 5 – пружина; 6 – шток; 7 – обратный клапан; 8 – камера;

б: 1 – корпус; 2 – контрольное окно; 3 – водомерная трубка; 4 – прокладка; 5 – отверстие; 6 – винт; 7 – резиновая трубка; 8 – вилка; 9 – съемный наконечник

Более низкое давление свидетельствует о неисправной работе топливopодкачивающего насоса.

Герметичность системы питания дизельного двигателя имеет особое значение. Так, подсос воздуха во впускной части системы (от бака до топливopодкачивающего насоса) приводит к нарушению работы топливopодающей аппаратуры, а негерметичность части системы, находящейся под давлением (от топливopодкачивающего насоса до форсунок), вызывает подтекание и перерасход топлива.

Негерметичность части системы питания, находящейся под высоким давлением, проверяется визуальнo по подтеканию топлива при работающем двигателе.

Герметичность воздушного тракта определяют по наличию разрежения в местах соединения трубопроводов. Применяющийся для этого индикатор КИ-4870 (рис. 1.36) представляет собой жидкостный U-образный вакуумметр, одна полость которого соединена с атмосферой, а другая через резиновую трубку 7 и съемный наконечник 9 – с местами возможного подсоса воздуха. Корпус индикатора удерживается вертикальнo и при наличии разрежения уровень жидкости в окне 2 понижается.

Герметичность системы питания двигателя автомобилей КамАЗ-5410, КамАЗ-4310 и КамАЗ-5511 производится воздухом. Устройства и порядок проверки герметичности соединений на автомобилях КамАЗ-5320 описаны в работе [4].

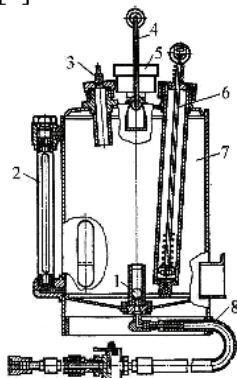


Рис. 1.37. Бачок для проверки герметичности топливной системы дизеля:

1 – клапан; 2 – топливомерная трубка; 3 – кран для выпуска воздуха; 4 – рукоятка; 5 – манометр; 6 – воздушный насос; 7 – бачок; 8 – шланг

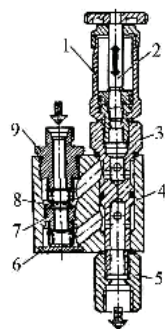


Рис. 1.38. Ручной топливopодкачивающий насос;

1 – цилиндр; 2 – рукоятка насоса с поршнем; 3, 5 – штуцеры; 4 – корпус; 6 – пружина; 7 – нагнетательный клапан; 8 – пластинчатая пружина; 9 – всасывающий клапан

Впускную часть топливной магистрали проверяют на герметичность с помощью специального прибора-бачка. Для этого отсоединяют от топливного бака топливопровод, отводящий излишек топлива, герметизируют его заглушкой, затем отсоединяют от бака подающий топливопровод и присоединяют к нему шланг бачка (рис. 1.37). Топливо из частично заполненного бачка подают в систему под давлением 0,3 МПа, которое предварительно

создается имеющимся в бачке воздушным насосом. Негерметичность топливопроводов обнаруживают по появлению в местах соединений пузырьков воздуха и подтеканию топлива.

Часть магистрали, находящуюся под низким давлением, можно проверить распрессовкой ручным топливоподкачивающим насосом (рис. 1.38) или визуально при работе двигателя на частоте вращения холостого хода.

1.8.2.3. Регулировочные работы по системам питания карбюраторного и дизельного двигателей

Перед началом регулировочных работ необходимо устранить выявленные при проверке систем неисправности. Наиболее характерными и для карбюраторного, и для дизельного двигателей являются устранение негерметичности в топливопроводах и агрегатах, промывка и очистка топливных и воздушных фильтров.

В карбюраторном двигателе регулируют уровень топлива в поплавковой камере, для чего изменяют число прокладок под гнездом игольчатого клапана или изгибают рычажок поплавка, упирающийся в иглу. Жиклеры, не соответствующие по пропускной способности, заменяют. Регулировку карбюраторов проводят на минимальной частоте вращения холостого хода при прогревом двигателя. До ее начала необходимо убедиться в отсутствии подсосов во впускном трубопроводе. Минимальной частоты добиваются поочередным вывертыванием и заворачиванием винта качества смеси и упорного винта дросселя, подбирая наиболее выгодное их положение, соответствующее наименьшей устойчивой частоте. При правильной регулировке карбюраторный двигатель должен устойчиво работать при 400–600 мин⁻¹ коленчатого вала.

У дизельного двигателя проводят регулировку топливного насоса высокого давления и форсунок. Количество топлива, подаваемого секцией, регулируют, вращая плунжер вместе с поворотной втулкой относительно зубчатого венца и изменяя тем самым активный ход плунжера. Момент начала подачи топлива секцией регулируют, ввертывая или заворачивая регулировочные болты толкателя. Давление впрыска форсунки регулируют путем изменения толщины регулировочных шайб, установленных под пружину (у двигателей 740 КамАЗ), или с помощью регулировочной гайки (у двигателей ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238).

Контрольные вопросы

1. Какие основные диагностические признаки неисправностей системы питания карбюраторных двигателей?
2. Привести методы и средства контроля топливного насоса двигателя.
3. Какие системы и элементы необходимо проверять при диагностировании карбюраторов?
4. Как контролируют техническое состояние системы пуска реального двигателя?
5. Как диагностируют фильтры и герметичность системы питания дизельного двигателя?

1.9. Диагностирование топливной аппаратуры

1.9.1. Топливная система с механическим управлением подачи топлива

Топливная аппаратура должна обеспечивать минимальный расход топлива при допустимых значениях выброса токсичных компонентов с отработавшими газами и уровнем шума. Эта задача решается оптимизацией начала впрыска, цикловой подачи и качеством распыления топлива в зависимости от загрузки двигателя и условий его работы.

Основными параметрами, характеризующими техническое состояние топливной аппаратуры (рис. 1.39), являются: давление впрыска и качество распыления топлива форсунками, производительность подкачивающего насоса и элементов топливного насоса высокого давления, износ плунжерных пар и клапанов, угол опережения подачи топлива, состояние фильтров грубой и тонкой очистки. Проверке в первую очередь подвергают фильтр тонкой очистки, перепускной клапан и подкачивающий насос. Давление перед фильтром должно быть не менее 0,09 МПа, а после фильтра – в пределах 0,06-0,08 МПа.

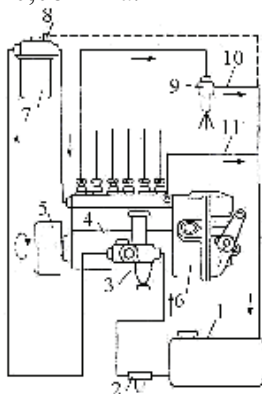


Рис. 1.39. Топливная система с механическим управлением подачи топлива

На рис. 1.39 цифрами обозначены: 1 – топливный бак; 2 – фильтр грубой очистки; 3 – топливоподкачивающий насос; 4 – топливный насос высокого давления; 5 – муфта опережения угла впрыскивания; 6 – регулятор; 7 – фильтр тонкой очистки; 8 – перепускной клапан; 9 – форсунка; 10 – линия возврата топлива; 11 – линия избыточного потока топлива.

Одной из главных причин отказов топливной системы является неисправность форсунок. При диагностировании двигателя применяют два варианта проверки технического состояния форсунок: со снятием с двигателя и без снятия с использованием приспособления, которое позволяет определять давление и ка-

чество распыливания топлива форсункой. Для разных двигателей давление срабатывания равно 13-21 МПа. Качество распыливания определяется стетоскопом при нагнетании топлива в форсунку приспособлением. Впрыск сопровождается четким характерным звуком удара иглы форсунки в седле. Проверяют также герметичность форсунки. Снижение давления с 28 до 23 МПа должно продолжаться не менее 5 с. Для проверки работоспособности форсунок применяют также максиметры.

При проверке работоспособности топливного насоса давление, развиваемое каждой плунжерной парой, должно быть не менее 30 МПа. Если оно меньше, то насос отправляют в ремонт. Герметичность нагнетательного клапана проверяется при давлении 15 МПа, по достижении которого от-

ключают подачу топлива. Если время падения давления до 10 МПа не более 10 с, то насос отправляется в ремонт.

При диагностировании топливной системы проверяют угол опережения подачи топлива, который оказывает влияние на полноту и качество сгорания топлива.

Уровень дыма в отработавших газах определяют прибором. На процесс воспламенения смеси наряду с системой топливоподачи большое влияние оказывает система подачи воздуха. Основным элементом подачи воздуха является воздухоочиститель, характеристики которого по мере загрязнения ухудшаются. Степень засоренности воздухоочистителя характеризуется разрежением во впускном воздушном тракте.

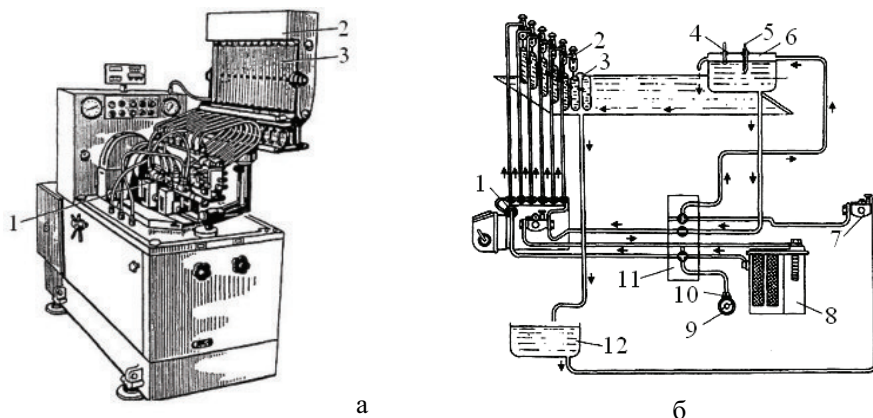


Рис. 1.40. Общий вид стенда СТДА-1 для контроля дизельной топливной аппаратуры (а) и его гидравлическая схема (б):

а: 1 – ТНВД, закрепленный на стенде; 2 – место для установки форсунок; 3 – контрольные колбы (мензурки); б: 1 – ТНВД; 2 – форсунка; 3 – мерные цилиндры; 4 – указатель уровня топлива; 5 – термометр; 6 – верхний топливный бак; 7 – топливоподкачивающий насос; 8 – топливный фильтр; 9 – манометр; 10 – демпфер; 11 – распределитель топлива; 12 – нижний топливный бак

Топливоподкачивающий насос и насос высокого давления дизельной топливной аппаратуры проверяют на стендах СТДА-1 (рис. 1.40), КИ-15711 и компьютеризованных ДД10-04А и ДД10-05Э. Эти стенды состоят из привода насоса, измерительного блока с мензурками для определения подачи каждой секции, устройства для измерения угла опережения впрыска и системы подачи топлива. Стенды различаются способом изменения частоты вращения вала привода насоса (электрический, механический, гидравлический), числом секций, которые можно испытать, конструкцией устройства для измерения угла опережения впрыска топлива и электрическими или электронными системами автоматизации контроля технического состояния.

Стенд СТДА-1 работает по принципу количественного измерения с применением мерных мензурок. Производится подача топлива в мерные мензурки, причем по одной на каждую секцию ТНВД. Поток топлива прерывается после нескольких тактов нагнетания. С помощью градуировки на мензурках оператор стенда визуально производит измерение количества то-

плива, подаваемого испытательными форсунками с точно настроенными давлениями открытия [4].

При испытаниях и регулировке на стенде СТДА-1 исправный топливopодкачивающий насос должен иметь определенную производительность при заданном противодавлении и давлении при полностью перекрытом топливном канале (для двигателя ЯМЗ-236 при 1050 мин^{-1} валика стенда производительность должна быть не менее $2,2 \text{ л/мин}$ при противодавлении $150\text{--}170 \text{ кПа}$ и давлении при полностью перекрытом канале 380 кПа). Топливный насос высокого давления проверяют на начало, равномерность и величину подачи топлива в цилиндры двигателя. Для определения начала подачи топлива применяют моментоскопы – стеклянные трубки с внутренним диаметром $1,5\text{--}2,0 \text{ мм}$, устанавливаемые на выходном штуцере насоса, и градуированный диск (лимб), который крепится к валу насоса. При вращивании вала секции насоса подают топливо в трубки моментоскопов. Момент начала движения топлива в трубке первого цилиндра фиксируют по градуированному диску. Это положение принимают за 0° – начало отсчета. Подача топлива в последующие цилиндры должна происходить через определенные углы поворота вала в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя. Для двигателя 740 автомобиля КамАЗ порядок работы цилиндров 1-5-4-2-6-3-7-8, подача топлива в пятый цилиндр (секцией насоса 8) должна происходить через 45° , в четвертый (секцией 4) – через 90° , во второй (секцией 5) – 135° , в шестой (секцией 7) – 180° , в третий (секцией 3) – 225° , в седьмой (секцией 6) – 270° и в восьмой (секцией 2) – 315° . При этом допускается неточность интервала между началом подачи топлива каждой секцией относительно первой не более $0,5^\circ$.

Момент начала подачи топлива секциями ТНВД зависит от правильности установки муфты опережения впрыска (МОВ) относительно привода, то есть совпадения контрольных меток с соответствующими делениями на шкалах, градуированных в градусах по углу поворота коленчатого вала (КВ). В двигателях автомобилей КамАЗ имеется дополнительное устройство в виде фиксатора маховика для установки коленчатого вала двигателя (а следовательно, и привода МОВ) в положение, соответствующее началу подачи топлива первой секцией ТНВД в первый цилиндр двигателя.

В момент начала нагнетания топлива первой секцией метки на муфте опережения впрыска топлива и корпусе насоса должны совпасть.

Если угол поворота кулачкового вала насоса принять за 0° , то остальные секции должны начинать подачу топлива в следующем порядке: вторая секция – угол поворота 45° ; восьмая – 90° ; четвертая – 135° ; третья – 180° ; шестая – 225° ; пятая – 270° ; седьмая – 315° . Предельная величина допуска не более $\pm 30'$.

Угол начала подачи топлива в дизелях (по углу поворота коленчатого вала в градусах) имеет еще большее значение, чем угол опережения зажигания в карбюраторных двигателях, так как при слишком ранней подаче и при слишком поздней впрыск топлива форсункой в камеру сгорания будет происходить при пониженной компрессии, что нарушит процесс нормального смесеобразования.

Для проверки правильности установки момента начала подачи топлива и угла опережения впрыска и подсоединения ТНВД с муфтой опережения впрыска (МОВ) к приводу, помимо контроля совпадения различных меток и указателей с нужным градусом на шкалах, необходимо вместо трубопровода высокого давления подсоединить к первой секции ТНВД моментоскоп (рис. 1.41, 1.42) и медленно поворачивать рычагом специального приспособления КВ вместе с приводом ТНВД, подсоединяемого обычно с помощью болтов к МОВ, пока топливо не начнет подниматься в стеклянной трубке моментоскопа, что и будет означать момент начала подачи топлива первой секцией. Если он будет слишком ранним или поздним – необходимо отвернуть болты крепления или, поворачивая корпус МОВ, изменить ее положение в соответствующую сторону относительно привода. После этого следует завернуть болты и произвести проверку еще раз. В большинстве моделей дизелей угол момента начала подачи топлива составляет $17-20^\circ$ (до ВМТ, по углу поворота КВ). При низких температурах угол опережения увеличивают на $3-5^\circ$. При использовании **моментоскопа КИ-4941** не требуется поддержка рукой в ходе проверки; он также предотвращает разбрызгивание топлива по поверхности двигателя.

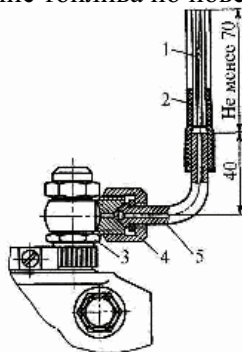


Рис. 1.41. Моментоскоп:

1 – стеклянная трубка; 2 – резиновая трубка; 3 – топливопровод; 4 – накидная гайка; 5 – штуцер секции топливного насоса

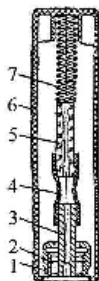


Рис. 1.42. Моментоскоп модели КИ-4941:

1 – штуцер; 2 – уплотнение; 3 – топливоподающая трубка; 4 – соединительная трубка; 5 – контрольная стеклянная трубка; 6 – жесткий корпус; 7 – пружина

Прибор обеспечивает проверку и регулировку установочного угла опережения впрыска топлива, а также минимальной и максимальной частоты вращения коленчатого вала дизеля. Проверка электрооборудования включает в себя контроль напряжения аккумуляторной батареи, тока заряда и тока стартера.

Для определения угла опережения впрыска топлива на топливопровод первого цилиндра в 30-50 мм от накидной гайки штуцера ТНВД устанавливают накладной пьезодатчик, преобразующий увеличение давления топлива при впрыске в электрический сигнал. Освещая стробоскопом дизель-тестера

Показанные моментоскопы позволяют определять угол опережения впрыска топлива без снятия с дизеля (автомобиля).

Более совершенным методом определения угла опережения впрыска топлива является фиксация пульсации давления в топливопроводе высокого давления. Этот метод положен в основу работы дизель-тестера К296, предназначенного для проверки топливной аппаратуры и электрооборудования дизелей.

контрольные метки на вращающихся частях двигателя (шкиве коленчатого вала, маховике и др.), устанавливают момент его запуска, соответствующий ВМТ в первом цилиндре. При этом разность углов поворота между сигналами впрыска и ВМТ, соответствующая углу опережения впрыска топлива, отображается на цифровой шкале прибора.

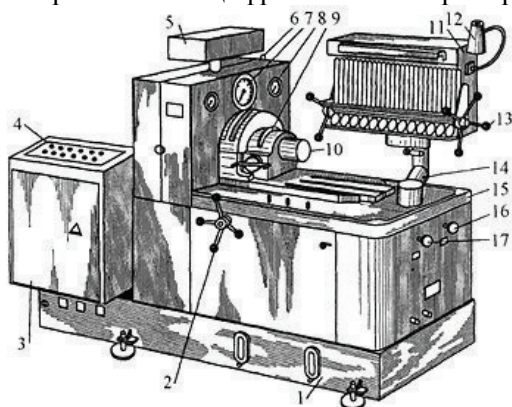


Рис. 1.43. Стенд для испытания дизельной топливной аппаратуры КИ-15711:

1 – основание; 2 – штурвал; 3 – электрошкаф; 4 – пульт управления; 5 – блок электроники; 6, 8 – манометр; 7 – термометр; 9 – маховичок; 10 – соединительная муфта; 11 – мерный блок; 12 – светильник; 13 – рукоятка; 14 – поворотный кронштейн; 15 – плита; 16, 17 – дроссель

штурвала 2. Частота вращения контролируется блоком электроники 5, который также устанавливает число циклов для измерения подачи насоса. Топливо из секций ТНВД поступает в мерный блок 11, где через форсунки впрыскивается в отстойники, а затем подается в измерительные мензурки. Для измерения углов начала и конца впрыска топлива осветителем стробоскопа, входящим в комплект стенда, освещают стеклянный отстойник, в котором установлена форсунка. Изменяя момент зажигания стробоскопа при помощи маховичка 9, добиваются появления изображения факела топлива из распылителя форсунки. Затем осветителем стробоскопа освещают маховик приводного вала, на котором нанесены угловые отметки, и определяют угол начала впрыска топлива.

Для диагностирования подкачивающего насоса ТНВД, фильтра тонкой очистки (ФТО) и перепускного клапана используют **прибор модели КИ-4801** (рис. 1.44). Один из наконечников прибора подсоединяют к нагнетательной магистрали подкачивающего насоса перед ФТО, а другой – между ФТО и ТНВД. Запускают двигатель и при максимальной подаче топлива измеряют давление до и после ФТО – если давление за фильтром ниже $0,6 \text{ кгс/см}^2$ (при нормальном давлении перед фильтром, развиваемым подкачивающим насосом – $1,4\text{--}1,6 \text{ кгс/см}^2$) – это свидетельствует о засорении

Контроль технического состояния насосов на отечественных стендах.

Стенд КИ-15711 (рис. 1.43) предназначен для испытания ТНВД с числом секций до 12, позволяет измерить следующие параметры: количество и равномерность подачи топлива, давление открытия нагнетательных клапанов, углы начала и конца впрыска топлива, характеристики автоматической муфты опережения впрыска. Стенд включает в себя электродвигатель и систему гидропривода, состоящего из гидронасоса и гидромотора с изменяемыми рабочими объемами, что позволяет в широких пределах изменять скорость вращения его вала при помощи

ФТО. Если давление, развиваемое подкачивающим насосом (перед ФТО), ниже $0,8 \text{ кгс/см}^2$ – насос подлежит замене.

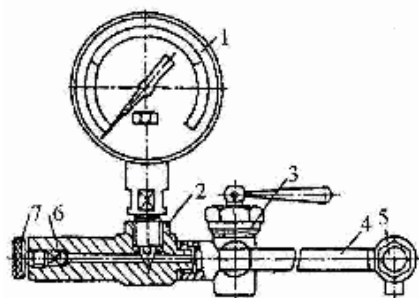


Рис. 1.44. Прибор КИ-4801 для измерения давления в системе топливоподдачи низкого давления перед ТНВД

На рис. 1.44. цифрами обозначены: 1 – манометр; 2 – переходник; 3 – кран; 4 – топливопровод; 5 – соединительный штуцер; 6 – шарик; 7 – винт.

Оценку состояния системы низкого давления (топливоподкачивающий насос, перепускной клапан и фильтр тонкой очистки топлива) можно провести с помощью приспособления **КИ-13943**. Это приспособление представляет собой манометр, вход которого через демпфер, резинотканевый шланг и специальные наконечники соединяется со входом фильтра тонкой

очистки. При выключенной подаче топлива, поворачивая коленчатый вал двигателя, наблюдают за показаниями манометра. Если стрелка манометра совершает периодические колебания и максимальное показание не превышает $0,4 \text{ МПа}$, заменяют или регулируют перепускной клапан. Если давление постоянное, но не более $0,07 \text{ МПа}$, заменяют топливоподкачивающий насос.

Для проверки фильтра тонкой очистки открывают кран для выпуска воздуха и нагнетают топливо ручным подкачивающим насосом. Если при этом его давление более $0,08 \text{ МПа}$, фильтр считается загрязненным.

Стенды КИ-22205 и КИ-921МТ (табл. 1.8) предназначены для проверки 8-секционных топливных насосов, модификации КИ-22205-01 (КИ-22205-02, КИ-22205-06, КИ-22205-07) – для 12-секционных топливных насосов. Для регулировки ТНВД автомобилей КрАЗ и КамАЗ предназначен стенд КИ-921МТ.

Таблица 1.8

Технические характеристики стендов для проверки ТНВД

Характеристики	КИ-22205-06	КИ-921МТ
Число испытываемых секций, шт	12	8
Диапазон регулирования частоты вращения, мин^{-1}	50-1700	120-1600
Установленная мощность, кВт	5,6	3
Габаритные размеры, мм	1250×950×1850	1250×950×1850
Масса, кг	750	470

Количество топлива, подаваемого в цилиндр каждой из секций насоса при испытании на стенде, определяют с помощью мерных мензурок. Для этого насос устанавливают на стенд и вал насоса приводится во вращение электродвигателем стенда. Испытание проводится совместно с комплектом исправных и отрегулированных форсунок, которые соединяются с секциями насоса трубопроводами высокого давления одинаковой длины ($600 \pm 2 \text{ мм}$).

Количество подаваемого топлива проверяют на эталонных форсунках. Величина цикловой подачи (количество топлива, подаваемого секцией за один ход плунжера) для двигателя 740 КамАЗ должна составлять 72,5-75,0 мм³/цикл.

Неравномерность δ подачи топлива секциями насоса не должна превышать 5%. Определяют δ по формуле

$$\delta = \frac{(v_{\max} - v_{\min})^2}{v_{\max} + v_{\min}} \cdot 100\%, \quad (1.8)$$

где $v_{\max}$ – цикловая подача секции с максимальной производительностью, мм³; $v_{\min}$ – цикловая подача секции с минимальной производительностью, мм³.

От качества топлива зависит полнота его сгорания, коэффициент полезного действия двигателя. При неполном сгорании топлива происходит загрязнение всей топливной системы и, как следствие, увеличение расхода топлива, детонация, ухудшение динамики автомобиля, провалы при ускорении, затрудненный пуск двигателя, повышенный уровень СО, СН в отработавших газах, преждевременный выход из строя агрегатов и деталей топливной системы.

В топливной системе наиболее подвержены загрязнению следующие элементы:

- форсунки, клапаны и камера сгорания;
- устройства распределения топлива;
- регулятор давления, топливопроводы, воздушный коллектор;
- топливные и воздушные каналы, регулировочные винты;
- топливные жиклеры.

Наибольшему загрязнению подвержены форсунки. Это объясняется тем, что они располагаются в зоне действия высоких температур. Это приводит к их закоксовыванию содержащимися в топливе смолами, образованию на форсунках твердых отложений, перекрывающих (частично или полностью) распылительные отверстия и нарушающих герметичность игольчатого клапана. Кроме того, общее загрязнение топливной системы (бака, трубопроводов, фильтра и т. д.) приводит к засорению частичками шлама каналов и фильтра форсунки.

1.9.2. Контроль состояния форсунок двигателей

Производители создали множество форсунок различных типов: электромагнитные, механические, высокого и низкого давления. Разнообразие форсунок определяется наличием различных требований к параметрам впрыска.

Форсунки проверяют на качество распыливания топлива, герметичность, а также контролируют давление начала впрыска (подъема иглы распылителя). Для этого прекращают подачу топлива к форсунке, ослабляя затяжку накидной гайки, соединяющей штуцер секции насоса с топливопро-

водом высокого давления. Если после этого частота вращения коленчатого вала уменьшится, а дымность не изменится, то проверяемая форсунка исправна.

Предварительно форсунки проверяют непосредственно на работающем двигателе последовательным выключением цилиндров. Для этого ослабляют накидную гайку у штуцера проверяемой форсунки с тем, чтобы топливо вытекало наружу, не поступая в форсунку, и цилиндр таким образом выключается. Если выключенная форсунка исправна, перебои в работе двигателя увеличатся, частота вращения коленчатого вала уменьшится, а дымление выпуска не станет меньше. Наоборот, если форсунка неисправна, характер работы двигателя не изменится, а дымность выпуска уменьшится. В этом случае форсунку снимают.

Проверку форсунок без снятия с дизеля производят приспособлением **КИ-16301А**. Давление начала впрыска и герметичность распылителя определяют по описанной ранее методике. Качество распыливания топлива оценивают по звуку, нагнетая насосом топливо в форсунку со скоростью 70-80 качков в минуту. Нормальная работа форсунки при впрыске топлива сопровождается четким прерывистым звуком.

Форсунки, снятые с дизеля, проверяют на стенде **М-106** или прибором **КИ-15706**, который состоит из корпуса, служащего также баком для топлива, ручного топливного насоса на базе плунжерной пары, манометра и камеры впрыскивания с вентилятором. Форсунка устанавливается в камеру и подключается к выходу насоса. Перемещая рукоятку насоса со скоростью 35-40 качков в минуту, по максимальным показаниям манометра определяют давление начала впрыска топлива. При этом качество распыливания топлива оценивается визуально. После снижения давления на 2 МПа включают секундомер. Если за 20 с давление падает больше, чем на 1,5 МПа, герметичность распылителя не соответствует норме.

Герметичность, давление начала поднятия иглы и качество распыления топлива контролируют на стенде **КИ-1609** (рис. 1.45). Стенд состоит из топливного бачка, секции топливного насоса высокого давления и манометра с пределами измерения до 40 МПа. Плунжер секции насоса приводится в движение вручную с помощью рычага. Для проверки форсунки на герметичность затягивают ее регулировочный винт, после чего с помощью секции насоса стенда создают в ней давление до 30 МПа и определяют время падения давления от 30,0 до 23,0 МПа. Время падения давления для изношенных форсунок не должно быть менее 5 с. Для форсунок с новым распылителем оно составляет не менее 20 с. На том же приборе проверяют давление начала подъема иглы форсунки. Для этого в установленной на стенд форсунке с помощью секции насоса прибора повышают давление и определяют его величину, соответствующую началу впрыска топлива.

По аналогичному принципу работают приборы **КИ-3333А**, **КИ-562**, **КИ-1404**.

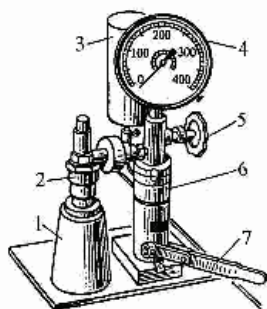


Рис. 1.45. Прибор для проверки и регулировки форсунок:

1 — защитный прозрачный колпак-сборник топлива; 2 — проверяемая форсунка; 3 — бак-чоч для топлива; 4 — манометр; 5 — запорный вентиль; 6 — корпус прибора; 7 — рычаг

Стенд КИ-3333 предназначен для проверки и регулировки всех типов гидроуправляемых форсунок автотракторных дизелей. Схема стенда КИ-3333 представлена на рис. 1.46.

Топливо из бака 3 через фильтр тонкой очистки 4 поступает в насос плунжера 6 с ручным приводом 5. Насос нагнетает топливо через расходный кран 19, гидроаккумулятор 12 и через подающий топливопровод 17 в испытываемую форсунку 11. Кран 19 служит для регуляции расхода топлива, а гидроаккумулятор 12 — для сглаживания пульсаций давления, создаваемых насосом. В закрытом положении (как показано на рис. 1.46) кран 19 прекращает выход топлива из насоса

Для измерения давления предназначен манометр 16, который подключается к гидросистеме стенда с помощью крана 18. Испытуемая форсунка 11 размещается в кронштейне 10 таким образом, чтобы распылитель форсунки располагался в камере впрыска 9, и закрепляется винтом 15. Камера впрыска 9 выполнена из прозрачной пластмассы, имеет подсветку от электрической лампы 14, которая включается с помощью выключателя 13. Пары топлива из камеры впрыска отсасываются вентилятором 8, конденсируются и возвращаются в бак 3.

Вентилятор приводится в действие воздушной турбиной 7, сжатый воздух к которой подается через расходный кран 1.

Стенд В-13м предназначен для проверки и регулировки всех типов гидроуправляемых форсунок, а также насосных форсунок автотракторных дизелей. Схема стенда В-13м приведена на рис. 1.47.

Топливо из бака 1 через фильтр тонкой очистки 2 поступает в насос плунжера 4 с ручным приводом 3. Насос нагнетает топливо в распределительный кран 5. Кран в открытом положении пропускает топливо, подает его через топливопровод 6 к испытываемой форсунке 7 или через топливопровод 12 к испытываемой насосной форсунке 13 и к крану 11. При проверке форсунок один из топливопроводов должен быть заглушен (как показано на рис. 1.47),

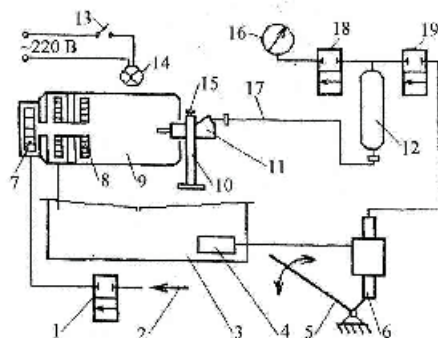


Рис. 1.46. Схема стенда КИ-3333 для проверки гидроуправляемых форсунок дизельных двигателей

например, топливопровод 12. В закрытом положении кран 5 запирает выход топлива из насоса. Кран 11 в закрытом положении разъединяет гидросистему стенда с дренажным выходом в топливный бак. В открытом положении кран 11 сбрасывает избыточное давление в гидросистеме в атмосферу. Для измерения давления топлива предназначен манометр 15. Кран 10 предназначен для подключения или отключения гидроаккумулятора 9. Для предоставления тестового влияния на насос-форсунку стенд оснащен ручным приводом 14.

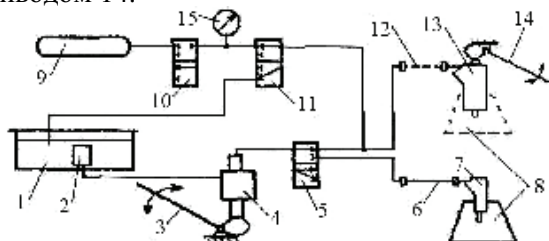


Рис. 1.47. Схема стенда В-13м для проверки насосных форсунок

При помощи этих приборов проверяют качество распыливания топлива форсункой. Топливо, выходящее из сопел распылителя, должно распыляться до туманообразного состояния и равномерно распределяться по всему конусу распыления.

Еще одним важным фактором, влияющим на качество смесеобразования в камере сгорания дизеля, а, следовательно, и на процесс сгорания, является давление впрыска (давление начала подъема запорной иглы) форсунок. Оно должно составлять для двигателей ЯМЗ 16,5-17 МПа ($165-170 \text{ кгс/см}^2$); для двигателей КамАЗ и ЗИЛ-4331 – 18,5 МПа (185 кгс/см^2). В процессе эксплуатации жесткость рабочей пружины форсунки снижается и, следовательно, снижается и давление впрыска. Кроме того, момент впрыска топлива будет происходить при этом чуть раньше, что тоже нарушит нормальную работу двигателя. Поэтому в ходе диагностических работ проверка давления впрыска форсунок обязательна.

Давление впрыска или начала подъема иглы форсунки проверяют по его значению в момент впрыска топлива. Для этого ввертывают до упора запорный вентиль 5 и рычагом насоса медленно повышают давление до 12,5 МПа (см. рис. 1.45), после чего повышают его со скоростью 0,5 МПа в секунду и наблюдают за началом впрыска топлива. У двигателей ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238 начало впрыска топлива форсункой должно происходить при давлении $15 \pm 0,5$ МПа. Регулируют форсунку регулировочным винтом, изменяя натяжение пружины, прижимающей иглу к отверстию распылителя.

Качество распыления топлива форсункой проверяют при закрытом запорном вентиле 5 манометра 4, пользуясь рычагом 7 насоса (рис. 1.45), производят несколько резких качков и наблюдают за характером впрыска. Топливо, выходящее из сопел распылителя, должно разбрызгиваться до туманообразного состояния. Угол конуса распыления контролируют по линиям на защитном колпаке. Понижение давления при впрыске топлива должно быть в пределах 0,8-1,7 МПа, при этом подтекание топлива не допускается. Начало и конец впрыска характеризуются резким звуком (треском).

На работающем двигателе давление начала подъема иглы можно определить с помощью максиметра (рис. 1.48), который по принципу действия аналогичен форсунке, но регулировочная гайка имеет микрометрическое устройство с нониусной шкалой, позволяющее точно фиксировать давление начала подъема иглы. Этот прибор устанавливают между секцией топливного насоса высокого давления и проверяемой форсункой.

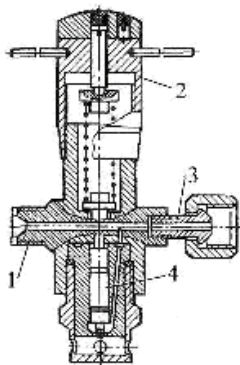


Рис. 1.48. Максиметр:

1, 3 – штуцеры; 2 – микрометрическая головка; 4 – игла распылителя

Штуцер 3 максиметра присоединяют к штуцеру секции ТНВД, а штуцер 1 присоединяют через короткий топливопровод к форсунке. Микрометрической головкой 2 устанавливают на шкале максиметра требуемое давление подъема иглы 4 распылителя (для двигателя ЗИЛ-645 – 18,5 МПа). Затем ослабляют затяжку накидных гаек всех топливопроводов высокого давления и проворачивают коленчатый вал двигателя стартером. Добившись одновременно впрыска топлива форсункой и максиметром, по положению микрометрического устройства определяют, при каком давлении он происходит.

Если моменты начала впрыска топлива через максиметр и форсунки совпадают, форсунка исправна. Если впрыск топлива через форсунку начинается раньше, чем через максиметр, то давление начала подъема иглы распылителя форсунки ниже, чем максиметра, и наоборот.

Снятая форсунка проверяется:

- на герметичность при давлении 30 МПа (время падения давления от 28 до 23 МПа должно быть не менее 8 с);
- на начало подъема давления (давление впрыска), которое должно составлять $16,5 \pm 0,5$ МПа для двигателей марки «КамАЗ» и $14,7 \pm 0,5$ МПа для двигателей марки «ЯМЗ»;
- на качество распыла, который должен быть четким, туманообразным и ровным по поперечному сечению конуса, при этом должен прослушиваться характерный металлический звук.

Выполнение указанных работ обеспечивает (при правильной регулировке клапанов и хорошей компрессии в цилиндрах двигателя) минимальную дымность и максимальную экономичность работы дизеля.

Тестер для проверки форсунок фирмы «Keldan Technology Ltd» (Австралия) предназначен для экспресс-контроля технического состояния и работы форсунок на работающем двигателе легковых и грузовых автомобилей, автобусов и других транспортных средств. Тестер дает возможность обнаружить засорение иглы или седла форсунки, ослабление или разрыв внутренней пружины, просачивание топлива через корпус форсунки и др.

Прибор состоит из компактного микропроцессорного блока со встроенными съемными элементами питания, датчика с питающим проводом и магнитной зажимной головкой. На передней панели прибора находится 10

индикаторных светодиодов штрихового кода, поворотный переключатель давления в форсунках, кнопка включения и выключения прибора, переключатель быстрой и медленной проверки. Прибор и датчик имеют достаточно прочный корпус. Результаты проверок выдаются в виде закодированной информации (соответствующая цифра на шкале светодиодов).

Для проверки форсунок и прецизионных пар топливного насоса используют устройство **КИ-16301А** (рис. 1.49).

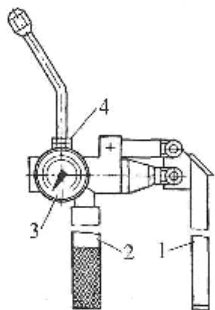


Рис. 1.49. Устройство КИ-16301А для проверки форсунок и прецизионных пар топливного насоса:

1 – приводная ручка; 2 – ручка-резервуар; 3 – манометр; 4 – переходник

Переходник 4 присоединяют к штуцеру форсунки. Приводной ручкой 1 нагнетают топливо в форсунку, совершая 30-40 качков за 1 мин. Давление начала впрыска топлива определяют по манометру 3. Герметичность форсунки проверяют при давлении на 0,1-0,15 МПа меньше давления начала подъема иглы. В течение 15 с топливо не должно проходить через запорный конус распылителя и места уплотнений. Допускается увлажнение носка распылителя без каплепадения.

Для проверки прецизионных пар топливного насоса ручку-резервуар 2 соединяют с топливопроводом высокого давления, идущим от проверяемой секции насоса. При полной подаче топлива проворачивают стартером коленчатый вал двигателя и по манометру определяют давление, создаваемое плунжерной парой топливного насоса. Герметичность нагнетательных клапанов проверяют при неработающем насосе и включенной подаче топлива. Под давлением 0,15-0,20 МПа клапаны в течение 30 с не должны пропускать топливо.

Давление впрыска форсунки регулируют путем изменения толщины регулировочных шайб, установленных под пружину, или с помощью регулировочной гайки.

В последнее время появились приборы, позволяющие осуществлять диагностику без отсоединения топливопроводов от агрегатов.

Устройство КАД-304.40.000 для диагностики дизелей с помощью накладных датчиков австрийской фирмы «AVL» для топливопроводов диаметром 4, 5, 6 и 7 мм, позволяет осуществлять проверку и регулировку минимальной и максимальной частоты вращения коленчатого вала, угла опережения впрыска топлива, проверку работы регулятора частоты вращения, автоматической муфты опережения впрыска топлива, определять состояние нагнетательного клапана, плунжерной пары, распылителя форсунки.

1.9.3. Диагностирование топливной системы вибраакустическими методами

Анализ осциллограмм вибраций корпуса форсунки и топливного насоса, осциллограмм давления топлива показывает, что с помощью диагности-

ческой аппаратуры можно регистрировать прямой и обратный ход иглы распылителя форсунки и удар клапана топливного насоса, а также изменение давления впрыска. В случае зависания иглы распылителя импульсы вибраций исчезают вообще, а при дефектах клапана существенно изменяется частота вибраций.

Измерения вибраций топливной аппаратуры при установке датчика на корпусе форсунки позволяет установить связь между показателями работы топливной аппаратуры и ее виброакустическими характеристиками. Процесс нагнетания топлива в системе подачи сопровождается созданием гидравлического импульса давления с большой скоростью нарастания и малой длительностью, т. е. гидравлическим ударом. Вибрационные процессы, возникающие при нагнетании топлива на корпусе форсунки при впрыскивании, выделенные на резонансной частоте вибропреобразователя (35 кГц) вне зоны собственных колебаний каналов (выше 20 кГц), достаточно точно отражают характер гидравлических и ударных явлений.

Вследствие высокой частоты заполнения вибрационные импульсы характеризуются крутым фронтом нарастания амплитуды, при этом отсутствуют помехи от непроверяемых сопряжений, наблюдается четкое соответствие фазы вибрационных импульсов началу гидравлических импульсов, а структура вибрационных процессов тесно связана с характером протекания гидравлических процессов. Для диагностирования применяется наиболее удобный способ крепления вибропреобразователей на грани гаек топливопровода на насосе и на форсунке с помощью трубины.

Связь параметров вибрационных процессов насоса и форсунки с параметрами состояния топливной системы. В первую очередь к таким параметрам относятся фазовые угол опережения начала нагнетания топлива и угол впрыскивания при допустимой погрешности измерений. Для раскрытия возможностей метода важно также установить соответствие структуры вибрационных процессов характеру процессов, сопровождающих впрыскивание топлива, так как кроме гидравлических явлений при этом происходят ударные взаимодействия иглы с корпусом распылителя и верхней частью корпуса форсунки.

При диагностировании двигателя наиболее удобен режим холостого хода, поэтому диагностирование топливной системы проводят на испытательном стенде в режиме снятия регуляторной характеристики насоса. Упругая волна, распространяющаяся по топливопроводу, предшествует гидравлической волне, потому что обладает большей скоростью распространения. Следует отметить, что уровень этого вибрационного процесса в несколько раз меньше уровня вибрационного отклика на изменение давления у штуцера форсунки. В структуре вибрационного процесса у форсунки благодаря малому времени установления виброударного отклика отражаются все изменения гидравлического процесса и соответствующие ему ударные процессы взаимодействия иглы с корпусом распылителя при малых цикловых подачах и с верхней частью корпуса форсунки при больших цикловых подачах. В зависимости от скоростного режима и цикловой подачи виброударный процесс видоизменяется, что дает основание для получения необ-

ходимой информации о цикловой подаче и качественных параметрах распыливания топлива.

Использование виброударного метода при определении цикловой подачи по параметрам составляющих виброударного процесса секции топливного насоса заключается в выделении из него четко выраженного импульса, соответствующего моменту удара нагнетательного клапана о седло.

К наиболее ценным результатам относится нахождение принципиальной возможности определения углов начала нагнетания топлива для всех секций при одноразовой установке вибропреобразователя.

Оценка параметров впрыскивания топлива. Количество топлива, впрыскиваемого за один рабочий цикл, – самая важная характеристика топливной аппаратуры дизеля. Подачу насосной секции для различных скоростных и нагрузочных режимов следует дозировать с точностью 1,5% номинальной. Подача должна быть стабильной во всех циклах. Обычно подачу за цикл у топливных насосов с импульсной подачей рассчитывают на основании суммарных измерений как среднее значение, для чего определяют объем или массу впрыснутого топлива при заданном числе циклов. Неравномерность отдельных циклов при таких измерениях не всегда можно определить.

Трудности измерения единичных циклов подачи топлива обусловлены тем, что номинальная цикловая подача автотракторных дизелей мала (50–200 мм³), мала также продолжительность впрыскивания (1–4 мс), а подача импульсная с интервалами от 1 с до 50 мс. Очевидно, в данном случае точные измерения возможны только с помощью электронных измерительных средств. В связи с тем, что впрыскивание топлива в дизеле носит импульсный гидроударный характер, можно в данном случае использовать вибрационный метод для измерения параметров впрыскивания топлива. Он заключается в следующем.

Струя топлива на выходе из распылителя форсунки воздействует на пьезоакселерометр, установленный на мембране. Связь сигнала пьезоакселерометра с цикловой подачей топлива устанавливается на основании закона сохранения импульса при ударе струи. Полупериод собственных колебаний мембраны больше возможной максимальной продолжительности впрыскивания. Максимальная амплитуда колебаний пьезоакселерометра на частоте колебаний мембраны (120–125 Гц) будет пропорциональна ударному импульсу струи топлива независимо от формы импульса воздействия. Ударный импульс струи пропорционален цикловой подаче топлива. При использовании калиброванной форсунки и стабилизации частоты вращения вала насоса высокого давления дизеля, выделяя с помощью полосового фильтра частоту собственных колебаний мембраны крепления пьезоакселерометра, можно по максимальной амплитуде сигнала на выходе фильтра оценить цикловую подачу топлива.

Пьезоакселерометр – практически безынерционная система с малым демпфированием. По переднему фронту сигнала пьезоакселерометра относительно опорной точки можно определить угол начала впрыскивания топлива. Использование высокочастотной фильтрации сигнала позволяет изме-

рять фазовые параметры процесса с высокой точностью при минимальном уровне помех.

Интенсивность коротковолновых возмущений в струе топлива определяет качество распиливания. Измеряя амплитуду сигнала пьезоакселерометра на выходе полосового фильтра в ультразвуковой области частот, можно оценить качество распиливания струи топлива. На основании метода можно создать автоматизированную систему измерения параметров впрыскивания топлива, что повысит точность и производительность труда при испытаниях и регулировании дизельной топливной аппаратуры.

Анализ осциллограмм характеристик впрыска показывает, что интенсивность и продолжительность импульса вибрации форсунки изменяются пропорционально цикловой подаче и хорошо согласуются с характеристиками топливоподачи. Вибрации форсунки формируются следующим образом:

- первый импульс – от удара штанги форсунки в момент начала подачи топлива в камеру сгорания;
- последний импульс – от удара конуса иглы распылителя при посадке в гнездо.

Расстояние от отметки ВМТ до первого импульса характеризует угол опережения начала подачи топлива. Расстояние между первым и последним импульсами определяет продолжительность впрыска. Сравнение характеристик процессов впрыска и временных показателей этих процессов при различных подачах показывает, что огибающая импульса вибрации форсунки хорошо согласуется с осциллограммами подъема иглы, давления в нагнетательном трубопроводе и давления под иглой распылителя. Анализ вибраций форсунки показывает, что энергия вибрации в диапазоне частот 12-18 кГц наиболее активно и закономерно изменяется при различных регулировках топливного насоса.

Изменение регулировочных параметров топливной аппаратуры приводит к некоторому изменению виброакустических показателей дефектационных зон блока двигателя. Уменьшение угла опережения подачи топлива приводит к снижению общего уровня вибраций в области цилиндров. При поздней подаче общий уровень вибраций снижается на 6-7%. Значительное изменение давления начала впрыскивания топлива способствует изменению уровню вибраций в области цилиндров до 9%.

При диагностировании топливной аппаратуры по параметрам рабочих процессов анализ ее работоспособности проводится по осциллограммам процессов впрыска путем выделения характерных участков (рис. 1.50). Участок 1 характеризует давление в линии нагнетания перед началом подачи топлива. Постоянство данного давления на установившихся режимах работы дизеля свидетельствует о том, что нагнетательный клапан и игла распылителя работают правильно. Участок 2 показывает начало подачи топлива насосом, а участок 3 – момент открытия нагнетательного клапана и начало формирования волны подачи топлива от насоса к форсунке. На участке 4 происходит падение давления в форсунке в результате подъема иглы распылителя. На участке 5 несколько увеличивается давление топлива в ре-

зультате продолжающегося нагнетательного хода плунжера, а на участке 6 оно падает из-за прекращения подачи топлива насосом. Участок 7 показывает, что игла распылителя закрывается и давление несколько возрастает. Участок 8 – момент закрытия клапана насоса, сопровождающийся удалением некоторого количества топлива из топливопровода, что приводит к резкому снижению давления. На участке 9 происходит затухание колебания давления под влиянием отраженных волн от концов нагнетательного топливопровода.

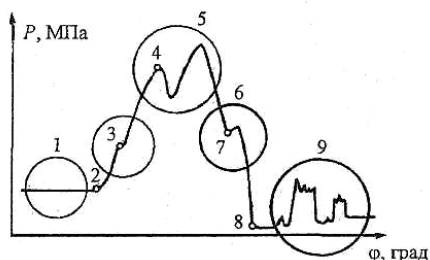


Рис. 1.50. Осциллограмма изменения давления впрыска

стояние перемещения иглы. Величина максимального давления топлива свидетельствует о состоянии отверстий распылителя. По характеру протекания давления на участке 8 определяется исправность работы нагнетательного клапана. По осциллограммам изменения давления топлива определяется ряд других неисправностей насоса и форсунок таких, как плотность в запорном конусе распылителей, прихватывание игл, трещины втулок плунжера и корпусов форсунок, поломки пружин и др.

По осциллограммам протекания давления впрыска топлива и по их расположению относительно отметки ВМТ можно обнаружить большинство неисправностей топливной аппаратуры. В частности, сдвиг максимума осциллограммы относительно ВМТ и наклон участка 2 определяют состояние плунжерных пар, толкателя привода топливного насоса. Ордината участка 4 определяет сос-

1.9.4. Комплексный контроль топливной аппаратуры на стендах

Условия испытания ТНВД жестко регламентированы стандартами ISO, так же как и характеристики испытательного стенда. Особенно высокие требования предъявляются к жесткости и равномерности привода, мощности и стабильности оборотов испытательных стендов. Для диагностирования топливной аппаратуры и, прежде всего, ТНВД и форсунок применяют стенды фирмы Bosch EPS 815 [9], фирм Denso, Siemens.

Наиболее важным шагом при тестировании ТНВД является определение величины цикловой подачи топлива. Насос устанавливается на стенд и соединяется с его приводом. Измерение величины подачи происходит с помощью испытательной жидкости, обладающей физическими свойствами дизтоплива, но практически не горючей. При испытаниях ее температура измеряется и регулируется. К каждой секции ТНВД подсоединяется специальная тестовая форсунка. Цикловая подача определяется с помощью мензурок или электронной безмензурочной системы измерения.

При регулировании на стенде рядных ТНВД устанавливается начало подачи первой плунжерной секции и угловая равномерность нагнетания

между секциями, величина цикловой подачи по секциям, настройка регулятора и турбокорректора ТНВД, а также согласование параметров ТНВД и регулятора.

Если диагностируются старые классические насосы с механическим регулятором и форсунками, то их зачастую доставляют прямо в мастерскую, и после регулировок задача заключается лишь в том, чтобы топливную аппаратуру правильно установить на двигатель.

Что касается систем впрыска, управляемых электроникой, рядных, одноплунжерных и роторных ТНВД с ECD-регуляторами, систем с насос-форсунками, систем Common Rail, то их ремонт невозможен без приборов электронной диагностики, специальных тестеров, а также современных стендов, оснащенных соответствующими адаптерами, контроллерами, модуляторами сигналов, тестовыми форсунками и т. д. Например, для ремонта систем Common Rail на специализированном дизельном сервисе необходимо иметь весь автомобиль. Для правильного определения неисправности вначале производится электронная диагностика и считывание кодов ошибок, затем гидравлические тесты на двигателе без демонтажа насоса и форсунок. Потом насос и форсунки демонтируются и проверяются при помощи специальных стендов, а в случае необходимости ремонтируются или заменяются. За этим следует чистка гнезд форсунок, монтаж насоса и форсунок, ввод в систему управления двигателем индивидуальных кодов форсунок, обнуление кодов ошибок и коррекционных параметров насоса. После этого необходимо произвести тест-драйв и заново произвести электронную диагностику. Это необходимо для выявления возможных неисправностей, не связанных с самими форсунками и насосом, например, неправильной работы датчиков положения коленчатого и распределительного валов, клапанов управления турбиной и рециркуляцией отработавших газов и т. п., что может сказаться на работе двигателя.

Поэтому двигатель с качественно отремонтированными или новыми системами Common Rail, насосом и форсунками может вообще не запуститься или работать с неполной мощностью, если их устанавливали специалисты сервиса, не имеющие достаточной квалификации, оборудования и приборов.

Далее приводится перечень диагностических операций, которые необходимо проводить при диагностировании и ремонте систем впрыска топлива на испытательных стендах.

1. При испытаниях на стенде насосов систем Common Rail фирмы Denso NR-2 определяют параметры работы насоса низкого давления интегрированного в этот насос, температуру на выходе, работу управляющих электроклапанов насоса и высокое давление на выходе, а также производительность насоса. На стенде проверяется также способность насоса создавать на данных оборотах заданное оператором давление, согласно тестовым параметрам, а также количество топлива, которое создает насос, чтобы обслуживать форсунки. Тестовая жидкость подогревается до рабочей температуры.

2. Стенд Pump Tester для испытания традиционных топливных насосов оснащен электронным блоком. Оператор выбирает различные режимы проверки, имитирует различные режимы работы двигателя, давления в топливном аккумуляторе, насосов и форсунок систем Common Rail. Для этого на форсунки подаются различные тестовые импульсы. Проводятся измерения количества топлива, которое впрыскивает распылитель форсунки в камеру сгорания, и количества топлива, отводимого обратно в бак. На каждую форсунку требуется по две измерительные емкости.

3. При тестировании систем Common Rail насосов и форсунок классических ТНВД цифровое табло показывает выбранный оператором режим: давление в аккумуляторе топлива, длительность срабатывания каждой форсунки в миллисекундах, количество циклов срабатывания и количество подключенных к стенду форсунок.

4. Универсальный стапель для разборки Common Rail насосов позволяет устанавливать насос в любое удобное для работы положение, а четыре сменных адаптера дают возможность работать со всеми популярными насосами Bosch CP1.S, CP1.K, CP1.H, CP3.2, CP3.3, CP3.4; Denso HP-2, HP-3, HP-4; Delphi; Siemens.

5. При диагностике форсунок систем Common Rail при помощи модулятора сигналов и обычного форсуночного стенда проверяется качество распыла и гидравлические утечки форсунки, что позволяет не тратить время на установку заведомо неисправной форсунки на специальные стенды.

6. При сборке насоса Common Rail Denso системы HP-2 можно наблюдать датчики давления, предохранительные клапаны самих аккумуляторов давления топлива. Насос используется для легковых автомобилей и внедорожников.

Контрольные вопросы

1. Какие применяют методы контроля технического состояния форсунок?
2. По какому принципу работает стенд СТДА-1 контроля состояния насосов?
3. Как контролируют момент начала подачи топлива секциями ТНВД?
4. Как контролируют состояние форсунок двигателей на стенде КИ-1609 и стенде КИ-3333?
5. Объяснить связь параметров вибрационных процессов насоса и форсунок с параметрами состояния топливной системы.
6. Рассказать, как можно оценить параметры впрыскивания топлива по параметрам вибрации.

1.10. Способы и средства промывки форсунок

1.10.1. Способы промывки

Загрязнение форсунок проявляется, как правило, неровной работой двигателя, вибрацией на холостом ходу, шумом, возрастанием в ОГ количества вредных веществ, нарушением границ адаптации.

Основным способом возвращения форсунок и топливной системы к нормальной работоспособности является их промывка через каждые 30-40 тыс. км пробега автомобиля (при использовании качественного топлива).

В условиях эксплуатации систем впрыска на отечественном топливе, имеющем повышенное содержание полимерных, сернистых и иных составляющих, автомобилисты столкнулись с тем, что электромагнитные форсунки засоряются в 2-3 раза быстрее установленного норматива пробега в 30-40 тыс. км. Отечественный бензин вынуждает часто делать чистки форсунок уже через 10-15 тыс. км пробега.

Способы промывки форсунок:

- специальными присадками к топливу;
- без демонтажа форсунок с двигателя с помощью специальной установки;
- на ультразвуковом стенде с демонтажем форсунок с двигателя.

Первый, самый простой способ очистки форсунок – использование присадок к топливу, которые размягчают и расщепляют отложения, накопленные в топливной системе. Подразумевается, что после размягчения отложения пройдут весь путь до цилиндра и там сгорят. Но такой метод – скорее профилактика, чем лечение.

Промывка с помощью присадок отличается простотой и заключается в периодическом добавлении в топливо специальных препаратов. Это позволяет промывать не только сами форсунки, но и всю топливную систему. Данный способ эффективен при регулярном удалении небольших загрязнений и носит профилактический характер. Для профилактической промывки заливают в бензобак чистящую присадку (жидкость) в количестве около 300 мл на 60-80 л топлива. При движении автомобиля смолянистые отложения растворяются и оседают на топливном фильтре или сгорают в цилиндрах двигателя. Периодичность такой чистки составляет 3-4 тыс. км. Она хороша для поддержания чистоты форсунок и топливной системы нового автомобиля.

Однако удаление застарелых отложений подобным способом может привести к прямо противоположному результату.

Если в системе накопились серьезные отложения, то после этой процедуры, оторвавшись от своих мест, они пойдут по магистрали и будут засорять трубопровод, топливный фильтр и тонкие отверстия, то есть форсунки.

Второй, очень популярный метод. В топливную систему включается емкость с промывочной жидкостью с помощью специальных переходников. Идея состоит в том, чтобы очищать форсунки промывочной жидкостью без их демонтажа с двигателя автомобиля, при этом сам двигатель должен работать на той же жидкости. От предыдущего метода он отличается тем, что промывочная жидкость не проходит топливный бак, фильтр и топливный насос с магистралью, разъедая их отложения. В составе промывочной жидкости содержится значительно большее количество растворяющих веществ, чем в топливе, которое образуется в баке после добавления присадок.

В результате промываются именно форсунки, гидравлический аккумулятор; также моющий состав растворяет отложения на впускных клапанах и в камере сгорания. Происходит частичное раскоксовывание поршневых колец. Данный метод подходит как для бензиновых, так и для дизельных двигателей. Особенно хороших результатов можно добиться, если проводить эту процедуру регулярно, не дожидаясь серьезного загрязнения топливной системы.

Этот способ промывки форсунок прост и гораздо эффективнее, чем предыдущий, но имеет свои недостатки. Основной недостаток метода состоит в том, что оценить качество выполнения процедуры можно только по косвенным данным, например, по увеличению мощности двигателя, он стал тише работать, пропали провалы на переходных режимах. Но насколько равномерно произошло очищение, какой факел распыла получается при работе – определить невозможно (рис. 1.51).

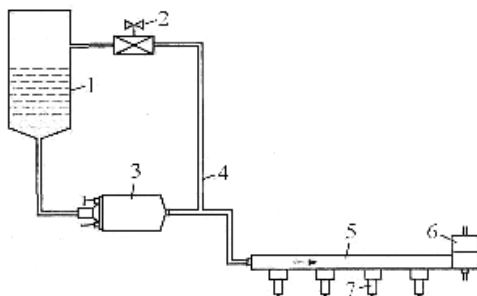


Рис. 1.51. Принципиальная схема установки для промывки системы питания:

1 – мерный бачок; 2 – клапан; 3 – электробензонасос; 4 – магистраль возврата топлива; 5 – топливный гидроаккумулятор; 6 – регулятор холостого хода; 7 – электромагнитная форсунка

иглу заклинило, то прочистить таким методом ее уже не удастся. Главный недостаток этого метода заключается именно в том, что заранее нельзя узнать, нужна ли эта операция вообще.

Еще одним минусом этого метода является попадание остатков очищающей жидкости в масло работающего двигателя, что приводит к изменению его свойств (растворение масла на стенках цилиндров). Изменение свойств масла приводит к быстрому износу цилиндропоршневой группы; особенно это скоротечно, если на стенках цилиндров уже существуют задирры или значительная эллипсность. В результате может потребоваться дорогостоящий ремонт двигателя. Остатки кокса, смытого очищающим составом, также попадают в рабочую зону свечей зажигания, что приводит к ухудшению их работы. Поэтому рекомендуется после очистки форсунок заменить свечи зажигания.

Схема лабораторной установки для проверки качества промывки форсунок представлена на рис. 1.52 [10].

Существенный недостаток связан с тем, что сольвент не проходит через регулятор давления, не очищается его запорный клапан и неэффективно промывается топливный гидроаккумулятор. Кроме того, невозможно оценить результаты промывки при помощи диагностики, она отсутствует на установках такого класса. Возможно также применение дешевых неэффективных сольвентов сомнительного качества с низкими моющими свойствами.

А если форсунка забита настолько, что уже ничто не проходит по ее каналу или запорную

Время очистки зависит от рекомендаций производителя очищающей жидкости (обычно это два цикла по 15 мин. плюс время просачивания).

После очистки надо разъединить шланги и дать поработать двигателю автомобиля при повышенной частоте вращения коленчатого вала.

Химические препараты для очистки форсунок представлены в табл. 1.9.

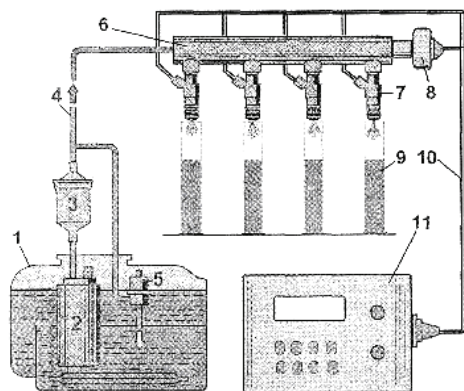


Рис. 1.52. Схема установки для контроля качества очистки форсунок:

- 1 – емкость с технологической жидкостью;
- 2 – насос с электроприводом; 3 – фильтр; 4 – трубопровод; 5 – стабилизатор давления; 6 – гидравлический аккумулятор; 8 – ультразвуковой излучатель; 9 – мерные мензурки (колбы); 10 – соединительные провода; 11 – электронный блок управления

автомобилей для снятия форсунок надо демонтировать двигатель. Главное достоинство этого метода – объективность. Сняв форсунки с двигателя и установив их на стенд, можно оценить все параметры их работы – производительность, форму факела, качество распыла и герметичность. Принцип действия данных стендов основан на разрушении отложений погруженной в специальный моющий состав форсунки с помощью ультразвука. Кроме того, стенды позволяют точно оценить производительность и качество распыла форсунки.

Протестировав на стенде все форсунки двигателя, можно с уверенностью сказать, является ли причина плохой работы двигателя результатом неисправности форсунок. Снятые форсунки устанавливаются на стенд и промываются специальной жидкостью с высоким содержанием растворяющих присадок. Результаты промывки обычно значительно превосходят эффект промывки предыдущими методами, особенно если она осуществляется в ультразвуковой ванне.

Ультразвук во много раз повышает эффективность действия растворителей, сокращая время процедуры и повышая качество очистки. После процедуры необходимо произвести контроль производительности и формы фа-

Состав многих очищающих жидкостей может быть агрессивен относительно некоторых деталей устройства. Поэтому рекомендуется промывать устройства бензином (1 л) после каждой очистки либо при смене очищающей жидкости при техническом обслуживании установки (время промывки 15-20 мин). Это продлевает срок службы топливного насоса установки в несколько раз. Кроме того, необходимо периодически менять топливный фильтр (можно использовать отечественные).

Третий, наиболее объективный метод оценки состояния форсунок дает способ промывки со снятием форсунок с автомобиля. Но иногда это совсем не дешевый способ, на некоторых моделях ав-

кела. Нужно добиться равных характеристик у всех форсунок, разница в производительности которых не должна быть более 2%.

Таблица 1.9

Химические препараты для очистки форсунок

Препарат	Фирма-производитель, страна	Назначение
Очистители цилиндропоршневой группы от нагара (антикоксы)		
Очиститель дизельных форсунок	НПП «Астрохим», Россия	Очистка и смазка топливной системы, распылителей форсунок, впускных клапанов, насоса и топливопроводов
Fenom Diesel Injector	ООО «Лаборатория трибо-технологии», Россия	Очистка распылителей форсунок, камеры сгорания от нагара и углеродистых отложений, топливной аппаратуры
Diesel Jet Clean	Hi-Gear Products Inc.	Очистка распылителей форсунок, восстановление факела распыла, предотвращение образования нагара
Diesel Russ Stop	Liqui Moly GmbH, Германия	Снижение дымности отработавших газов за счет полного сгорания топлива, дожигания серы и воспрепятствованию прогорания игл форсунок
Комплексные очистители топливной системы		
«Дизель-Люкс»	Химический концерн «ХАДО» (торговая марка Verylube), Украина	Комплексная очистка всей топливной системы, улучшение эксплуатационных характеристик дизеля
Diesel Spooling	Liqui Moly GmbH, Германия	Очистка форсунок, камеры сгорания и поршней от нагара
Комплексный очиститель топливной системы	НПО «Поликом» (торговая марка LAVR next), Россия	Мягкая очистка и повышение ресурса всей топливной системы, улучшение полноты сгорания и экономия топлива

В бензиновых двигателях с прямым впрыском, работающих на обедненных смесях, требования к форсункам еще выше, чем к форсункам обычных двигателей. Ввиду высокого быстродействия и работы при большом давлении топлива, а также необходимости подавать импульсы высокого напряжения (до 100 В) специальной формы обычные стенды для них не годятся, а специализированные очень дороги. В результате диагностировать такие форсунки трудно, к тому же распылитель этих форсунок имеет меньший диаметр отверстий и должен создавать факел распыла специальной формы. Поэтому вероятность «забить» форсунку при промывке высока, а эффект от этой процедуры весьма сомнителен. Недаром многие дилерские СТО категорически отказываются промывать форсунки этих типов, настаивая на их замене.

Ни один метод очистки не восстанавливает механически изношенные форсунки. Даже качественно промытые форсунки никогда не станут новыми, а ресурс их работы не будет длительным. Агрессивная промывочная жидкость может разрушать специальное напыление иглы, а ультразвук способен повредить изоляцию витков катушки электромагнита, в результате чего происходит межвитковое замыкание и выход форсунки из строя. Ульт-

развук опасен для керамических частей форсунки, его воздействие может повлечь образование микротрещин в структуре керамики. Эффект от очистки форсунок высокого давления незначителен, так как их износ наступает раньше.

Некоторые СТО гарантируют работоспособность форсунки до полугода, это максимально разумный срок гарантии.

Промывка форсунок – это вынужденная мера, экономящая средства, но не гарантирующая результат. Замена старых форсунок новыми означает большую надежность работы двигателя.

Таким образом, промывка топливной системы ДВС имеет описанные далее преимущества и недостатки.

Преимущества промывки:

- процесс простой и дешевый;
- можно осуществить объективный контроль состояния форсунок;
- высокий процент успешных случаев очистки форсунок, особенно если их промывать регулярно;
- промывка – единственная возможность восстановить работоспособность редкой или очень дорогой форсунки.

Недостатки промывки:

- не гарантирует полного восстановления работоспособности и ресурса форсунки;
- высокая стоимость качественного оборудования ультразвуковой промывки и контроля, особенно для чистки высокотехнологичных форсунок;
- форсунки некоторых типов не поддаются очистке или эффект крайне мал;
- существует вероятность выхода из строя форсунки, даже при полном соблюдении рекомендованной технологии очистки и высокой квалификации мастера.

1.10.2. Средства промывки форсунок и топливных систем

В настоящее время разработано много средств промывки топливных систем ДВС. В качестве примера можно привести установку SMC-2001 (System mobile cleaning) для промывки систем питания (рис. 1.53).

Установка SMC-2001 представляет собой систему для очистки различных топливных систем ДВС легковых и грузовых автомобилей. Данная установка создает давление промывочной жидкости от 0 до 700 кПа. Контроль давления осуществляют по манометру с ценой деления 20 кПа. Подача насоса, встроенного в установку, составляет 127-210 л/ч, что является достаточным для очистки любых топливных систем. Электропитание установки осуществляется от бортовой сети автомобиля напряжением 12 В или другого источника питания с указанным напряжением.

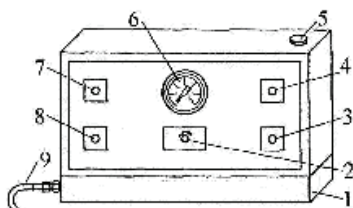


Рис. 1.53. Установка SMC-2001 для промывки системы питания автомобилей:

1 – ящик для переходников и шлангов; 2 – регулятор давления; 3 – обратная ветвь быстроразъемного соединения «Return»; 4 – прямая ветвь быстроразъемного соединения «Pressure»; 5 – горловина бачка; 6 – манометр; 7 – лампочка; 8 – кнопка включения; 9 – шнур с разъемами

производителей: Wynn's, Liqui Moly, Carbon Clean, Auto Plus и др.

Обычно специальные очищающие жидкости состоят из чистящего сольвента и вещества, поддерживающего горение. Во время работы двигателя происходит очистка системы.

Данная установка проектировалась и создавалась с учетом того, что очищающая жидкость проходит по всей системе (кроме насоса и бака) и полностью очищает ее, а не отдельные части.

Возможны два варианта подключения системы: первый – насос отключен от электрической цепи, второй – работающий насос замкнут на себя.

Для проведения очистки топливной системы автомобиля необходимо:

- отсоединить топливные шланги, ведущие от фильтра к топливному аккумулятору с форсунками, и с помощью переходников и шланга соединить их с гнездом «Pressure» установки;
- отсоединить топливные шланги, ведущие от топливной магистрали (топливного аккумулятора) с форсунками к топливному баку, с помощью переходников и шланга соединить с гнездом «Return» установки;
- с помощью специального шланга замкнуть систему «бак-насос-фильтр»;
- в бачок установки залить очищающую жидкость;
- на выводы аккумуляторной батареи автомобиля надеть разъемы проводов установки (проследить полярность!), вследствие чего на панели загорается лампочка – установка готова к работе;
- установить необходимое давление в системе с помощью регулятора давления и манометра, нажать кнопку «ВКЛ/ВЫКЛ» («On/Off»);
- пустить двигатель автомобиля.

Время очистки зависит от рекомендаций производителя очищающей жидкости (обычно это два цикла по 15 мин. плюс время просачивания).

Топливную систему автомобиля для промывки не надо ни снимать, ни разбирать. При проведении очистки систему питания автомобиля замыкают, то есть соединяют напорный и обратный шланги, и отключают предохранитель или реле бензонасоса. Во время промывки с помощью данной установки через топливную систему автомобиля прогоняют очищающую жидкость.

Принцип подключения установки к топливной системе автомобиля во всех случаях одинаковый – двигатель работает не на бензине, а на специальной очищающей жидкости.

Установка рассчитана для применения очищающих жидкостей разных

После очистки надо разъединить шланги и дать поработать двигателю автомобиля при повышенной частоте вращения коленчатого вала.



Рис. 1.54. Комплекс «Плазма» фирмы ERC ECologic

Комплекс «Плазма» фирмы ERC ECologic для диагностики и очистки форсунок бензиновых двигателей (рис. 1.54) оснащен компьютером, управляющим множественными режимами диагностирования, чистки и контроля работы комплекса:

- измерение сопротивления электромагнитной катушки форсунки впрыска;
- обратный пролив – для извлечения всевозможных загрязнений из внутренних полостей форсунок;
- автоматическое тестирование в пятиразовых режимах, имитирующих работу двигателя;

- осуществление режима «быстрый тест» позволяет в считанные секунды определить характер неисправности форсунки;
- ультразвуковая чистка форсунок;
- проверка форсунок на герметичность;
- промывка форсунок без демонтажа (химическая промывка).

Стенд LAUNCH CNC-602A (рис. 1.55, а) для диагностики и очистки ультразвуковым способом форсунок, очистки выпускных клапанов автомобиля, их топливных систем (верхним и с боковым подводом топлива), а также очистки камер сгорания. Установка LAUNCH CNC-602A позволяет проводить на двигателе диагностику одновременно до шести форсунок.

Стенд LAUNCH CNC-602A оборудован микрокомпьютером и цифровым дисплеем, мощной ультразвуковой установкой. Стенд позволяет выполнять следующие функции по диагностике и чистки форсунок:

- моделирование показателей (параметров) двигателя при его испытание в реальном режиме, в соответствии с особенностями конкретной системы управления двигателем;
- ультразвуковую очистку.

Стенд Триумф-4М (рис. 1.55, б) предназначен для диагностики и очистки канала подачи топлива, проверки сопротивления обмоток форсунок, производительности форсунок и механических свойств «включения-выключения». В основе применяемой технологии очистки форсунок принята гидродинамическая кавитация.

Дизельные форсунки работают при больших давлениях топлива и находятся под непосредственным воздействием высоких температур камеры сгорания, что приводит к их сильному износу и закоксовыванию. Кроме закоксовывания распылителя и внутренних каналов, ослабевает пружина, изнашивается запорная игла, деформируется распылитель, то есть основная проблема дизельных форсунок не столько загрязнение, сколько механический износ.

Без снятия форсунок и тестирования их характеристик на специализированном стенде очистка каналов не принесет большого эффекта. Без последующей регулировки давления открытая очищенная форсунка скорее всего будет иметь повышенную производительность.



а



б

Рис. 1.55. Стенды моделей LAUNCH CNC-602A (а) и Триумф-4М (б) для контроля технического состояния и очистки форсунок

Разборную форсунку дизельного двигателя можно чистить растворителем, но наилучший эффект дает ультразвуковая промывка. При работе с дизельной форсункой необходимо соблюдать строжайшую чистоту, даже мельчайшие частицы могут привести к неработоспособности форсунки или ее быстрому износу. После сборки форсунки требуется обязательно защитить поверхность маслом или дизельным топливом и провести контроль на стенде.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы промывки форсунок?
2. Как осуществляют промывку снятых форсунок?
3. Какие преимущества и недостатки различных методов промывки форсунок?

1.11. Диагностирование систем охлаждения двигателей

1.11.1. Контроль системы охлаждения двигателя традиционной конструкции

На автомобилях применяется жидкостная система охлаждения закрытого типа, то есть она не связана непосредственно с окружающей средой. Поэтому при работе давление в системе охлаждения увеличивается и повышается температура кипения охлаждающей жидкости. В закрытой системе охлаждения расход жидкости на испарение незначителен. Циркуляция жидкости в системе охлаждения принудительная, с помощью жидкостного насоса. Система охлаждения сообщается с окружающей средой через клапаны, расположенные в пробке наливной горловины радиатора или пробке расширительного бачка, которые открываются при определенном снижении

давления или избыточном давлении в системе. Система охлаждения двигателя обеспечивает его работу в оптимальном температурном режиме, равном 80-90 °С, при различных условиях эксплуатации. При указанных режимах двигатель развивает максимальную мощность, имеет минимальный расход топлива и наименьшие износы. Уровень охлаждающей жидкости следует проверять не реже одного раза в шесть месяцев или через 15 000 км пробега. Обязательно проверять уровень перед каждой длительной поездкой.

Характерными неисправностями системы охлаждения являются подтекания и недостаточная эффективность охлаждения двигателя. Первое происходит из-за повреждения шлангов и их соединений, сальника водяного насоса, трещин, порчи прокладок, а второе – вследствие образования накипи, внутреннего или внешнего загрязнения радиатора, повреждения его трубок, поломки водяного насоса, неисправности термостата, пробуксовки ремня вентилятора или его обрыва (табл. 1.10).

Таблица 1.10

**Неисправности системы охлаждения и признаки
их внешнего проявления**

Причина неисправности	Внешние при- знаки неисправ- ности	Негерметичность системы, течь антифриза	Термостат не открывается	Термостат постоянно открыт	Неисправен вентилятор, муфта или датчик температуры	Проворачивание крыльчатки пом- пы на валу, коррозия крыльчатки и корпуса	Загрязнение радиатора снаружи	Загрязнение радиатора внутри	Негерметичность клапана пробки радиатора	Негерметичность охладителя масла	Незначительная негерметичность прокладки ГБЦ, микротрещина в стенке камеры сгорания	Прогар прокладки ГБЦ, микро- трещина в камере сгорания	Трещина в рубашке охлаждения ГБЦ	Трещина в стенке цилиндра	Негерметичность прокладки впу- ского коллектора
Белый дым из выхлопной трубы												@	+	+	@
Двигатель «тро- ит», системы топ- ливоподачи и за- жигания в норме											+	@		@	@
Эмульсия в масле или на пробке маслозаливной горловины										@	+	@	@	@	@
Пленка масла или эмульсия в рас- ширительном бачке										@	@	@	@	@	

Причина неисправности	Внешние признаки неисправности	Негерметичность системы, течь антифриза	Термостат не открывается	Термостат постоянно открыт	Неисправен вентилятор, муфта или датчик температуры	Проворачивание крыльчатки помпы на валу, коррозия крыльчатки и корпуса	Загрязнение радиатора снаружи	Загрязнение радиатора внутри	Негерметичность клапана пробки радиатора	Негерметичность охладителя масла	Незначительная негерметичность прокладки ГБЦ, микротрещина в стенке камеры сгорания	Прогар прокладки ГБЦ, микротрещина в камере сгорания	Трещина в рубашке охлаждения ГБЦ	Трещина в стенке цилиндра	Негерметичность прокладки впускного коллектора
Запах бензина и выхлопных газов в расширительном бачке											@	@		@	
Кипение при движении под нагрузкой		@		+	@	@	@	@			+	@		@	
Кипение при работе на месте на высоких оборотах		@		@	@	+	@				+	@		@	
Кипение при работе на холостом ходу	+	@		@	@		+	+				@		@	
Температура в системе выше нормы	+	@		@	@	@	@			+	+	@	+	@	
Температура в системе ниже нормы			@												
Температура в системе при движении возрастает	+	@				+	+				+	+			
Температура в системе при движении падает				@											
Двигатель долго прогревается			@												
Давление в верхнем патрубке радиатора увеличивается с повышением оборотов							@								

Причина неисправности	Внешние признаки неисправности	Негерметичность системы, течь антифриза	Термостат не открывается	Термостат постоянно открыт	Неисправен вентилятор, муфта или датчик температуры	Проворачивание крыльчатки помпы на валу, коррозия крыльчатки и корпуса	Загрязнение радиатора снаружи	Загрязнение радиатора внутри	Негерметичность клапана пробки радиатора	Негерметичность охладителя масла	Незначительная негерметичность прокладки ГБЦ, микротрещина в стенке камеры сгорания	Прогар прокладки ГБЦ, микротрещина в камере сгорания	Трещина в рубашке охлаждения ГБЦ	Трещина в стенке цилиндра	Негерметичность прокладки впускного коллектора
Давление сразу увеличивается и быстро падает после выключения двигателя										+	+	@		+	
Давление в системе отсутствует	@								@				@		@
Кипение и выброс жидкости в расширительный бачок, но только после выключения двигателя								@							
Кипение и выброс жидкости в расширительный бачок		@		@	@	+	+	+			+	@		@	
Не работает отопитель	+	+	+		+						+	@		+	
Не включается вентилятор		@		@	+	+									
Воздух после вентилятора недостаточно горячий			+		@										
Малый напор воздуха от вентилятора				@											
Нижний патрубок радиатора холодный		@			@			+							
Расход антифриза	@	@	+	+	+	+	+	@	@	+	@	@	@	@	@

Примечание:

+ - возможно отклонение от нормы; @ - явно выраженное отклонение от нормы.

Температура охлаждающей жидкости в системах охлаждения большинства двигателей составляет 80 ± 5 °С, что обуславливает испарение охлаждающей жидкости при увеличении температуры в системе охлаждения или при снижении атмосферного давления. Например, при эксплуатации автомобиля в горных условиях на высоте 2000 м над уровнем моря атмосферное давление может достигать 0,078 МПа, а при таком давлении температура кипения охлаждающей жидкости 91 °С. В этих случаях прибегают к герметизации системы охлаждения и увеличению давления.

При повышении давления в системе охлаждения до 0,2 МПа температура кипения охлаждающей жидкости 119 °С. Использование герметизированных систем охлаждения с повышенной температурой охлаждающей жидкости позволяет увеличить температурный перепад в системе охлаждения и благодаря этому повысить эффективность теплообменных процессов. Это ведет к снижению количества охлаждающей жидкости, уменьшению потребной поверхности радиатора и сокращению теплопотерь в охлаждающую жидкость.

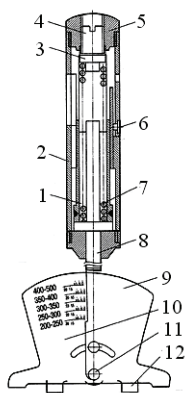
Объектами диагностирования системы охлаждения являются: рубашки охлаждения, головка блока цилиндров и впускной трубопровод, радиатор, патрубки, шланги, жидкостный насос, вентилятор, термостат, жалюзи, сливные краны.

При диагностировании системы охлаждения основными параметрами являются ее герметичность, температура, охлаждающая способность радиатора, степень натяжения ремня вентилятора, разность температур верхнего и нижнего бачков.

Уменьшение температурного перепада по сравнению с нормой (8-12 °С) свидетельствует о наличии накипи или загрязнении радиатора.

Герметичность системы охлаждения и работоспособность выпускного и впускного клапанов пробки расширительного бачка контролируется прибором **К-437** (рис. 1.56, г). Прибор устанавливают на горловину вместо снятой пробки и создают в системе охлаждения избыточное давление 0,06-0,07 МПа, не допуская просачивания жидкости из системы. Затем запускают двигатель и устанавливают минимальную частоту вращения коленчатого вала при холостом ходе. При работающем двигателе стрелка манометра не должна колебаться, то есть давление в системе охлаждения должно быть постоянным. Давление начала открытия выпускного клапана должно быть в пределах 100-120 кПа, впускного – 3-13 кПа.

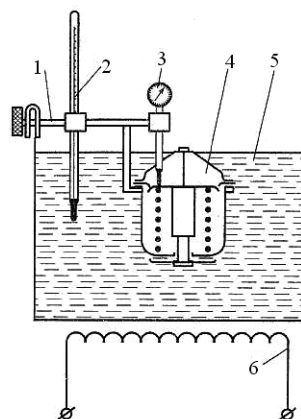
Затем необходимо проверить уровень и плотность охлаждающей жидкости. Уровень жидкости в автомобилях ВАЗ-2108 должен быть на 25-30 мм, на автомобилях ЗАЗ-1102 на 15-25 мм выше метки «min», а на автомобиле «Москвич-2141» - на 5-10 мм выше соединительного шва расширительного бачка. Корпус расширительного бачка, как правило, изготавливается из полупрозрачного материала, позволяющего визуально контролировать уровень жидкости. Уровень жидкости проверяется только на холодном двигателе.



а



б



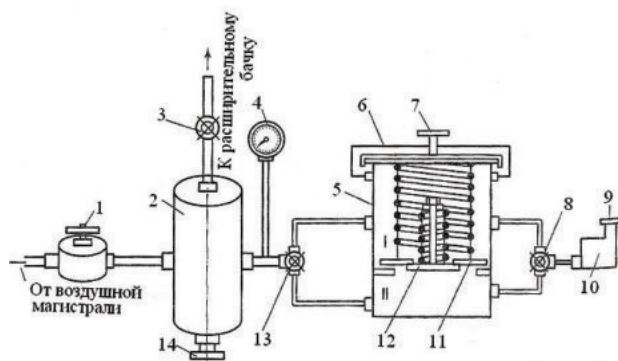
в

Рис. 1.56. Средства контроля технического состояния системы охлаждения:

охлаждения:

а: приспособление КИ-8920 для проверки натяжения ремней:

1 – ползун; 2 – корпус; 3 – упор пружины; 4 – винт; 5 – направляющая; 6 – фиксирующий винт; 7 – пружина; 8 – шток; 9, 10 – секторы; 11 – ось винта; 12 – установочная скоба; **б: прибор для опрессовки систе-**



г

мы охлаждения: 1 – манометр; 2 – золотник; 3 – герметичная крышка; **в: схема установки для проверки термостатов:** 1 – кронштейн; 2 – термометр; 3 – индикатор; 4 – термостат; 5 – ванна с водой; 6 – электронагреватель; **г: схема приспособления для проверки клапанов пробки расширительного бачка и герметичности системы охлаждения двигателя:** 1 – редуктор; 2 – баллон; 3 – кран; 4 – манометр; 5 – стакан; 6 – рамка; 7 – зажим; 8, 13 – двухходовые краны; 9 – регулировочный винт; 10 – индикатор; 11, 12 – соответственно паровой и воздушный клапаны пробки; 14 – винтовой кран

Плотность охлаждающей жидкости, измеренная денсиметром, должна составлять 1,075-1,085 г/см³ для жидкости Тосол-А40 или 1,085-1,095 г/см³ для жидкости Тосол-А65. В случае несоответствия плотности доливать надо соответственно либо концентрат антифриза, либо дистиллированную воду. Следует отметить, что температура кристаллизации охлаждающей жидкости растет не только при недостаточном, но и при избыточном количестве концентрата антифриза в растворе.

О тепловом состоянии системы судят по склонности двигателя к перегреву (превышению температуры охлаждающей жидкости +85 °С) при его нормальной нагрузке. Эффективность работы радиатора можно проверить по разности температур охлаждающей жидкости в его верхней и нижней частях (она должна быть в пределах 8-12 °С).

Для контроля герметичности системы охлаждения и проверки клапанов пробки радиатора применяют **прибор ДСО-2**. Он состоит из ресивера, в котором при помощи встроенного редуктора задается определенное давление, манометра и герметичного стакана для установки проверяемой пробки радиатора.

При проверке герметичности системы охлаждения на горловину радиатора устанавливается специальный переходник, через который от прибора ДСО-2 подается давление 60-70 кПа, при этом манометром фиксируют изменение давления в системе охлаждения. При проверке герметичности прокладки головки блока цилиндров запускают двигатель и устанавливают минимальную частоту вращения. Колебание стрелки манометра указывает на нарушение герметичности прокладки или головки блока цилиндров. Для уточнения зоны негерметичности поочередно снимают форсунки (или свечи), добиваясь исчезновения пульсации давления в системе охлаждения.

При отсутствии источника сжатого воздуха и прибора ДСО-2 герметичность прокладки и головки блока цилиндров проверяют, прокручивая коленчатый вал двигателя при снятых ремнях привода водяного насоса. Наличие пузырьков воздуха в верхней бачке радиатора свидетельствует о негерметичности системы.

Охлаждающая способность радиатора оценивается по разнице температур на его входе и выходе. Для этого на прогревом до 80-90 °С двигателе один термометр опускают в верхний бачок радиатора, а второй – с помощью небольшой резиновой трубки надевают на сливной краник его нижнего бачка. При открытом кранике разница температур должна быть не менее 10 °С.

Герметичность системы охлаждения проверяют (после визуальной проверки подтеканий) опрессовкой, создавая в верхней незаполненной части радиатора давление около 60 кПа. Для этого используют прибор, состоящий из воздушного насоса, манометра и устройства для соединения с заливной горловиной радиатора. Если подтеканий нет, показания манометра стабильны, если же цилиндры двигателя сообщаются с системой охлаждения (имеются трещины в блоке цилиндров или повреждена прокладка), стрелка манометра будет колебаться.

Регулировочные работы по системе охлаждения включают: натяжение до нормы ремня вентилятора (устройством рис. 1.56, а), устранение течи в соединениях со шлангами и через сальник водяного насоса, а также промывку системы охлаждения от осадков и удаление из нее накипи. Систему промывают струей воды под давлением 20-30 кПа при снятом термостате. Направление промывки должно быть противоположным циркуляции охлаждающей жидкости во время работы двигателя.

Накипь существенно ухудшает теплообмен стенок системы охлаждения. По данным исследователей НИИАТ при толщине накипи 1 мм интенсивность охлаждения снижается на 25%, мощность на 6%, а расход топлива увеличивается на 5%. Удаляют накипь при помощи химических растворов. Хорошие результаты дает промывка системы охлаждения раствором соляной кислоты с ингибитором, смачивателем и пеногасителем. Раствор зали-

вают в систему охлаждения, после чего запускают двигатель и прогревают раствор до 60 °С. Через 10-15 мин. раствор сливают, а систему промывают горячей водой, предварительно сняв термостат. Для нейтрализации остатков кислоты в промывочную воду добавляют нейтрализатор (соду, двуххромокислый калий).

Натяжение ремня вентилятора проверяют приспособлением КИ-8920, КИ-13918) путем нажатия на ремень в центре между шкивами с силой 30-40 Н), необходимой для его прогиба, и измерения прогиба, который не должен превышать 10-20 мм.

На рис. 1.56, б показан прибор для опрессовки системы охлаждения через отверстие пробки радиатора для контроля герметичности системы. Давление передаваемого сжатого воздуха должно быть 0,15 МПа, которое в течение 10 с не должно снизиться более чем на 0,01 МПа.

Термостат проверяют в случае замедленного прогрева двигателя после пуска или наоборот быстрого его перегрева. Термостат погружают в ванну с водой (рис. 1.56, в), после чего воду подогревают, контролируя температуру термометром. За температуру начала открытия клапана принимают ту, при которой ход основного клапана составит 0,1 мм. Момент начала открытия и закрытия клапана большинства двигателей должен происходить соответственно при температурах 65-70 и 80-85 °С. Неисправный термостат заменяют.

При проверке термостата двигателя КамАЗ-740 (рис. 1.56, в) его следует погрузить в подогреваемую ванну 5 емкостью 3 л с водой с таким расчетом, чтобы уровень воды был выше фланца термостата. Когда температура воды достигнет 70 °С, нагревать ее следует медленнее, перемешивая воду, скорость нагревания не более 3 град./мин. Для измерения температуры воды используют термометр 2 (цена деления 1 °С). По индикатору 3 проверяют начало открытия клапана термостата, соответствующее температуре, при которой ход клапана составляет 0,1 мм.

В некоторых двигателях начало открытия клапана термостата должно происходить при температуре 78-82 °С, а полное открытие – при температуре 91-95 °С. Величина полного хода клапана термостата должна быть не менее 8,5 мм.

Для порошкового термостата, например, автомобиля АЗЛК-2141, температура начала открытия клапана – 77-81 °С. Началом открытия клапана считается его перемещение на 0,1 мм. Полностью термостат должен открываться при температуре 94 °С (ход клапана не менее 6 мм).

Исправность термостата можно проверить непосредственно на автомобиле. При исправном термостате во время прогрева двигателя верхний резервуар радиатора должен быть холодным. Нагрев резервуара должен начинаться после показания стрелки указателя температуры охлаждающей жидкости на щитке приборов для двигателя КамАЗ-740 – 80 °С, для двигателей марок «ЯМЗ», «ЗИЛ», «ЗМЗ» - 70 °С.

На неисправность муфты отключения вентилятора указывает подтекание охлаждающей жидкости. При неработающем двигателе вентилятор с исправной муфтой должен проворачиваться рукой без заедания и шума, но с

некоторым усилием. На работающем двигателе работу вентилятора проверяют по температуре его включения и отключения. Закрыв жалюзи, доводят температуру охлаждающей жидкости до 88-97 °С. При этой температуре вентилятор должен включиться. Открыв жалюзи, снижают температуру до 80 °С, при этом вентилятор должен выключиться. Появление шума при работе муфты или сбоя работы вентилятора указывают на необходимость замены муфты.

1.11.2. Контроль системы охлаждения двигателя с микропроцессорной системой управления

Контроль температуры охлаждающей жидкости осуществляется водителем по стрелочному указателю, расположенному на щитке приборов. Положение стрелки на трехцветном циферблате показывает температуру жидкости:

- **черный сектор:** нормальная рабочая температура;
- **красный сектор:** опасное повышение температуры. Следует немедленно остановиться и выяснить причину повышения температуры. Это может быть вызвано:
 - недостаточным уровнем охлаждающей жидкости;
 - отсоединением провода электровентилятора;
 - засорением ребер охлаждения радиатора;
- **голубой сектор:** двигатель еще не достиг нормальной рабочей температуры.

Перед проверкой датчика температуры охлаждающей жидкости следует убедиться в исправности системы охлаждения двигателя. Система охлаждения должна быть правильно заправлена охладителем. Радиатор и резервуар расширителя должны быть заполнены по норме. Крышка радиатора снимается только на холодном двигателе, иначе охладитель с рабочей температурой более 100 °С может причинить ожоги. Для нормального функционирования датчика его рабочая часть должна постоянно находиться в потоке охлаждающей жидкости.

Крышка радиатора должна быть герметичной, иначе в системе охлаждения могут образоваться воздушные «карманы» и показания датчика температуры будут неверными.

Состав охладителя должен соответствовать рекомендациям производителя. Обычно используется смесь 50% воды и 50% антифриза. Такая смесь оптимальна по теплопроводности.

Вентилятор должен нормально работать, чтобы двигатель не перегревался.

Если в системе охлаждения установлены термостат или электроконтактный термовыключатель, то необходимо убедиться в их работоспособности.

При диагностировании системы охлаждения двигателя приборами определяют герметичность системы, давление открытия клапанов, пробки расширительного бачка и действие термостата.

Установка датчика температуры охлаждающей жидкости на двигателе автомобиля «Ford» показана на рис. 1.57.

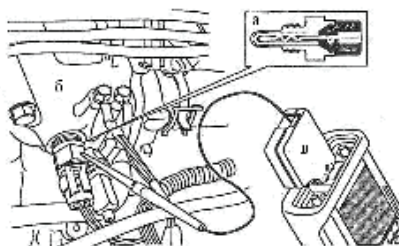


Рис. 1.57. Датчик температуры охлаждающей жидкости на двигателе автомобиля «Ford»

рывать переобедненную топливно-воздушную смесь, и работа двигателя станет неустойчивой. В памяти регистратора ЭБУ запишется код неисправности «Работа двигателя на бедной ТВ-смеси».

Датчик температуры охлаждающей жидкости следует проверять в следующих случаях:

- при обнаружении в регистраторе неисправностей соответствующих кодов;
- при затрудненном пуске, неустойчивой работе или остановках двигателя на холостом ходу;
- при повышенном расходе топлива, детонации или повышенной концентрации СО в выхлопных газах;
- при негаснущей контрольной лампе «перегрев двигателя» (если имеется).

С помощью мультиметра проверяется сопротивление терморезистора в отключенном от жгута датчике. Выходное напряжение датчика проверяется при подключенном жгуте. Оба этих параметра должны соответствовать спецификации. Для некоторых моделей американских автомобилей стандартные значения указанных параметров датчиков температуры приводятся в эксплуатационной документации на конкретную модель автомобиля.

Непосредственно на работающем двигателе автомобиля температура проверяемого датчика может быть проконтролирована с помощью контактного пирометра.

Если датчик температуры исправен, а соответствующий код неисправности сохраняется в памяти ЭБУ, то скорее всего проблема с соединительным жгутом. Для датчиков температуры охлаждающей жидкости: при температуре 20 °С – 2100-2900 Ом, при 90 °С – 236-260 Ом.

Параметры датчиков температуры охлаждающей жидкости приведены в [9, 12, 13].

Термисторы представляют собой резисторы, изменяющие сопротивление в зависимости от температуры и вырабатывающие соответствующее сигнальное напряжение. К такому типу элементов относятся датчики температуры охлаждающей жидкости двигателя (ЕСТ) и температуры всасываемого воздуха (IAT). Следует отметить, что сопротивление данных датчи-

На рис. 1.57 буквами обозначены: а – конструктивная модель датчика; б – расположение датчика на проточном патрубке; в – контактный пирометр для измерения температуры двигателя.

Замыкание в цепи или неисправность датчика температуры охлаждающей жидкости интерпретируется в ЭБУ как перегрев двигателя. Система впрыска топлива будет форми-

ков изменяется обратно пропорционально изменению температуры, т. е. уменьшается с возрастанием последней и наоборот (рис. 1.58). Для проверки термисторных датчиков следует переключить мультиметр на измерение сопротивления, отсоединить от датчика электропроводку и измерить сопротивление между клеммами сборки. Измерить температуру. Затем прогреть датчик до определенной температуры и снова измерить его сопротивление. Сравнить полученные результаты с предписанными.

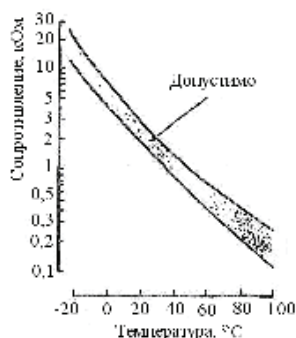


Рис. 1.58. График зависимости сопротивления датчиков ЕСТ и IAT от температуры

Далее следует проверить правильность опорного напряжения, выдаваемого на датчик процессором. Номинальное значение опорного напряжения должно составлять около 5,0 В. Проверка производится при включенном зажигании, двигатель не запускается. Если имеет место нарушение исправности подачи на датчик опорного напряжения, следует проверить состояние соединительной электропроводки и собственно ЕСМ.

Контрольные вопросы

1. Какие основные параметры диагностирования системы охлаждения?
2. Привести перечень регулировочных работ по системе охлаждения.
3. Как контролируют натяжение ремня?
4. Когда и как проверяют работоспособность термостата?

1.12. Диагностирование дизелей по дымности и температуре отработавших газов

1.12.1. Обоснование экспресс-метода диагностирования

Дизели транспортных машин можно представить в виде сложных аналоговых объектов, диагностирование которых рационально осуществлять во время функционирования (только при рабочих режимах). В этом разделе использованы материалы работы [14].

Для определения, в каком из множества возможных заметных состояний находится дизель, необходимо знать общее количество возможных состояний его функциональных элементов (ФЭ). Анализ конструкции и функционирования дизеля как сложного аналогового объекта позволяет представить его в виде функциональной схемы, а потом – в виде схемы функционально-логической модели (ФЛМ) путем разбивки его систем и механизмов на функциональные блоки и элементы с указанием характера связей между ними (рис. 1.59). Так на схеме ФЛМ знаком z обозначены внешние влияния, а знаком Y – входные сигналы.

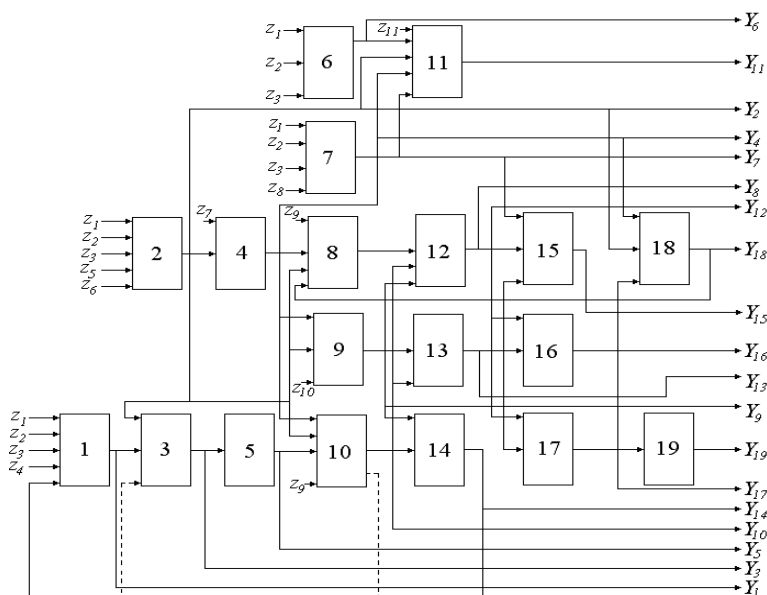


Рис. 1.59. Схема функционально-логической модели дизеля:

1 – топливный бак; 2 – пусковое устройство; 3 – топливоподкачивающий насос; 4 – система смазки; 5 – топливный фильтр; 6 – воздушный фильтр; 7 – система охлаждения; 8, 9, 10 – ФЭ ТНВД; 11 – ГРМ; 12, 13, 14 – форсунки; 15, 16, 17 – ЦПГ; 18, 19 – КШМ; z_1, z_2, z_3 – величина давления; температуры и влажности окружающей среды; z_4 – количество топлива; z_5, z_6 – величина напряжения и тока аккумулятора; z_7, z_8 – уровень масла и охлаждающей жидкости; z_9 – положение педали акселератора; z_{10} – угол опережения впрыскивания; z_{11} – зазор в ГРМ

В технической диагностике реально используются только два противоположных состояния – работоспособный и отказ. В таком случае возможное количество состояний системы, состоящей из N элементов, будет равно 2^N , из которых распознают одно работоспособное состояние S_0 и $2^N - 1$ состояние отказов S_i . Однако распознать такое количество состояний во время диагностирования сложных систем практически невозможно.

Для уменьшения количества распознаваемых состояний, а также чтобы математическая модель наиболее полно отвечала реальному состоянию дизеля в эксплуатации и кроме функциональных и логических связей учитывались вероятности состояний его систем и механизмов, необходимо осуществить в эксплуатации эмпирические исследования объекта диагностирования с анализом распределения вероятностей возможных состояний и закономерности обнаружения отказов отдельных элементов системы. Только при условии, что потоки отказов элементов окажутся ординарными можно предположить, что количество неработоспособных состояний определяется только количеством элементов системы – N .

Анализ результатов подконтрольной эксплуатации показал [14] распределение отказов механизмов и систем дизелей и установил, что в течение всей подконтрольной эксплуатации надежность КШМ и системы пита-

ния топливом беспрерывно снижается, а надежность ЦПГ поддерживается на одном уровне, причем интенсивность отказов остается практически постоянной в течение всего срока эксплуатации.

Учитывая ординарность потока отказов дизелей, можно предположить, что количество неработоспособных состояний определяется количеством систем и механизмов – N , то есть каждый ФЭ может находиться в одном из двух несовместимых видов технического состояния – работоспособном и неработоспособном. А выходные сигналы каждого ФЭ – это возможное количество проверок (диагностических параметров).

Наименование ФЭ, их выходные сигналы (Y) и вероятности безотказной работы (P), полученные в результате обработки статистической информации, приведены в табл. 1.11.

ФЭ, их выходные сигналы и вероятности безотказной работы являются основой составления логико-вероятностной математической модели дизеля в виде матрицы состояний, что устанавливает связь между множеством состояний ФЭ (S) с учетом их вероятностей (P), множеством возможных проверок (диагностических параметров) (Y) и множеством последствий этих проверок.

Таблица 1.11

Наименование функциональных элементов, их выходных сигналов и вероятности безотказной работы

Наименование функциональных элементов	Выходные сигналы	Вероятность безотказной работы
Топливный бак	Разрежение на входе в топливоподкачивающий насос	0,87
Пусковое устройство	Пусковая частота вращения	0,96
Топливоподкачивающий насос	Давление топлива за топливоподкачивающим насосом	0,97
Система смазки	Давление масла в главной масляной магистрали	0,96
Фильтр очистки топлива	Давление топлива после фильтра тонкой очистки	0,97
Воздушный фильтр	Давление воздуха на входе в дизель	0,87
Система охлаждения	Температура охлаждающей жидкости	0,96
ТНВД	Цикловая подача топлива	0,98
ТНВД	Угол опережения впрыскивания топлива	0,94
Регулятор частоты вращения	Частота вращения, регулируемая регулятором	0,92
Газораспределительный механизм	Углы фаз распределения	0,92
Форсунки	Давление впрыскивания топлива	0,96
Форсунки	Угол распыления топлива при впрыскивании	0,95
Форсунки	Величина потоков топлива из форсунки в линию слива	0,97
ЦПГ	Дымность отработавших газов	0,92
ЦПГ	Температура отработавших газов	0,92

Наименование функциональных элементов	Выходные сигналы	Вероятность безотказной работы
ЦПГ	Давление воздуха в конце такта сжатия	0,93
КШМ	Частота вращения коленчатого вала дизеля	0,93
КШМ	Эффективная мощность дизеля	0,89

Построенная матрица (табл. 1.12) содержит 19 строк (равняется количеству ФЭ), которые обозначают неработоспособное состояние ($S_i=0$) и одну (верхнюю), отвечающую работоспособному состоянию функциональных элементов (S_0), когда все диагностические параметры (Y_i) имеют допустимые значения – «1», при допустимых значениях всех внешних входных влияний.

Таблица 1.12

Матрица состояний дизеля с вычисленными вероятностями

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	Y_{14}	Y_{15}	Y_{16}	Y_{17}	Y_{18}	Y_{19}	$P(S_i)$
S_0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,352
S_1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0,019
S_2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0,026
S_3	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0,019
S_4	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0,026
S_5	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0,019
S_6	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0,019
S_7	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0,26
S_8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,013
S_9	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0,039
S_{10}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0,052
S_{11}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0,052
S_{12}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0,026
S_{13}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0,032
S_{14}	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0,019
S_{15}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0,052
S_{16}	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0,052
S_{17}	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0,045
S_{18}	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,045
S_{19}	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,071

Столбцы матрицы состояний обозначают результаты проверок (Y_i), количество которых равняется количеству выходных сигналов ФЭ. А последний столбец содержит вычисленные вероятности i -го состояния модели $P(S_i)$.

$$P(S_i) = \frac{[1 - P(S_0)] \cdot (1 - P_i)}{\sum_{j=1}^n (1 - P_j)}, \quad (1.9)$$

где $P(S_0)$ - вероятность безотказной работы,

$$P(S_0) = \prod_{i=1}^n P_i \quad (1.10)$$

P_i – вероятность безотказной работы всех ФЭ, причем $\sum_{i=0}^n P(S_i) = 1$ (1.11)

Определение минимальной (необходимой и достаточной) совокупности диагностических параметров базируется на анализе основного свойства матрицы состояний, которая свидетельствует: если при отказе i -го ФЭ диагностический параметр (Y_i) принимает недопустимое значение, то на пересечении i -й строки та j -го столбца в таблице ставится «0», то есть отказ i -го ФЭ влияет на диагностический параметр j -го ФЭ, или «1», если не влияет.

Для проверки работоспособности дизеля необходимо получить информацию о состоянии всех ФЭ, поэтому определение минимального количества диагностических параметров состоит в отыскании минимального количества столбцов матрицы состояний, которые заполняют нулями все строки (кроме S_0), что отвечает работоспособному состоянию.

Отбор минимальной совокупности диагностических параметров для проверки работоспособности дизеля осуществляется с учетом наибольших значений вероятности i -го состояния модели $P(S_i)$.

Выполненный таким образом анализ матрицы состояний дизеля позволил установить минимальную (необходимую и достаточную) совокупность проверок, которая состоит из контроля всего двух совокупностей трех диагностических параметров: Y_{19} и Y_{15} , то есть проверки мощности и дымности отработавших газов, или Y_{19} и Y_{16} (проверки мощности и температуры отработавших газов). [14]

Первая совокупность дает общую оценку работоспособности дизеля, вторая может быть основой алгоритма диагностирования не только во время контроля работоспособности, но и поиска отказов отдельно в цилиндрах дизелей.

Контроль мощности двигателя требует использования сложных нагрузочных стендов, что влечет за собой увеличение стоимости и времени диагностирования. Известно, что температура отработавших газов прямо пропорциональна мощности, значит, минимальное необходимое и достаточное обоснованное количество проверок может состоять из двух диагностических параметров: дымности (Y_{15}) и температуры (Y_{16}) отработавших газов.

Если эти два параметра отвечают нормативным значениям, то дизель находится в работоспособном состоянии. А если хотя бы один из двух контролируемых параметров не отвечает нормативу, то дизель – в неработоспособном состоянии.

Это подтверждает необходимость контроля дымности отработавших газов в режиме свободного ускорения по действующему ДСТУ 4276.2004 и температуры отработавших газов. В случае использования быстродействующего устройства для измерения температуры отработавших газов дополнительно появляется возможность выполнять диагностирование отдельных цилиндров дизеля.

1.12.2. Поиск неисправностей двигателя с использованием дымомера

Дымомеры работают по принципу поглощения светового потока, проходящего через отработавшие газы (ОГ). Дымность ОГ оценивается через

их оптическую плотность, регистрируемую при просвечивании фотоэлементом, который передает сигнал на микроамперметр, проградуированный в процентах дымности.

Дымность отработавших газов у двигателей автомобилей МАЗ, КамАЗ, ЗИЛ-4331 не должна превышать 40% в режиме свободного ускорения и 15% при максимальной частоте вращения коленчатого вала. Превышение указанных значений свидетельствует о неисправной работе топливной системы и требует принятия соответствующих мер (проведения регулировочных работ или текущего ремонта), так как подобная неисправность может снизить мощность двигателя, привести к перерасходу топлива, а высокое содержание аэрозолей, определяющих процент дымности и состоящих из частиц сажи, золы, несгоревшего топлива, масла и т. д., оказывает вредное воздействие на экологию и здоровье человека.

Режимы измерения. 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. Таким прибором, например, являются дымомеры типа «Хартридж». Для определения дымности ОГ при полной нагрузке и максимальной (ограничиваемой регулятором) частоте вращения коленчатого вала регистрируются показания дымомера на режимах свободного ускорения. В этом подразделе использованы материалы работы [7].

Прибор для измерения дымности ОГ типа «Хартридж» оценивает отработавшие газы на просвет точно так же, как это определяет своим зрением человек. Непрозрачность ОГ определяется наличием частиц сажи, несгоревшего топлива, моторного масла и водяного пара (рис. 1.60).

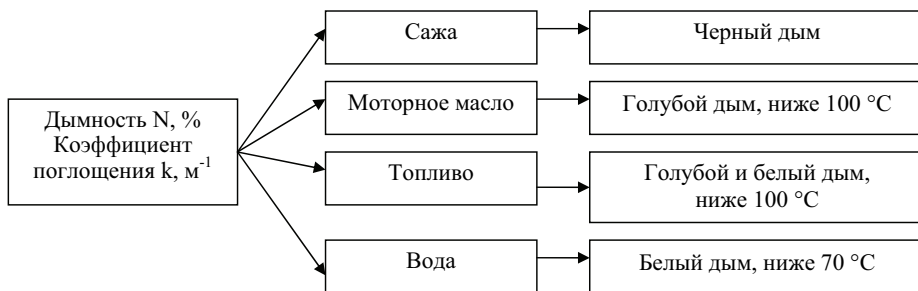


Рис. 1.60. Факторы дымности ОГ и состав твердых частиц

В немецком тесте ОГ контроллеру задается измерительный режим А или Б 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, ко-

торый предписывает производитель транспортного средства для данного теста. В дальнейшем показатели дымности ОГ даются по измерению в режиме А.

Измерение дымности ОГ (коэффициента поглощения k) (рис. 1.61) на режимах свободного ускорения следует проводить всегда, когда проявляются признаки недостаточной мощности или слишком большое количество дыма, идущего из выпускной трубы. Преимущество использования дымомера заключается в быстроте и доступности этого метода, а также в том, что заданная величина k значения дымности ОГ указывается для каждого транспортного средства.

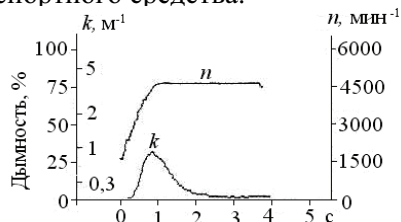


Рис. 1.61. Кривые дымности ОГ (k) и частоты вращения коленчатого вала (n) исправного двигателя Audi V6 TDI:
 $k_{\text{макс}}=0,87 \text{ м}^{-1}$; $t_p=0,7 \text{ с}$; максимальная частота вращения коленчатого вала $n=4690 \text{ мин}^{-1}$; режим измерения А

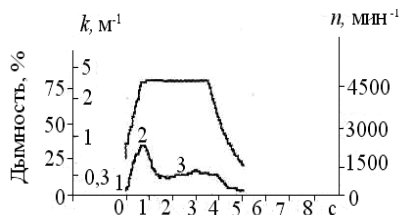


Рис. 1.62. Типичные кривые дымности ОГ (k) и частоты вращения коленчатого вала (n) при свободном ускорении:
 $k_{\text{макс}}=1,05 \text{ м}^{-1}$; $t_p=0,7 \text{ с}$

Характеристики дымления дизельного двигателя. Выброс сажи увеличивается с ростом нагрузки на двигатель, сопровождаемым обогащением топливовоздушной смеси. Граница прекращения дымления соответствует составу смеси при коэффициенте избытка воздуха $\lambda=1,2$. Исправный дизельный двигатель на холостом ходу частиц сажи (твердых частиц) почти не выбрасывает. Усиленный выброс твердых частиц или несгоревшего топлива указывает на нарушения процесса сгорания, вызванные плохой подготовкой топливовоздушной смеси, например, из-за неисправных распылителей форсунок, ошибочно установленного начала подачи топлива или высокого расхода масла при износе деталей ЦПГ. Нарушения процесса сгорания могут приводить к повышенному дымлению на всех рабочих режимах. Большинство дымомеров позволяют регистрировать изменение непрозрачности ОГ в зависимости от частоты вращения коленчатого вала (n), обеспечивая возможность поиска неисправности на режимах свободного ускорения (рис. 1.62). Кривая дымности ОГ (коэффициент поглощения k) определена на всех рабочих режимах двигателя. Точка 1 (рис. 1.62) 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.

Точка 2 (рис. 1.62) 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 изменению подачи топлива. В немецком тесте ОГ точка 2 (рис. 1.62) берется как значение максимального дымления. У современных дизельных двигателей максимальное дымление приблизительно соответствует $k=1,0 \text{ м}^{-1}$. Более точные сведения о значении дымления двигателя на полной нагрузке указываются в табличке автомобиля, в которой приводится значение k , установленное на режиме полной нагрузки при утверждении типа транспортного средства. Даже если бы это значение k устанавливалось при других условиях, оно 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. 1.62) 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 водителя о мощности двигателя. Если он подтверждает высокую мощность двигателя, следует искать причину отклонения значения k в слишком большой дозе топлива. Если двигатель когда-либо не подвергался тюнингу, связанному с повышением мощности, следует более точно просмотреть измеренные 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 проверки 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, так как ОГ в системе рециркуляции вытесняют из впускного трубопровода свежий воздух. Действие клапана рециркуляции может быть проверено визуально или измерением с помощью дымомера при свободном ускорении и постоянно открытом клапане системы рециркуляции ОГ (рис. 1.63).

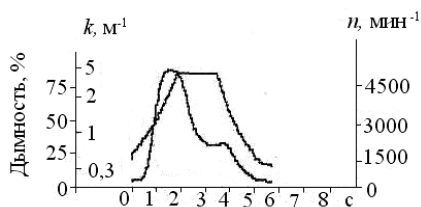


Рис. 1.63. Кривые дымности ОГ (k) и частоты вращения коленчатого вала (n) с постоянно открытым клапаном рециркуляции ОГ

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. 1.64, 1.65). Точно также сопротивление на выходе выпускной трубы приведет к низкому давлению наддува и снижению мощности двигателя.

Кривые дымности ОГ (k), представленные на рис. 1.64 и 1.65, получены при свободном ускорении (код неисправности IZ) исправного двигателя TDI (рис. 1.64) и Volkswagen 1.9 TDI с постоянно открытым клапаном рециркуляции ОГ (рис. 1.65).

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, и затем с помощью таблицы данных или осциллографа проверяются все выданные датчиками величины, необходимые блоку управления для расчета подачи на полной нагрузке. Сюда относятся датчики расхода воздуха, давления наддува, температуры всасываемого воздуха и топлива.

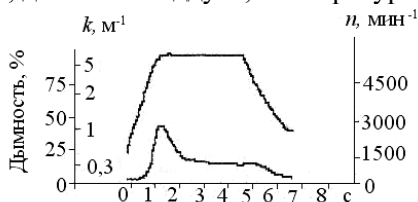


Рис. 1.64. Кривые дымности ОГ (k) и частоты вращения коленчатого вала (n) исправного двигателя TDI

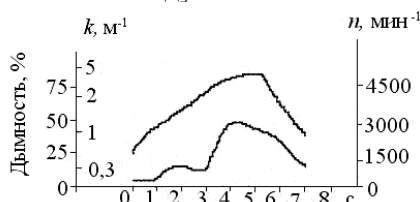


Рис. 1.65. Кривые дымности ОГ (k) и частоты вращения коленчатого вала (n) с постоянно открытым клапаном рециркуляции ОГ

Если дымность в точке 3 (рис. 1.62) слишком высока при срабатывании ограничителя оборотов коленчатого вала (n), неисправности связаны не с величиной подачи, а с частотой вращения коленчатого вала. При допустимом дымлении (k) на холостом ходу и полной нагрузке следует сначала проверить функционирование регулятора начала подачи топлива (рис. 1.66,

1.67, 1.68). Кривые дымности ОГ (k), приведенные на рис. 1.68, получены при свободном ускорении с заблокированным механизмом начала подачи топлива и постоянно открытым клапаном начала подачи.

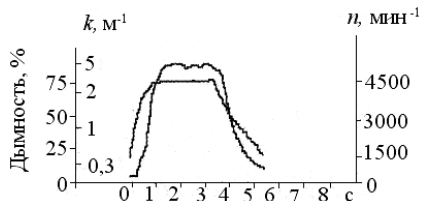


Рис. 1.66. Кривые дымности ОГ (k) и частоты вращения коленчатого вала (n) безнаддувного двигателя

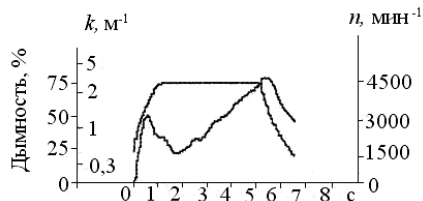


Рис. 1.67. Кривые дымности ОГ (k) и частоты вращения коленчатого вала (n) двигателя с турбонаддувом

Признаками неисправности 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. 1.69). Кривые дымности ОГ (k), приведенные на рис. 1.69, получены при слишком позднем начале подачи топлива (8° после верхней мертвой точки).

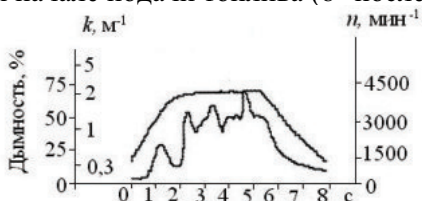


Рис. 1.68. Кривые дымности ОГ (k) и частоты вращения коленчатого вала (n) двигателя BMW 318TDS с турбонаддувом

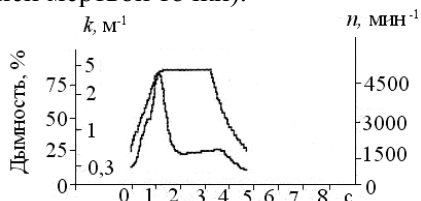


Рис. 1.69. Кривые дымности ОГ (k) и частоты вращения коленчатого вала (n) двигателя

Однако видимое изменение значения дымности ОГ можно установить только при точно определенной погрешности начала подачи. Не все двигатели реагируют 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. 1.70).

Если величина дымления находится слишком высоко во всех трех точках (рис. 1.71), 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. 1.71), двигатель выпускает синий дым.

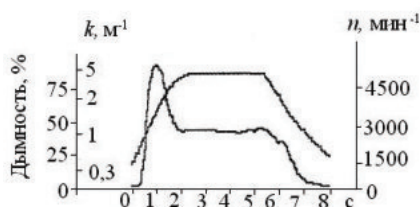


Рис. 1.70. Кривые дымности ОГ (k) и частоты вращения коленчатого вала (n) двигателя со слишком ранним началом подачи топлива – 10° до ВМТ

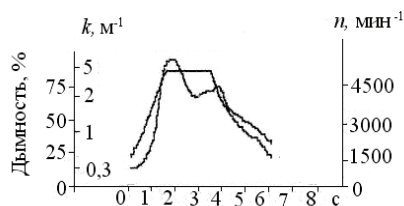


Рис. 1.71. Кривые дымности ОГ (k) и частоты вращения коленчатого вала (n) изношенного двигателя с высоким расходом масла

Плохое качество топлива также является причиной высоких значений дымности ОГ во всех трех точках (рис. 1.71). 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 для очистки системы питания.

Что касается заправки автомобиля по ошибке бензином, то так как 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 водителя 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 страдают, благодаря тому, что в этих системах кулачковый вал смазывается моторным маслом.

Поиск неисправности с дымометром типа «Хартридж», как и просмотр памяти неисправностей, хорошо подходят для предварительного определения неисправности, так как в течение короткого времени дают направление для дальнейших проверок. По сравнению с памятью неисправностей поиск с дымометром имеет преимущество в том, что позволяет оценивать конечный продукт процесса сгорания и, таким образом, показывает результат как механических неисправностей, так и неисправностей в системе топливоподачи. Поиск неисправностей по измерениям дымности ОГ приведен в табл. 1.13.

**Поиск неисправностей по измерению дымности
отработавших газов**

Мощность двигателя	Величина дымности при 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 (+)	+	Неисправен механизм опережения впрыска
-	+	+	+	Дефектный распылитель
-	+	+	+	Заправка не тем топливом
н	+	+	+	Перерасход масла (голубой дым). Неисправность двигателя или турбокомпрессора

Примечание:

«н» – нормальная величина; «+» - высокое значение; «-» - низкое значение.

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 признаки, что неисправность может быть связана с одним 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 неисправный цилиндр, приводящий к повышенной дымности ОГ (табл. 1.14 и рис. 1.72).

Таблица 1.14

**Измерение относительной дымности для определения
дефектного цилиндра**

	Цилиндр 1	Цилиндр 2	Цилиндр 3	Цилиндр 4
Дымность, измеренная при отключении одного из цилиндров, %	23	23	23	3

При отключении дефектного цилиндра с неплотно установленной форсункой дымность снизилась в среднем с 17 до 3%.

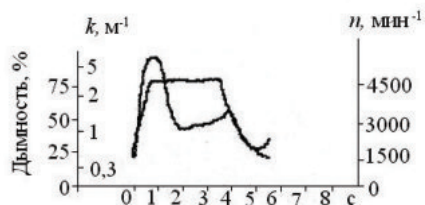


Рис. 1.72. Кривые дымности ОГ (k) и частоты вращения коленчатого вала (n) двигателя с неплотно установленной форсункой в одном из цилиндров

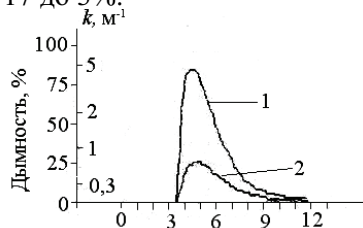


Рис. 1.73. Кривые дымности ОГ (k) на режиме холодного пуска (1) при $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и на рабочем режиме прогретого двигателя с электронным регулированием (2)

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 могут быть быстрее проверены таким 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.

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 у форсунок аккумуляторных систем впрыска имеют трехзначную цену (в евро).

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 зависимости от температуры охлаждающей жидкости. До внедрения в практику автосервисов 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 $k=2,0 \text{ м}^{-1}$. При более низких значениях дымности ОГ могут появ-

виться 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 двигателя дымность при пуске должна находиться в пределах от 20 до 35% или $k = 0,6-1,0 \text{ м}^{-1}$ (рис. 1.73).

При проверке пусковой подачи дизелей, оснащенных ТНВД с электронным регулированием, имитируется температура -5°C установкой в разъем датчика температуры резистора сопротивлением $\approx 10 \text{ кОм}$ и запускают двигатель. При этом дымность ОГ при пуске должна увеличиться минимум до 50% (рис. 1.72). 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.

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.

Контрольные вопросы

1. Какая минимальная совокупность диагностических параметров достаточна для контроля технического состояния двигателя?
2. Как с помощью дымомера определить неисправности?
3. Какие существуют характеристики дымления дизельного двигателя?

1.13. Контроль технического состояния двигателя по изменению мощности и давления наддува

1.13.1. Контроль давления наддува

Большинство современных дизельных двигателей оборудуются турбокомпрессорами, которые снабжают двигатель, особенно при полной нагрузке, достаточным количеством воздуха. Большее количество воздуха в камере сгорания позволяет впрыскивать большее количество топлива и увеличить мощность, а при меньшей подаче топлива – снизить выброс сажи. [7]

Поэтому давление наддува, являясь параметром, определяющим величину полной нагрузки, должно проверяться прежде всего при признаках понижения мощности. 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, так как 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, так как 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.

Термопленочный измеритель массы воздуха (Heißfilm-Luftmassenmesser=HFM) является термическим измерителем проходящего потока. Чувствительный элемент и корпус массового измерителя представляют собой два отдельных элемента. Они соединяются между собой через фланец посредством двух винтов. Если на автомобиле вышел из строя массовый измеритель воздуха, то он всегда заменяется комплектом. Ремонт массового измерителя не допускается. Прежде всего не допускается замена чувствительного элемента. Винты крепления запрещается откручивать. При изготовлении массового измерителя каждый чувствительный элемент проходит индивидуальную калибровку со своим корпусом. Замена чувствительного элемента без калибровки ухудшает качество выхлопа, понижает мощность двигателя и повышает расход топлива. HFM5 может быть проверен при помощи KTS или осциллографа.

Не только слишком низкое, но и слишком высокое давление наддува может привести к снижению мощности, так как 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, исправны, можно будет заменять дорогой агрегат. В табл. 1.15 ([7]) даются указания для поиска неисправности в условиях, когда давление наддува не соответствует данным производителя.

Давление наддува регулируется электропневматическим способом. При использовании турбокомпрессора с изменяемой геометрией турбины регулирование геометрии турбины происходит созданием разрежения.

Важнейшими параметрами регулирования давления наддува являются частота вращения коленчатого вала, давление наддува и атмосферное давление (особенно для двигателей, работающих на большой высоте над уровнем моря, где турбокомпрессор может перегружаться). Датчик атмосферного давления встроен в блок управления и может быть заменен только вместе с ним.

**Поиск неисправностей при несоответствии давления наддува
данным производителя**

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

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. 1.74 [7]).

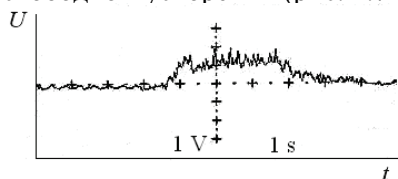


Рис. 2.74. Протекание сигнала напряжения датчика давления наддува при свободном ускорении

При отклонениях от кривой протекания напряжения датчик следует заменить. Этот датчик смонтирован на соединительном трубопроводе между охладителем наддувочного воздуха и впускным трубопроводом. 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 измерения показывают, что датчик исправен, при имитации давления наддува необходимо провести проверку турбокомпрессора и преобразователя давления. Давление наддува при частоте вращения коленчатого вала 3000 мин⁻¹ и на режиме полной нагрузки у двигателя рабочим объемом 1,9 л должно составлять от 1,0 до 1,2 бар, у двигателя рабочим объемом 1,4 л – от 0,8 до 1,1 бар и у двигателя рабочим объемом 1,2 л – от 0,7 до 1,1 бар. При отклонении от этих номинальных значений в первую очередь следует проверить преобразователь давления.

Существуют два исполнения этого устройства:

- в металлическом корпусе – 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).

При испытаниях обоих исполнений преобразователей давления они должны демонстрировать одинаковую скважность управляющего сигнала. При повышении давления наддува преобразователь управляется с высокой скважностью. Для ограничения давления наддува блок управления эту скважность снижает. При отклонении от этих управляющих действий следует проверить катушку индуктивности преобразователя на обрыв и короткое замыкание. Номинальные значения сопротивления указываются в эксплуатационной документации: 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 измерить напряжение питания на клеммах преоб-

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

У последних моделей трех- и четырехцилиндровых дизельных двигателей Volkswagen с турбонаддувом и непосредственным впрыскиванием топлива установлена так называемая заслонка останова двигателя. Эта заслонка закрывается в течение 3 с после останова двигателя. Благодаря этому во впускной трубопровод при выбеге турбины нагнетателя не попадает свежий воздух, из-за этого уменьшается давление сжатия и тем самым предотвращаются колебания и рывки значений частот вращения коленчатого вала при выбеге автомобиля. В случае неисправности заслонки, находящейся постоянно в закрытом положении, двигатель не запускается. В памяти неисправностей никаких ссылок на эту неисправность 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. 1.75 [7].

1.13.2. Контроль мощности двигателя

На изменение мощности двигателя внутреннего сгорания оказывают следующие факторы: износ деталей цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов; износ и обгорание клапанов и седел; неисправности систем питания, охлаждения и смазки; изменение угла опережения зажигания, падение мощности искры, производительности жиклеров и т. д. Поэтому в случае отклонения мощности от нормы производят поэлементное диагностирование систем и механизмов двигателя. Количественным показателем неисправности двигателя является снижение его мощности на 6-8%. При неправильной регулировке систем и механизмов мощность ДВС может снизиться на 20-30% от номинальной.

Эффективную мощность можно определить с помощью тормозного или бестормозного методов.

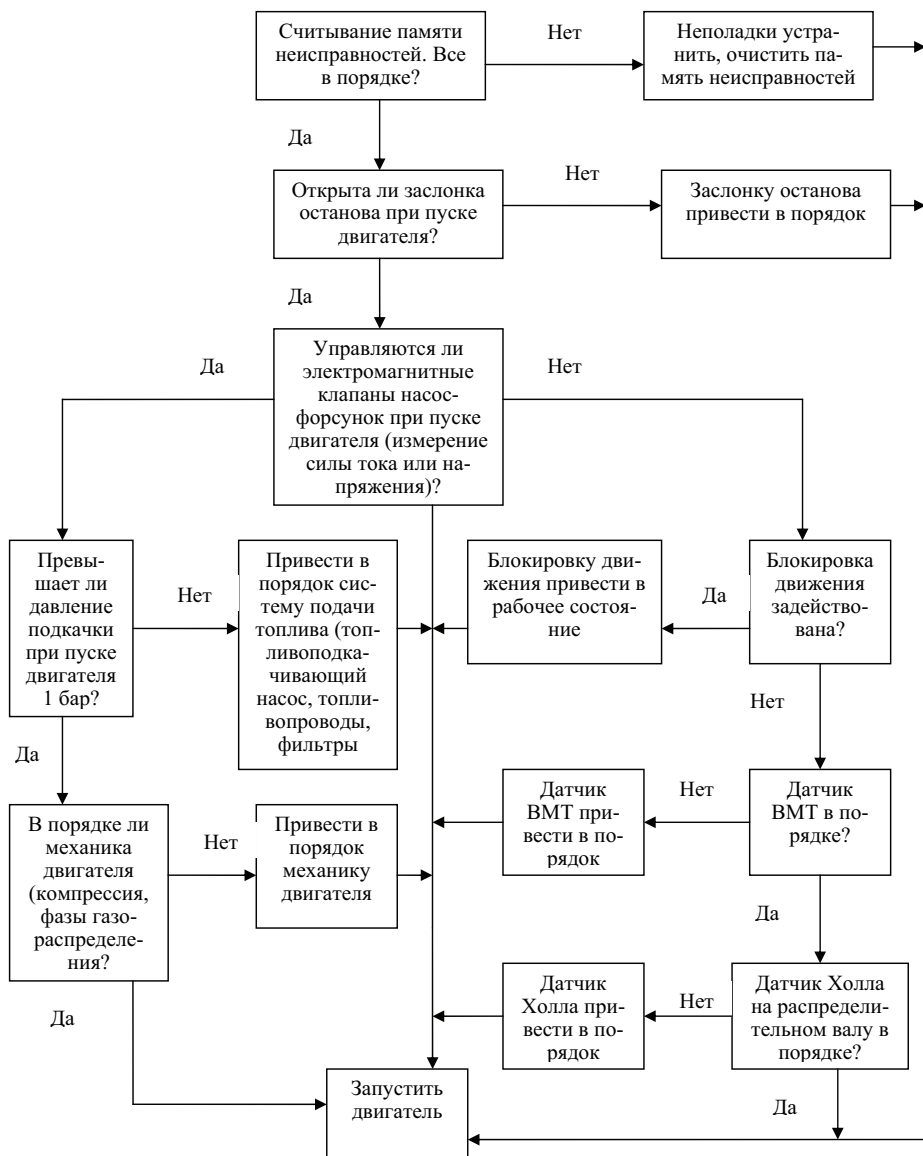


Рис. 1.75. План поиска неисправностей:
двигатель не запускается или запускается с трудом

При помощи стенда тяговых качеств (СТК) мощность двигателя определяют одновременно с диагностированием автомобиля по мощностным и экономическим показателям. Для этого, измерив колесную мощность автомобиля N_k при максимальном крутящем моменте вала двигателя или при максимальной мощности, вычисляют соответствующую мощность двигате-

ля с учетом механических потерь в трансмиссии автомобиля и стенде по следующей формуле:

$$N_d = \frac{N_k}{\eta_{mp} \eta_{cm}}, \quad (1.12)$$

где η_{mp} и η_{cm} — соответственно КПД трансмиссии и стенда.

Тормозной метод основан на поглощении мощности, развиваемой ДВС, тормозом с известным тормозным моментом. При этом эффективную мощность ДВС (кВт) находят по формуле

$$N_e = M \cdot n / 9550, \quad (1.13)$$

где M — тормозной момент, Н·м; n — частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹.

Для реализации данного метода используются электротормозные стенды, выполненные на основе электродвигателя с фазным ротором. При уменьшении сопротивления в цепи ротора частота вращения вала электродвигателя изменяется от минимальной до синхронной n_c . В зависимости от конструкции электродвигателя n_c может быть равна 1500, 1000 или 750 мин⁻¹. При работе ДВС с частотой вращения выше n_c электродвигатель переходит в генераторный режим и осуществляет торможение. Опоры статора электротормоза установлены в подшипниках, что позволяет ему поворачиваться на угол 10-20°. Тормозной момент уравнивается и определяется силой P , приложенной к статору на плече L (рис. 1.76).

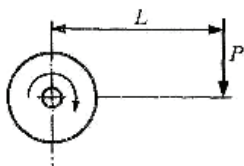


Рис. 1.76. Схема тормоза

Для определения мощности ДВС тормозным методом без снятия с машины подключают тормоз к валу отбора мощности или устанавливают ведущие колеса машины на стенд с беговыми барабанами, связанными с тормозной установ-

кой. Причем в зависимости от тягового усилия и массы машины применяют стенды с фрикционными, гидравлическими или электрическими тормозными установками.

Бестормозные методы (бесстендовые, для определения мощности двигателя). Сущность их состоит в том, что в качестве нагрузки используют силы, возникающие при выключении цилиндров и создании дополнительных сопротивлений. Так, в четырехцилиндровом двигателе каждый работающий цилиндр нагружается силами, возникающими при выключении остальных трех. В таком режиме двигатель работает достаточно устойчиво с полной подачей топлива при частотах несколько ниже номинального значения. В качестве нагрузки используется сопротивление части выключенных из работы цилиндров испытуемого двигателя или же силы инерции его массы при разгоне.

Метод выключения из работы цилиндров заключается в измерении снижения скорости вращения коленчатого вала двигателя под нагрузкой,

создаваемой поочередным выключением из работы его цилиндров. Для этой цели (после прогрева до нормальной температуры) у дизелей прекращают подачу топлива в очередной цилиндр, а у карбюраторных – отключают от него зажигание. Выключенные цилиндры нагружают двигатель за счет компрессии. Угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя снижается тем больше, чем ниже мощность отключенного цилиндра.

Сравнивая снижение частоты вращения вала с нормативом, выявляют цилиндры двигателя, не развивающие установленной мощности, и находят ее потери в процентах. Затем суммируют полученные результаты и таким образом определяют мощностные показатели двигателя в целом.

Способ не отличается высокой точностью, поскольку измерение частоты производится в условиях, отличающихся от рабочих, вследствие чего изменяются условия трения сопряженных деталей ДВС.

В эксплуатационных условиях измеряется максимальная частота вращения при работе на каждом цилиндре. По максимальной частоте вращения определяется мощность каждого цилиндра.

Максимальная эффективная мощность работающего цилиндра в этом случае определяется по формуле

$$N_{ei\ max}=0,25[N_{e\ nom}-A(n_{ip\ max}-n_{иф\ max})], \quad (1.14)$$

где $N_{e\ nom}$ – номинальная эффективная мощность двигателя, кВт; A – коэффициент, постоянный для однопоршневых дизелей; $n_{ip\ max}$ – расчетная максимальная частота вращения двигателя при работе одного цилиндра, мин⁻¹; $n_{иф\ max}$ – фактическая максимальная частота вращения двигателя при работе одного цилиндра, мин⁻¹.

Зная мощность каждого из цилиндров, определяют неравномерность их нагружения в процентах

$$H_N = \frac{N_{ei\ max} - N_{ei\ min}}{N_{ei\ max} + N_{ei\ min}} \cdot 200, \quad (1.15)$$

где $N_{ei\ max}$ – максимальная мощность цилиндра, кВт; $N_{ei\ min}$ – минимальная мощность цилиндра, кВт.

Допустимая неравномерность нагружения не должна превышать 12%. Эффективная мощность двигателя определяется суммированием мощностей отдельных цилиндров.

Контроль двигателей изложенным методом показал, что большинство из них развивало мощность на 10-15% ниже номинальной, в отдельных случаях снижение мощности достигало 25%. У 60% двигателей выявлена неправильная регулировка зазора между коромыслами и стержнями клапанов, 30% двигателей не развивали номинальную мощность из-за плохой работы насос-форсунок.

Дальнейшим развитием метода отключения цилиндров являются парциальный и дифференциальный методы, которые могут применяться для диагностирования двигателей с числом цилиндров более четырех.

При парциальном методе двигатель испытывается по частям, но с полной цикловой подачей топлива в работающие цилиндры, причем нагружаются рабочие цилиндры за счет прокручивания выключенных цилиндров и частично тормозными устройствами (подъемный механизм самосвала, дроссель на выпуске и др.). Мощность двигателя в парциальных режимах определяют по группам цилиндров, что позволяет получить больший объем информации, чем при контроле тормозным методом.

Дифференциальный метод отличается от парциального тем, что вместо частичного догружения применяется подкрутка двигателя до номинального скоростного режима. Подкрутка производится от постороннего источника энергии с динамометрическим устройством. В частности, для двигателя ЯМЗ-236, работающего на двух цилиндрах, номинальная степень добавочной мощности равна 15%.

Однако использование рассмотренных методов не позволяет произвести необходимые измерения у двигателей, работающих неустойчиво при выключении цилиндров, кроме одного. Нельзя учесть также действительную мощность механических потерь двигателя.

Более совершенны методы бестормозного определения мощностных показателей двигателей, использующие динамические режимы.

Бестормозной динамический метод определения мощности дизеля в неустановившемся режиме основан на измерении углового ускорения коленчатого вала в режиме свободного разгона от минимальной до максимальной частоты вращения. При резком увеличении подачи топлива дизель в определенный промежуток времени работает с полной нагрузкой, преодолевая момент инерции вращающихся частей. Между угловым ускорением и эффективной мощностью существует следующая зависимость:

$$N_r = 0,001 J(\omega) \frac{d\omega}{dt}, \quad (1.16)$$

где J – приведенный момент инерции, Н·м·с²; ω – угловая скорость, рад/с; $\frac{d\omega}{dt}$ – угловое ускорение, рад/с².

Для реализации данного метода был разработан ряд приборов, например, ИМД-2М. Мощность двигателя определяется методом полного или частичного выбега при одновременном отключении всех цилиндров или всех цилиндров, кроме одного, мощность которого измеряется.

При указанном методе

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9500} = \frac{I \cdot n}{9500} \cdot \frac{d\omega}{dt}, \quad (1.17)$$

где N – мощность двигателя, кВт; I – приведенный момент инерции всех движущихся частей двигателя к оси коленчатого вала; $\frac{d\omega}{dt}$ – угловое ускорение коленчатого вала двигателя; n – частота вращения вала двигателя.

Угловое ускорение и обороты вала двигателя измеряются специальным транзисторным устройством. Момент инерции для данного двигателя – величина постоянная. Мощность определяется мгновенно и фиксируется на стрелочном приборе, шкала которого отградуирована в киловаттах.

К бестормозным методам относится определение мощности дизеля **по эффективному расходу топлива**.

Как показали исследования, техническое состояние дизеля на характер этой зависимости практически не влияет. Эффективный расход топлива определяется разницей между расходами при максимальной мощности и на холостом ходу. При этом максимальная эффективная мощность, которую развивает двигатель, равна

$$N_{e \max} = \left(\frac{Q_{m \max} - Q_{m \text{ хх}}}{b} \right)^{\frac{1}{a}}, \quad (1.18)$$

где $Q_{m \max}$, $Q_{m \text{ хх}}$ – соответственно расход топлива при максимальной мощности и на холостом ходу, кг/ч; a , b – коэффициенты, постоянные для однотипных двигателей.

Для реализации этого метода необходимо нагрузить двигатель, что производится с помощью рабочего оборудования или имитатора нагрузки, например, КИ-5633.

Расход топлива заметно возрастает при увеличении пропускной способности жиклеров, заедании механизма экономайзера, нарушении герметичности игольчатого клапана или поплавка, повышении уровня топлива в поплавковой камере, прорыве диафрагмы топливного насоса, засорении воздушных фильтров, неправильной установке зажигания, неисправности автоматов опережения, износе поршневых колец, поршней; на расход влияет состояние приборов зажигания, степень сжатия и т. д. Поэтому при определении мощности двигателя необходимо провести ТО и регулировочные работы.

Метод определения мощностных параметров цилиндров двигателя по его разгонной характеристике без нагрузки заключается в измерении интенсивности ускорения коленчатого вала при полной подаче топлива от минимально устойчивой частоты его вращения на холостом ходу до максимальной. При этом нагрузка двигателя осуществляется за счет сил инерции его движущихся масс, являющихся для данного двигателя постоянной величиной.

Эффективные показатели работы отдельных цилиндров при свободном разгоне ДВС с минимальных оборотов холостого хода, осуществляемым резким нажатием на педаль управления подачей топлива, определяются параметрами ускорения $\frac{d\omega}{dt}$ и угловой скорости коленчатого вала по углу поворота φ за время dt , соответствующее периоду приведенного момента инерции в пределах рабочего хода каждого цилиндра. Так, мощность двигателя при рабочем ходе в i -м цилиндре равна

$$N_{ei} = J \cdot \omega_i \cdot \left(\frac{d^2 \varphi}{d\tau^2} \right)_i, \quad (1.19)$$

где ω_i – средняя угловая скорость коленчатого вала при рабочем ходе i -го цилиндра.

Значение ускорения $\left(\frac{d^2 \varphi}{d\tau^2} \right)$ находится из отношения изменения угловой скорости коленчатого вала двигателя в интервале угла поворота, соответствующего рабочему ходу i -го цилиндра, к его длительности τ_i .

$$\left(\frac{d^2 \varphi}{d\tau^2} \right)_i = \frac{\omega_{ki} - \omega_{ni}}{\tau_i} = \varepsilon_i. \quad (1.20)$$

По результатам сравнения значений ускорений коленчатого вала в пределах углов поворота, соответствующих рабочим тактам каждого цилиндра, судят о равномерности мощностных параметров цилиндров, эффективной мощности ДВС в целом и конкретизируют наличие неисправности по цилиндрам.

Контрольные вопросы

1. Как регулируется давление наддува?
2. Как проверяют систему регулирования давления наддува?
3. Какие факторы влияют на изменение мощности двигателя?
4. Какие показания снижения мощности (в процентах) считаются неисправностью?
5. Как определить эффективную мощность двигателя?
6. Сравнить тормозной и бестормозной методы определения мощности двигателя.
7. Чем отличается дифференциальный метод испытаний двигателя от парциального?
8. Как по изменению углового ускорения можно оценить мощность двигателя?
9. В чем заключается метод определения мощностных параметров цилиндров по разгонной характеристике двигателя?

1.14. Методы диагностирования по индикаторному и механическому КПД двигателя

1.14.1. Расчетные методы

Общее техническое состояние ДВС определяется основными показателями: эффективной мощностью и удельным расходом топлива.

Эффективная мощность – номинальная мощность, гарантируемая предприятием-изготовителем при работе на номинальном скоростном режиме при полной подаче топлива и стандартных атмосферных условиях, температуре и плотности топлива.

Диагностирование двигателей можно осуществлять по индикаторным показателям (индикаторная мощность N_i , индикаторный КПД, индикаторный расход топлива q_i г/кВт·ч и др.), которые характеризуют действительный рабочий цикл, и по эффективным показателям работы двигателя (эф-

эффективная мощность N_e , механические потери P_{mp} , эффективный КПД η_e , удельный эффективный расход топлива q_e г/кВт·ч) [10, 15, 16].

Индикаторная мощность – мощность двигателя, соответствующая индикаторной работе цикла.

Механический КПД – отношение работы или мощности на валу двигателя к работе или мощности газов в цилиндре двигателя. Индикаторные показатели для различных двигателей приведены в табл. 1.16.

Значение индикаторного КПД вычисляется по формуле

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot R \cdot L_0 \cdot \alpha \cdot T}{P \cdot \eta_v \cdot H_u}, \quad (1.21)$$

где P_i – среднее индикаторное давление, определяемое по индикаторной диаграмме, МПа; R – универсальная газовая постоянная, равная 8,31 Дж/моль·град; L_0 – стехиометрическое количество воздуха в смеси на 1 кг топлива (для бензина – 0,512 кмоль, для дизтоплива – 0,495 кмоль); T – температура окружающей среды, град; P – давление окружающей среды, МПа; η_v – коэффициент наполнения; H_u – низшая удельная теплота сгорания топлива, кДж/кг; α – коэффициент избытка воздуха.

Таблица 1.16

Индикаторные показатели двигателей

Двигатели	P_i , МПа	η_i	q_i г/кВт·ч
Бензиновые:			
- без наддува	0,40-1,20	0,26-0,38	240-300
- с наддувом	0,90-1,90	-	-
Дизели четырехтактные:			
- без наддува	0,75-1,20	0,43-0,52	160-200
- с наддувом	1,40-3,00	-	-
Газовые:			
- без наддува	0,60-0,80	0,27-0,34	11-13 МДж/кВт·ч
- с наддувом	0,90-1,40	-	-

Индикаторная мощность определяется по формуле

$$N_i = \frac{P_i \cdot V_h \cdot n}{120} \text{ кВт}, \quad (1.22)$$

где V_h – рабочий объем цилиндров, л; n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹.

Зная часовую индикаторную работу и часовой расход топлива, индикаторный КПД определяется по формуле [10, 15]

$$\eta_i = \frac{N_i \cdot 3600}{H_u \cdot G_m \cdot 1000} = \frac{3600}{H_u \cdot G_m \cdot 1000 / N_i} = \frac{3600}{H_u \cdot q_i} \text{ или } q_i = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_i}. \quad (1.23)$$

На КПД индикаторный оказывают влияние различные конструктивные, регулировочные и эксплуатационные факторы. КПД возрастает при

увеличении степени сжатия, хотя при очень больших степенях сжатия за счет увеличения отвода теплоты в стенки он несколько снижается. При увеличении диаметра цилиндра $D_{ц}$ в дизелях при оптимальном отношении $S_n/D_{ц}$ (S_n – ход поршня) за счет уменьшения относительной поверхности индикаторный КПД повышается.

Применение легких теплопроводных сплавов для поршней и головок цилиндров двигателей взамен чугуна в карбюраторных двигателях снижает температуру поверхности, что уменьшает возникновение детонации. Это позволяет несколько увеличить степень сжатия, что приводит к повышению индикаторного КПД.

В дизельных двигателях применение чугуна и стали уменьшает период задержки воспламенения, что способствует улучшению сгорания и увеличению η_i .

Индикаторный КПД повышается в дизелях при совершенствовании процесса подачи топлива (увеличение скорости подачи, тонкости распыла), а в карбюраторных двигателях увеличивается при компактных камерах сгорания, так как они позволяют увеличить степень сжатия и уменьшить теплоотвод при сжатии, сгорании и расширении.

Важная роль в повышении индикаторных КПД принадлежит выбору наиболее выгодных углов опережения зажигания и впрыска топлива. Эти углы различны для разных режимов работы двигателей. Так, наиболее выгодные углы уменьшаются с увеличением нагрузки (сокращается период задержки воспламенения смеси, возрастает скорость распространения фронта пламени) и увеличиваются при повышении частоты вращения коленчатого вала.

В карбюраторных двигателях η_i возрастает с увеличением нагрузки примерно до 80% использования мощности ($\alpha=1,05-1,15$). Это объясняется тем, что при некотором обеднении смеси несколько улучшается процесс смесеобразования. При дальнейшем увеличении α уменьшается скорость сгорания, увеличивается отвод тепла в стенки и индикаторный КПД снижается. Когда двигатель развивает максимальную мощность и вступает в работу экономайзер, коэффициент избытка воздуха уменьшается до 0,85-0,90, а η_i снижается до 0,27-0,29.

В дизелях, в отличие от карбюраторных двигателей, η_i увеличивается с уменьшением нагрузки, что связано с ростом α . При максимальных нагрузках $\alpha \approx 1,5$ η_i колеблется в пределах 0,42-0,43. По мере снижения нагрузки индикаторный КПД возрастает и примерно при 40-50% использования мощности достигает максимального значения 0,50-0,52. При малых нагрузках и больших значениях α (более 4) η_i заметно уменьшается в связи с ростом потерь на сгорание топлива.

В двигателях с электрическим зажиганием индикаторный КПД возрастает с увеличением частоты вращения коленчатого вала до $n \approx 0,6-0,8 \cdot n_{ном}$ при полностью открытой дроссельной заслонке вследствие улучшения смесеобразования, увеличения коэффициента избытка воздуха и уменьшения потерь теплоты в стенки. В дальнейшем процесс сгорания ухудшается и η_i начинает снижаться. Аналогично изменяется η_i и в дизельных двигателях.

Увеличение температуры T и давления P окружающей среды способствует возрастанию η_i до начала детонации в карбюраторных двигателях. В дизелях также повышается η_i , если при этом не уменьшается коэффициент избытка воздуха a .

Часть индикаторной мощности затрачивается на трение между деталями двигателя, на приведение в действие различных устройств двигателя и на насосные потери. Если обозначить эту мощность мощностью механических потерь N_m , то эффективная мощность

$$N_e = N_i - N_m,$$

среднее эффективное давление

$$P_e = P_i - P_m.$$

Механический КПД двигателя равен отношению эффективной мощности к индикаторной $\eta_m = \frac{N_e}{N_i} = \frac{P_e}{P_i}$. Среднее давление механических потерь в зависимости от средней скорости поршня C_n определяется по общепринятой эмпирической формуле

$$P_m = a + b \cdot C_n, \quad (1.24)$$

где a и b – постоянные экспериментальные коэффициенты. Приблизительно можно принять: a для карбюраторного двигателя 45 и для дизельного 48 кПа, b для карбюраторного 13 и для дизельного 16 кПа·с/м. Среднее эффективное давление, эффективный КПД, КПД механический и удельный эффективный расход топлива, на номинальном режиме различных двигателей приведены в табл. 1.17.

С увеличением нагрузки и частоты вращения коленчатого вала увеличивается η_i , η_m и η_e . На холостом ходу $\eta_m = 0$ и $\eta_e = 0$. КПД механический с увеличением скорости поршня $C_n = S_n \cdot n / 30$ уменьшается. При определенной частоте и давлении η_e может иметь максимум.

Зная удельный эффективный расход топлива, можно определить эффективный КПД по формуле

$$\eta_e = \frac{3600}{H_u \cdot q_e}. \quad (1.25)$$

Таблица 1.17

Эффективные показатели двигателей

Двигатели	P_e , МПа	η_e	η_m	q_e , г/кВт·ч
Бензиновые	0,6-1,0	0,22-0,30	0,70-0,85	280-330
Дизели четырехтактные:				
- без наддува	0,6-0,8	0,35-0,43	0,75-0,80	200-250
- с наддувом	1,2-1,8	-	до 0,92	
Газовые	0,5-0,6	0,22-0,28	0,75-0,80	13-16 МДж/кВт·ч
				-

Механический КПД определяется отношением среднего эффективного давления P_e к среднему индикаторному давлению P_i , то есть

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = 1 - \frac{P_n}{P_i}.$$

Наибольшее значение η_m будет тогда, когда потери на трение в двигателе P_n будут приближаться к нулю. С увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя (скорости автомобиля) эти потери возрастают и механический КПД уменьшается.

Так как индикаторный КПД и механические потери изменяются с увеличением нагрузки и частоты вращения коленчатого вала, то существуют такие режимы, при которых эффективный КПД будет максимальным, а расход топлива минимальным.

Для определения КПД индикаторного двигателей обычно применяют сложные и дорогостоящие приборы, которые не всегда обеспечивают достаточную точность измерений. В случае отсутствия индикатора или невозможности его подключения может быть рекомендован простой и достаточно точный метод определения η_i и η_e .

Индикаторный расход топлива можно определить по часовому расходу топлива Q_c и индикаторной мощности N_i , которая является суммой эффективной мощности N_e и мощности трения N_{mp} . Так как $q_i = \frac{Q_c}{N_i}$, а $N_i = N_{mp} + N_e$, то

$$\eta_i = \frac{3600 \cdot (N_{mp} + N_e)}{H_u \cdot Q_c}.$$

Эффективная мощность двигателя и часовой расход топлива в лабораторных условиях могут быть измерены достаточно точно. Незвестной величиной в последнем уравнении является мощность трения, равная

$$N_{mp} = \frac{V_h \cdot P_{mp} \cdot n}{120 \cdot 10^3} \text{ кПа}.$$

Потери на трение, как отмечалось ранее, определяются по формуле

$$P_n = a + 0,033b \cdot S_n \cdot n \text{ кПа}.$$

Мощность трения равна

$$N_{mp} = \frac{V_h \cdot n}{120 \cdot 10^3} (a + 0,033b \cdot S_n \cdot n) = A_{mp} \cdot n + B_{mp} \cdot n^2 \text{ кВт},$$

где $N_{mp} = \frac{V_h \cdot n}{120 \cdot 10^3}$; $B_{mp} = \frac{0,033b \cdot V_h \cdot S_n}{120 \cdot 10^3}$.

Так как N_{mp} в несколько раз меньше N_e , то некоторая приближенность в его определении существенного влияния на величину η_i не окажет. При изменении коэффициентов A_{mp} и B_{mp} на $\pm 10\%$ η_i изменяется в среднем на $\pm 1-1,5\%$.

Окончательно формулу для вычисления индикаторного КПД можно представить в таком виде:

$$\eta_i = \frac{3600}{H_n \cdot Q_c} (A_{mp} \cdot n + B_{mp} \cdot n^2 + N_e). \quad (1.26)$$

Например, для ЗИЛ-431410 при $a=45$ кПа и $b=13$ кПа·с/м⁻¹; $A_{mp}=2,25 \cdot 10^{-3}$, а $B_{mp}=2 \cdot 10^{-6}$. По экспериментальным данным при $n=2000$ мин⁻¹ и $N_e=80$ кВт; $Q_c=24$ кг/ч. Подставив эти значения в формулу 1.26, получим для ЗИЛ-431410:

$$\eta_i = \frac{3600}{44000 \cdot 24} (2,25 \cdot 10^{-3} \cdot 2000 + 2 \cdot 10^{-6} \cdot 2000^2 + 80) = \frac{3600(12,5 + 80)}{44000 \cdot 24} = 0,315.$$

Механический КПД $\eta_m = \frac{N_e}{N_i} = \frac{80}{12,5 + 80} = 0,865$. КПД эффективный $\eta_e = 0,315 \cdot 0,86 = 0,27$.

Таким образом, обобщающим критерием технического состояния двигателя может быть КПД эффективный, а частными – КПД индикаторный и механический.

При возникновении различных неисправностей в двигателе КПД эффективный снижается на 20-40%. Основные причины, вызывающие увеличение расхода топлива и снижение эффективного КПД, приведены в табл. 1.18.

Индикаторный КПД в условиях эксплуатации можно повысить на 5-10% за счет обеднения смеси (повышения коэффициента избытка воздуха) и улучшения качества приготовления смеси (гомогенизации).

Таблица 1.18

Причины снижения эффективного КПД

Параметр	Значение, %
Увеличение пропускной способности главного жиклера карбюратора	3-5
Неисправность одной форсунки дизельного двигателя	20-25
Выход из строя одной свечи в шестицилиндровом двигателе	15-20
Выход из строя двух свечей в шестицилиндровом двигателе	30-40
Неправильная установка зажигания	5-7
Потеря компрессии в цилиндре двигателя	4-6
Неправильная регулировка зазоров в газораспределительном механизме	5-7
Несоблюдение теплового режима двигателя	8-10

Турбулизация горючей смеси оказывает положительное влияние на процесс сгорания. Для создания турбулентных сверхзвуковых потоков и

улучшения распыления жидкостей особенно перспективно применение различных газоструйных ультразвуковых излучателей.

Механический КПД в условиях эксплуатации можно увеличить за счет некоторого снижения частоты вращения коленчатого вала двигателя. Ограничение частоты вращения позволяет увеличить КПД на 3-5%. Для каждой передачи должны быть установлены верхние пределы скоростей.

В последнее время многие фирмы (VDO, Rienzle, DAF и др.) стали устанавливать на автомобилях различные устройства, позволяющие выбирать оптимальную частоту вращения коленчатого вала и способствующие экономному вождению автомобиля.

1.14.2. Экспериментальные методы определения индикаторных показателей

Экспериментальное определение индикаторных показателей автомобильного двигателя возможно посредством системы сбора информации с помощью аналого-цифрового преобразования параметров двигателя и записи в программе «Power Graph». Для этого через согласующее устройство к выходам АЦП подключают датчики угла поворота КВ или ВМТ, датчик давления в цилиндре, объединенный со свечой зажигания (рис. 1.77) [10].

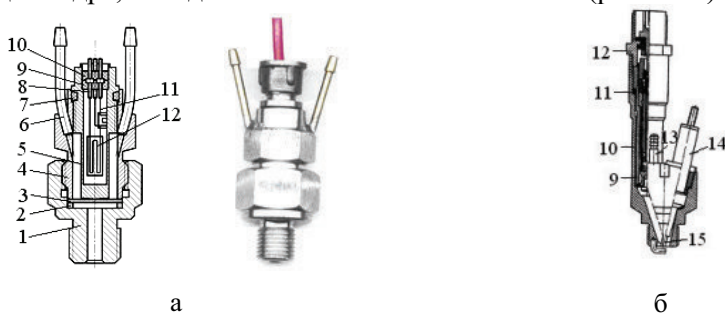


Рис. 1.77. Индикаторный тензодатчик давления (а) и датчик давления – свеча (б)

На рис. 1.77 (а) показано корпус датчика 1, в котором размещена шайба 2 и мембрана 3, зажатая по внешнему кругу штуцером 4. В штуцер ввинчен пьезометрический стакан 5 с наклеенными по внутренней поверхности тензорезисторами 12 (ПКБ-10-100). Один из тензорезисторов наклеен по длине оси симметрии, а другой – под углом 90°.

На рис. 1.77 (б) пьезокерамический датчик 9 установлен в специальный корпус 10. Уплотнение датчика обеспечивается прокладкой 11. Вода для охлаждения подводится через трубку 13. В корпусе под углом к оси датчика размещен изолятор свечи зажигания 14 с центральным электродом.

Программа «Power Graph» содержит информацию об изменении давления в цилиндре как функции времени $P=f(\tau)$ (индикаторную диаграмму) и оценку верхней мертвой точки.

Для проведения цифровой обработки сигналов в программе «Power Graph» используется ряд функций в меню Обработка. Окно функций позво-

ляет создавать математические формулы и производить расчеты по этим формулам, фильтрацию сигналов от помех, масштабирование данных, обработку текущего объема цилиндра синхронно с перемещением поршня, определение производного объема, расчет интеграла Pdv , расчет среднего индикаторного давления [10].

1.14.3. Определение мощности механических потерь

Механические потери – комплексный показатель величины сил трения в подвижных сочленениях ЦПГ, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, а также насосных потерь в двигателе. Мощность механических потерь двигателя определяется как разность индикаторной и эффективной мощности. В современных ДВС на преодоление механических потерь затрачивается 15-20% индикаторной мощности. Снижение этих потерь позволяет улучшить показатели эксплуатационной надежности и топливной экономичности ДВС.

По интенсивности изменения мощности механических потерь и величине их стабилизации управляют процессом приработки и обобщенно судят о состоянии поверхностей трения сопряжений КШМ и ЦПГ двигателя. Однако существующие методы определения мощности механических потерь путем выключения цилиндров, проворачивания коленчатого вала электробалансирной установкой (ГОСТ 14846-81), одиночного или двойного выбега обладают низкой точностью (относительная погрешность).

Это обусловлено тем, что механические потери, определяемые на неработающем двигателе или на режимах, значительно отличающихся от рабочих, являются условными из-за существенных изменений условий трения в ЦПГ (отсутствие «газовой» составляющей давления кольца на стенку цилиндра, пониженная температура рабочего тела, деталей, сопряжений, увеличенные зазоры между поршнем и цилиндром, вязкость и величина масляного слоя) и увеличенной на 15-20 % мощности насосных потерь.

Разработанный в [8] способ определения мощности механических потерь по изменению угловой скорости коленчатого вала за один цикл работы ДВС исключает недостатки известных методов и уменьшает относительную погрешность в 1,5-3 раза. Повышение точности достигается тем, что при работе на установившемся режиме одновременно с началом измерения внутрицикловых изменений угловой скорости коленчатого вала отключают подачу топлива (зажигания) в один из цилиндров на период, равный одному такту. В момент осуществления поршнем этого цилиндра мнимого рабочего хода происходит замедление вращения коленчатого вала. Кинетическая энергия движущихся инерционных масс ДВС при этом расходуется на преодоление механических потерь, мощность (Вт) которых при отключенном i -м цилиндре и работающих остальных равна

$$N_{mi} = J \cdot \varpi \cdot \frac{\omega_{ki} - \omega_{ni}}{\tau_i}, \quad (1.27)$$

где ϖ – средняя угловая скорость выбега коленчатого вала в интервале угла поворота, соответствующего рабочему такту в i -м цилиндре; ω_{ni} , ω_{ki} – мгновенные значения угловой скорости, измеренные соответственно в начале и конце выбега коленчатого вала при осуществлении рабочего такта в i -м цилиндре; τ – время выбега коленчатого вала от ω_{ni} до ω_{ki} .

Для четырехцилиндровых двигателей, как указывалось ранее, τ_i – соответствует времени осуществления рабочего хода в i -м цилиндре; угловые скорости ω_{ni} и ω_{ki} определяются соответственно в моменты достижения поршнем ВМТ и НМТ (рис. 1.78 [8]). У 6- и 8-цилиндровых ДВС эти интервалы снижаются до $\varphi_6=3\pi/2$ и $\varphi_8=\pi/2$.

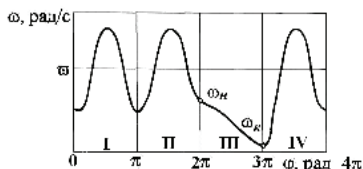


Рис. 1.78. Изменение угловой скорости по углу поворота φ коленчатого вала четырехцилиндрового ДВС с неработающим IV цилиндром

отключенным из работы на i -й цикл другим цилиндром, а затем поочередно с остальными.

Таким образом, измеренная мощность механических потерь ДВС по результатам усреднения полученных значений при последовательном отключении цилиндров из работы равна

$$N_{мДВС} = \frac{1}{Z} \sum_{i=1}^z N_{mi}, \quad (1.28)$$

где z – число цилиндров в двигателе, и в наибольшей степени соответствует действительной, так как вследствие тепловой инерции сопряженных деталей в выключенном цилиндре сохраняются условия работы, близкие к условиям при осуществлении рабочих процессов, а у остальных цилиндров режим работы практически не нарушается, так как двигатель работает на установившемся режиме.

Контрольные вопросы

1. Как определяют индикаторную мощность двигателя?
2. Как определяется эффективная мощность двигателя?
3. Как определяют механический КПД двигателя?
4. Как влияют частота вращения коленчатого вала и нагрузка на КПД двигателя?
5. Какие существуют экспериментальные методы определения индикаторного КПД?

1.15. Диагностирование системы смазки двигателей

1.15.1. Объекты и методы контроля

Система смазки двигателей ЯМЗ смешанная, с мокрым картером (рис. 1.79). Под давлением смазываются коренные и шатунные подшипники, поршневые пальцы.

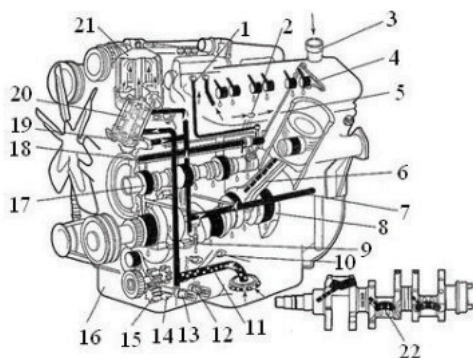


Рис. 1.79. Схема системы смазки дизеля

На рис. 1.79 цифрами обозначены: 1 – трубка подвода масла к топливному насосу высокого давления; 2 – слив масла в поддон; 3 – маслосливная горловина; 4 – коромысло клапана; 5 – штанга толкателя; 6, 7 – центральный масляный канал; 8 – коленчатый вал; 9 – дифференциальный клапан; 10 – к масляному радиатору; 11 – из радиатора в поддон; 12 – предохранительный клапан; 13 – редукционный клапан; 14 – радиа-

торная секция масляного насоса; 15 – основная секция масляного насоса; 16 – масляный поддон; 17 – распределительный вал; 18 – ось толкателей; 19 – перепускной клапан масляного фильтра; 20 – масляный фильтр; 21 – фильтр центробежной очистки масла; 22 – масляные каналы коленчатого вала.

Ухудшение качества масла во время работы двигателя происходит из-за разжижения его топливом, загрязнения механическими примесями и окисления, а также из-за срабатывания масла и присадок, придающих маслу лучшие свойства.

Разжижение топливом масла приводит к повышенному износу деталей двигателя. В картер двигателя топливо попадает при значительном износе цилиндропоршневой группы, неработающей свече или форсунке, разрыве диафрагмы топливного насоса. Попадание охлаждающей жидкости в систему смазывания возможно в результате нарушения герметичности прокладки головки цилиндров.

Диагностирование смазочной системы сводится к проверке уровня масла в картере двигателя и давления его в масляной магистрали. Правильность показаний штатного прибора давления масла проверяют контрольным манометром, подключаемым к масляной магистрали параллельно через штуцер. Допускаемое давление масла в системе двигателей приведено в табл. 1.19.

Причинами падения давления масла могут быть понижение уровня и разжижение масла, неплотность в соединениях, большой износ коренных и шатунных подшипников, неисправность масляного насоса или редукционного клапана. В случае внезапного падения давления при движении автомобиля нужно немедленно остановить двигатель и проверить уровень масла.

Если он нормальный, надо вывернуть датчик давления масла и кратковременно провернуть коленчатый вал двигателя. Выбивание сильной струи масла при этом является внешним признаком неисправности датчика. Отсутствие струи свидетельствует о полном прекращении подачи масла и необходимости проведения ремонта системы маслоснабжения.

Таблица 1.19

Давление масла, допускаемое в системе смазки двигателя

Двигатель	Давление, МПа	Условия проверки
MeM3-968, MeM3-968A	Не менее 0,12	При частоте вращения коленчатого вала 3000 мин ⁻¹ и температуре масла 80 °С
MeM3-245	0,3-0,5; 0,07	При частоте вращения коленчатого вала 4000 мин ⁻¹ ; при частоте вращения коленчатого вала 1000 мин ⁻¹
BA3-2101, BA3-2103, BA3-21011, BA3-2105 BA3-2106	0,35-0,45; 0,04-0,08	При максимальной частоте вращения коленчатого вала и двигателе, прогретом до 90 °С; при минимальной частоте вращения коленчатого вала
BA3-2108	0,45; 0,08	При частоте вращения коленчатого вала 5600 мин ⁻¹ ; при минимальной частоте вращения коленчатого вала
УЗАМ	0,4-0,6	При частоте вращения коленчатого вала 5400 мин ⁻¹
УАЗ-451, УАЗ-45 1М, ЗМЗ-24	0,2-0,4; 0,05	При скорости автомобиля 50 км/ч; при частоте вращения коленчатого вала на холостом ходу двигателя
ЗМЗ-4022.10	0,15-0,35; 0,05	При скорости автомобиля 50 км/ч; при частоте вращения коленчатого вала на холостом ходу двигателя
ЗМЗ-4062.10	0,1	При частоте вращения коленчатого вала на холостом ходу двигателя 750±50 мин ⁻¹

Повышенное давление масла может возникнуть в результате избыточной вязкости масла, загрязнения маслопроводов и заедания редукционного клапана.

При диагностировании смазочной системы определяют техническое состояние масляного насоса и фильтра тонкой очистки.

Работоспособность масляного насоса оценивается по давлению в смазочной системе, для измерения которого применяют приспособление **КИ-13936**. Оно представляет собой контрольный манометр, при помощи переходников подсоединяемый к масляной магистрали (при этом также проверяют правильность показаний манометра, установленного на щитке приборов).

Для определения степени загрязненности ротора центрифуги используют приспособление **КИ-13956**, представляющее собой специальный пружинный динамометр, снабженный индикатором часового типа. Для определения массы осадка в роторе необходимо снять его защитный колпак и на

ось прикрепить динамометр. Усилие, необходимое для подъема ротора с осадком, фиксируется индикатором часового типа. Необходимость очистки ротора определяется по суммарной массе ротора с осадком. Для определения работоспособности центрифуги измеряют время выбега ротора после остановки двигателя (определяют по звуку вращения ротора), оно должно составлять не менее 35 с.

Причинами снижения давления масла в главной масляной магистрали могут стать: недостаточный уровень масла в картере двигателя, его разжижение, изнашивание подшипников коленчатого и распределительного валов, течи масла, изнашивание деталей масляного насоса, неправильная регулировка редукционного клапана или его зависание в открытом состоянии.

Повышенное давление масла в главной магистрали может быть вызвано следующими причинами: применение масел с большей вязкостью, чем предусмотрено заводом-изготовителем; заедание редукционного клапана в закрытом положении; засорение масляной магистрали.

Расход масла на 100 км пробега автомобиля определяется по формуле

$$g = \frac{100(Q_1 - Q_2 + Q_3)}{S}, \quad (1.29)$$

где Q_1 – количество залитого в двигатель свежего масла; Q_2 – количество масла, доливаемого в двигатель между очередными заменами масла; Q_3 – количество слитого из двигателя отработавшего масла; S – пробег автомобиля.

При этом температура сливаемого из картера масла должна быть не менее 60 °С, а продолжительность слива – не менее 10 мин. При необходимости быстрого определения эксплуатационного расхода масла можно ограничиться пробегом в 200 км при равномерном движении со скоростью 50–60 км/ч.

Если эксплуатационный расход масла превышает 200 г на 100 км пробега, необходим ремонт цилиндропоршневой группы двигателя (например, замена поршневых колец).

1.15.2. Стандартные средства оценки качества работающего масла

Интенсивность процессов старения масел тесно связана с качеством очистки воздуха, полнотой сгорания топлива, условиями его распыления в дизелях, образованием горючей смеси в карбюраторных двигателях, тепловым режимом работы и др. Поэтому по изменению физико-химических показателей качества моторного масла можно судить о техническом состоянии двигателя.

В настоящее время для определения качества масла в большинстве случаев применяются стандартные методы и средства измерений. Вместе с тем наблюдается использование различных приборов для определения качества масла.

Для повышения достоверности и снижения трудоемкости диагностирования при определении состояния моторного масла необходимы четкие требования к выбору методов и средств измерения качества (работоспособности) масла конкретного механизма (двигателя, трансмиссии, колесного редуктора и т. д.).

На основании того, что в масле при его работе в двигателе наибольшее изменение претерпевают вязкостно-температурные, противоизносные, противокоррозионные, противонагарные показатели свойства, моторное масло следует диагностировать техническими средствами, которые классифицированы по схеме, показанной в табл. 1.20 и на рис. 1.80.



Рис. 1.80. Классификация технических средств диагностики состояния масла

Таблица 1.20

Показатели оценки состояния масла

Наименование свойства	Наименование показателя	Метод испытаний
Вязкостно-температурные свойства	Кинематическая вязкость 100 °С, 50 °С, мм ² /с	ГОСТ 33-66
	Термоокислительная стабильность, мин	ГОСТ 9352-60
	Температура вспышки, °С	ГОСТ 4333-48
Противоизносные свойства	Содержание нерастворимого осадка, %	Центрифугирование/ЦЛН2
	Содержание железа, %	Спектральный анализ/ИСП 28
	Содержание воды, %	ГОСТ 2477-65
	Светопроницаемость, усл. ед.	Экспериментальный
Противокоррозионные свойства	Щелочность, мгКОН/г	ГОСТ 11362-69
	Кислотность, мгКОН/г	ГОСТ 11362-69
	Коррозионность по Пинкевичу, г/м ²	ГОСТ 5162-49
	Коррозионная агрессивность, усл. ед.	Экспериментальный
Противонагарные свойства	Водородный показатель, г-ион/л	РН-340
	Коксуемость по Пинкевичу, г/м ²	ГОСТ 5162-49
	Диспергирующая способность	«Метод пятна»
	Зольность, %	Прокаливание
Показатели использования	Расход масла на угар, г-кВт/ч, %	Весовой
	Долговечность, n-час	Проведенное время, расход топлива

При выборе средств измерения и показателей для оценки состояния моторного масла пользовались уровнем равноточности средств измерений и измеряемого показателя (рис. 1.80).

Пробу масла в количестве около 300 мл отбирают через отверстие для измерения уровня масла сразу же после остановки двигателя. Проверку проводят при ТО-1, но не ранее чем через 120 ч после смены масла. Все анализы делают после тщательного (не менее 10 мин) интенсивного перемешивания пробы встряхиванием.

1.15.3. Диагностирование технического состояния двигателя по продуктам износа в картерном масле

Диагностирование по параметрам картерного масла дает возможность определить темп изнашивания деталей двигателя, качество работы воздушных и масляных фильтров, герметичность системы охлаждения, а также годность самого масла. Для этого необходимо периодически отбирать из картера пробы масла, измерять концентрацию в нем кремния и продуктов износа, определять вязкость и содержание воды. Превышение допустимых норм концентрации в масле металлов укажет на неисправную работу сопряженных деталей; превышение нормы содержания кремния – на неисправность фильтров, присутствие воды – на неисправность системы охлаждения, а пониженная вязкость позволит судить о годности масла. Этот метод широко применяют при диагностике двигателей карьерных самосвалов и внедорожных автомобилей. В последнее время контроль допустимых норм концентрации металлов в масле производится для многих автомобилей [17, 18].

Возможность диагностирования двигателя по концентрации продуктов износа (свинца, хрома, железа, алюминия и др.) в картерном масле обусловлена зависимостью ее уровня только от интенсивности изнашивания соответствующих деталей двигателя (подшипников, колец, цилиндров). Это означает, что по истечении некоторого времени работы масла в двигателе (при практическом постоянстве объема масла, интенсивности очистки и угаре) концентрация каждого из продуктов износа в масле достигает определенного уровня и стабилизируется. Убыль и пополнение взвешенных в масле частиц уравниваются. Этот уровень будет тем выше, чем больше скорость изнашивания деталей двигателя. Так как скорость изнашивания при исправных системах фильтрации и охлаждения характеризует состояние сопряжений трущихся пар механизма, то по уровню концентрации можно выявить скрытые и назревающие отказы.

Уровень концентрации продуктов износа в масле после его стабилизации определяется следующим выражением:

$$k = \frac{g_u}{q_\phi + q_y}, \quad (1.30)$$

где g_u – интенсивность поступления в масло продуктов износа, г; q_ϕ – интенсивность удаления продуктов износа фильтрами, г; q_y – интенсивность убыли продуктов износа за счет угара масла.

Поскольку $q_{\text{д}}$ и $q_{\text{в}} = \text{const}$, то $k = f(g_w)$. Из этого следует, что k пропорционален интенсивности износа двигателя.

Для диагностирования двигателя по концентрации продуктов износа в картерном масле (каждого металла в отдельности) применяют спектральный анализ, обладающий весьма высокой чувствительностью.

Спектральный анализ заключается в следующем. Пробу картерного масла сжигают в высокотемпературном пламени вольтовой дуги и регистрируют спектр при помощи спектрографа или автоматизированной фотоэлектрической установки. Пары продуктов износа дают линейчатый спектр, который подвергают качественному и количественному анализу (рис. 1.81).

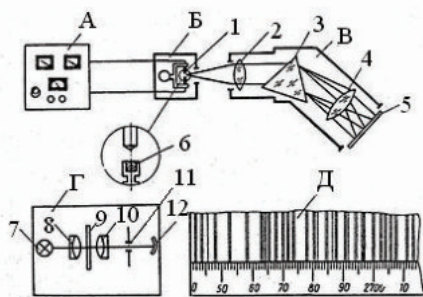


Рис. 1.81. Схема спектрального прибора

На рис. 1.81 приняты следующие обозначения: А – генератор; Б – штатив; В – спектрограф; Г – микрофотометр; Д – образец участка спектра железа; 1 – угли для создания электрической дуги; 2 – коллиматорный объектив; 3 – призма; 4 – камерный объектив; 5 – фотопластинка; 6 – проба масла; 7 – электролампа; 8, 10 – микроконденсаторные линзы; 9 – фотопластинка; 11 – щель; 12 – фотоэлемент.

Качественный анализ состоит в обнаружении спектральных линий, свидетельствующих о присутствии в картерном масле металлов изнашивающихся деталей, а количественный — в определении интенсивности почернения спектральных линий. Плотность почернения линий измеряют при помощи микрофотометра. Полученный результат переводят в абсолютные единицы концентрации, используя тарифовочные графики, которые строят для каждого элемента по результатам анализа эталонов (проб масла с известным содержанием элемента). В современных спектральных установках все эти процессы автоматизированы. В ходе эксплуатации на каждый автомобиль ведут график изменения уровня концентрации продуктов износа металлов наиболее ответственных деталей двигателя (например, цилиндров – Fe, поршней – Al, колец – Cr, подшипников коленчатого вала – Pb), а также следят за концентрацией кремния, вязкостью и другими параметрами масла. Таким образом, наблюдая за темпом изнашивания основных деталей, за появлением в масле кремния и пригодностью масла, заблаговременно выявляя отказы механизмов и систем и прогнозируют ресурс работы двигателя. По скорости нарастания концентраций продуктов износа металлов можно судить о высокой чувствительности этого метода и возможности заблаговременно (за 2 тыс. км пробега) предсказать возможность аварийного отказа.

1.15.4. Замена моторного масла

Замену моторного масла согласно эксплуатационной документации большинства автомобилей необходимо проводить каждые 15000 км, но не

реже одного раза в год. При этом одновременно заменяется комплекс фильтрующих элементов.

В условиях эксплуатации на территории СНГ (запыленность дорог, частый холодный запуск и т. д.) замену масла и фильтра необходимо проводить чаще [11].

Порядок проведения работ:

- разогреть двигатель до рабочей температуры (соответствует температуре масла +60 °С);
- поставить автомобиль горизонтально на эстакаду;
- поставить сосуд для сбора отработанного масла;
- вывернуть сливную пробку из поддона картера и полностью слить масло. Сливная трубка находится в самой низкой точке поддона картера;
- завернуть сливную пробку, установив новую прокладку. Усилие затяжки равно 45 Нм;
- снять автомобиль с эстакады;
- снять масляный фильтр. В мастерских для этой цели применяется специальный инструмент. Если его нет в наличии, можно использовать кожаный ремень. Для облегчения снятия фильтра можно воспользоваться острой отверткой и проткнуть фильтр. При снятии фильтра вытекает масло, поэтому необходимо подставить сосуд;
- при установке нового фильтра необходимо руководствоваться указаниями по его установке;
- промыть фланец фильтра топливом;
- резиновое уплотнение фильтра слегка смазать маслом;
- закрепить фильтр от руки усилием 15 Нм.

После слива отработавшего масла рекомендуется промыть системы с использованием специальной установки и промывочного масла. Промывать можно также маловязким топливом или промывочной жидкостью, состоящей из 90% уайтспирита и 10% ацетона. Для этого в картер заливают промывочную жидкость в объеме, равном половине емкости системы смазывания, двигатель запускают и дают ему проработать 4-5 минут на повышенной частоте вращения ($800-1000 \text{ мин}^{-1}$) холостого хода, затем промывочную жидкость сливают и заливают свежее масло.

Контрольные вопросы

1. Привести диагностические показатели системы смазки двигателя.
2. Какие могут быть причины падения давления масла в системе смазки?
3. Какие могут быть причины повышения давления масла в системе смазки?
4. Какие существуют стандартные методы оценки качества работающего масла?
5. Рассказать о методе диагностирования состояния двигателя по продуктам износа в картерном масле.

1.16. Диагностирование неисправностей систем двигателя по составу отработавших газов

Полностью исправный автомобиль расходует меньше топлива и меньше загрязняет окружающую среду. Большое влияние на токсичность отработавших газов (ОГ) оказывает состояние системы питания, зажигания и их регулировка. Токсичность дизелей определяется главным образом наличием в ОГ окислов азота, а для бензиновых двигателей зависит от концентрации окиси углерода и окислов азота. Токсичность ОГ дизелей значительно ниже (кроме выброса сажи), чем бензиновых двигателей. Токсичность ОГ существенно зависит от режима движения автомобиля, конструктивных и эксплуатационных факторов, технического состояния двигателя и автомобиля в целом. Даже при хорошем техническом состоянии двигателя и правильно отрегулированных его механизмах и системах количество токсичных веществ в ОГ может достигать следующих значений [6]:

	Бензиновый двигатель	Дизель
Окись углерода, %.....	6,0	0,2
Окислы азота, %	0,46	0,35
Углеводороды, %.....	0,4	0,04
Сажа, мг/л	0,05	0,3

При установившемся движении автомобиля происходит наименьшее загрязнение воздуха, но в этом случае при работе двигателя с постоянной нагрузкой в его отработавших газах образуется наибольшее количество окислов азота, объем которых по сравнению с холостым ходом возрастает в 30-35 раз. Торможение двигателем приводит к повышению содержания альдегидов в отработавших газах в десять раз.

1.16.1. Средства и способы проверки токсичности отработавших газов

Для определения токсичности ОГ применяются специальные газоанализаторы для бензиновых двигателей и дымомеры для дизельных.

Газоанализаторы представляют собой как автономные, так и встроенные в некоторые модели мотор-тестеров приборы. В настоящее время используются два типа газоанализаторов – инфракрасные и каталитические.

Принцип действия первых основан на поглощении газовыми компонентами инфракрасных лучей с различной длиной волны. Принцип действия вторых основан на каталитическом дожигании содержащегося в выхлопных газах оксида углерода СО и, вследствие этого, фиксации повышения температуры при помощи электрического моста.

При этом газоанализаторы классифицируются по числу анализируемых компонентов (3-5-компонентные).

Газоанализаторы измеряют и отображают содержание СО, СН, СО₂, О₂, NO_x в отработавших газах (либо только некоторых компонентов), а также могут автоматически рассчитывать на основании этих данных коэффициент (лямбда), показывающий отклонение состава топливовоздушной смеси от стехиометрической.

Типы и описание газоанализаторов ОГ представлены в работе [9].

Диагностирование неисправностей систем двигателя по составу отработавших газов рассматривается в работах [19, 20, 21, 22], а результаты описываются далее.

Наиболее важными характеристиками пятикомпонентного тестера являются:

- высокая точность измерений, обозначаемая показателем «класс 0» согласно OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale);
- сравнение результатов испытаний с требуемыми показателями из базы данных;
- устойчивая работа при долговременном использовании (калибровка необходима только один раз в год);
- функция бортовой диагностики(OBD);
- цветной дисплей, выполненный по тонкопленочной технологии (TFT);
- простота управления оператором;
- наличие различных датчиков для контроля частоты вращения коленчатого вала;
- измерение напряжения лямбда-зонда и определение момента зажигания;
- возможность дополнительного оснащения для получения полнокомплектной станции контроля токсичности ОГ (бензиновый и дизельный двигатели);
- возможность дополнительного оснащения для измерения NO;
- возможность дополнительного оснащения для подключения к сети Awn.

Приборы для измерения состава ОГ используются для проведения измерений в дорожных условиях, например, проверка токсичности ОГ для того, чтобы можно было контролировать соблюдение регламентируемых предельных значений токсичной эмиссии ОГ. Эти приборы также являются важным оборудованием станций автосервиса, обеспечивая получение данных, необходимых для оптимальной регулировки систем впуска и впрыска топлива и диагностики двигателя.

Проверка выхлопа бензинового автомобиля без каталитического нейтрализатора или с каталитическим нейтрализатором без обратной связи:

1. Прогреть работающий двигатель до рабочей температуры. Подсоединить к концу выхлопной трубы газоанализатор.

2. Установить холостой ход двигателя. Измерить содержание CO % и уровень HC.

3. Если уровень CO, HC или оба не укладываются в допустимые границы, значит автомобиль не прошел проверку состава выхлопных газов. Требования к составу выхлопных газов см. в книгах «Руководство по эксплуатации и ремонту» для соответствующего автомобиля.

Поскольку обычно уровень CO автомобиля ниже установленного уровня, при поиске неисправностей по результатам проверки состава вы-

хлопа следует принимать за основу не установленный уровень СО, а уровень, достигнутый на данном автомобиле. То же относится и к проверке содержания НС.

4. Следующий анализ выполняется после сравнения полученных результатов с допустимыми пределами.

5. Анализ результатов измерений:

- содержание СО и НС выше допустимых границ – признак богатой смеси;

- СО ниже допустимого, а НС – выше – признак загрязнения свечей, сбоев зажигания или бедной смеси;

- низкое содержание СО и НС – признак загрязнения форсунок или утечек из выпускной системы.

Проверка выхлопа бензинового автомобиля с каталитическим нейтрализатором:

1. Прогреть работающий двигатель до рабочей температуры. Подсоединить к концу выхлопной трубы газоанализатор.

2. Разогнать двигатель до 2500-3000 мин⁻¹ на 3 минуты, чтобы прогреть кислородный датчик и катализатор.

3. Установить холостой ход и измерить содержание СО %.

4. Если уровень СО выше допустимого предела, значит автомобиль не прошел проверку.

5. Еще раз разогнать двигатель до 2500-3000 мин⁻¹ на 3 минуты, чтобы прогреть кислородный датчик и катализатор.

6. Снова измерить содержание СО.

7. Если уровень СО выше допустимого предела, значит автомобиль не прошел проверку.

8. Измерить содержание НС на ускоренном холостом ходу.

9. Если уровень НС выше допустимого предела, значит, автомобиль не прошел проверку.

10. Измерить состав рабочей смеси на ускоренном холостом ходу.

11. Если соотношение воздух/топливо не укладывается в границы, установленные изготовителем, или выше, чем 1,03, значит автомобиль проверку не прошел.

Анализ результатов проверки:

12. Диагностика автомобиля, оборудованного каталитическим нейтрализатором и кислородным датчиком, работающим в режиме обратной связи, по сравнению с автомобилями без катализатора, сложнее из-за того, что кислородный датчик вместе с ЭБУ регулирует состав смеси. Если двигатель работает нормально без сбоев, ситуация вполне ясна. Вместе с тем, если имеются неполадки со сгоранием, неисправность датчиков, утечка вакуума или выхлопных газов, неисправность системы зажигания или механического характера, кислородный датчик попытается скомпенсировать неисправности, что может привести к ошибкам.

Утечки выхлопных газов, а также неисправности механической части двигателя и системы зажигания нужно устранить перед тем, как делать попытки скорректировать состав рабочей смеси.

13. Если каталитический нейтрализатор надо заменить:

- убедиться в том, что неисправности механического характера, а также в системах зажигания и подачи топлива устранены, иначе они могут преждевременно вывести из строя новый катализатор;

- убедиться в том, что топливо для двигателя не содержит свинца. Все автомобили, оснащенные каталитическим нейтрализатором, должны работать на топливе без свинца. Хотя в топливной горловине таких автомобилей и вставлен фильтр, не пропускающий топливо со свинцом, на заправочной станции может найтись грамотный оператор, который сумеет залить в бак этилированный бензин.

14. Есть много разных причин нарушения состава выхлопных газов. Следующие причины неисправностей основаны на результатах проверок. Для получения полной картины надо подключить к кислородному датчику вольтметр или осциллоскоп. Поднять обороты двигателя до $8500-3000 \text{ мин}^{-1}$ на 3 минуты, чтобы прогреть датчик кислорода и катализатор. Установить ускоренные холостые обороты двигателя и записать следующие данные:

- состав рабочей смеси;
- верхнее и нижнее напряжение переключений кислородного датчика;
- содержание CO %;
- содержание HC;
- содержание O_2 ;
- содержание CO_2 .

15. Неисправный катализатор можно обнаружить по следующим признакам:

- содержание CO выше предела, установленного изготовителем;
- содержание HC выше предела, установленного изготовителем;
- отношение воздух/топливо выше предела, установленного изготовителем, или больше 0,97;
- содержание O_2 в пределах 0,5-1,5;
- кислородный датчик переключается с заданной частотой.

16. Если в процессе испытаний каталитический нейтрализатор внутри загорелся, то, скорее всего, он неисправен. Следует подтвердить этот диагноз измерениями. Например, если в выхлопной системе имеется окно для отбора газов перед катализатором, надо измерить в нем содержание CO и HC. Значения этих величин на конце выхлопной трубы должны быть ниже, чем в окне для отбора. Одинаковые значения указывают на то, что катализатор больше не нейтрализует вредные газы.

С введением бортовой диагностики (OBD) осуществляется постоянный контроль всех элементов и систем, имеющих отношение к снижению токсичности ОГ. Периодическая проверка токсичности ОГ (AU) устанавливает, правильно ли работает система OBD и соответствует ли она предъявляемым к ней требованиям на протяжении всего срока службы автомобиля.

Процесс проверки каждого автомобиля, оснащенного системой OBD, выглядит следующим образом:

- вводятся идентификационные данные автомобиля (номерной знак, изготовитель автомобиля, показания счетчика пробега и т. д.); параметры

испытания для данного автомобиля берутся из базы данных (эта база данных имеется только в Германии) или вводятся вручную;

- проводится визуальный контроль системы выпуска – проверка наличия всех требуемых элементов, их повреждений и герметичности;

- проводится визуальный контроль лампы-индикатора неисправностей при включенном зажигании и при работающем двигателе; считывание статуса этой лампы из блока управления осуществляется посредством интерфейса OBD;

- затем оцениваются коды запоминающего устройства; если автомобиль не смог пройти испытание на установленную токсичность ОГ, то в память неисправностей вводится соответствующий код;

- если не проведены один или несколько тестов готовности к испытанию, то в дополнение к измерению СО на холостом ходу проверяется напряжение лямбда-зонда (измерение напряжения двухточечного зонда и напряжения, тока или концентрации кислорода в широкополосном зонде); если полученные данные выходят за пределы установленного диапазона значений, то считается, что автомобиль не выдержал испытаний.

1.16.2. Связь неисправностей двигателя с составом отработавших газов

При диагностировании топливной аппаратуры по параметрам отработавших газов следует учитывать, что химический состав, температура и цвет отработавших газов являются функцией полноты сгорания топлива и зависят как от исправности систем воздухообмена и газообмена, так и от технического состояния цилиндропоршневой группы. В связи с этим по параметрам отработавших газов можно проводить лишь косвенную оценку качества работы топливной аппаратуры.

Углеводороды (СН) – это компоненты несгоревшего топлива. Нормально работающий двигатель сжигает в цилиндрах практически все топливо, допустимое содержание СН должно быть менее 50 р.р.т. Бензин является канцерогеном. Повышенное содержание СН может объясняться, например, большим потреблением масла через слабые уплотнительные кольца поршней. Чаще всего увеличенное содержание СН вызывается неисправностями в системе зажигания. При этом следует проверить:

- свечи;
- высоковольтные провода;
- крышку и ротор распределителя (если они имеются);
- синхронизацию зажигания;
- катушки зажигания;

Оксид углерода (СО) – неустойчивое химическое соединение, легко вступающее в реакцию с кислородом, дающую двуокись углерода CO_2 . СО – ядовитый газ без цвета, вкуса и запаха. Вступая в легких человека в реакцию с воздухом, лишает мозг кислорода. Уровень СО в выхлопных газах для современных автомобилей с впрыском топлива не должен превышать 0,5%. Возможные причины повышения содержания СО следующие:

- неисправность системы вентиляции картера;
- засорение воздушного фильтра;
- нарушение оборотов двигателя на холостом ходу;
- повышенное давление топлива;
- любые другие неисправности, приводящие к работе двигателя на богатых смесях.

Двуокись углерода (CO_2) – результат соединения углерода из топлива с кислородом воздуха. Допустимое содержание 12-45%. Высокие значения свидетельствуют о хорошей работе двигателя. Низкий уровень CO_2 говорит о том, что топливная смесь богатая или бедная. Повышение концентрации CO_2 в атмосфере способствует развитию парникового эффекта. Содержание CO_2 зависит от режима работы дизеля и пропорционально расходу топлива.

Кислород (O_2) – в воздухе его 21% и в цилиндрах двигателя большая часть вступает в реакцию с топливом. Уровень кислорода в отработавших газах должен быть низким, не более 0,5%. Более высокие значения, особенно на холостом ходу, означают утечку во впускном тракте.

1.16.3. Причины повышенного выделения негоревших углеводородов

Количество углеводородов CH в выхлопных газах характеризует полноту сгорания топливно-воздушной смеси.

При устранении основных неисправностей, связанных с повышенным содержанием CH , достигается максимальная экономия топлива и лучшие эксплуатационные качества двигателя.

Уменьшение количества углеводородов возможно посредством:

- правильного сгорания топлива в камере сгорания, зависящего также и от формы самой камеры;
- правильной регулировки зажигания;
- догорания во время выхлопа (с помощью каталитического нейтрализатора).

Большое количество углеводородов выбрасывается автомобилем через:

- вентиляционный отвод топливного бака;
- утечки из поплавковой камеры карбюратора;
- системы фильтрации воздуха;
- картер двигателя.

При поддержании постоянного контроля над данными механизмами гарантируется снижение вредных веществ отработавших газов. Кроме того, с помощью экологических устройств пары углеводородов, исходящие из топливного бака и поплавковой камеры карбюратора, собирают во вспомогательном бачке с активированным углем (адсорбере) и вместе с парами из картера двигателя снова направляются в систему питания.

Анализ CH во время диагностики. Для измерения количества негоревших углеводородов применяется единица в «частях на миллион»

(р.р.м.), которая позволяет более ясно представить процент концентрации вещества. Приблизительным соотношением между р.р.м. СН и процентным содержанием СН является следующее:

- если не сгорает 0,1% смеси, образуется около 20 р.р.м. СН;
- если не сгорает 1% смеси, образуется около 200 р.р.м. СН. Концентрация углеводородов в реальных условиях равна от 5 р.р.м. до 500 р.р.м.

Типичные значения СН:

- карбюраторный двигатель старой конструкции – 300 р.р.м.;
- карбюраторный двигатель новой конструкции – 200 р.р.м.;
- двигатель с системой впрыска старой конструкции – 200 р.р.м.;
- двигатель с системой впрыска новой конструкции – 100 р.р.м.;
- двигатель с системой впрыска новой конструкции с нейтрализатором – 60-100 р.р.м.

Конкретные данные приводятся изготовителем автомобиля. Высокое содержание СН часто вызвано неисправностями в системе зажигания: из-за какого либо «дефекта» зажигания вырабатывается слабая искра, не совпадает с тактом во времени и является слишком короткой по продолжительности. В результате появляется большое количество несгоревших веществ (СН), попадающих в выхлопную трубу. А также неправильно отрегулированная смесь, слишком «богатая» или «бедная», может вызвать повышение количества выделяемых углеводородов. Основными типичными неисправностями, которые приводят к повышению количеству углеводородов в отработавших газах, являются:

Неисправности в системе зажигания:

- неправильное напряжение на выходе вторичной обмотки катушки зажигания, высокое напряжение на распределителе или дефект кабелей системы зажигания;
- не отрегулирован зазор между электродами свечей, свечи загрязнены, изношены;
- слишком большой угол опережения зажигания.

Неисправности в системе подготовки состава рабочей смеси:

- нестехиометрическое соотношение горючей смеси. Если смесь слишком «богатая», то для полного окисления будет недостаточно свободного кислорода O_2 и не участвующие в реакции углеводороды попадут в отработавшие газы. Если же смесь слишком «бедная» будут возникать пропуски воспламенения смеси и несгоревшее топливо будет причиной повышенного содержания СН;

- попадание дополнительного воздуха во впускной коллектор; неисправность системы улавливания паров топлива;

- неисправность в форсунках, вызывающая «капание» (а не распыление смеси);

- низкое качество распыла топлива форсунками и вследствие этого неоднородность топливовоздушной смеси в цилиндрах;

- существенные отличия текущей пропускной способности форсунок отдельных цилиндров (более 20% от средней между ними), ввиду чего сис-

тема управления не может подобрать время впрыска, обеспечивающее приемлемую точность дозирования для всех цилиндров;

- слишком большое время впрыска;
- негерметичность пусковой или рабочих форсунок;
- неисправности в работе термовременного реле, датчиков температуры охлаждающей жидкости или температуры всасываемого воздуха;
- неправильное давление топлива.

Неисправности в двигателе:

- неправильно отрегулированы клапана или фазы газораспределения;
- двигатель потребляет слишком много масла из-за изношенных маслосъемных колец или уплотнений клапанов;
- низкая компрессия двигателя, проблемы в поршневой или негерметичность клапанов.

Преобладающей причиной выделения несгоревших углеводородов являются проблемы в системе зажигания.

Уровень эмиссии вредных веществ бензиновых двигателей легковых автомобилей при коэффициенте избытка воздуха $\lambda=1$ может быть снижен на 99%.

1.16.4. Оценка неисправностей электронных систем по концентрации СО в ОГ

Опыт эксплуатации транспортных средств показывает, что на 10-15% неисправных или не отрегулированных автомобилей приходится до 40% всех загрязняющих выбросов в окружающую среду (воздух, вода, почва). Поэтому оптимально выбранные и соблюдаемые периодичности и регулировки изделий и систем электрооборудования определяют экономичность, токсичность и ресурсы агрегатов и автомобилей.

Для бензиновых двигателей характерно следующее распределение неисправностей электрооборудования: свечи зажигания – 38%, прерывательный механизм распределителя – 21%, провода высокого напряжения – 7,5%, катушки зажигания – 3,4%, датчики компьютерных систем – 7-16%. Обобщенные данные о влиянии технического состояния изделий электрооборудования на расход топлива и токсичность ОГ приведены в табл. 1.21 (данные НПО «Экосистема» и предприятий, эксплуатирующих автобусы).

Измерение концентрации токсичных компонентов в отработавших газах, например, концентрации СО, производят методом инфракрасного излучения, основанным на различной поглощаемости отдельных газов в соответствии с их спектром поглощения (длины волны). Инфракрасное излучение создается элементом, нить которого имеет температуру около 700 °С. Инфракрасные лучи пропускают через измерительный элемент перед входом в приемную камеру. Окись углерода, содержащаяся в отработавших газах, поглощает часть излучения, которое сопровождается увеличением температуры газа, что приводит к возникновению потока газа. Поток газа преобразуется датчиком потока в переменный электрический импульс (сигнал). Изменение концентрации СО вызывает изменение энергии поглощения ин-

фракрасным излучением пропорционально объемному содержанию СО в газе.

Таблица 1.21

Влияние технического состояния изделий электрооборудования на токсичность ОГ

Изменение параметра системы или изделия	Увеличение относительно нормы, %		
	Расход топлива	Выброс СО	Выброс C_nH_m
Неплотность посадки клапана ЭПХХ	20	100-500	20
Преждевременное включение клапана ЭПХХ	15-17	200	25
Увеличение или уменьшение зазора между контактами прерывателя на 0,2 мм	7-8	0	200-300
Увеличение зазора свечи зажигания	3-5	0	300
Отказ одной свечи зажигания	20-30	0	500-900
Отклонение угла опережения зажигания на 1° п.к.в.	До 1	0	10
Отказ датчика детонации	5-6	0	20
Нарушение программы регулирования топливом и зажиганием	10-17	100	200-400
Нарушение программы регулирования дизеля	5-25	До 50	До 25

Концентрацию углеводородов в отработавших газах измеряют плазменно-ионизационным методом, а концентрацию окиси азота – хемилуминесцентным методом. Сущность плазменно-ионизационного метода заключается в ионизации углеводородными атомами пламени водорода при температуре 2000 °С. Чувствительность этого метода пропорциональна количеству углеводородов.

1.16.5. Оценка состава смеси в цилиндре двигателя по концентрации CO_2 , СО и C_nH_m в отработавших газах

По содержанию CO_2 , СО и C_nH_m в отработавших газах оценивают исправность или неисправность системы зажигания и системы впрыска топлива, а также их компонентов. В табл. 1.22, 1.23 представлены измеренные концентрации окиси углерода, двуокиси углерода, углеводородов соответственно для неисправных состояний элементов электронных систем управления.

При анализе окислов азота NO и NO₂ их озонируют и производят колориметрию с определением интенсивности люминесценции NO₂, атомы которого находятся в возбужденном состоянии. В качестве детектора силы света люминесценции окислов азота применяют фотоэлектрический усилитель, причем шкала измерительного прибора проградуирована в единицах р.р.т.

Таблица 1.22

Неисправности элементов электронных систем, определяемые по концентрации СО в ОГ

Система электро-оборудования	Высокое содержание СО, более 3%	Низкое содержание СО, менее 0,5%
Системы ЭПХХ карбюраторных двигателей	Высокий уровень топлива в поплавковой камере карбюратора. Неисправен электромагнитный клапан ЭПХХ	Низкий уровень топлива в поплавковой камере карбюратора. Неисправен игольчатый клапан поплавка
Аппаратура впрыскивания топлива	Неправильная программа регулирования подачи топлива электромагнитной форсункой, неисправен датчик температуры охлаждающей жидкости, неисправен датчик массового расхода воздуха	Неисправен электронный блок управления, отказ датчика температуры охлаждающей жидкости

Примечание. Нормируемое содержание СО в режиме холостого хода от 0,5 до 2,5-3,0%.

Таблица 1.23

Оценка состава смеси в цилиндре двигателя по концентрации CO_2 СО и C_nH_m в отработавших газах

Содержание CO_2	Содержание СО	Содержание C_nH_m	Анализ состава смеси
Очень высокое	Низкое	Очень низкое	Оптимальное сгорание смеси, система выпуска герметична
Низкое	Низкое	Низкое	Оптимальное сгорание смеси, система выпуска негерметична
Низкое	Высокое	Высокое	Слишком богатая смесь
Низкое	Очень низкое	Высокое	Слишком бедная смесь

Характеристики газоанализаторов, используемых для анализа концентрации в отработавших газах вредных компонентов при диагностировании бензиновых и дизельных двигателей, приведены в табл. 1.24.

Таблица 1.24

Характеристики газоанализаторов, используемых для анализа концентрации в отработавших газах вредных компонентов

Компонент отработавших газов	Диапазон измерения	Погрешность
СО	0-10%	$\pm 0,001\%$
CO_2	0-18%	$\pm 0,001\%$
C_nH_m	0-9999 p.p.m.	1 p.p.m.
O_2	0-22%	$\pm 0,01\%$
Состав смеси α или λ (по материалам зарубежной литературы)	0,5-1,80	$\pm 0,001$

Избыток СО в отработавших газах означает, что в цилиндрах имеет место избыток топлива или недостаток кислорода. При этом образуется богатая смесь и топливо сгорает не полностью. Возможные причины:

- повышенное давление топлива (например, засорился обратный топливопровод);
- неисправен регулятор давления топлива (например, утечка через диафрагму);
- неисправность в системе улавливания паров топлива в баке;
- засорился воздушный фильтр или клапан в системе вентиляции картера.

Повышенное выделение окиси углерода (СО) создается тогда, когда горючая смесь является «богатой», вызывая тем самым чрезмерный расход топлива. Концентрация СО достигает своего апогея в цилиндре во время горения; во время следующего за этим такта расширения часть этого газа окисляется и превращается в СО₂ (углекислый газ). При наличии «бедной» смеси концентрация СО в отработавших газах обусловлена, прежде всего, неоднородным распределением смеси и изменением ее состава в зависимости от цикла сгорания. В отличие от СН, СО образуется только в результате сгорания. Например, отсутствие зажигания вызовет повышение содержания СН, но так как не было сгорания, СО в выхлопных газах не будет. Наоборот, богатая смесь является причиной повышенного содержания СО и СН одновременно: высокое содержание СО – из-за недостатка кислорода во время сгорания, высокое содержание СН – из-за неполного сгорания топлива и его выброса в выхлопную систему.

Анализ СО во время диагностики. Концентрация СО измеряется в процентах от выделенных газов. В автомобилях современного производства данный процентный состав, как правило, находится в пределах от 0,5% до 2,5%. Двигатели, оснащенные каталитическим конвертером (катализатором) имеют довольно низкие величины выделений, порядка 0,1% (пробы взяты из выхлопной трубы).

Высокий уровень СО обусловлен, главным образом, слишком «богатым» соотношением воздуха к бензину в горючей смеси. Данный недостаток, связанный с составом горючей смеси, порождает частичное окисление, образуя при этом СО вместо СО₂ (горение представляет собой бурное окисление, следовательно, определяющим для данного процесса является количество кислорода).

Следующим следствием избытка топлива в рабочей смеси является избыточное образование углеродистых остатков (отложения), осаждающихся на клапанах, в рабочей камере, на поршнях и на свечах. Данные отложения вызывают явления samozажигания (детонацию) и разрушение двигателя.

Типичными неисправностями, из-за которых образуется чрезмерное количество СО являются:

Неисправности в системе подготовки рабочей смеси:

- отрегулирован низкий режим холостых оборотов;
- неисправен насос-ускоритель карбюратора;

- неисправна пусковая система или система обогащения при прогреве;
- ослабли топливные жиклеры карбюратора;
- слишком высокое давление топлива – неисправность регулятора системного давления или непроходимость магистрали возврата топлива в бак;
- слишком большое время впрыска или низкое управляющее давление вследствие неисправных датчиков расхода воздуха, температуры, абсолютного давления, а также регулятора управляющего давления и электрогидравлического регулятора;

- снижение давления начала открытия механических форсунок;
- неисправность петли обратной связи по сигналу лямбда-зонда;
- плохо отрегулирован уровень топлива в поплавковой камере.

Неисправности, связанные со снабжением воздуха:

- забит воздушный фильтр;
- забиты воздушные жиклеры карбюратора.

Неисправности, связанные с двигателем:

- неправильная регулировка клапанов.

Преобладающей причиной повышенного содержания СО является слишком богатая рабочая смесь, как и для СН, содержание СО в выхлопных газах снижается каталитическим нейтрализатором.

1.16.6. Оценка неисправности системы рециркуляции отработавших газов

1.16.6.1. Определение неисправности системы рециркуляции

Вид системы рециркуляции выхлопных газов современных автомобилей представлен на рис. 1.82.

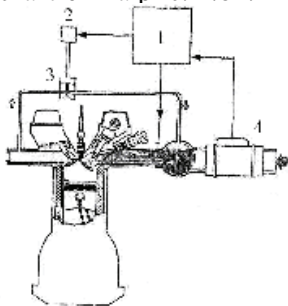


Рис. 1.82. Система рециркуляции выхлопных газов:

1 – блок управления; 2 – магнитный клапан;
3 – клапан рециркуляции выхлопных газов;
4 – расходомер воздуха

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.

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 низкотемпературного сгорания рабочей смеси. Изменением скважности управляющего сигнала электропитания электропневматического преобразователя давления

в системе управления давлением наддува блок управления определяет величину разрежения, действующего на мембрану клапана рециркуляции ОГ. Последний открывается при увеличении разрежения. На большинстве автомобилей подвод рециркулирующих ОГ активен на режиме холостого хода и при частичных нагрузках до значения частоты вращения коленчатого вала примерно 3000 мин^{-1} . В зоне полных и частичных нагрузок при частоте вращения коленчатого вала свыше 3000 мин^{-1} рециркуляция ОГ отключается, поскольку в этом диапазоне нагрузок уже ощущается дефицит свежего воздуха. На неполадки в системе рециркуляции ОГ двигатель реагирует заметным повышением дымности ОГ или потерей мощности [7]. Проверку системы рециркуляции следует начинать со считывания памяти неисправностей, с тем чтобы установить, есть ли у блока управления причины для 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, подсоединить ручной насос и проверить, происходит ли открытие и закрытие клапана в соответствии с вырабатываемым ручным насосом разрежением. Если клапан не реагирует или реагирует рывками на изменение разрежения, его следует заменить. Также клапан рециркуляции ОГ может быть испытан с помощью датчика массового расхода воздуха. Для этого к клеммам сигнала напряжения датчика массового расхода воздуха подсоединяется вольтметр и устанавливается величина частоты вращения коленчатого вала примерно 2000 мин^{-1} . Если трубопровод разрежения отсоединить от клапана рециркуляции ОГ, напряжение сигнала должно отчетливо возрасти. В противном случае клапан рециркуляции ОГ неисправен. Вместо измерения вольтметром напряжения сигнала может быть проведено сравнение действительного расхода воздуха на впуске с величиной, записанной в памяти блока управления, – при неисправном клапане рециркуляции ОГ наблюдается существенное различие этих значений.

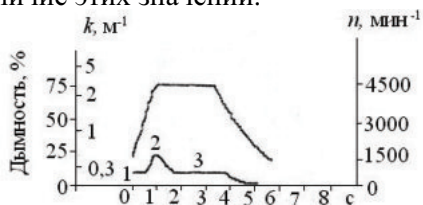


Рис. 1.83. Кривые дымности ОГ и частоты вращения коленчатого вала (n) дизеля Volkswagen 1,4 TDI:

1 – дымность ОГ на режиме холостого хода при активном клапане рециркуляции ОГ; 2 – дымность ОГ на режиме полной нагрузки, коэффициент поглощения $k_{max}=0,6 \text{ м}^{-1}$; 3 – дымность ОГ при n_{max} ; время разгона до n_{max} – 1 с

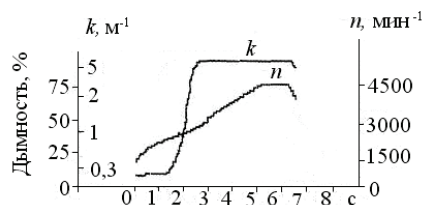


Рис. 1.84. Кривые дымности ОГ и частоты вращения коленчатого вала (n) дизеля Volkswagen 1,4 TDI:

$k_{max}=9,5 \text{ м}^{-1}$; время разгона – 5,0 с при открытом клапане рециркуляции ОГ

Другой возможностью проверки рециркуляции ОГ является измерение дымности ОГ на режимах свободного ускорения. Сначала воспроизводится кривая дымности ОГ при подсоединенной системе рециркуляции ОГ (рис. 1.83 [7]). 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. 1.84 [7]). Резкое изменение величины дымности ОГ указывает на повышенный подвод рециркулирующих ОГ. Поэтому блок управления по измерению 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. 1.84). Если дымность ОГ в первом случае разгона на режимах свободного ускорения (рис. 1.83) 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 управления 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%. 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%. 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: 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 измеренные значения соответствуют номинальным, проверяется, не замкнут ли на «массу» провод, идущий от преобразователя давления к блоку управления. Если на управляющем проводе регистрируется неизменяющееся напряжение 12 В, это указывает либо на обрыв в проводе, либо на неисправность блока управления [7].

1.16.6.2. Определение неисправности системы EGR

Система EGR предназначена для уменьшения содержания оксидов азота NO_x в отработавших газах автомобиля. При неисправности системы EGR могут наблюдаться неустойчивые обороты холостого хода и двигатель часто глохнет. Имеет место также неустойчивая работа при полностью открытой дроссельной заслонке, перебои при снижении оборотов, детонация, пропуски воспламенения. Азот N начинает вступать в реакцию с кислородом O_2 в камере сгорания при температуре выше 1370°C и при высоком давлении.

Все неисправности EGR сводятся к двум основным причинам:

- через клапан EGR проходит недостаточное количество выхлопных газов;

- через клапан EGR проходит слишком много выхлопных газов.

Составные компоненты системы EGR, в которых могут возникать неисправности, следующие:

- наружные патрубки (или каналы в литье) для подвода выхлопных газов;

- собственно клапан EGR;

- термклапан, подключающий источник разрежения к клапану EGR в зависимости от температуры охлаждающей жидкости или воздуха;

- соленоиды электрических или цифровых клапанов, управляемые от ЭБУ;

- интегрированные или отдельные преобразователи давления выхлопных газов.

Неисправности каналов и клапана EGR. При загрязнении каналов поток рециркуляции уменьшается, возрастает загрязнение окружающей среды оксидами азота NO_x . Так как при этом ездовые характеристики почти не меняются, водители на такую неисправность жалуются редко. Иногда может возникать детонация и ухудшаться экономичность двигателя (ЭБУ не входит в замкнутый режим).

Так же проявляет себя и не открывающийся клапан EGR. Конструкция клапана предусматривает его заклинивание при неисправностях в системе EGR.

Твердые частицы из выхлопных газов оседают неравномерной запорном устройстве клапана EGR, и постепенно клапан перестает плотно закрываться. При этом рециркуляция выхлопных газов начинает происходить постоянно. Такая ситуация будет отражена в потоке параметров, принимаемых сканером от ЭБУ, но для окончательных выводов о состоянии клапана его следует разобрать. После очистки и перед установкой клапана следует убедиться, что каналы свободны от кусков отложений, которые могут повторно засорить систему.

Незакрывающийся клапан обычно проявляет себя следующим образом:

- неустойчивость холостых оборотов, частая остановка двигателя, пропуски воспламенения;

- рывки автомобиля при движении;

- уменьшение разрежения во впускном коллекторе и, как следствие, работа бензинового двигателя на богатой топливно-воздушной смеси.

Сам по себе клапан EGR – относительно простое устройство, но система, управляющая им, достаточно сложная. Прежде чем демонтировать клапан, следует убедиться в исправности управляющей системы.

В инструкции по эксплуатации автомобиля рекомендуется проводить регулярный осмотр и чистку клапана и каналов системы EGR. Но водители обычно этим пренебрегают до полного отказа системы.

Сигнал разрежения вне нормы. Слабый или отсутствующий сигнал разрежения не откроет пневмоклапан, а постоянное разрежение будет поддерживать клапан открытым все время. В таких случаях следует проверить правильность подключения вакуумных шлангов и разрежение на клапане.

В системах, использующих разрежение, в индукционном диффузоре применяется вакуумный усилитель, неисправность которого может привести к отключению сигнала разрежения от клапана EGR или наоборот – к его постоянной подаче.

Правильно работающая система EGR отключается при прогреве двигателя блокировкой сигнала разрежения термклапаном. Неисправность термклапана приведет к избыточному загрязнению окружающей среды оксидами азота (если термклапан постоянно закрыт) или к неустойчивой работе двигателя на холостых оборотах и недостаточной приемистости (если термклапан постоянно открыт).

В некоторых системах клапан EGR открывается по совместному действию сигналов разрежения и давления выхлопных газов. В таких системах даже при хорошем разрежении клапан EGR не откроется, если некоторые компоненты выпускного канала были заменены на нештатные с более низким сопротивлением газовому потоку (снизится подпор отработавших газов).

В электронных системах управления двигателем подача разрежения к диафрагме клапана EGR производится через электроклапан. Электроклапан может работать по принципу «открыт-закрыт» или с широтно-импульсной модуляцией. В таких системах следует проверять электрический сигнал от ЭБУ на соленоид электроклапана, сам соленоид, целостность каналов подачи разрежения от источника до клапана EGR.

Набор контролируемых параметров системы EGR, считываемых автомобильным диагностическим сканером, зависит от конкретной модели автомобиля, как правило, это следующие параметры:

- величина потока рециркуляции в процентах;
- коэффициент заполнения управляющего сигнала при работе электроклапана по принципу широтно-импульсной модуляции;
- коммутационное состояние клапана EGR (включен-выключен).

1.16.7. Оценка неисправностей системы зажигания по содержанию СН в отработавших газах

Вероятной причиной повышения содержания СН являются пропуски в системе зажигания, когда несгоревшее топливо начинает поступать в выпускной тракт. Неисправности могут быть следующие:

- загрязнение свечей;
- неисправность высоковольтных проводов;
- повреждение катушки зажигания;
- неисправность крышки или ротора распределителя;
- нарушение установочного угла опережения зажигания (слишком большой или малый);
- неисправность датчика положения коленчатого вала;
- неисправность электронного модуля зажигания.

Другой причиной может быть работа на переобедненной смеси, которая плохо воспламеняется. При этом возможны неисправности:

- утечка разрежения, например, через трещину в вакуумном шланге;
- негерметичность впускного тракта;
- негерметичность дроссельного патрубка или карбюратора;
- ослабла или сломана пружина выпускного клапана.

В непрогретом двигателе условия сгорания смеси не оптимальные из-за конденсации паров топлива на стенках цилиндров, и содержание СН в отработавших газах также может быть выше нормы.

Повышенное содержание СН – это признак неполного сгорания топлива, и тогда двигатель работает неэкономично. После устранения неисправностей, связанных с повышенным содержанием СН, экономичность двигателя улучшается.

В табл. 1.25 приведен состав ОГ для исправных автомобилей разных лет выпуска.

Таблица 1.25

Состав отработавших газов автомобилей

	Модели без каталитического нейтрализатора до 1975 года	Модели с каталитическим нейтрализатором после 1975 года
СН, р.р.м.	300 и менее	30-50 и менее
СО, %	3 и менее	0,3-0,5 и менее
О ₂ , %	0-2	0-2
СО ₂ , %	12-15 и более	12-15 и более

На рис. 1.85 представлены зависимости содержания СН, СО, О₂, СО₂ в выхлопных газах от соотношения воздух/топливо в смеси. При обогащении смеси растет содержание СО, поэтому этот газ называют иногда индикатором обогащения. По аналогичным соображениям повышенное содержание кислорода – это индикатор обеднения.

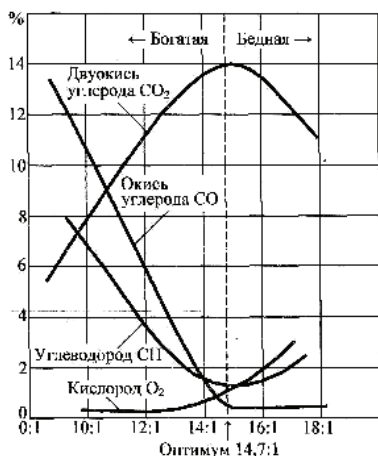


Рис. 1.85. Состав ОГ в зависимости от соотношения воздух/топливо в смеси

неисправности в системе зажигания.

Как убедиться, что система управления двигателем работает в замкнутом режиме (с обратной связью от датчика кислорода)?

В системе управления впрыском топлива датчик кислорода выполняет функцию определителя концентрации кислорода в отработавших газах и входит в состав электронного сравнивающего устройства (компаратора). На одном входе компаратора — сигнал, фиксирующий текущий (фактический) состав рабочей смеси, на другом — электронный сигнал, соответствующий стехиометрическому составу смеси. Компаратор работает в режиме релейного регулирования.

Для контроля системы регулирования поступают следующим образом. Подключают стрелочный вольтметр к выходу датчика кислорода, используя булавку или break-out-box (если есть). Запускают и прогревают двигатель. Сигнал на выходе датчика кислорода исправного прогретого двигателя на холостом ходу должен переключаться между значениями 0,2–0,8 В с частотой 4–10 Гц. Стрелка вольтметра в режиме измерения установившегося постоянного напряжения должна слегка колебаться в пределах 0,45 В.

При таких показаниях вольтметра отсоединяют от впускного коллектора вакуумный шланг. Напряжение на выходе датчика при этом ниже 0,3 В, это реакция на обеднение смеси из-за утечки разрежения. ЭБУ в режиме с обратной связью компенсирует избыток кислорода подачей дополнительного топлива, смесь опять станет стехиометрической, стрелка вольтметра опять вернется к напряжению 0,45 В.

Наблюдая за стрелкой вольтметра, из баллона с пропаном выпускают немного газа перед воздухозаборником двигателя. На некоторое время вольтметр покажет 0,8 В, индицируя богатую смесь. Затем ЭБУ отработает это возмущение, уменьшив подачу топлива через форсунки. Режим опять

Причины повышения содержания CO и CH в отработавших газах. Повышения содержания CO и CH в отработавших газах проявляются, если система топливного питания подает в цилиндры двигателя богатую смесь или при переобогащении смеси из-за неисправностей в системе зажигания. Например, если свеча загрязнена, искрообразования может не последовать. Непрореагировавший кислород поступит в выпускной тракт, где будет воспринят датчиком кислорода как признак бедной смеси. ЭБУ выдаст сигнал на обогащение смеси, искрообразование может еще ухудшиться, а в выхлопных газах будет еще больше CO и CH. В этом случае следует искать

станет стехиометрическим, стрелка прибора будет колебаться в области 0,45 В.

1.16.8. Оценка эффективности сгорания топлива по содержанию кислорода (O_2) и двуокиси углерода (CO_2) в отработавших газах

Углекислый газ CO_2 – это превосходный индикатор эффективности сгорания. Если содержание углекислого газа в выхлопе достигает максимальной величины, это значит, что двигатель работает с наибольшей эффективностью, независимо от того, оборудован ли двигатель катализатором или нет. Обычно содержание CO_2 в выхлопных газах должно быть 12-15%. Причины низкого содержания CO_2 :

- неправильная регулировка смеси;
- неправильная регулировка угла опережения зажигания;
- загрязнение воздушного фильтра;
- негерметичность выхлопной системы;
- нарушение фаз газораспределения;
- снижение компрессии.

Выделение кислорода (O_2) в отработавших газах является главным элементом для любой смеси. Кислород присутствует в атмосфере в концентрации порядка 20,78%.

Измерение процентного содержания кислорода, присутствующего в смеси выхлопных газов осуществляется с помощью использования электрохимического датчика. Измерение выполняется также в объемном проценте (% vol.). Датчик подает напряжение, пропорциональное содержанию кислорода, присутствующего в горючей смеси. При оптимальных условиях работы двигателя процент кислорода, присутствующего в выхлопных газах, должен быть ниже 2%.

Анализ O_2 во время диагностики. Количество кислорода, измеренного в выхлопных газах, может указывать на количество рабочей смеси в камере сгорания в случае, если произошло полное сгорание кислорода. Причинами высокого содержания O_2 в выхлопных газах являются следующие:

- слишком высокая концентрация несгоревших углеводородов (CH) (при наличии несгоревшего топлива в выхлопной трубе) означает наличие большого количества окислителя O_2 ;
- утечки в системе подачи воздуха;
- утечки в системе выпуска газов;
- утечки в зонде для контроля выхлопных газов;
- утечки в корпусе воздушного фильтра;
- слишком «бедная» рабочая смесь в одном или нескольких цилиндрах.

Высокое содержание O_2 обусловлено в основном дефектами в герметичности, отрицательно влияющими на параметры рабочей смеси. Процент кислорода, имеющегося в смеси, увеличивается в случае наличия дефектов

в системе зажигания какого либо из цилиндров (пропуски зажигания).
Справочное толкование показаний газоанализатора приведены в табл. 1.26.

Контроль каталитического нейтрализатора с помощью газоанализатора производится путем сравнения состава отработавших газов до и после нейтрализатора.

Таблица 1.26

Толкование показаний газоанализатора

Газы	Холостые обороты	1000 мин ⁻¹	2500 мин ⁻¹	Замечания	Типичные дефекты	Другие признаки
CO	Повышены	Повышены	Повышены	Повышены на всех оборотах	Богатая смесь – ослабло крепление крышки карбюратора, забит воздушный фильтр, неисправен стартер, неисправен карбюратор, высокий уровень топлива в карбюраторе	Черный дым из выхлопной трубы; повышенный расход топлива
CH	Норма	Норма	Норма	Около нормы		
CO ₂	Низкий	Низкий	Низкий	Постоянно низкий		
O ₂	Норма	Норма	Норма	Постоянно норма		
CO	Повышены	Повышены	Норма	Повышены на низких оборотах	Богатая смесь, плохо отрегулирован карбюратор, проблемы с жиклером холостых оборотов	Черный дым из выхлопной трубы; повышенный расход топлива; неустойчивые холостые обороты
CH	Повышены	Норма	Норма	Повышены на низких оборотах		
CO ₂	Низкий	Норма	Норма	Низкий на холостом ходу		
O ₂	Норма	Норма	Норма	Постоянно норма		
CO	Повышены	Норма	Норма	Повышены на холостом ходу	Богатая смесь, плохо отрегулированы холостые обороты, ослаблен жиклер холостых оборотов	Повышенный расход топлива; неустойчивые холостые обороты
CH	Норма	Норма	Норма	Около нормы		
CO ₂	Низкий	Норма	Норма	Низкий на холостом ходу		
O ₂	Норма	Норма	Норма	Около нормы		

Газы	Холостые обороты	1000 мин ⁻¹	2500 мин ⁻¹	Замечания	Типичные дефекты	Другие признаки
CO	Повышены	Норма	Норма	Повышены на холостом ходу	Бедная смесь, плохо отрегулирован карбюратор, попадание дополнительного воздуха	Неустойчивые холостые обороты; недостаточная приемистость; возвраты пламени
CH	Повышены	Норма	Норма	Повышены на холостом ходу		
CO ₂	Низкий	Норма	Норма	Низкий на холостом ходу		
O ₂	Норма	Норма	Норма	Около нормы		
CO	Норма	Норма	Норма	Около нормы	Дефект зажигания, дефект контактов (не отрегулированы), порваны кабели, высокое напряжение, неисправны контакты (не отрегулированы) свечи, неисправен конденсатор, перепутаны провода свечей, трещина в крышке трамблера, слишком большой угол опережения	Повышенный расход топлива, неустойчивые холостые обороты, потери мощности
CH	Повышены	Повышены	Повышены	Постоянно повышены		
CO ₂	Низкий	Низкий	Низкий	Низкий на холостом ходу		
O ₂	Высокий	Высокий	Высокий	Постоянно высокий		
CO	Норма	Норма	Норма	Около нормы	Потери компрессии, повышенный расход масла, неисправны клапаны, износ поршневой группы, износ цилиндров, подсос воздуха во впускном коллекторе	Низкая компрессия
CH	Повышены	Повышены	Норма	Повышены на холостом ходу		
CO ₂	Низкий	Низкий	Норма	Низкий на холостом ходу		
O ₂	Высокий	Высокий	Норма	Высокий на холостом ходу		

Газы	Холостые обороты	1000 мин ⁻¹	2500 мин ⁻¹	Замечания	Типичные дефекты	Другие признаки
СО	Норма	Норма	Норма	Около нормы	Дефект зажигания, повышен угол центробежного регулятора опережения, повышен угол вакуумного корректора опережения зажигания, неисправности в зажигании на высоких оборотах, малый зазор между контактами свечей, неисправна катушка зажигания	Повышенный расход топлива, потери мощности
СН	Норма	Норма	Повышены	Повышены на высоких оборотах		
СО ₂	Норма	Норма	Низкий	Низкий на высоких оборотах		
О ₂	Норма	Норма	Норма	Около нормы		

У правильно отрегулированного двигателя с каталитическим нейтрализатором выхлопных газов содержание О₂ примерно равно содержанию СО. Если содержание О₂ превышает содержание СО и содержание СО выше 0,5%, то каталитический нейтрализатор неисправен.

Информации, получаемой от двухкомпонентного газоанализатора по содержанию компонентов СО и СН, может быть недостаточно для диагностирования состояния двигателя, к тому же эти газы влияют друг на друга в каталитическом нейтрализаторе. В то же время повышенное содержание кислорода в выхлопных газах – это индикатор работы на обедненной смеси. Следует только иметь в виду, что негерметичность в выпускном тракте также приводит к повышенному содержанию кислорода в отработавших газах и к ложному указанию на обеднение смеси за счет подсоса воздуха. Чтобы быть уверенным в показаниях газоанализатора по параметру О₂, нужно убедиться в исправности выпускного тракта.

Для этого следует сравнить показания газоанализатора на холостых оборотах и для режима 2500 оборотов в минуту (табл. 1.26):

- если содержание кислорода высокое в обоих случаях – смесь бедная в обоих случаях – выпускной тракт исправен;
- если содержание кислорода мало на холостых оборотах и велико на 2500 оборотах – выпускной тракт исправен, но в нем установлен нейтрализатор с инжекцией (дополнительной подачей) воздуха;
- если на холостых оборотах содержание кислорода велико, а на 2500 оборотах мало – скорее всего имеется небольшая утечка, незаметная при больших выбросах выхлопных газов в выпускном тракте.

Содержание двуокиси углерода СО₂ – мера эффективности процесса сгорания топлива в двигателе. Норма 1,2-1,7%, при стехиометрическом составе смеси содержание СО₂ максимально, в иных случаях содержание СО₂

понижается. Само по себе значение содержания CO_2 не позволяет сделать вывод, бедная смесь или богатая, нужно дополнительно учитывать показания по CO и CH .

1.16.9. Примеры диагностирования двигателя по составу отработавших газов

Диагностирование по содержанию компонентов CO и CH .

Пример 1. Пробег 32000 километров, $\text{CH}=0$ р.р.м., $\text{CO}=0,00\%$.

Двигатель работает идеально.

Пример 2. Пробег 160000 километров, $\text{CH}=350$ р.р.м., $\text{CO}=0,3\%$.

Содержание CH выше нормы для бензиновых автомобилей. Низкое содержание CO свидетельствует, что соотношение воздух/топливо нормальное. Следует отметить, что индикатором работы двигателя на богатой смеси является именно повышенное содержание CO , а не CH . При работе на богатых смесях было бы повышено содержание и CO , и CH .

Вероятная причина повышенного содержания CH :

- неисправность термостата, не позволяющая двигателю достичь рабочей температуры;
- неисправность в системе зажигания (например, позднее зажигание).

Пример 3. Пробег 240000 километров, $\text{CH}=488$ р.р.м., $\text{CO}=5,72\%$. Смесь переобогащена, о чем свидетельствуют высокие значения и CO , и CH . Для умеренно богатой смеси таких больших значений концентрации CH не было бы, увеличилось бы только содержание CO . Очень богатая смесь плохо воспламеняется, что и приводит к повышению содержания CH и CO .

Пример 4. Пробег 88000 километров, $\text{CH}=35$ р.р.м., $\text{CO}=3,86\%$.

Двигатель работает на богатой смеси, содержание CO повышено. Содержание CH нормальное, это индикатор исправности системы зажигания. Возможна неисправность в системе подачи топлива.

Диагностирование по содержанию компонентов CH , CO , CO_2 и O_2 .

Пример 1. Пробег 45500 километров, $\text{CH}=0$ р.р.м., $\text{CO}=0\%$, $\text{O}_2=0\%$, $\text{CO}_2=17,5\%$.

Двигатель в идеальном состоянии и работает эффективно.

Пример 2. Пробег 184000 километров, $\text{CH}=52,84$ р.р.м., $\text{CO}=2,51\%$, $\text{O}_2=1,2\%$, $\text{CO}_2=11,8\%$.

Для двигателя с каталитическим нейтрализатором значения для компонентов CO и CH высокие. Одновременное повышение содержания CH и CO означает работу на богатой смеси. Содержание кислорода в пределах допустимого, а CO_2 несколько понижено. Это показывает, что коэффициент избытка воздуха незначительно отличается от стехиометрического значения. Скорее всего непрогретый двигатель работает на богатой смеси, нейтрализатор также не прогрет. Возможно неисправен термостат.

Пример 3. Пробег 93500 километров, $\text{CH}=44$ р.р.м., $\text{CO}=4,51\%$, $\text{O}_2=0,1\%$, $\text{CO}_2=7,94\%$.

Двигатель работает на богатой смеси. Индикатор богатой смеси CO имеет высокое значение, индикатор бедной смеси O_2 – низкое. Низкое значение для CO_2 говорит о неэффективности процесса сгорания и об отличии состава топливной смеси от стехиометрического. Следует отметить, что исправный газонейтрализатор несколько понижает высокие значения CO , доокисляя окись углерода до двуокиси CO_2 . Неисправности могут быть в системе питания и зажигания.

Пример 4. Пробег 169000 километров, $\text{CH}=786$ p.p.m., $\text{CO}=6,4\%$, $\text{O}_2=6,8\%$, $\text{CO}_2=7,4\%$.

Высокий уровень CH – признак того, что топливо сгорает не полностью. Значительная концентрация кислорода – признак бедной смеси. Из-за плохого сгорания топлива показания CO_2 также низкие. Возможны пропуски в системе зажигания. Нужно проверить герметичность впускного тракта, давление топлива и искать неисправности, приводящие к обеднению топливной смеси.

1.16.10. Оценка перегрева двигателя и состава смеси по содержанию NO_x в отработавших газах

Образованию NO_x способствует высокая температура сгорания, а также избыток и движение воздуха в начале этого процесса. Окислы азота NO_x формируются в камере сгорания двигателя при температуре выше 1370°C (2500°F) или при большом давлении. При соединении окислов азота с углеводородными компонентами CH (остатки несгоревшего топлива) в атмосфере под воздействием солнечных лучей образуется фотохимический смог, вредный для органов дыхания человека.

Окись азота NO – бесцветный газ без вкуса и запаха. Двуокись азота NO_2 – рыжеватый газ с кислым едким запахом. Из этих компонентов в камере сгорания двигателя образуется группа окислов азота, для краткости обозначаемых как NO_x .

Содержание NO_x в выхлопных газах определяют с помощью пятикомпонентного газоанализатора. Окислы азота NO_x формируются при работе двигателя под нагрузкой. Поэтому измерения приходится проводить на динамометрическом стенде или в поездке портативным газоанализатором.

Эффективной мерой борьбы против образования NO_x является применение системы рециркуляции выхлопных газов. Исправный автомобиль под нагрузкой должен иметь содержание NO_x в выхлопных газах менее 1000 p.p.m., на холостых оборотах – менее 100 p.p.m.

Повышенное содержание NO_x в выхлопных газах обычно имеет место, когда:

- двигатель перегрет;
- топливная смесь бедная.

Образование NO_x напрямую связано с температурой в камере сгорания. Горение бедной смеси происходит с повышением температуры. При повышенном содержании NO_x следует проверить:

- работу клапана и целостность патрубков в системе рециркуляции выхлопных газов;
- систему охлаждения двигателя;
- топливную систему на предмет обеднения смеси.

С использованием накопительных нейтрализаторов NO_x и фильтров твердых частиц уровень эмиссии NO_x и твердых частиц в ОГ дизельных двигателей может быть снижен более, чем на 90%.

Снижению уровня эмиссии NO_x способствует рециркуляция ОГ, особенно охлажденных ОГ. Степень рециркуляции ОГ в легковых автомобилях составляет около 50%, в грузовых – порядка 5-25%. Степень рециркуляции ОГ регулируется перераспределением массы воздуха с помощью воздушной заслонки.

1.16.11. Методы и средства контроля состава отработавших газов автомобильных двигателей

Газоанализатор является необходимым компонентом диагностического комплекса, поскольку только с его помощью можно судить о соответствии выходных параметров работы двигателя установленным нормам.

Перед началом работы необходимо убедиться, что система отвода отработавших газов автомобиля на всем протяжении герметична, иначе в показания прибора будут внесены искажения за счет подсоса воздуха из атмосферы.

На некоторых автомобилях установлены специальные заборники на выхлопном коллекторе для отбора проб отработавших газов. В таком случае целесообразно подключать газоанализатор к ним, так как в этом случае на показания прибора не будет влиять работа каталитического нейтрализатора. Если таких заборников нет, то тогда отбор производится из выхлопной трубы.

Предельные значения состава ОГ контролируются бортовыми средствами на холостом ходу автомобиля, ездовых (тестовых) поездках и на испытательных стендах. Превышение предельного значения бортовая диагностика информирует сигналом контрольной лампы на панели приборов автомобиля.

В простейшем варианте, когда нет испытательного стенда, зонд газоанализатора вводят в выхлопную трубу автомобиля, двигатель которого работает на холостых оборотах, и производят измерения на токсичность. Проводятся измерения и во время различных ездовых циклов.

Ездовой цикл испытаний реализуется по такому графику движения, который в максимальном приближении моделирует условия движения в городе. Согласно европейского ездового цикла (европейский Союз/Европейская экономическая комиссия) был установлен (1993 г.) режим загородного движения со скоростью 120 км/ч. С введением в действие директивы Евро 3 (2000 г.) исключен период ожидания в течение 40 с до начала измерения эмиссии ОГ. Этот цикл позволяет начинать измерения эмиссии ОГ сразу после пуска двигателя [23, 24].

1.16.11.1. Контроль состава отработавших газов на испытательных стендах

В стационарных условиях, чтобы проверить, удовлетворяет ли автомобиль нормам на токсичность, используются динамометрические стенды (рис. 1.86).

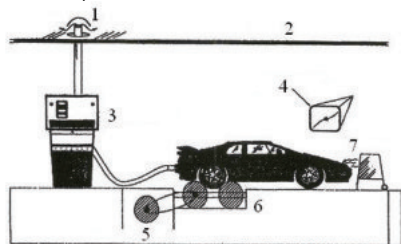


Рис. 1.86. Автомобиль на динамометрическом стенде:

1 – выхлопные газы; 2 – крыша здания; 3 – газоанализатор и компьютер; 4 – видеоэкран для водителя; 5 – инерционный маховик; 6 – динамометр; 7 – вентилятор

Динамометрический стенд – это сложная компьютеризованная установка, обеспечивающая хорошую повторяемость условий тестирования. Ведущие колеса автомобиля приводят во вращение инерционный маховик, имитирующий нагрузку. Водитель получает необходимую информацию с видеомонитора.

Следует отметить, что проведение тестовых испытаний автомобиля на динамометрическом стенде включает в себя не только опреде-

ление процентного содержания вредных веществ в отработавших газах, но и целый ряд других диагностических процедур по контролю таких агрегатов автомобиля, как рулевое управление, тормоза, КПП, фарное освещение и т. п.

Стационарные диагностические стенды являются универсальным, сложным и дорогостоящим испытательным оборудованием, работа на котором требует высокой профессиональной подготовки контролера-оператора.

На стенде имитируются различные режимы движения автомобиля и производится определение содержания (токсичных) веществ в выхлопных газах на единицу пройденного пути (г/км или г/миля) или на единицу совершенной работы (г/кВт·ч).

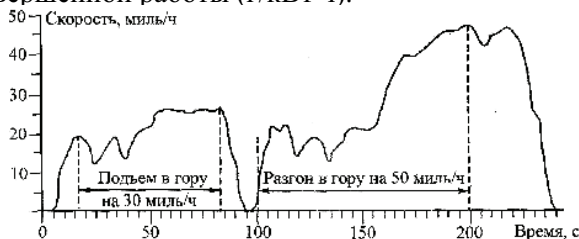


Рис. 1.87. Маршрут теста IM240 для испытуемого автомобиля

зан график изменения скорости автомобиля во время проведения теста IM240. График является маршрутом теста и имитирует езду условного автомобиля в черте города Лос-Анжелес (штат Калифорния): разгон до скорости 20 миль в час, подъем в гору на скорости 30 миль в час, остановка на

Например, в США применяются несколько видов тестов для контроля на токсичность, чаще всего тест IM240 (Inspection and Maintenance, 240 – длительность теста в секундах). Этот тест проводится на динамометрическом стенде. На рис. 1.87 пока-

94-й секунде, разгон в гору до скорости 50 миль в час, езда с постоянной скоростью на пологом участке, остановка на 240 с [23].

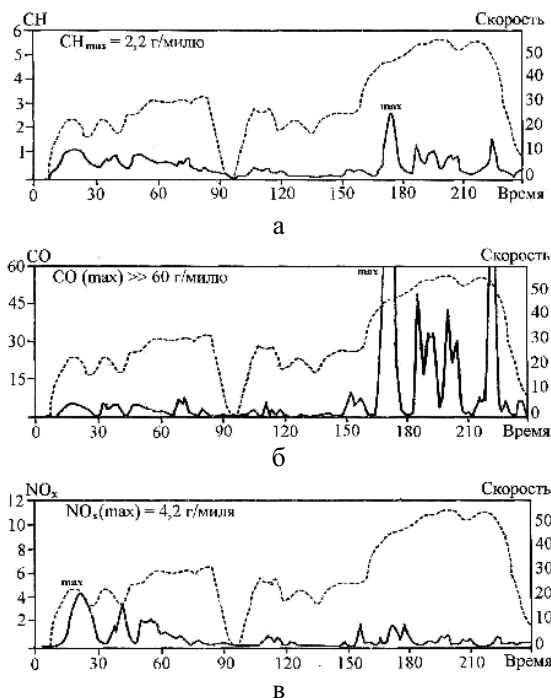


Рис. 1.88. Зависимости CH, CO, NO_x, полученные во время проведения теста IM240: весовое содержание компонента выражено в граммах на милю, скорость в милях в час, время в секундах

Содержание CH, CO и NO_x в выхлопных газах измеряется ежесекундно и регистрируется в памяти мотор-тестера. На рис. 1.88 (а, б, в) показаны временные развертки этих зависимостей для каждого компонента в отдельности. По результатам тестирования выдаются максимальные весовые значения вредных компонентов.

Из рассмотрения разверток тестирования для автомобиля № 1 очевидно, что во второй части теста (рис. 1.88, б) отмечено значительное увеличение эмиссии CO, во время ускоренного движения автомобиля в гору. Изменения компонентов CH и NO_x близки к норме (рис. 1.88, а, в). Вывод: в двигатель подавалась топливовоздушная смесь с обогащением выше допустимого значения.

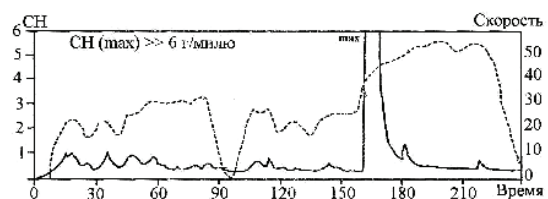
1.16.11.2. Контроль состава отработавших газов на маршрутном тесте

На рис. 1.89 (а, б, в) приведены временные развертки, отображающие зависимость весовых значений компонентов CH, CO, NO_x в выхлопных газах условного автомобиля № 2 при его испытании по маршрутному тесту IM240 (рис. 1.87).

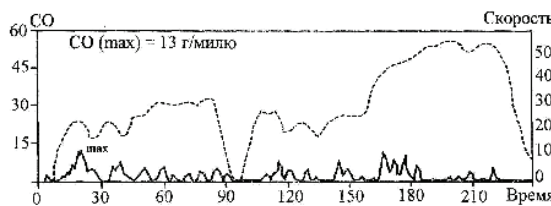
Из рассмотрения разверток для этого автомобиля следует, что имеет место одновременное увеличение выброса компонентов CH и NO_x при низком уровне содержания компонента CO. Такое соотношение компонентов в выхлопных газах указывает на пропуски зажигания при разгоне автомобиля в гору, что может быть следствием подачи в цилиндры недопустимо бедной топливовоздушной смеси.

В отличие от показателей, полученных на динамометрическом стенде, газоанализатор выдает результаты не в граммах на милю, а в р.р.т. или в процентах.

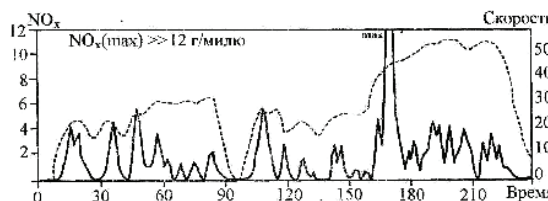
Для сравнения в табл. 1.27 сведены результаты тестирования условного грузового автомобиля № 3, имеющего несколько неисправностей. Тестирование проведено двумя способами: на динамометрическом стенде и с помощью портативного пятикомпонентного газоанализатора во время ездовых испытаний.



а



б



в

Рис.1.89. Зависимости, полученные во время проведения теста IM240 на автомобиле № 2

В США используются и другие режимы тестирования:

- ASM 15/50 и ASM 25/25 – эти тесты имитируют движение с ускорением и проводятся на динамометрическом стенде. Первое число (15 или 25) – скорость автомобиля в милях в час; второе число (50 или 25) – процент нагрузки от мощности, необходимой для движения автомобиля с ускорением 3,3 мили/час за секунду;

- BAR90 – тест стендового испытания, которое проводится на холостых оборотах без определения содержания NO_x (применяется только в Калифорнии);

- тест по запаху выхлопных газов, без подключения газоанализатора.

Таблица 1.27

Компоненты отработавших газов

Компонент ОГ	По показаниям на стенде		По показаниям газоанализатора		Результат тестирования
	Норма, г/миль	Измерено, г/миль	Норма	Измерено	
СН	2,40	15,13	100 р.р.м.	415 р.р.м.	Тест не пройден
СО	60,00	144,35	2%	8,36%	Тест не пройден
NO_x	3,0	16,3	1000 р.р.м.	2273 р.р.м.	Тест не пройден

Контрольные вопросы

1. Содержание каких газов можно определить, применяя газоанализатор?
2. Какая связь неисправностей систем двигателя с отработавшими газами?
3. Какие причины повышенного выделения несгораемых углеводородов в ОГ?

4. Какая может быть связь СО в ОГ с неисправностями в электронной системе управления двигателем?
5. По составу каких газов в ОГ можно оценить качество топливной смеси?
6. Как по составу ОГ можно определить неисправность системы рециркуляции?
7. Как по составу ОГ можно оценить неисправность EGR?
8. По содержанию какого газа в ОГ можно оценить неисправности системы зажигания?
9. По содержанию каких газов в ОГ можно оценить эффективность сгорания топлива?
10. По содержанию какого газа в ОГ можно оценить перегрев двигателя?
11. Рассказать о методах и средствах контроля состава ОГ двигателей автомобилей.

2. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЕЙ

2.1. Бортовые диагностические системы

2.1.1. Общие сведения

Любая современная микропроцессорная система управления, установленная на борту автомобиля, обладает некоторыми диагностическими возможностями. Эти возможности реализуются бортовым компьютером в соответствии с программой, заложенной в его постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ), и во время, когда микропроцессор компьютера не полностью загружен выполнением основных управляющих функций (т. е. в так называемом фоновом режиме).

Во время обычной эксплуатации автомобиля бортовой компьютер периодически тестирует электрические и электронные системы и их компоненты. При обнаружении неисправности контроллер компьютера переходит в аварийный режим работы, подставляя подходящее значение параметра вместо того, которое дает неисправный блок. Например, если контроллер обнаружит неисправность в цепи датчика температуры охлаждающей жидкости, программа установит резервное значение температуры, рассчитанное для работы двигателя в штатном режиме (обычно для 80 °С), и будет использовать это значение при реализации управляющих алгоритмов, чтобы автомобиль оставался на ходу. Резервное значение будет записано в память ЭБУ как аварийное.

Водитель информируется о неисправности с помощью контрольной лампы «Check Engine» (проверить двигатель) или светодиода, расположенных на панели приборов. Микропроцессор ЭБУ заносит специфический код неисправности в КАМ-память. КАМ-память (Keep Alive Memory) способна сохранять информацию при отключении питания ЭБУ. Это обеспечивается подключением микросхем КАМ-памяти отдельным кабелем к аккумуляторной батарее или применением малогабаритных подзаряжаемых аккумуляторов, размещенных на печатной плате ЭБУ [25, 26].

2.1.2. Нормативные требования OBD-I и OBD-II

Стандарт OBD-I. Первый автомобильный экологический стандарт бортового диагностирования «OBD-I» (Onboard diagnostic-I) стал обязательным в Калифорнии с 1989 г. Разработка OBD-I имела две цели: раннее предупреждение водителя о неисправностях, ведущих к увеличению загрязнения окружающей среды, и упрощение для механика обнаружения причины таких неисправностей. Глобальная задача – уменьшение токсичных отходов эксплуатации автомобиля и улучшение состояния окружающей среды.

Требования стандарта OBD-I сводились к четырем основным пунктам [25, 26]:

- наличие диагностической системы на борту автомобиля обязательно;

- обязательное наличие светового индикатора на приборной панели автомобиля, предупреждающего о появлении неисправностей в одной из систем управления двигателем;

- бортовая диагностическая система должна записывать, хранить в памяти и выдавать коды ошибок для всех неисправностей, ведущих к увеличению загрязнения окружающей среды;

- бортовая диагностическая система должна в первую очередь (приоритетно) обнаруживать неисправности клапана рециркуляции выхлопных газов и топливной системы, отказ которых связан с неизбежным загрязнением окружающей среды.

Применение стандарта OBD-I на практике не было эффективным. Связано это с тем, что электронные системы автоматического управления двигателем (ЭСАУ-Д) были в 80-х годах еще недостаточно совершенными: не осуществлялся мониторинг каталитического нейтрализатора, отсутствовал контроль утечек паров бензина, пропусков воспламенения. Чувствительность и быстродействие диагностических систем OBD-I были недостаточными. Кроме того, стандарт OBD-I не предъявлял требований к унификации диагностических систем и единообразию их компонентов, что привело к разработке большого числа вариантов бортовых диагностических систем для разных моделей автомобилей. Как следствие для проведения диагностики различных автомобилей нужно было иметь большое количество разнообразного дорогостоящего специализированного оборудования, соединительных кабелей, адаптеров, сканеров и т. д.

Стандарт OBD-II. Разработка требований и рекомендаций по стандарту OBD-II велась под эгидой EPA (Environmental Protection Agency – агентство по защите окружающей среды при правительстве США) при участии организаций CARB и SAE.

Стандарт OBD-II предусматривает более точное управление двигателем, трансмиссией, каталитическим нейтрализатором и т. д. Доступ к системной информации бортового ЭБУ можно осуществлять не только специализированными, но и универсальными сканерами. С 1996 г. все продаваемые в США автомобили стали соответствовать требованиям OBD-II.

В Европе аналогичные документы были приняты позже по отношению к США. Тем не менее, аналогичные правила EOBD (European On Board Diagnostic) вступили в силу и в Европе с 1 января 2000 г.

До настоящего времени разработано три стандарта бортовой диагностики (рис. 2.1).

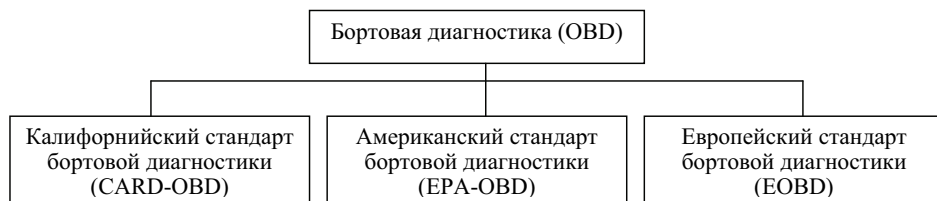


Рис. 2.1. Стандарты бортовой диагностики

Согласно нормативным требованиям OBD-II МПСУ должна осуществлять не только диагностирование системы управления, но и работу ряда систем двигателя. Дополнительно к функциям, выполняемым согласно требованиям OBD-I, предусматривается:

- контроль работы системы топливоподачи;
- диагностирование пропусков сгорания в цилиндрах;
- контроль работы системы рециркуляции отработанных газов;
- проверка эффективности работы нейтрализатора;
- контроль системы улавливания паров топлива;
- проверка системы подачи вторичного воздуха в выпускную систему.

При выполнении этих требований обеспечивается сохранение заданного уровня экономических и экологических показателей автомобиля при пробеге в 160 тыс. км. Очевидно, что в перспективе функции диагностирования будут распространяться и на другие узлы и системы двигателя.

Одной из особенностей бортового диагностирования двигателя является стремление в максимальной степени использовать для этих целей информацию, получаемую от датчиков системы управления, а в случае необходимости новых датчиков выбирают такие, информация от которых может быть использована для совершенствования управления двигателем или диагностирования нескольких неисправностей. Это заставляет постоянно искать новые методы диагностирования неисправностей в работе двигателя, устанавливать новые диагностические признаки и развивать алгоритмы диагностирования.

Важнейшие дополнительные функции диагностирования, предусмотренные второй ступенью диагностирования OBD-II, показаны в табл. 2.1 [26].

С применением стандартов EOBD и OBD-II процесс диагностики электронных систем автомобиля унифицируется, теперь можно один и тот же сканер без специальных адаптеров использовать для тестирования автомобилей всех марок. Требования стандарта OBD-II предусматривают:

- стандартный диагностический разъем;
- стандартное размещение диагностического разъема;
- стандартный протокол обмена данными между сканером и автомобильной бортовой системой диагностики;
- стандартный список кодов неисправностей;
- сохранение в памяти ЭБУ кадра значений параметров при появлении кода ошибки («замороженный» кадр);
- мониторинг бортовыми диагностическими средствами компонентов, отказ которых может привести к увеличению токсичных выбросов в окружающую среду;
- доступ как специализированных, так и универсальных сканеров к кодам ошибок, параметрам, «замороженным» кадрам, тестирующим процедурам и т. д.;
- единый перечень терминов, сокращений, определений, используемых для элементов электронных систем автомобиля и кодов ошибок.

Обмен информацией между сканером и автомобилем производится согласно международному стандарту ISO 1941 и стандарту SAE J1850. Стандарт J1979 устанавливает список кодов ошибок и рекомендуемую практику программных режимов работы для сканера.

Таблица 2.1

Важнейшие дополнительные функции диагностирования OBD-II

Диагностируемый процесс	Некоторые применяемые и возможные способы диагностирования
Работа системы топливоподачи во всех цилиндрах	Измерение содержания O_2 в отработавших газах. Измерение давления в цилиндре. Измерение неравномерности крутящего момента, создаваемого тепловым звеном двигателя
Пропуски сгорания	Измерение неравномерности вращения коленчатого вала. Измерение ионного тока на свече зажигания. Измерение давления в цилиндре. Измерение давления в выпускной системе. Контрольный разряд на свече зажигания
Эффективность работы нейтрализатора	По изменению содержания кислорода до и после нейтрализатора. По изменению температуры нейтрализатора. Измерение концентраций CO , CH и NO_x после нейтрализатора
Правильность работы системы рециркуляции ОГ	По перепаду давления в магистрали. По изменению температуры в магистрали. По сигналу λ -зонда
Правильность работы системы улавливания паров топлива	По перепаду давления в магистрали
Работа системы подачи вторичного воздуха (если он используется)	По перепаду давления в магистралях

В соответствии с требованиями OBD-II бортовая диагностическая система должна обнаруживать ухудшение работы средств доочистки токсичных выбросов. Например, индикатор неисправности Malfunction Indicator Lamp – MI (аналог прежней лампы «Check Engine») включается при увеличении содержания CO или CH в токсичных выбросах на выходе каталитического нейтрализатора более, чем в 1,5 раза по сравнению с допустимыми значениями.

Такие же процедуры применяются и к другому оборудованию, неисправность которого может привести к увеличению токсичных выбросов.

Структура программного обеспечения ЭБУ по стандарту OBD-II. Программное обеспечение ЭБУ двигателя современного автомобиля многоуровневое [26]. Первый уровень – программное обеспечение функций управления, например, реализация впрыска топлива. Второй уровень – программное обеспечение функций электронного резервирования основных сигналов управления при отказе управляющих систем. Третий уровень – бортовой самоконтроль и регистрация неисправностей в основных электрических и электронных узлах и блоках автомобиля. Четвертый уровень – диагностика и самотестирование в тех системах управления двигателем, неисправность в работе которых может привести к увеличению выбросов токсичных веществ в окружающую среду.

Диагностика и самотестирование в системах OBD-II осуществляется подпрограммой четвертого уровня, которая называется Diagnostic Executive (Diagnostic Executive – исполнитель диагностики, далее по тексту – подпрограмма DE). Подпрограмма DE с помощью специальных мониторов (emission monitor EMM) контролирует до семи различных систем автомобиля, неисправность в работе которых может привести к увеличению токсичности выбросов. Остальные датчики и исполнительные механизмы, не вошедшие в эти семь систем, контролируются восьмым монитором (comprehensive component monitor – CCM). Подпрограмма DE выполняется в фоновом режиме, т. е. в то время, когда бортовой компьютер не занят выполнением основных функций, - функций управления. Все восемь упомянутых мини-программ-мониторов осуществляют постоянный контроль оборудования без вмешательства человека.

Каждый монитор может осуществлять тестирование во время поездки только один раз, то есть во время цикла «ключ зажигания включен-двигатель работает-ключ выключен» при выполнении определенных условий. Критерием на начало тестирования могут быть: время после запуска двигателя, обороты двигателя, скорость автомобиля, положение дроссельной заслонки и т. д. Многие тесты выполняются на прогревом двигателе. Производители по-разному устанавливают это условие, например, для автомобилей Ford это означает, что температура двигателя превышает 70 °C и в течение поездки она повысилась не менее, чем на 20 °C.

По различным причинам Executive – подпрограмма DE может задерживать выполнение теста, установить очередность тестов:

- отмененные тесты – Executive выполняет некоторые вторичные тесты, только если прошли первичные, в противном случае тест не выполняется;

- конфликтующие тесты – иногда одни и те же датчики и компоненты должны быть использованы разными тестами. Executive не допускает этого, задерживая один тест до конца выполнения второго;

- задержанные тесты – тесты и мониторы имеют различный приоритет, Executive задержит тест с более низким приоритетом, пока не выполнит тест с более высоким приоритетом.

Executive осуществляет три вида тестов:

- пассивный тест означает просто наблюдение (мониторинг) за значениями параметров системы или цепи;

- активный тест реализуется, когда система не проходит пассивный тест. Предполагается подача тест-сигнала и регистрация реакции системы на него. Тест-сигнал должен оказывать минимальное воздействие на текущую работу исследуемой системы;

- если не прошли активный и пассивный тесты, Executive выполнит тест, во время которого режимы двигателя и подсистем могут меняться.

Результаты выполнения тестов передаются от мониторов Executive. Коды ошибок обнаруженной неисправности записываются в память ЭБУ и загорается лампа MI, если неисправность подтверждается в двух поездках подряд.

Монитор ССМ контролирует входные и выходные сигналы компонентов и подсистем вне деятельности первых семи мониторов. В зависимости от вида цепи ССМ может установить обрыв, замыкание или несоответствие сигнала норме. Проводятся также тесты на «рациональность» для входных и «функциональность» для выходных сигналов, проверяющие соответствие их значений режиму. Например, проверка выходного сигнала датчика положения дроссельной заслонки в системе управления впрыском с определением массы воздуха по его объемному расходу на рациональность предполагает сравнение сигналов с датчиков положения дроссельной заслонки и абсолютного давления во впускном коллекторе. При большем открытии дроссельной заслонки разрежение во впускном коллекторе уменьшается, сигнал с датчика абсолютного давления должен это подтверждать. При нормальной работе сигналы этих двух датчиков соответствуют друг другу, что и проверяется монитором ССМ.

В зависимости от типа ЭБУ ССМ может контролировать следующие устройства:

- датчик массового расхода воздуха;
- датчик температуры охлаждающей жидкости;
- датчик температуры воздуха;
- датчик положения дроссельной заслонки;
- датчик положения коленчатого вала;
- датчик положения распределительного вала;
- бензонасос и т. д.

Обычно Executive включает лампу MI после обнаружения неисправности в двух поездках подряд.

Executive контролирует подсистемы автомобиля, неисправность которых может увеличить количество выбрасываемых в окружающую среду токсичных веществ, посредством остальных мониторов. Мониторы способны обнаружить ухудшение характеристик обслуживаемых подсистем, приводящее к превышению норм на токсичность в 1,5 раза. Мониторы обслуживают:

- каталитический нейтрализатор;
- датчики кислорода;
- пропуски воспламенения;
- топливную систему;
- систему улавливания паров топлива в баке;
- систему рециркуляции выхлопных газов;
- систему подачи воздуха в выпускной коллектор.

Монитор каталитического нейтрализатора. Газоанализаторы на автомобилях не устанавливаются по экономическим соображениям. Для контроля исправности каталитического нейтрализатора на его выходе установлен второй датчик кислорода (рис. 2.2). Система управления подачей топлива в двигатель является релейным стабилизатором стехиометрического состава топливовоздушной смеси, который колеблется около стехиометрического значения с частотой 4-10 Гц, что отслеживается сигналом с входного по отношению к каталитическому нейтрализатору датчика кислорода

(см. рис. 2.2). Этот сигнал колеблется между уровнями 0,1-0,9 В на частоте 4-10 Гц в соответствии с изменениями концентрации кислорода в выхлопном газе. В исправном нейтрализаторе кислород участвует в химических реакциях, его концентрация в выхлопном газе уменьшается, поэтому в выходном сигнале датчика кислорода на выходе нейтрализатора практически нет колебаний (рис. 2.3). Чем больше неисправен (отравлен) нейтрализатор, тем больше похожи сигналы входного и выходного датчиков. В зависимости от системы монитор каталитического нейтрализатора или просто подсчитывает и сравнивает частоты колебаний этих сигналов, или производит статистическую обработку. Монитор через Executive запишет код ошибки при обнаружении неисправности в трех поездках подряд.

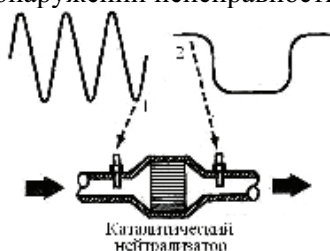


Рис. 2.2. Датчики кислорода на входе (1) и выходе (2) каталитического нейтрализатора с соответствующими выходными сигналами

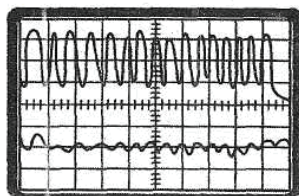


Рис. 2.3. Осциллограммы датчиков кислорода каталитического нейтрализатора: входного (сверху) и выходного (снизу)

Монитор датчиков кислорода проводит различные тесты в зависимости от того, где расположен датчик, — на входе или на выходе каталитического нейтрализатора. Для обоих датчиков проверяется исправность цепей нагревателей. Для датчика кислорода на входе нейтрализатора проверяются напряжения по высокому и низкому уровням сигнала и частота переключений. Частота определяется по числу пересечений сигналом с датчика среднего уровня 450 мВ за определенное время; полученное значение сравнивается с полученным в предыдущем тесте. Кроме того, монитор определяет длительность фронтов сигнала, т. е. переходов «обедненная смесь-обогащенная смесь» и «обогащенная смесь-обедненная смесь». Обычно фронт «обедненная смесь-обогащенная смесь» короче. Монитор определяет также среднее время реакции датчика кислорода на входе нейтрализатора.

Для датчика кислорода на выходе нейтрализатора, сигнал которого почти не флуктуирует, монитор проводит два теста. Для обогащенной смеси монитор следит за тем, чтобы сигнал с выходного датчика кислорода имел фиксированное низкое значение, а при обедненной смеси — фиксированное высокое значение.

Для обоих датчиков кислорода монитор включит лампу МІ и запишет код ошибки при обнаружении неисправности в двух поездках подряд.

Монитор пропусков в системе зажигания. Причиной пропусков могут быть недостаточная компрессия, несоответствующее количество подаваемого в цилиндры топлива, плохая искра и т. д. Пропуски приводят к увели-

чению количества углеводорода (CH) в выхлопных газах из нейтрализатора. Разумеется, Executive задерживает выполнение теста монитора AIR, пока не выполнится тест монитора датчиков кислорода. Как и для всех остальных мониторов, Executive включает лампу MI и записывает коды ошибок в память ЭБУ при обнаружении неисправности в двух поездках подряд.

2.1.3. Диагностический разъем

На рис. 2.4 показан диагностический 16-контактный разъем, который является стандартным на автомобилях, соответствующих требованиям OBD-II. В табл. 2.2 поясняется назначение отдельных контактов.

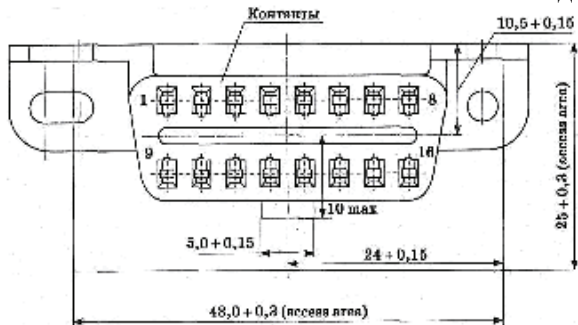


Рис. 2.4. 16-контактный диагностический разъем OBD-II (назначение контактов по стандарту J1962):

- 2 – J1850 Bus+; 4 – Chassis Ground; 5 – Signal Ground;
- 6 – CAN High (ISO 15765); 7 – ISO 9141-2 K-Line;
- 10 – J1850 Bus-; 14 – CAN Low (ISO 15765); 15 –
- ISO 9141-2 L-Line; 16 – Battery Power (напряжение АКБ)

Разъем размещается в пассажирском салоне, обычно под приборной панелью, открыто. Любой сканер может быть подключен к разъему и получить доступ к системным данным. Семь из 16 контактов имеют установленное стандартом назначение. Остальные находятся в распоряжении производителя. Контакты 7 и 15 используются в европейских системах диагностики для передачи данных по стандарту ISO 9141

(KWP 2000). Для передачи данных по стандарту SAE J1850 (американские производители) используются контакты 2 и 10.

Таблица 2.2

Разъем OBD-II

Контакт	Назначение
1	Определяется производителем
2	Линия шины +, SAE J1850
3	Определяется производителем
4	Земля
5	Земля для сигналов
6	Определяется производителем
7	Линия K, ISO 9141
8	Определяется производителем
9	Определяется производителем
10	Линия шины -, SAE J1850
11	Определяется производителем
12	Определяется производителем
13	Определяется производителем

Контакт	Назначение
14	Определяется производителем
15	Линия L, ISO 9141
16	Плюс аккумулятора

Для стандартов OBD-II и EOBD в настоящее время действуют следующие способы передачи информации:

1. По стандарту ISO 9141-2 – используется европейскими автопроизводителями – с низкой скоростью (5 Бод).

2. По стандарту ISO 14230-4 (KWP 2000) – используется европейскими автопроизводителями – с высокой и низкой скоростью.

3. По стандарту SAE J1850 (американские автопроизводители) со скоростью 10,4 кБод для изготовителей GM и 41,6 кБод для изготовителей Ford.

2.1.4. Структура кодов ошибок

Коды неисправностей состоят из комбинации пяти буквенных и цифровых символов. Например: P0283.

Первый символ кода сообщает тип системы автомобиля. Второй символ кода сообщает подгруппу. Третий – узел или агрегат. Четвертый и пятый символы кода сообщают о локализованном (неисправном) узле или агрегате.

На сегодняшний день используются четыре буквы для определения основных электронных систем автомобиля:

B – для корпусной электроники (body);

C – для шасси (chassis);

P – для систем управления силовым агрегатом (powertrain);

U – не определен (undefined).

Не все комбинации кодов определены, многие зарезервированы на будущее за SAE.

Второй символ принимает значения 0, 1, 2, 3. 0 означает, что код ошибки введен SAE; 1 – производителем; 2 и 3 – зарезервированы для последующего использования за SAE.

Третья цифра указывает на подсистему, где произошла неисправность, например, для систем управления силовым агрегатом (P):

1, 2 – системы подачи топлива и воды;

3 – система зажигания;

4 – система контроля за токсичными выбросами;

5 – система контроля оборотов двигателя;

6 – ЭБУ;

7, 8 – трансмиссия;

9, 0 – зарезервировано за SAE.

Оставшиеся две цифры кода ошибки указывают более точно на причину неисправности. Коды неисправностей различных датчиков, исполни-

тельных механизмов, электронных и электрических цепей организованы в блоки по значениям левой цифры из двух. Правая цифра в блоке соответствует более специфической информации, например, низкое или высокое напряжение, сигнал вне допустимого диапазона значений и т. д.

Код P0113, например, расшифровывается с учетом сказанного так: P – неисправность систем управления силовым агрегатом; 0 – код установлен SAE; 1 – системы подачи топлива и охлаждающей жидкости; 13 – высокий уровень сигнала датчика температуры воздуха во впускном коллекторе.

В системе OBD-II используется значительное количество кодов ошибок, например, на современных автомобилях General Motors их более 400. Далее приведены некоторые коды ошибок OBD-II:

- P0105 – неисправность в цепи датчика абсолютного или барометрического давления во впускном коллекторе;

- P0120 – неисправность в цепи датчика положения дроссельной заслонки;

- P0306 – пропуск в цилиндре № 6.

Коды ошибок различных неисправностей устанавливаются при соблюдении соответствующих различных условий и могут быть разделены на категории:

- коды ошибок типа А отражают наличие неисправности, приводящей к увеличению количества токсичных веществ, выбрасываемых автомобилем в окружающую среду. Эти неисправности могут вывести из строя каталитический нейтрализатор, поэтому Executive записывает коды ошибок типа А в память ЭБУ и включает лампу MI при обнаружении неисправности в первой же поездке. Примеры: пропуски в системе зажигания, переобогащенная или переобедненная топливная смесь;

- коды типа В заносятся в память ЭБУ и зажигается лампа MI, если один из диагностических тестов не выполнен в двух поездках подряд. Коды типов А и В связаны с неисправностями, приводящими к увеличению количества токсичных веществ, вырабатываемых автомобилем. При их занесении в память ЭБУ загорается лампа MI, обычно маркированная как «Check Engine» (проверить двигатель) или Service engine soon (двигатель нуждается в обслуживании);

- коды типов С и D относятся к неисправностям, не связанным с увеличением загрязнения окружающей среды. Их появление в памяти ЭБУ вызывает включение индикатора Service, если таковой имеется.

2.1.5. «Стоп-кадр» (Freeze frame record)

При включении индикатора MI Executive заносит в память ЭБУ и значения параметров на момент появления кода неисправности. Обычно запоминается следующая информация:

- коды ошибок, соотношение воздух/топливо;
- массовый расход воздуха;
- среднее и мгновенное значения коэффициента коррекции подачи топлива;

- обороты двигателя;
- нагрузка;
- температура охлаждающей жидкости;
- скорость автомобиля;
- абсолютное давление во впускном коллекторе;
- длительность импульса открывания форсунок;
- режим работы системы управления двигателем – замкнутый или разомкнутый;
- другие параметры.

«Стоп-кадр» содержит информацию о параметрах на момент записи только первого из всех возможных кодов ошибок. Однако производители обычно усложняют программное обеспечение с целью записи большого числа кадров для нескольких кодов ошибок. Но эти дополнительные кадры данных доступны только для специализированных дилерских сканеров и для прочтения в условиях эксплуатации не открываются. При стирании кода ошибки стирается и соответствующий «стоп-кадр» с параметрами.

Эффективность диагностирования двигателя существенно повышает использование для нее информации, получаемой при выполнении поисковой адаптации. С другой стороны, результаты диагностирования двигателя используются для адаптивного управления и так же, как и результаты диагностирования МПСУ, сообщаются водителю и подразделениям электронного управляющего комплекса. Для водителя может быть выведена не только информация о выявленных неисправностях, но и рекомендации о необходимых действиях.

При наличии катастрофических неисправностей включается аварийная защита двигателя.

Большое число применяемых способов диагностирования свидетельствует о том, что методы диагностирования еще не полностью отработаны и будут совершенствоваться.

2.1.6. Протоколы обмена данными в OBD-II

Стандарт OBD-II является продолжением стандарта OBD-I. В нем повышены требования по самоконтролю и расширена сфера его контроля. Самые важные дополнения стандарта OBD-II заключаются в следующем:

- дополнительная мерцающая функция индикатора неисправностей MI;
- контроль не только за неисправностями функций/компонентов, но и за соблюдением норм токсичности ОГ;
- вместе с неисправностями в так называемом «стоп-кадре» (фиксация состояния системы) хранятся данные с заводскими установками;
- прочтение информации из памяти проверочным оборудованием (сканирующим прибором) вместо блинк-кода.

Требования OBD-II в значительной мере определяются следующими стандартами:

- SAE J1850, ISO 9141-2 или ISO 15031-3 – связь;

- SAE J1962 – соединения разъемов, описание стандартного разъема DLC (Data Link Connector) для подключения диагностического оборудования;
- SAE J1978 – диагностическая установка (сканирующий прибор для системы OBD-II);
- SAE J1979 – описание содержания протоколов проверки (режимы 1-9);
- SAE J1930 – стандарт маркирования систем и их компонентов;
- SAE J2012 – структура и формат текста, выводимого с содержанием неисправностей.

Стандарт OBD-II требует непрерывный контроль за такими системами и устройствами:

- сгорание топлива;
- каталитический нейтрализатор;
- лямбда-зонд;
- система дополнительной подачи воздуха;
- система приготовления горючей смеси;
- система рециркуляции ОГ.

Неисправность любого узла системы приводит к включению индикатора MI, расположенного на приборной панели.

В рамках OBD-II используются пять протоколов обмена данными: ISO 9141, ISO 14230 (также именуется KWP 2000), PWM, VPW и CAN. Каждый из протоколов имеет несколько разновидностей, различающихся, например, скоростью обмена информацией. В Интернете встречаются так называемые «таблицы применимости», в которых указываются перечни марок и моделей автомобилей и поддерживаемые ими OBD-II-протоколы. Однако надо учитывать, что одна и та же модель с одним и тем же двигателем одного года выпуска может быть выпущена для разных рынков с поддержкой разных протоколов диагностики. Точно так же протоколы могут различаться и по моделям двигателей, и по годам выпуска. Таким образом, отсутствие автомобиля в списках не означает, что он не поддерживает OBD-II, так же как его присутствие не означает, что поддерживает и, тем более, полностью поддерживает (возможны неточности в списке, различные модификации автомобиля и пр.). Еще сложнее судить о поддержке конкретной разновидности OBD-II-стандарта.

Общей предпосылкой для того, чтобы предположить, что автомобиль поддерживает OBD-II диагностику, является наличие 16-контактного диагностического разъема трапециевидной формы (DLC – Diagnostic Link Connector) (рис. 2.4). На подавляющем большинстве OBD-II-совместимых автомобилей он находится под приборной панелью со стороны водителя; разъем может быть открыт или закрыт легко снимаемой крышкой с надписью «OBD-II», «Diagnose» и т. п. Тем не менее, это условие не является достаточным. Разъем OBD-II иногда устанавливается на автомобили, вообще не поддерживающие ни один из OBD-II-протоколов. В таких случаях необходимо пользоваться сканером, рассчитанным на работу с заводскими про-

токолами конкретной марки автомобиля (например, это касается автомобилей Opel Vectra для европейского рынка 1996-1997 гг.)

Для оценки применимости того или иного сканера при диагностике конкретного автомобиля необходимо определить, какой из OBD-II-протоколов используется на конкретном автомобиле. Для этого можно про-извести описанные далее действия.

1. Посмотреть в технической документации непосредственно к данно-му автомобилю (но не в общем руководстве по данной марке/модели!). Также полезно осмотреть все идентификационные таблички на автомобиле (рис. 2.5) – возможно наличие таблички «OBD-II compliant» (поддерживает OBD-II) или «OBD-II certified» (сертифицировано на поддержку OBD-II).

2. Посмотреть в информационной базе данных (например, Mitchell-on-Demand). Однако, это также не абсолютный способ, так как база может со-держат неточности, включать информацию по автомобилям, выпущенным для другого рынка и т. п. Естественно, использование специализированных дилерских баз по отдельной марке повышает степень достоверности ин-формации.

3. Использовать сканер, позволяющий определить, какой из OBD-II-протоколов используется на машине. Протокол можно попробовать опреде-лить вручную путем последовательной смены используемых адаптеров и проверки наличия связи с ЭБУ автомобиля. Если никаких предположений по используемому протоколу нет, то начинать перебор стоит с протокола ISO как наиболее распространенного (либо с протокола, указанного для ди-агностируемой машины в информационной базе данных).

4. Осмотреть диагностический разъем и определить наличие выводов. Как правило, в раземе присутствует только часть задействованных выво-дов, а каждый протокол использует свои выводы разъема. Назначение вы-водов («распиновка») 16-контактного диагностического разъема OBD-II (стандарт J1962) приведено на рис. 2.4.



Рис. 2.5. Идентификационная табличка

Пропущенные выводы мо-гут использоваться конкретным производителем для своих нужд.

Таким образом, использу-ются следующие протоколы:

- ISO 9141-2 – идентифици-руется наличием контакта 7 (K-line) и отсутствием 2 и/или 10 контактов; используемые выво-

ды 4, 5, 7, 15 (может не быть), 16;

- SAE, J1850 VPW (Variable Pulse Width Modulation) – используемые выводы 2, 4, 5, 16 (без 10);

- SAE J1850 PWM (Pulse Width Modulation) – используемые выводы 2, 4, 5, 10, 16.

Протоколы PWM, VPW идентифицируются отсутствием контакта 7 (K-Line) диагностического разъема.

Подавляющее большинство автомобилей используют протоколы ISO. Однако большая часть легковых автомобилей и легких грузовиков концерна GM используют протокол SAE J1850 VPW, а большая часть автомобилей Ford – протокол J1850 PWM.

2.1.7. Международные стандарты

2.1.7.1. Стандарт ISO 9141

Стандарт ISO 9141 установил правила осуществления связи между блоками управления автомобилями и диагностическим оборудованием.

Различные производители выпускают автомобили с различными ЭБУ, диагностическими программами, разъемами, протоколами обмена информацией. Это усложняет обслуживание автомобилей, диагностики.

С конца 80-х годов XX века используется международный стандарт ISO 9141, определяющий протокол обмена информацией через последовательный интерфейс между ЭБУ и диагностическим тестером (сканером). Стандарт устанавливает единую методику доступа к внутрисистемным данным, к кодам неисправностей, регламентирует испытательное (инструктивное) управление системами автомобиля с помощью сканера. Но при этом не предусматривается совместимость программного обеспечения, диагностических процедур, кодов неисправностей и диагностических разъемов, так как достичь такой совместимости для всех моделей современных автомобилей пока не представляется возможным.

После подключения сканера к диагностическому разъему автомобиля электромеханик может наблюдать на дисплее сканера в цифровом виде значения сигналов с датчиков на входах ЭБУ, выходные сигналы с ЭБУ, передаваемые исполнительным механизмам. Каждый наблюдаемый сигнал называется диагностическим параметром или просто параметром. Параметры передаются сканеру последовательно один за другим, пока все не будут выведены на дисплей, затем процесс повторяется. Весь набор параметров от начала до конца называется кадром. Передача информации от ЭБУ к сканеру называется потоком цифровых параметров в реальном времени. Кроме параметров ЭБУ можно передавать в сканер коды неисправностей (ошибок).

Размер кадра или число параметров зависят от производителя автомобиля, модели, года выпуска, двигателя, топливной системы, типа зажигания и т. д. Устаревшие автомобили с карбюраторными двигателями помимо кодов неисправностей могут выдавать 12-18 параметров. Кадр на современном автомобиле с впрыском топлива может содержать более 60 параметров. За последние годы список кодов неисправностей также значительно возрос.

На современных автомобилях с помощью сканера можно получить доступ к большому (часто избыточному) объему информации. Поэтому при работе со сканером важно правильно выбрать масштаб дисплея и упорядочить информацию о параметрах в зависимости от характера изменения ездовых качеств и характера диагностируемой проблемы. Как правило, име-

ется возможность разбивать параметры на группы и просматривать их в таком виде.

Следующий шаг (получение кодов ошибок и неисправностей) может указать на неисправную или неправильно работающую цепь. На этом этапе важно записать все коды, так как затем в процессе устранения неисправностей они могут быть стерты из памяти ЭБУ.

Внедрение стандарта ISO 9141 потребовало разработки многих разъемов для подсоединения диагностического оборудования и получения протоколов неисправностей. Это является недостатком этого стандарта.

2.1.7.2. Стандарт DIN ISO 9141-2

В 1991 году был разработан стандарт DIN ISO 9141-2, который отвечал американским нормам. Описание разъемов, диагностического оборудования, содержание протоколов и расшифровка кодов неисправностей были практически взяты из американского стандарта.

Только лишь собственную форму связи было сохранено и внедрено в стандарт OBD-II. Таким образом, было обеспечено независимость от США в области оборудования для блоков управления.

Многие автопроизводители сегодня используют этот стандарт для автомобилей, предназначенных для экспорта в США.

2.1.7.3. Европейская система самоконтроля OBD

В Европе внедрена система самоконтроля OBD. С 2000 года получают допуск только те автомобили, которые удовлетворяют требованиям стандарта системы самоконтроля OBD. На этих автомобилях параметры системы выпуска ОГ прочитываются через стандартный разъем для подключения диагностического оборудования. Для легковых автомобилей с дизельными двигателями эта система была внедрена с 2003 года.

2.1.7.4. Инициализация

При диагностике блоков управления используются разные варианты инициализации диагностического оборудования. Они описаны в соответствующих стандартах.

Инициализация осуществляется через диагностическое оборудование, например, через пятибодовый генератор адресации (стандарт ISO 9141-2).

Инициализация при установлении связи между диагностическим прибором и блоком управления систем, связанных с образованием ОГ (зажигание, смесеобразование), осуществляется через передачу адреса 33H (где H – гексадецимальная система) со скоростью 5 бит/с.

Затем диагностический прибор получает от блока подтверждение на инициализацию. Оно состоит из образца синхронизации со скоростью Бод и двух ключевых слов.

Для проверки корректности установленной связи диагностический прибор отправляет второе закодированное слово, записанное в обратном порядке (вместо логического элемента «0» пишется «1» и наоборот).

После этого блок управления отправляет записанный в обратном порядке адрес 33Н.

2.1.7.5. Индикатор неисправностей (MI)

Индикатор неисправностей может обозначаться такими способами:

- надпись Check Engine;
- надпись Service Engine Soon;
- надпись Check Powertrain;
- надпись Check Powertrain Soon;
- значок «двигатель».

Стандартом OBD предполагаются три состояния индикатора неисправностей (MI) – он может гореть постоянно, не гореть или мерцать.

После распознавания блоком управления неисправности следует соответствующее сообщение:

- сразу;
- после определенного количества циклов проверки.

Это зависит от типа неисправности и условий вывода информации о ней. Если объем выброса ОГ в атмосферу превышает установленные законом нормы больше, чем в 1,5 раза, то индикатор горит постоянно. Если обнаружена неисправность, из-за которой может случиться повреждение каталитического нейтрализатора, то индикатор начинает мерцать. Дополнительно существует список неисправностей, информация о которых записывается в память без оповещения с помощью индикатора MI.

Индикатор MI должен мерцать в случае, когда:

- любой элемент управления двигателем или коробкой передач, связанный с блоком управления, распознается как неисправный;
- любой узел или агрегат может быть причиной повышения токсичности ОГ, по крайней мере на 15%;
- существует превышение определенного порога;
- датчик отправляет неправильный сигнал;
- при пробной поездке объем выброса СН в результате старения каталитического нейтрализатора превысил порог, установленный требованиями федеральной процедуры проверки транспортных средств FTP (США);
- происходят пропуски зажигания, которые могут привести к повреждению каталитического нейтрализатора или к превышению установленного законом порога объема выброса ОГ в атмосферу в 1,5 раза;
- увеличивается вытекание из системы приготовления горючей смеси (диаметр отверстий 0,5 или 1 мм) или невозможно установить прохождение воздушного потока в системе;
- управление двигателем или коробкой передач осуществляется в аварийном режиме;
- лямбда-зонд не включился на протяжении определенного времени после пуска двигателя;

- зажигание включено, а двигатель не запущен.

В общем случае, индикатор неисправностей мерцает, когда объем выброса ОГ в атмосферу в двух следующих один за другим циклов федеральной процедуры проверки транспортных средств FTP 72/75 (США) превышает установленный порог в полтора раза.

При выключенном двигателе и включенном зажигании индикатор неисправностей загорается. Это делается для того, чтобы можно было исключить возможные манипуляции с ним (отсоединение панели).

Требования OBD в стандарте не всегда прописаны. Представленные конструкции в значительной мере созданы компанией Bosch или другими автопроизводителями и являются примерами реализации разных возможностей.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют стандарты бортовой диагностики OBD-II?
2. Какие дополнительные функции OBD-I включены в OBD-II?
3. Какие требования предусматривает стандарт OBD-II?
4. Какая структура программного обеспечения ЭБУ по стандарту OBD-II?
5. Что собой представляет диагностический разъем?
6. Привести структуру кодов ошибок.
7. Что собой представляет протокол обмена данными в OBD-II?
8. Какое назначение международного стандарта ISO 9141?
9. Назвать недостатки стандарта ISO 9141.

2.2. Диагностические коды и карты неисправностей двигателей и их описание в системе автомобиля

2.2.1. Кодирование неисправностей и типы кодов ошибок

Коды неисправностей иногда условно делят на «медленные» и «быстрые».

«Медленные» коды при обнаружении неисправности заносят ее код в память и включают лампу «Check Engine» на панели приборов. Выяснить, какой это код, можно одним из следующих способов (в зависимости от конкретной реализации ЭБУ):

- светодиод на корпусе ЭБУ периодически вспыхивает и гаснет, передавая таким образом информацию о коде неисправности;
- нужно соединить проводником определенные контакты диагностического разъема, и лампа «Check Engine» начнет периодически мерцать, передавая таким образом информацию о коде неисправности;
- нужно подключить светодиод или аналоговый вольтметр к определенным контактам диагностического разъема и по вспышкам светодиода (или колебаниям стрелки вольтметра) получить информацию о коде неисправности.

Так как «медленные» коды предназначены для визуального считывания, частота их передачи очень низкая (около 1 Гц), объем передаваемой информации мал. Коды обычно выдаются в виде повторяющихся последо-

вательностей вспышек. Код содержит две цифры, смысловое значение которых затем расшифровывается по таблице неисправностей, входящей в состав эксплуатационных документов автомобиля. Длинными вспышками (1,5 с) передается старшая (первая) цифра кода, короткими (0,5 с) – младшая (вторая). Между цифрами – пауза в несколько секунд. Например, две длинные вспышки, затем пауза в несколько секунд, четыре короткие вспышки соответствуют коду неисправности 24. В таблице неисправностей указано, что код 24 соответствует неисправности датчика скорости автомобиля – короткое замыкание или обрыв в цепи датчика. После обнаружения неисправности ее необходимо локализовать, т. е. выяснить, что конкретно отказало: сам датчик, разъем, проводка, крепление и т. д.

«Медленные» коды просты, надежны, не требуют дорогостоящего диагностического оборудования, но малоинформативны. На современных автомобилях такой способ диагностирования уже не используется. Хотя, например, на некоторых современных моделях Chrysler с бортовой диагностической системой, соответствующей стандарту OBD-II, можно считать часть кодов ошибок с помощью мерцающей лампочки.

«Быстрые» коды обеспечивают выборку из памяти ЭБУ большого объема информации через последовательный интерфейс. Этот интерфейс и диагностический разъем используются при проверке и настройке автомобиля на заводе-изготовителе, они же применяются и при диагностике.

Наличие диагностического разъема позволяет, не нарушая целостности электропроводки автомобиля, получать диагностическую информацию от различных систем автомобиля (двигатель, антиблокировочная система (АБС), трансмиссия, подвеска и т. д.) с помощью сканера или мотор-тестера.

Типы кодов ошибок, как и коды неисправностей, могут быть классифицированы по признаку их принадлежности к виду неисправности на пять типов.

1. Код, соответствующий постоянной неисправности, т. е. проявляющейся постоянно, пока ее не устранят, называется активным кодом (hard code). Если каким-либо способом стереть из памяти ЭБУ все коды ошибок, активные коды восстановятся, так как постоянная неисправность по-прежнему существует и вновь определится компьютером. В первую очередь следует искать именно постоянные неисправности. Большинство диагностических карт, разработанных производителями автомобилей, предназначены для нахождения именно постоянных неисправностей по активным кодам.

2. Непостоянные (нерегулярные) неисправности проявляются при определенных условиях (скорость автомобиля, температура двигателя, расход топлива и т. д.) и не существуют постоянно. После стирания всех кодов из памяти ЭБУ такие коды ошибок могут и не восстановиться, так как неисправность в данное время не проявляется. Коды непостоянных неисправностей называются историческими (historic, soft codes). Они запоминаются в ЭБУ на некоторое число циклов «запуск-останов двигателя» (обычно 10-60) и при неповторении за это время стираются.

3. Специфические коды ошибок (circuit specific codes) соответствуют неисправностям, которые имеют место только в одной цепи и не связаны с неисправностями в других цепях (подсистемах).

4. Неспецифические коды ошибок (multiple circuit codes) записываются в память ЭБУ при ненормальной работе системы, причиной которой может быть и неисправность в другой системе.

5. Симптоматические коды ошибок отражают скорее степень механической неисправности двигателя, чем нарушение обмена электрическими сигналами. Такие коды ошибок обычно являются следствием попыток автоматической электронной системы управления компенсировать неконтролируемые с помощью ЭБУ механические неисправности или неисправности в неконтролируемых электрических цепях. Эти неисправности наиболее трудно диагностировать.

При диагностировании неисправностей по симптоматическим кодам важно хорошее понимание ситуации в целом, нужно суметь отличить причину от следствия. Для всех пяти типов кодов ошибок производителями автомобилей разрабатываются диагностические карты. Для непостоянных неисправностей карты пока не разработаны.

Сообщение «Количество ошибок 0» не говорит, что нет неисправностей.

Коды неисправностей показываются различными способами в зависимости от модели и года выпуска автомобиля, но это везде цифровые коды. Наиболее простыми методами индикации кодов являются мигание лампы «Check Engine» и передача двухсимвольных кодов периодическими вспышками. Помимо индикаторной лампы на автомобилях Cadillac для показа кодов используется дисплей на панели климат-контроля. Если дисплей показывает код 88, этот код индицируется сразу после входа системы в диагностический режим и указывает на исправность сегментов дисплея и на готовность бортовой диагностической системы к работе.

После проверки на дисплей выводятся последовательно коды обнаруженных неисправностей, начиная с меньших номеров. Используя эксплуатационные документы, можно выяснить, какой неисправности соответствует тот или иной код. В табл. 2.3 приведены коды неисправностей.

Таблица 2.3

Коды неисправностей

Код	Описание
12	Нет сигнала от распределителя
13	Датчик кислорода не готов
14	Замыкание в цепи датчика температуры охлаждающей жидкости
15	Обрыв в цепи датчика температуры охлаждающей жидкости
16	Недопустимое напряжение на выходе генератора
17	Замыкание в цепи датчика положения коленчатого вала
18	Обрыв в цепи датчика положения коленчатого вала
19	Замыкание в цепи топливного насоса
20	Обрыв в цепи топливного насоса

Код	Описание
21	Замыкание в цепи датчика положения дроссельной заслонки
22	Обрыв в цепи датчика положения дроссельной заслонки
24	Неисправность в цепи датчика оборотов двигателя
26	Замыкание в цепи выключателя в датчике положения дроссельной заслонки
27	Обрыв в цепи выключателя в датчике положения дроссельной заслонки
30	Ошибка регулятора холостого хода
31	Замыкание в цепи датчика абсолютного давления во впускном коллекторе
32	Обрыв в цепи датчика абсолютного давления во впускном коллекторе
33	Нарушение корреляции между сигналами датчика атмосферного давления и датчика абсолютного давления во впускном коллекторе
34	Высокий уровень сигнала датчика абсолютного давления во впускном коллекторе
35	Замыкание в цепи датчика атмосферного давления
36	Обрыв в цепи датчика атмосферного давления
37	Замыкание в цепи датчика температуры воздуха во впускном коллекторе
38	Обрыв в цепи датчика температуры воздуха во впускном коллекторе
44	Нет отклика датчика кислорода при обеднении
45	Нет отклика датчика кислорода при обогащении
51	Ошибка ППЗУ (перепрограммируемого постоянного запоминающего устройства)
60	Селектор автоматической коробки передач не в положении Drive (D)
61	Одновременное нажатие кнопок Set и Resume маршрутного компьютера
62	Скорость автомобиля выше допустимой
64	Ускорение автомобиля выше допустимого
70	Система готова к дальнейшему тестированию
71	Проверка выключателя на тормозной педали
72	Проверка выключателя в датчике положения дроссельной заслонки
73	Проверка кнопки Drive автоматической коробки передач
74	Проверка кнопки Reverse автоматической коробки передач
75	Проверка кнопки On/Off маршрутного компьютера
76	Проверка кнопки Set маршрутного компьютера
77	Проверка кнопки Resume маршрутного компьютера
78	Проверка кнопки Instant/Average маршрутного компьютера
79	Проверка кнопки Reset маршрутного компьютера
80	Проверка реле муфты включения кондиционера
88	Проверка дисплея
90	Система готова вывести на дисплей параметры работы двигателя
00	Диагностика завершена

После вывода кодов всех обнаруженных неисправностей на дисплее появляется код 70 – контроллер ожидает дальнейших действий диагноста.

Обычно лампа «Check Engine» на приборной панели включается автоматически при любом обнаруженном коде неисправности. Коды неисправностей 12-38 и 51 заносятся в КАМ-память ЭБУ и сохраняются там до удаления их вручную диагностом. Код непостоянной неисправности может быть удален автоматически, если неисправность не подтвердилась в течение 20 циклов «запуск-останов двигателя». Коды 44-45 автоматически не удаляются. Для кодов 60-64 лампа «Check Engine» не включается.

После появления неисправности, о чем свидетельствует наличие соответствующего кода, диагност должен следовать специальным процедурам локализации неисправности. Эти процедуры обычно оформляются в виде алгоритмов и называются картами поиска неисправностей.

Пример. Рассмотрим необходимую последовательность действий при обнаружении кода неисправности 13 (датчик кислорода не готов).

Обычно выходной сигнал датчика переключается между уровнями напряжения примерно 0 и 1 В в соответствии с обогащением и обеднением рабочей смеси после нагрева до температуры около 300 °С. Возможные причины для появления кода 13:

- неисправность датчика кислорода;
- неисправность электропроводки или соединительных разъемов;
- ЭБУ не реагирует на сигнал датчика кислорода.

Для локализации неисправности необходима дополнительная информация. Потребуется среднее значение выходного напряжения датчика кислорода, которое может быть измерено с помощью ЭБУ двигателя и выведено на дисплей системы климат-контроля. Код среднего значения напряжения, выведенный на дисплей, следует умножить на 0,01, чтобы получить значение напряжения в вольтах (00 соответствует 0 В, а 99–0,99 В). Измеренное значение напряжения используется для выбора направления поиска неисправности по алгоритму на диагностической карте (рис. 2.6, 2.7).

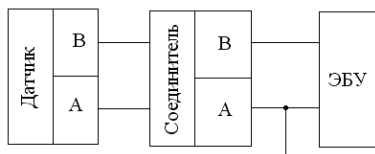


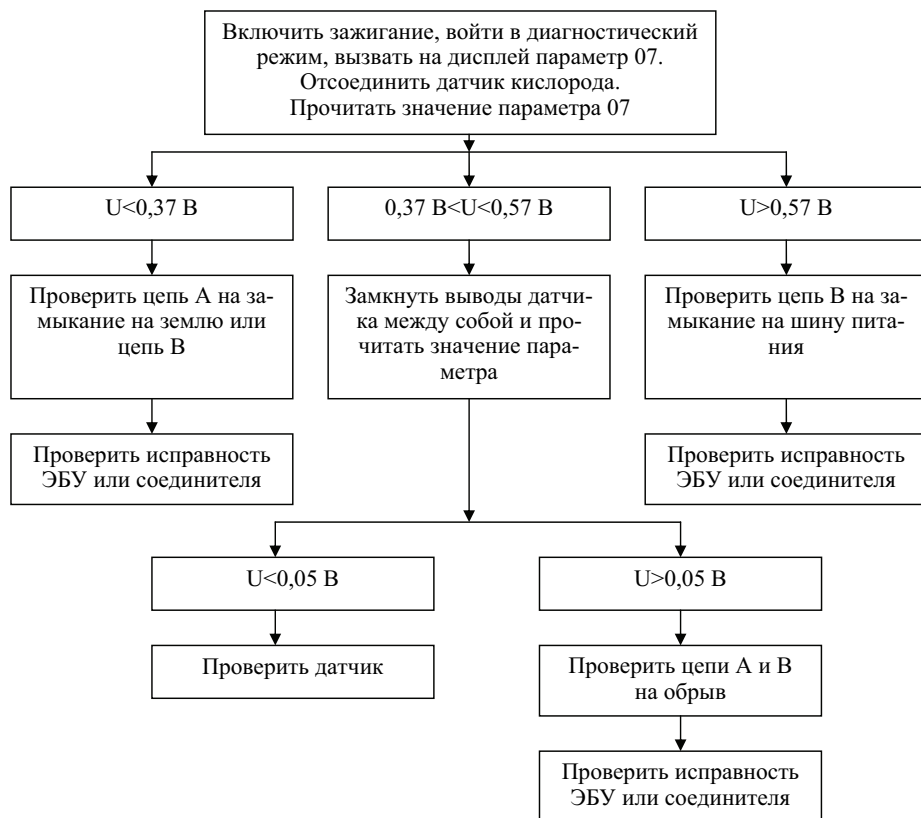
Рис. 2.6. Схема подключения датчика кислорода

Если измеренное напряжение оказалось меньше 0,37 или больше 0,57 В, следует проверить целостность проводников по цепям А и В соединительного жгута.

Если измеренное напряжение датчика кислорода находится в пределах 0,37-0,57 В, следует проверить, что неисправно: датчик кислорода или ЭБУ. Для этого концы с датчика кислорода замыкают на входе ЭБУ, имитируя короткое замыкание в цепи датчика, и считывают значение напряжения с дисплея панели управления климатом. Если напряжение меньше 0,05 В, ЭБУ исправен и следует проверить датчик кислорода. Если напряжение короткого замыкания больше 0,05 В – возможен обрыв цепей А и В или неисправен ЭБУ, тогда его следует заменить.

Для стирания из памяти кодов неисправностей следует нажать одновременно на кнопки Off и Hi на панели системы климат-контроля и удерживать их до появления на дисплее кода 00. Такая процедура позволяет определить, какие коды соответствуют постоянным неисправностям, а какие – нерегулярным, непостоянным.

Коды, соответствующие постоянным отказам, сразу же восстановятся в памяти, а коды непостоянных неисправностей, скорее всего, быстро не проявятся. После стирания кодов неисправностей на дисплее появится комбинация 70. Это отправная точка для проведения различных процедур диагностики.



**Рис. 2.7. Диагностическая карта для кода 13
(датчик кислорода не готов)**

После завершения диагностических процедур с датчиками можно выбрать следующие режимы дальнейших проверок:

- тестирование переключателей;
- просмотр параметров режима двигателя;
- контроль исполнительных механизмов;
- выход из режима диагностики.

Каждый из четырех режимов является циклическим и обладает большими диагностическими возможностями.

После выявления всех кодов осуществляют более точную локализацию неисправностей, используя диагностические карты из технической документации на автомобиль. Без помощи бортовой диагностической системы поиск неисправностей в электронных устройствах занимает много времени, а иногда невозможен.

Современные электронные системы имеют наиболее полный подбор модулей, образующих систему электронного управления работой двигателя и автомобиля.

Назначение электронного управления заключается в соответствии со специальной программой в обработке всех поступающих в электронный блок данных от датчиков; формировании количественного и качественного состава рабочей смеси; определении момента подачи топлива в цилиндры и искры на свечи зажигания с учетом режимов работы двигателя и состава отработавших газов. С помощью датчиков электронной системы определяют показатели режимов работы двигателя и автомобиля (количество поступающего в цилиндры воздуха, положение дроссельной заслонки, температура воздуха во впускном трубопроводе, температура охлаждающей жидкости двигателя, частота вращения коленчатого вала и др.), которые преобразуются в электрический сигнал и передаются в электронный блок управления. В соответствии с заложенной программой ЭБУ обрабатывает полученные сигналы и выдает команды исполнительным устройствам (форсунки, регулятор холостого хода, реле включения вентилятора, свечи зажигания и др.).

Усложнение конструкции двигателя, повышение требований к бензину (чистота, октановое число, сложность взаимодействия большой группы деталей и элементов, формирующих топливную систему с впрыском, повышенные требования к регулировкам) определяют до 1600-2000 признаков неисправностей систем двигателя, которые трудно устранять. Фрагмент перечня неисправностей представлен в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Возможные неисправности системы впрыска («K-Jetronic»)

Неисправность	Контролируемые приборы и системы (табл. 2.5)
Двигатель не запускается (температура масла меньше 20 °С)	1, 2, 3, 4, 8, 10, 15, 16, 17, 18, 23
Двигатель не запускается (температура масла больше 60 °С)	1, 2, 3, 4, 10, 15, 16, 17, 18, 23
Затрудненный пуск двигателя (температура масла меньше 20 °С)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23
Затрудненный пуск двигателя (температура масла больше 60 °С)	2, 3, 4, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23
Двигатель запускается и глохнет	1, 3, 4, 5, 7, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 22, 23
Двигатель работает неустойчиво на холостом ходу при прогреве	3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 23
Частота вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу не соответствует номинальному значению	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23
Двигатель работает с перебоями на холостом ходу	5, 6, 10, 11, 15, 16, 17, 19, 21
Двигатель «трясет» при разгоне	2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 24
Двигатель «трясет» при движении с постоянной скоростью	2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23
Двигатель «трясет» на принудительном холостом ходу	10, 11, 15, 16, 17, 18, 20

Неисправность	Контролируемые приборы и системы (табл. 2.5)
Стук в двигателе при увеличении частоты вращения коленчатого вала	6, 15, 16, 17
Двигатель не обладает достаточной приемистостью	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24
Повышенный расход топлива	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 24
Повышенное содержание CO и CH _x в отработавших газах на холостом ходу	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 24
Пониженное содержание CO и CH _x в отработавших газах на холостом ходу	2, 3, 4, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 22, 23
Двигатель не развивает полной мощности	1, 3, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24

Таблица 2.5

Перечень проверяемых приборов и систем

№	Приборы и системы
1	Топливный насос
2	Фильтр очистки топлива
3	Давление впрыскивания форсунок
4	Давление нагнетания топливного насоса
5	Производительность топливного насоса
6	Качество топлива
7	Клапан дополнительной подачи топлива
8	Термореле
9	Пусковая форсунка
10	Форсунки впрыска
11	Датчик температуры охлаждающей жидкости
12	Выключатель дроссельной заслонки
13	Корпус дроссельной заслонки
14	Пневмопривод дроссельной заслонки
15	Измеритель расхода воздуха
16	Электронный блок управления
17	Электроприводы и их соединения
18	Реле выключения топливного насоса
19	Воздушный фильтр
20	Система охлаждения двигателя
21	Герметичность соединений во впускном тракте двигателя
22	Отсутствие подсоса воздуха в двигатель
23	Впускной тракт двигателя
24	Отсутствие горючей смеси при частичной нагрузке двигателя

Наиболее часто отказывающими элементами системы управления работой бензиновых двигателей являются: электрические цепи – окисление контактов и обрыв проводов (35%), топливный насос (22%), клапан холостого хода (10%), элементы системы зажигания (9%), форсунки (8%), дат-

чик кислорода (7%), датчики и реле (6%), электронный блок управления (3%).

Предупреждение отказов и неисправностей достигается использованием функций электронного обеспечения работы двигателя, которое позволяет не только оптимально управлять рабочими процессами впрыска, но также осуществлять диагностирование технического состояния как подключением внешнего диагностического оборудования, так и использованием встроенных функций самоконтроля.

Характер мигания лампы «Check Engine» автомобилей Toyota приведен в табл. 2.6. Любой из приведенных диагностических кодов имеет правильный выходной сигнал после предварительной проверки двигателей 2S-E, 22R-E и 3Y-E. Дополнительные данные о поиске неисправности в диагностируемой системе содержатся в разделе «Проверка» эксплуатационной документации. Они позволяют правильно расшифровать диагностические коды, считывать коды и т. д. [27, 30].

Таблица 2.6

**Диагностические коды для двигателей 2S-E, 22R-E и 3Y-E
автомобилей фирмы Toyota**

Но- мер ко- да	Характер миганий лампы	Система	Диагноз	Участок неисправности
1	ON ON ON ON (ВКЛ) OFF OFF OFF OFF (ПЫЛК.)	Нормаль- ный режим	Это происходит, когда не воспроиз- водится ни один из кодов 2-7	-
2		Сигнал рас- ходомера воздуха (Vc)	Обрыв цепи Vc или короткое замы- кание в цепи Vc-Vs Обрыв цепи в Vv	Цепь расходомера воздуха (Vc-Vs). Расходомер воз- духа. ЭБУ
3		Сигнал рас- ходомера воздуха (Vs)	Обрыв цепи Vs или короткое замы- кание в цепи Vs-E2 Разомкнута цепь Vs	Цепь расходомера воздуха (Vv, Vc, Vs) Расходомер воз- духа. ЭБУ
4		Сигнал дат- чика темпе- ратуры ох- лаждающей жидкости (THW)	Обрыв цепи сигнала датчика температу- ры охлаждающей жидкости	Схема датчика температуры охла- ждающей жидкости. Датчик темпера- туры охлаждающей жидкости. ЭБУ
5*		Сигнал дат- чика кисло- рода	Обрыв или короткое замыкание в цепи сигнала датчика ки- слорода	Схема датчика кислорода. Датчик кислоро- да. ЭБУ

Но- мер ко- да	Характер миганий лампы	Система	Диагноз	Участок неисправности
6		Сигнал за- жигания	Нет сигнала зажи- гания	Схема системы зажигания. Распределитель. Катушка зажига- ния. ЭБУ
7		Сигнал дат- чика поло- жения дрос- сельной за- слонки	Короткое замыка- ние в цепи контак- тов холостого хода и полной нагрузки (IDL-PSW)	Схема датчика положения дрос- сельной заслонки. Датчик положе- ния дроссельной за- слонки. ЭБУ

Примечание:

* - Только для двигателей с датчиком кислорода.

2.2.2. Считывание кодов неисправностей двигателей

В подразделах 2.2.2 и 2.2.3 включены материалы работ [25, 26] по диагностированию двигателей российского производства.

Лампа диагностики «Check Engine» предназначена для отображения информации о наличии неисправностей в системе управления. Управление лампой осуществляет ЭБУ. Техническое состояние датчиков системы управления определяют путем встроенной системы диагностики, индикатором которой является лампа в комбинации приборов. Код передается в виде вспышек лампочки определенной продолжительности с определенными интервалами и может быть прочитан с помощью мигающей лампочки или светодиода, включенного в разъем. При включении зажигания лампа горит – проверяется бортовая диагностическая система. После запуска двигателя лампа гаснет, если неисправности не обнаружены. Лампа «Check Engine» загорается при появлении неисправностей в цепях, контролируемых ЭБУ. В этом случае в память ЭБУ (в регистратор неисправностей) заносится соответствующий код ошибки. Лампа «Check Engine» гаснет, если неисправность устранена и больше не обнаруживается или когда стираются коды ошибок. При обнаружении пропусков воспламенения, которые могут повредить каталитический газонейтрализатор, лампа «Check Engine» мигает.

Контрольная лампа «Check Engine» на автомобилях «Лада-110, -112» находится в комбинации приборов, а на автомобилях ВАЗ-2108 и «Лада Самара» расположена на панели приборов. Контрольная лампа системы управления двигателя ЗМЗ-4062.10 размещена на панели приборов с левой стороны.

Бортовая система диагностики автомобиля содержит базовую информацию в виде различных кодов неисправностей. Схема диагностической

цепи приведена на рис. 2.8. Канал «K-Line» обеспечивает обмен информацией между ЭБУ и подключенным диагностическим устройством. Запрос на реализацию функции самодиагностики осуществляется по каналу «L-Line».

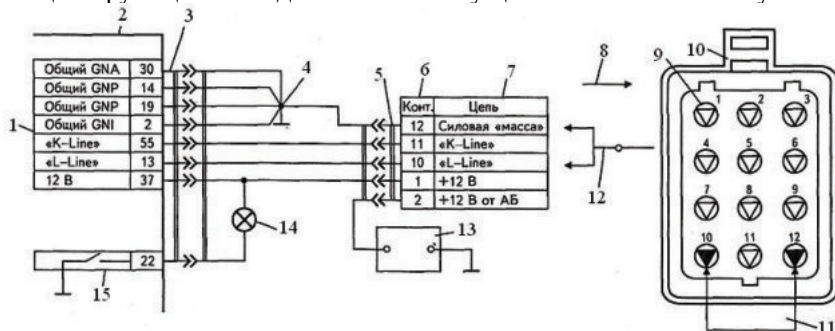


Рис. 2.8. Схема диагностической электрической цепи:

1 – параметры; 2 – блок управления; 3, 5 – разъем; 4 – «масса»; 6 – контакты; 7 – диагностическая колодка; 8, 12 – электрическая цепь; 9 – контакты; 10 – диагностический разъем; 11 – перемычка; 13 – аккумуляторная батарея; 14 – диагностическая лампа; 15 – выключатель

Коды, хранящиеся в памяти ЭБУ, можно считывать с помощью диагностических приборов (сканеров) ДСТ-2М, АСКАН-8 и др., подключенных к колодке диагностики, или по количеству включений лампы «Check Engine». Диагностический разъем колодки через электрические цепи сообщен с ЭБУ.

Сначала выдается код 12, который не является кодом неисправности и свидетельствует только об исправности диагностической цепи и подсистемы управления блока управления.

Сканер кодов обычно позволяет не только извлекать и удалять из памяти блока коды неисправностей, но и активизировать исполнительные устройства для их проверки, выполнять некоторые регулировки и настройки систем двигателя, получать текущую информацию о работе датчиков и исполнительных устройств при работе двигателя.

При отсутствии прибора считывают коды неисправности по миганию сигнальной лампочки на приборной панели. Режим самодиагностики активизируется только при включенном зажигании и остановленном двигателе. Далее, для включения режима вывода диагностической информации, необходимо замкнуть два электрических контакта («10» и «12») диагностического разъема (см. рис. 2.8), предварительно сняв крышку, предохраняющую контакты. Например, в автомобиле «Волга» ГАЗ-3110 разъем находится в моторном отсеке с правой стороны. Контрольная лампа выдает код 12, указывая на работоспособность системы самоконтроля ЭБУ. Если этот код отсутствует, то это говорит о неисправности системы диагностики, которую нужно устранить. Для этого необходимо воспользоваться описанием проведения проверки диагностической цепи. Режим диагностического отображения представлен на рис. 2.9.

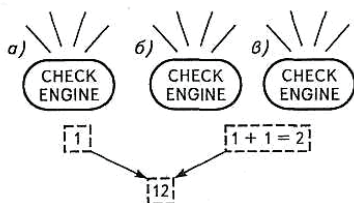


Рис. 2.9. Схема работы контрольной лампы в режиме проверки:

a – исходное состояние при первом сигнале; *б, в* – промежуточное состояние лампы (код неисправности); 12 – код исправности диагностической цепи

щих кодов и переходят к более совершенной системе диагностической аппаратуры, которая ориентирована на применение специальных считывателей кодов.

При наличии кодов неисправностей они будут выдаваться после трехкратной выдачи кода 12. После включения зажигания лампа диагностики загорается на время 0,6 с и гаснет при отсутствии текущих неисправностей. При первом подключении блока к питанию лампа диагностики включается два раза. Во время работы двигателя лампа не должна гореть. Кратковременное или постоянное ее горение указывает на наличие неисправностей в системе управления, но не означает, что нужно заглушить двигатель.

Если неисправность исчезает, то через несколько секунд лампа выключается. Когда лампа продолжает гореть при работающем двигателе или если признаком неисправности является ухудшение ездовых качеств или токсичности ОГ, необходимо проверить диагностическую цепь.

Данная проверка позволяет выявить неисправности, которые не могут быть определены при выполнении других операций диагностирования в неправильной последовательности.

Коды неисправностей сохраняются в ОЗУ блока управления, в дальнейшем их можно посмотреть с помощью прибора. После выключения зажигания лампа загорается на 4 с. В случае непостоянной неисправности лампа «Check Engine» включается на время более 10 с, а затем выключается. При этом код сохраняется в памяти ЭБУ до отключения его от аккумуляторной батареи.

В процессе считывания кодов могут появиться неожиданные коды, вызванные непостоянной неисправностью. Коды непостоянной неисправности могут сбрасываться или сохраняться. В случае непостоянного характера неисправности картой диагностического кода пользоваться не следует, для этого применяют диагностические карты неисправностей. Неисправность выявляют при осмотре конкретной подсистемы.

При отображении кодов неисправности с помощью лампы диагностики выводится признак исправности диагностической цепи (код 12) и коды неисправностей. Каждой неисправности соответствует световой код, состоящий из определенного количества включений контрольной лампы «Check Engine». Каждый код выводится три раза подряд.

Идентификация неисправностей обусловлена тем, что после выполнения подготовительных действий контрольная лампа «Check Engine» начинает мигать в определенной последовательности, связанной с характером неисправности.

Правила извлечения и прочтения с мигающих кодов зависят от типа системы управления и года выпуска автомобиля. В последнее время производители отказываются от мигающих кодов.

Порядок вызова кода неисправности заключается в следующем. Перед началом работ необходимо убедиться в том, что напряжение аккумуляторной батареи не менее 11 В, а дроссельная заслонка полностью закрыта. Рычаг переключения передач механической коробки находится в нейтральном положении. Двигатель должен быть прогрет до рабочей температуры. Блок управления переводят в режим самоконтроля.

При возникновении неисправностей в системе впрыска в процессе эксплуатации автомобиля ЭБУ определяет их наличие, оповещает о них водителей лампой и сохраняет в памяти коды, обозначающие характер неисправности и облегчающие диагностирование системы впрыска топлива. ЭБУ согласует работу всех датчиков и систем, входящих в состав системы впрыска топлива. Он надежен, но боится очень больших бросков бортового напряжения (неисправность генератора, залипание стартера на работающем ДВС, «прикуривание» от другого автомобиля, использование для запуска пускового зарядного устройства).

ЭБУ осуществляет постоянный самоконтроль большинства входных и выходных сигналов и функций системы управления. Выход контролируемых параметров за установленные границы указывает на наличие неисправности в работе системы управления или двигателя. ЭБУ сигнализирует об обнаруженных неисправностях через лампу диагностики. Неисправности системы впрыска имеют характеристику и код дефекта (числа от 13 до 199). Обнаруженные неисправности фиксируются в системе и запоминаются в памяти ЭБУ.

Различают текущую, однократную и многократную неисправности систем впрыска топлива. Текущая неисправность присутствует в данный момент. Однократная неисправность представляет собой дефект, регистрируемый ЭБУ один раз за 2 мин. работы системы управления. Сведения об однократной ошибке хранятся в памяти ЭБУ в течение 2 ч, а затем они автоматически удаляются. Многократная неисправность обнаруживается за интервал времени, превышающей 2 мин. работы системы управления. Информация о многократной ошибке хранится в памяти ЭБУ постоянно до отключения аккумулятора или стирания кодов неисправностей с помощью диагностического прибора ДСТ-2М.

Возникновение неисправности в системе питания сопровождается загоранием на приборной панели автомобиля сигнальной лампы с индикацией «Проверить двигатель» («Check Engine»). Подобное состояние не означает немедленной остановки двигателя. ЭБУ обладает дублирующей системой, позволяющей двигателю работать в резервном режиме, обеспечивая его практически нормальную работу. При первой же возможности причина загорания сигнальной лампы должна быть установлена на станции технического обслуживания автомобилей. При неисправности цепи в ЭБУ заносится указывающий на это соответствующий код. Правильный ремонт проводят путем устранения неисправности или замены датчика, используя соответствующую диагностическую карту.

Традиционные функции – считывание и удаление кодов неисправностей из регистратора неисправностей – позволяют быстро найти неисправ-

ную деталь, а возможность тестирования исполнительных звеньев и съема текущих данных позволяет выявить те неисправности, которые не указываются в регистраторе, например, неисправные температурный датчик или датчик давления, погрешности в показаниях которых не превышают допустимых отклонений.

Если двигатель работает неровно, целесообразно проверить результаты регулировки плавности холостого хода. Посредством данной функции блок управления поддерживает во всех цилиндрах равномерные обороты. Для этого с помощью датчика ВМТ определяется характер частоты вращения в отдельных цилиндрах. Если обороты в одном из цилиндров слишком велики, то в следующий раз количество впрыскиваемого в этот цилиндр топлива уменьшается, при более медленных оборотах количество впрыскиваемого топлива увеличивается. Неисправный цилиндр, как правило, «более медленный». При проверке в этом случае выявляется значительное отклонение количества впрыскиваемого топлива в большую сторону. Максимально допустимое отклонение составляет 40%. Если при измерении компрессии было установлено, что механические детали двигателя исправны, скорее всего, неисправны форсунки. В этом случае их нужно проверить как электрически, так и гидравлически, что позволит избежать преждевременной замены форсунок.

Блок управления (ЭСУД), пытаясь выровнять работу цилиндров, изменяет величины цикловых подач топлива форсунками индивидуально для каждого цилиндра, в ячейки памяти записываются коэффициенты смещения, и поэтому частота вращения коленчатого вала двигателя будет более равномерно удерживаться на заданном уровне. После проведенного ремонта форсунок запомнившиеся старые коэффициенты коррекции уже будут вызывать разнотактность в работе цилиндров. Потребуется длительное время, чтобы блок управления самостоятельно переобучился под новые условия. Поэтому одной из функций диагностического сканера должна быть возможность обнуления ячеек памяти коррекции топливоподачи.

Для равномерной работы двигателя каждая форсунка согласовывается по специальному номеру, фактически означающему коэффициент коррекции топливоподачи в сторону увеличения или уменьшения величины впрыскиваемого топлива. Также адаптация проводится с целью изменения частоты вращения на режиме холостого хода.

2.2.3. Диагностические карты проверки параметров и поиска неисправностей

Диагностические карты представляют собой формализованные правила последовательной проверки технического состояния элементов и узлов систем впрыска. Они предназначены для обнаружения неисправности цепи или элемента системы с помощью логических операций, построенных на методе исключения.

В системе встроенной программы существуют карты первоначальной проверки кодов неисправности и проверки функциональных узлов.

Диагностические карты и описание порядка проведения работ построены на основе использования конкретных средств диагностирования. Это диагностические тестеры ДСТ-2М, АСКАН-8 и другие приборы, обеспечивающие информацию о процессах, происходящих в системе управления двигателем. Отсутствие сканера или тестера не позволяет определить неисправность системы впрыска.

В процессе работы ЭБУ осуществляет постоянную диагностику элементов и функций управления ЭСУД. Информация о наличии неисправностей отображается включением контрольной лампы. Применяемые инструменты и средства диагностики наиболее эффективны при наличии конкретных диагностических карт и описания технологических операций проведения диагностики. Для быстрого и эффективного поиска неисправностей во всех системах, которыми управляет контроллер, применяются диагностические карты.

Наибольшее распространение получили обобщенные диагностические карты типов А, В и С. Диагностические карты типа А представляют собой процедуру первоначальной проверки системы управления двигателем. Диагностические карты типа В – это карты неисправностей. Диагностические карты типа С содержат карты проверки узлов и элементов системы управления двигателем.

Каждый тип диагностической карты содержит несколько разделов: «Общие сведения», «Дополнительная информация» и «Диаграммы поиска неисправностей». В разделе «Дополнительная информация» находится описание условий проверок, описание схемы занесения кода неисправности, схемы соединения и различные пояснения к блоку диаграммы поиска неисправностей. Поиск и устранение неисправностей проводятся в соответствии с разделом «Диаграммы поиска неисправностей». При диагностике любой неисправности необходимо начинать с проверки диагностической цепи.

Диагностические карты позволяют сравнивать действующие параметры автомобиля со среднестатистическими его параметрами, а также устанавливать порядок (перечень шагов) поиска неисправностей. Карты обеспечивают быстрый и эффективный поиск неисправностей системы управления двигателем.

Использование карты кода неисправности без предварительного и точного анализа может привести к неверному выводу и необоснованной замене исправных элементов системы впрыска топлива. После устранения неисправности и очистки всех кодов рекомендации следует проверить. Повторную проверку диагностической цепи проводят для того, чтобы убедиться в правильности выполненного ремонта.

Диагностические работы следует начинать с проверки состояния диагностической цепи. Проверка диагностической цепи обеспечивает начальную проверку системы. Колодка диагностики используется для контроля определенных входных и выходных сигналов ЭБУ. В процессе диагностирования технического состояния системы впрыска необходимо придерживаться принятой последовательности применения диагностических карт.

Нарушение принятой последовательности может привести к неверным выводам оценки технического состояния элементов системы питания.

Диагностические карты типа А представляют собой процедуру первоначальной проверки систем впрыска топлива, являются исходным документом проверки системы впрыска топлива и связаны с проверкой диагностической цепи. Диагностические карты типа А содержат сведения о последовательности проведения проверки диагностической цепи, оценки технического состояния контрольной лампы «Check Engine», проведения мероприятий при невозможности запустить двигатель и другие карты общего характера.

Диагностическая карта А-1 соответствует состоянию бортовой системы при включенном зажигании и сопровождается отсутствием горения контрольной лампы «Check Engine», которая указывает на продолжение дальнейшего логического действия. Если лампа не загорается на короткое время при включении зажигания, то необходимо по диагностической карте проверить подачу питания на выключатель зажигания и ЭБУ, а также качество соединения ЭБУ с «массой».

При включении зажигания и неработающем двигателе лампа диагностики должна загореться на короткое время и погаснуть. Это говорит о том, что она исправна, а ЭБУ готов к функционированию. Напряжение на первый контакт лампы поступает после включения ЭБУ главного реле. Блок управления соединяет второй контакт лампы с «массой».

Если лампа диагностики не загорается или горит постоянно, необходимо выполнить следующее:

- проверить исправность электрического провода;
- проверить наличие напряжения на контакте розетки диагностики до включения зажигания;
- проверить наличие напряжения на контактах розетки после включения зажигания;
- проверить цепи заземления между ЭБУ (контакт «14») и «массой» двигателя.

Если лампа диагностики горит постоянно, то возможно наличие текущей неисправности управления или замыкание провода на «массу».

Описание проверок включает последовательность операций, связанных с проверкой состояния лампы диагностики, проверкой функционирования цепи управления лампой диагностики и проверкой возможности передачи по каналу последовательных данных с блока управления на прибор ДСТ-2М.

Диагностическая карта А-2 характеризует отсутствие данных с кодовки диагностики при постоянно горящей лампе «Check Engine».

После установки перемычки между контактами в розетке диагностики при включенном зажигании и неработающем двигателе лампа диагностики три раза выдает код 12, после которого следуют хранящиеся в памяти коды неисправностей. Код 12 означает, что в блок управления не поступает опорный сигнал с датчика положения коленчатого вала при остановленном двигателе.

Эта операция позволяет проверить возможность передачи по каналу последовательных данных с блока управления на прибор ДСТ-2М. После подключения прибора к розетке диагностики и включения зажигания в правом верхнем углу экрана должен появиться знак наличия информационного обмена между блоком и прибором ДСТ-2М.

При включении зажигания лампа диагностики должна загораться на короткое время и гаснуть. Напряжение выключателя зажигания подается через замкнутые контакты главного реле на первый контакт лампы диагностики. Блок управления включает лампу, замыкая ее на «массу» посредством провода и контакта в соединителе ЭБУ. При установке перемычки между контактами «10» и «12» в розетке диагностики ЭБУ выводит на лампу диагностики код 12 и коды неисправностей, хранящиеся в памяти блока управления. После подключения прибора ДСТ-2М к розетке диагностики, реализуя команды «ИМ» и «Лампа неисправности», можно включить лампу для контроля ее исправности. Описание технологических проверок заключается в следующем:

- проверить заземление провода (Ч) на «массу» (точка Б), если лампа диагностики горит неярко;
- блок управления может выдавать код 12 и при этом не реализовывать информационный обмен с прибором ДСТ-2М. Если прибор ДСТ-2М не отображает параметры управления, а лампа диагностики выдает, код 12, то следует проверить прибор ДСТ-2М на исправном автомобиле, а также проверить на обрыв цепи между контактом «55» розетки блока управления и контактом «11» в разъеме колодки диагностики;
- если цепи лампы исправны, то неисправен блок управления;
- если лампа диагностики горит постоянно, но при этом нет кодов неисправностей управления, то возможно замыкание провода «22» (РГ) на «массу».

Данная операция связана с проверкой возможности передачи по каналу последовательных данных с ЭБУ на прибор ДСТ-2М, а также с установлением причины невозможности пуска – неисправность ЭБУ или электрооборудования, и с определением наличия в памяти ЭБУ кодов неисправностей.

В этом случае проверяют наличие отклонений параметров при включенном зажигании и неработающем двигателе, наличие отклонения температуры охлаждающей жидкости.

Если выход канала последовательных данных на колодку диагностики (желто-красный провод с контакта «55» соединителя ЭБУ) замкнут на 12 В, а вывод последовательных данных не происходит (карта А-2), то это связано с отсутствием данных с колодки диагностики.

При включенном зажигании и неработающем двигателе контрольная лампа «Check Engine» должна загораться после включения зажигания и гаснуть после запуска двигателя. Напряжение после включения зажигания поступает непосредственно на контрольную лампу. ЭБУ управляет включением лампы, замыкая ее на «массу» через зелено-белый провод, идущий к контакту «22» соединителя ЭБУ.

Блок управления может не выдавать последовательные данные на контакт М колодки диагностики. Прибор ДСТ-2М отображает неисправность соединений ЭБУ или его ППЗУ. Электрические цепи лампы «Check Engine» могут быть исправны.

Если лампа «Check Engine» продолжает гореть, но не очень ярко и двигатель не запускается, то следует проверить надежность и чистоту контакта «18» ЭБУ. Если лампа «Check Engine» выключается при разъединении соединителя ЭБУ, то это означает, что цепь управления лампой «Check Engine» не замкнута на «массу». Постоянное горение контрольной лампы при отключении ЭБУ свидетельствует о замыкании на «массу» цепи управления лампой «Check Engine».

Диагностическая карта А-3 связана с параметрами, характеризующими частоту вращения коленчатого вала двигателя, при которой он не запускается. Двигатель прокручивается, но не запускается или двигатель запускается, но сразу глохнет. Состояние аккумуляторной батареи и обороты прокрутки в норме. Топлива в баке достаточно.

Диагностическая карта А-4 связана с проверкой технического состояния главного реле и силовой цепи системы управления.

При включении зажигания включается главное реле и подается напряжение на ЭБУ. Блок управления работает, а если во время пуска или работы двигателя подводится напряжение на его контакт «37» - напряжение батареи отключается.

На контакт «18» ЭБУ питание подается непосредственно с аккумуляторной батареи через плавкую вставку и предохранитель.

Диагностическая карта А-5 связана с проверкой электрической цепи системы подачи топлива.

При включении зажигания ЭБУ включает реле электробензонасоса (ЭБН), после чего он работает до тех пор, пока прокручивается или работает двигатель, и ЭБУ получает опорные импульсы от датчика положения коленчатого вала.

Диагностическая карта А-6 позволяет проверить систему подачи топлива.

При включении зажигания ЭБУ включает электробензонасос. Он работает до тех пор, пока двигатель прокручивается или работает и ЭБУ получает опорные импульсы от датчика положения коленчатого вала.

При отсутствии опорных импульсов ЭБУ выключает ЭБН через 2 с после включения зажигания.

ЭБН подает топливо в топливный гидравлический аккумулятор, где давление топлива в системе поддерживается в диапазоне 285-235 кПа. Избыток топлива возвращается в топливный бак. Когда двигатель заглушен и зажигание выключено, ЭБН можно выключить, подав питание на контакт G в колодке диагностики. Далее проверяется герметичность и соединения магистралей между ЭБН и регулятором давления.

Залипание форсунок в открытом состоянии лучше всего определяется проверкой свеч на наличие нагара или намокания. Если определить негерметичность ЭМФ таким образом невозможно, то необходимо:

- снять болты топливного гидравлического аккумулятора и отвернуть винт крепления топливных трубок к скобе, оставив трубопроводы подсоединенными;

- приподнять топливный гидравлический аккумулятор так, чтобы сопла форсунок оставались в каналах;

- создать давление топлива прибором ДСТ-2М в «2-Контроль ИМ» и проверить форсунки на герметичность визуально.

Порядок проведения диагностики заключается в считывании кода неисправности и проверке электрических цепей функционального датчика. Если цепи и датчик исправны, значит неисправен ЭБУ. Исключение составляет гидравлическая цепь топливоподачи. Механические регулировки в системе впрыска не предусмотрены. Для сохранения кодов неисправностей в памяти ЭБУ запрещается отсоединять выводы аккумуляторной батареи даже на короткое время. В этом случае информация в памяти стирается.

Если работа системы зажигания и параметры двигателя (компрессия, противодействие в выпускном тракте, зазоры в газораспределительном механизме) в норме, а ДВС не пускается, то последовательность проверки должна быть следующей.

Все диагностические работы следует начинать с проверки диагностической цепи (рис. 2.10). После осмотра подкапотного пространства это является первым шагом. Исправная система при активации режима отображения кодов неисправности должна выдавать код 12.

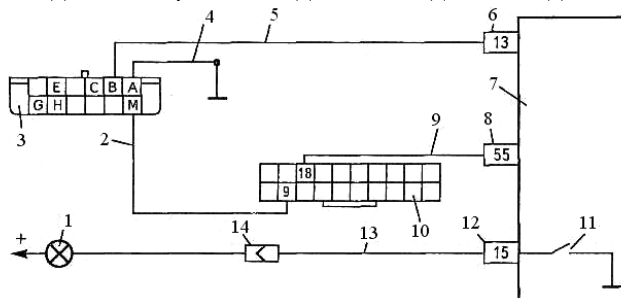


Рис. 2.10. Схема диагностирования электрической цепи:

1 – сигнальная лампа; 2, 4, 5, 9, 13 – электрическая цепь; 3 – разъем; 6, 8, 12 – контакт; 7 – ЭБУ; 10 – разъем; 11 – цепь питания; 14 – резистор

Чтобы начать считывать коды, необходимо замкнуть контакты «10» и «12» на диагностической колодке (см. рис. 2.4), затем включить зажигание, но двигатель не пускать. Если лампа «Check Engine» не горит, то необходимо проверить соответствующую

цепь предохранителя в блоке предохранителей, патрон, шестой контакт в белом раземе комбинации приборов, черно-белый провод и соответствующий контакт с выводом А5 электронного блока. Если в этой цепи неисправностей нет, то необходимо проверить наличие напряжения 12 В на выводах В1, С16, А6 блока управления. Если напряжение здесь есть, то необходимо проверить контакт выводов D1, А12 с «массой». Если контакт с «массой» есть, то неисправен ЭБУ.

Если лампа «Check Engine» горит, надо соединить выводы А и В колодки диагностики, если же лампа не выдает код 12 три раза подряд, то необходимо проверить, нет ли замыкания на «массу» цепи лампы. Для этого

необходимо выключить зажигание, снять разъемы с ЭБУ и опять включить зажигание. Если лампа «Check Engine» горит, то необходимо устранить замыкание на «массу», а если нет – то выключить зажигание, вставить разъемы в ЭБУ, включить зажигание и замкнуть вывод А9 на «массу». Если после этого лампа выдает код 12, то поврежден либо черно-белый провод, соединяющий вывод В колодки диагностики с выводом А9 ЭБУ, либо коричневый провод, соединяющий вывод А колодки диагностики и вывод А12 ЭБУ с «массой». Если же лампа не загорелась, то необходимо проверить правильность установки запоминающего устройства ЭБУ: если оно установлено правильно, то необходимо заменить его или ЭБУ.

Если после выдачи кодов неисправностей и их устранения двигатель все равно не запускается или коды неисправностей не выдаются, то следует проверить цепь топливopодачи, работу форсунки и ее цепи управления.

Проверку цепи топливopодачи надо проводить при достаточном уровне топлива в баке (лампа резерва на указателе уровня топлива не горит) и чистом топливном фильтре. Проверку цепи топливopодачи следует начинать с проверки работы насоса. В этом случае необходимо включить зажигание, после чего насос должен включиться и работать 2 с. Если этого нет, то необходимо проверить цепь электропитания, разъемы штекеров и реле насоса. Если напряжение на выводах разъема насоса отсутствует, следует заменить электробензонасос.

Если насос работает, то необходимо проверить давление топлива в системе, для чего подключить манометр к штуцеру контроля топлива, который расположен в топливной магистрали, и включить зажигание. Во время работы насоса давление должно быть в пределах 0,19-0,21 МПа. После выключения насоса через 2 с давление должно стабилизироваться и далее не падать. Если давление падает, то через 15 с опять надо включить зажигание и после остановки насоса пережать топливный шланг между штуцером и модулем центрального впрыскивания. Если давление не уменьшается, то либо трубопровод или его соединения негерметичны, либо неисправен регулятор давления, который нужно заменить. Если давление по-прежнему падает, то следует повторить операцию, но пережать шланг надо между штуцером и топливным баком.

Стабилизация давления указывает на негерметичность пережатой магистрали. Если давление ниже 0,19 МПа, то необходимо соединить вывод G диагностической колодки с «плюсом» аккумуляторной батареи (при этом насос будет работать постоянно) и проверить магистраль на наличие утечек и работу регулятора давления, а также проверить состояние и надежность соединений цепи электропитания насоса. Если давление выше 0,21 МПа, то необходимо проверить магистраль слива. Для этого отсоединить резиновую трубку сливной магистрали от металлической, вставить резиновую трубку в технологическую емкость и включить насос. Если давление в норме, значит засорилась магистраль слива, если давление по-прежнему выше 0,21 МПа, то надо проверить сливную магистраль на участке от модуля до точки соединения магистрали. Если магистраль в норме, надо заменить регулятор давления.

Проверка форсунки впрыска. Необходимо отсоединить штекер форсунки и проверить наличие напряжения питания на выводах разъема форсунки: оно должно быть на обоих выводах. Если на каком-то выводе его нет, то следует проверить электрическую цепь и замыкание на «массу» выводов D6 и D10 ЭБУ. Сопротивление между выводами D9 и D10 жгута проводов должно быть менее 1 Ом. При прокручивании коленчатого вала стартером на розово-черном проводе должно быть постоянное напряжение 12 В, а на голубом проводе разъема должны быть импульсы напряжения. Если импульсы есть, то неисправны форсунка или уплотнительное кольцо. Неисправные детали необходимо заменить. Если импульсов нет, надо проверить сопротивление обмотки форсунки, которое должно быть в пределах 1,51–1,53 Ом. Если сопротивление в норме, следует разместить разъем на форсунку и, прокручивая стартером коленчатый вал, убедиться, что форсунка распыляет топливо (для этого надо снять крышку воздушного фильтра). Если этого нет, то форсунку следует заменить.

Колодка диагностики используется для определения входных и выходных сигналов ЭБУ. Программа «Мотор-тестер» считывает и отображает информацию, передаваемую ЭБУ на колодку диагностики.

Правильная последовательность диагностирования технического состояния системы впрыскивания предполагает выполнение трех основных этапов.

Первый этап связан с проверкой работоспособности бортовой системы диагностики. Она осуществляется путем выполнения проверки диагностической цепи, так как является отправным пунктом диагностирования или поиска причины невыполнения норм токсичности. Если бортовая система диагностирования не работает, то проверка диагностической цепи выводит на конкретную диагностическую карту. Если бортовая диагностика работает исправно, переходят к следующей операции.

Второй этап связан с проверкой кодов неисправностей. В случае наличия кода неисправности необходимо обратиться к диагностической карте с соответствующим номером. Это позволяет определить наличие и причину возникновения неисправности (неисправность проводки, датчика или ЭБУ). Потом надо повторно определить, сохранилась ли неисправность. При отсутствии кода неисправности переходят к следующему шагу.

Третий этап связан с контролем и анализом данных, передаваемых ЭБУ, осуществляемых путем считывания информации с помощью программы «Мотор-тестер» или диагностического прибора DST-2М. Питание ЭБУ можно отключить путем отсоединения «отрицательного» провода от аккумуляторной батареи.

На щупы тестера следует закрепить зажимы типа «крокодил». Если цепь не содержит штатных сопротивлений (угольных щеток коллектора, резисторов ротора распределителя зажигания или обмоток), то стрелка омметра должна указывать положение «0». Такие электрические цепи всегда следует проверять на нижнем пределе измерений омметра.

Работу электрических цепей под напряжением проверяют вольтметром. Проверить можно только цепи низкого напряжения. Предел их измере-

ний, кроме линии «катушка зажигания-прерыватель», составляет 0-15 или 0-25 В при постоянном токе.

«Отрицательный» провод (щуп) тестера надежно соединяют с «массой» (лучше с «отрицательной» клеммой аккумулятора), а «положительный» - с потребителем и источником тока. Проверка диагностической цепи адресует оператора к определенным технологическим картам, отсылающим к другим взаимосвязанным операциям. В процессе работы следует строго придерживаться последовательности, указанной в диагностических картах. Нарушение принятой последовательности диагностирования может привести к неверным выводам и замене исправных узлов.

Проверка диагностической цепи обращает и к другим картам. Использование карты без предварительной проверки диагностической цепи не допускается. После устранения всех неисправностей и очистки всех кодов рекомендуется повторить проверку диагностической цепи, чтобы убедиться в правильности ремонта.

Диагностические карты неисправностей В применяют при обнаружении нарушения технического состояния элементов систем впрыска, занесенных в память ЭБУ. При отсутствии кода неисправности или при его непостоянстве эта часть помогает оператору определить конкретную неисправность. В этом случае диагностирование должно также начинаться с проверки диагностической цепи. Диагностические карты типичных неисправностей типа В позволяют проверить следующее.

Диагностическая карта В-1 – состояние системы управления перед пуском двигателя.

Диагностическая карта В-2 – наличие рывков и провалов при работе автомобиля.

Диагностическая карта В-3 – недостаточность мощности и приемистость автомобиля.

Диагностическая карта В-4 – наличие детонации.

Диагностическая карта В-5 – перебои в работе двигателя.

Диагностическая карта В-6 – повышенный расход топлива.

Диагностическая карта В-7 – неустойчивую работу или остановку двигателя на режиме холостого хода.

Диагностическая карта В-8 – повышенную токсичность ОГ.

Диагностическая карта В-9 – калильное зажигание.

Диагностическая карта В-10 – таблицу признаков неисправностей.

Диагностическая карта В-11 – соединение ЭБУ.

Проверка диагностической цепи является первым шагом к выявлению неисправности в системе управления двигателем. Понимание и правильное использование карты типа В сокращает время диагностирования и предотвращает необоснованную замену исправных компонентов системы управления.

Диагностические карты типа С предназначены для проверки узлов системы впрыска топлива в конкретном автомобиле. При наличии особенностей конструкции систем впрыска диагностические карты должны отражать эту особенность, обеспечивать проверку узлов и элементов системы

впрыска топлива. Они содержат информацию по проверке элементов системы впрыска топлива, а также по их обслуживанию, кроме того, сведения по элементам системы подачи топлива, по системе зажигания, системе управления кондиционером и др.

Диагностическая карта С-1 - «Проверка датчика положения дроссельной заслонки» включает следующие технологические операции:

- проверяет напряжение сигнала датчика положения дроссельной заслонки на режиме холостого хода;
- изменяет положение дроссельной заслонки, при этом напряжение сигнала датчика должно изменяться пропорционально открытию дроссельной заслонки.

При полностью открытой дроссельной заслонке напряжение сигнала должно быть выше 4 В. Если при отсоединении проводов напряжение сигнала превышает 2,5 В, то это может вызвать затрудненный пуск из-за наступления режима очистки «залитого двигателя». Этот режим включается, когда частота вращения коленчатого вала равна 420 мин^{-1} , а входной сигнал датчика положения дроссельной заслонки показывает, что дроссельная заслонка открыта более чем на 80%.

Возможные причины неисправности: замыкание на источник питания цепи выходного сигнала датчика, обрыв цепи заземления датчика или неисправность датчика.

Технология проверки состоит в подключении прибора ДСТ-2М, выборе меню «1-Параметр» и «3-Общий просмотр». Если дроссельная заслонка закрыта, то напряжение сигнала датчика положения дроссельной заслонки должно быть 0,25-1,25 В. Следует отпустить трос датчика положения дроссельной заслонки, обеспечив полный ход и небольшое ослабление при закрытой дроссельной заслонке холостого хода.

Диагностическая карта С-2 - «Баланс форсунок» (сравнение параметров различных форсунок друг с другом). При проведении проверки для всех форсунок должны быть созданы одинаковые условия тестирования (использование только одного тестера форсунок, одного манометра давления топлива, запитка от одного аккумулятора, тестирование при одинаковой температуре топлива и т. д.). Тестер проверки форсунок обеспечивает возможность ее включения определенное количество раз в течение определенного периода времени, т. е. для впрыска известной дозы топлива в ВТ.

Возникающее в результате проверки падение величины давления в топливном аккумуляторе может быть зарегистрировано и использовано для сравнения технического состояния форсунок. Все форсунки должны вызывать одинаковое падение давления топлива (допустимое отклонение $\pm 20\%$ от среднего значения).

Для исключения неверных показаний, вызываемых кипением топлива при отстое при высокой температуре, необходимо дать двигателю остыть (в течение 10 минут). При выключенном зажигании подсоединить манометр к штуцеру для контроля давления топлива, обернув при этом штуцер ветошью для исключения пролива топлива. А перед началом проверки следует

включить зажигание, с помощью прибора ДСТ-2М включить электрический бензонасос и выключить его через 10 с.

Контрольные вопросы

1. Как производится кодирование неисправностей?
2. Как обеспечивается предупреждение неисправностей и отказов двигателя?
3. Как считывать коды неисправностей двигателя?
4. Какое назначение контрольной лампы?
5. Как блок управления ЭСУД обеспечивает выравнивание работы цилиндров?
6. Какие существуют типы кодов ошибок?
7. Когда и как производится стирание кодов ошибок?
8. Какое назначение диагностических карт?
9. Какие существуют диагностические карты?
10. Как производится проверка форсунок впрыска?

2.2.4. Неустойчивые коды неисправностей и стирание кодов

Неустойчивые коды неисправностей, в отличие от обычных устойчивых «жестких» кодов, могут не присутствовать в памяти модуля на момент тестирования диагностом автомобильных систем. Иное название данного класса кодов спорадические или «мягкие» неисправности. Данные неисправности характерны случайным характером своего проявления. Это может быть влажность в разъемах датчиков с высоким импедансом (высокоомных), дребезг контактов, неисправности проводки, климатические или мгновенные механические нарушения, помехи в системе зажигания, наведенные устройствами мобильной связи и так далее. То есть все то, что по истечении некоторого времени самостоятельно приходит в норму и укладывается в диапазоны допустимых значений. Хотя код такой неисправности все же записывается в память модуля управления и продолжает сохраняться в течение 40-80 циклов запуска двигателя. С каждым новым повторным появлением одной и той же неисправности счетчик отсчета времени сбрасывается в нулевое значение, а счетчик количества повторений инкрементируется. Так продолжается вплоть до истечения времени хранения кода неисправности, после чего код либо вытесняется из памяти, либо сбрасывается в том случае, если данная неисправность за указанное время не повторилась. Для режима неустойчивых кодов можно определить не только сам факт спорадического или случайного проявления кода неисправности, но и интенсивность отказа за весь период хранения кода.

В диагностике VAG существуют 3 линии данных, которые служат для возможности обмена информацией между модулями управления и сканером, подключаемым к диагностическому разъему автомобиля. Чаще всего это линии открытого типа и совершенно лишенные какого-то ни было экранирования. Они реализованы на тех же самых проводных соединениях, на которых реализована остальная проводка автомобиля. Именно поэтому диагностические линии весьма уязвимы и подвержены действию импульсных

и монотонных помех, часто возникающих и особенно интенсивных в условиях сервиса с комплексным проведением работ по обслуживанию автомобилей (например, с электросваркой). При наличии таких помех связь между автомобилем и сканером становится неустойчивой, а иногда совершенно невозможной. Самое неприятное здесь заключается в том, что данные помехи достаточно сильно искажают передаваемые сигналы, требуют их многократного повторения и снижают достоверность получаемых и отображаемых на экране прибора или программы параметров и значений. Вплоть до появления ложных кодов неисправностей или затенения действительно существующих, но не отображенных из-за наличия помех или ретрейнов связи. Исходя из этого, VAG жестко ограничивает длину коммутационных проводов между автомобилем и сканером, фиксированным значением 5 метров. В условиях среднего сервиса этого бывает более чем достаточно.

Ретрейн – кратковременный обрыв и самостоятельное восстановление связи модулем управления с диагностическим оборудованием без участия диагноста. Может возникать при наличии «грязной» шины данных, наличия избыточного конденсата в салоне автомобиля, повышенного уровня помех, низкой нагрузочной способности линии, связанной с параллельным соединением разнотипных модулей управления «на одном проводе». Является вынужденной реакцией модуля на устранимый (восстановимый без необходимости повторной инициализации) обрыв связи и служит для возможного продолжения процесса обмена между сканером и автомобилем в течение одного диагностического сеанса.

Инициализация. Большинству автомобилей для того, чтобы ввести модуль управления в режим тестирования, необходима процедура инициализации. Данная процедура может быть использована как одновременно по двум диагностическим линиям K-Line и L-Line, так и только по одной из них. Как правило, линия «K» двунаправленная, а линия «L» однонаправленная и задействована на большинстве систем только в процессе инициализации или диагностики по медленным кодам с помощью внешнего или контрольного индикатора на панели приборов. Встречаются варианты и с однонаправленной «K» линией, работающей только на вход данных, обычно на модулях управления двигателем. В таких случаях линия «L» отвечает только за инициализацию, а линия «K» только за прием данных с модуля.

Процесс инициализации состоит во внешнем (по отношению к автомобилю) вмешательстве диагноста в работу модуля, в результате которого выходные потенциалы на перечисленных «K-L» линиях падают до уровня логического нуля. Как бы замыкаются на массу. В обычном режиме на этих линиях присутствует положительное слаботочное напряжение питания, достигающее иногда до напряжения в бортовой сети автомобиля. Любое подключаемое к диагностическому разъему автомобиля оборудование VAG проводит процедуру инициализации модуля управления подобным образом.

Стирание кодов ошибок. Эта процедура осуществляется до начала диагностики и ремонта, чтобы отличить постоянные коды от непостоянных. Перед стиранием следует записать все индицируемые коды. После стирания коды постоянных неисправностей сразу же восстановятся.

После ремонта коды ошибок удаляют, иначе ЭБУ будет ошибочно учитывать их при управлении двигателем или иной системой. Применяются три метода стирания кодов ошибок.

1. Наиболее предпочтительный и рекомендуемый производителями – стирание кодов по команде со сканера, подключаемого к диагностическому разъему. На некоторых моделях такая процедура не поддерживается ЭБУ.

2. Если нет сканера или ЭБУ не поддерживает стирание кодов сканером, следует отключить питание ЭБУ, отсоединив предохранитель. Например, на многих моделях в этом случае следует отключать предохранитель питания системы подачи топлива. Вместе с кодами ошибок из памяти ЭБУ сотрется и информация для адаптивного управления.

3. Отключение шины (-) аккумулятора. При этом стираются и адаптивная информация из ЭБУ, и установки владельца в памяти часов, радиоприемника и т. д. Но это наихудший способ.

Стирать коды нельзя, пока не определена неисправность.

2.3. Диагностирование двигателя бортовой системой самоконтроля

2.3.1. Обеспечение условий реализации самоконтроля

Устройства обработки аналоговых сигналов вытесняются устройствами обработки и представления сигналов в цифровой форме. Для этого в средствах технического диагностирования широко используется микропроцессорная техника, в том числе одноплатные и однокристальные микро-ЭВМ. Микропроцессорные устройства дают возможность обрабатывать данные по довольно сложным алгоритмам, осуществлять операции сравнения полученных данных с эталонными, представлять информацию в форме, наиболее удобной для восприятия. Введение в состав приборов вычислительно-управляющих устройств значительно усложнило их структуру, но и увеличило технические возможности. К этому же привели характерные для современной аппаратуры увеличение объема данных, подлежащих сбору и обработке, рост числа каналов, в которых накапливается информация, повышение числа параметров сигналов, поступающих от датчиков.

При построении современной аппаратуры широкое распространение получил магистрально-модульный метод, в соответствии с которым измерительные приборы komponуются из конструктивно завершенных и совместимых друг с другом элементов или модулей, в свою очередь информационно объединяющихся через специальные системы связи (интерфейсы). Значительный объем электронных устройств в системах диагностирования реализуется на больших интегральных схемах (БИС), поэтому для обеспечения надежной и безотказной работы приборов и быстрой локализации дефектных элементов необходимо осуществлять периодическое тестирование (самодиагностирование) этих БИС как автономно, так и в составе аппаратуры диагностирования. В первую очередь это относится к микропроцессорам, оперативным и постоянным запоминающим устройствам, операци-

онным усилителям, аналого-цифровым и цифро-аналоговым преобразователям и другим элементам и блокам.

Как правило, объект самоконтроля находится в пассивном состоянии, в котором он ничем не проявляет свою внутреннюю суть, в том числе и свои неисправности. Чтобы заставить объект проявить свои преимущества или недостатки, его необходимо активизировать, то есть перевести в другое, образно говоря, «прозрачное» состояние, более удобное для рассмотрения и анализа. Например, подать на него стимулирующие влияния, изменить условия внешней среды и т. п.

Поэтому первым условием реализации самоконтроля является, во-первых, принципиальная возможность существования такого «прозрачного» состояния, а во-вторых – наличие средств активизации, необходимых для перевода объекта в это состояние. Средства активизации могут быть как внешними, так и внутренними относительно объекта.

Следующим условием реализации самоконтроля является существование определенных признаков и диагностических параметров активизированного объекта, которые прямо или косвенно связаны с его состоянием (качеством), а также наличие средств для оценивания этих признаков. В объектах транспортных машин и авиационной техники такими признаками являются технические параметры, которые определяют техническое состояние объектов: коэффициент передачи, чувствительность, напряжение, ток, частота, проводимость, давление и т. д. Указанные признаки измеряют, вычисляют, контролируют с помощью средств диагностирования.

И, наконец, **третьим условием реализации самоконтроля** является наличие правила принятия решения (решающего правила), а также наличие средств для реализации этого правила. Решающее правило – это определенная последовательность арифметико-логических операций, которые необходимо выполнить с полученными оценками признаков объекта для определения результата самоконтроля. Тип решающего правила зависит от типа и цели самоконтроля. Средства реализации решающего правила также могут быть как в составе объекта самоконтроля, так и вне его.

Множество условий реализации самоконтроля состоит из двух подмножеств, которые отображают методическое и инструментальное обеспечение задач самоконтроля. Подмножество методических условий требует ответов на следующие вопросы:

1. Как активизировать – в какое из «прозрачных» состояний необходимо перевести объект?

2. Что оценить – какие признаки активизированного объекта необходимо оценить?

3. Как решить – какое решающее правило необходимо применить?

Подмножество инструментальных условий требует ответов на следующие вопросы:

1. Чем активизировать – какими средствами активизировать объект?

2. Чем оценить – какими средствами оценить признаки активизированного объекта?

3. Чем решить – какими средствами реализовать решающее правило?

Следовательно, мера участия собственных средств объекта в реализации самоконтроля может быть различной. В крайнем случае, если собственные средства объекта обеспечивают все три условия реализации самоконтроля (активизацию объекта, оценку признаков и принятие решения), имеем независимый от внешних средств полноценный самоконтроль. В другом крайнем случае, если все три условия обеспечиваются внешними средствами, самоконтроль переходит в контроль. Промежуточные варианты можно отнести или к контролю, или к зависимому самоконтролю, принимая во внимание то, какие средства считать приоритетными. Как правило, приоритет предоставляют средствам реализации решающего правила.

Рассмотрим, например, условия контроля состояния здоровья человека по его температуре. Первое условие – это активизация объекта путем установления контакта его тела с термометром. Второе условие – оценка температуры тела путем отсчета показаний прибора. Третье условие – реализация решающего правила: «если температура ниже или равняется 37°C , человек здоров, если выше – болен». В зависимости от того, кем обеспечивается выполнение перечисленных условий (субъектом самоконтроля или другим лицом), описанный эксперимент можно отнести в одном случае к самоконтролю, в другом – к контролю. Итак, граница между контролем и самоконтролем довольно условная, и основные отличия между ними лежат не в методическом, а в ресурсном плане, поскольку самоконтроль имеет более ограниченные ресурсные возможности, чем контроль. Поэтому реализация самоконтроля часто связана с поиском нестандартных приемов, дополнительными затратами на создание средств, которые компенсируют ресурсный дефицит. Но понесенные затраты обязательно окупаются, поскольку наличие самоконтроля обеспечивает высокую готовность объекта и экономии средств на его эксплуатацию.

Типичные операции по организации самоконтроля. Одними из первых работ, в которых описывались способы самопроверки технических систем, были работы по вычислительной технике. Первенство здесь поясняется тем, что средства вычислительной техники больше, чем какие-либо другие, приспособлены к реализации описанных условий самоконтроля, в особенности это касается реализации третьего условия – принятия решения. Кроме того, учитывая сложность средств вычислительной техники, высокую вероятность ее отказов и сбоев, очень быстро пришло осознание того, что поддержка на надлежащем уровне показателей надежности и достоверности этих средств невозможна без применения самоконтроля.

В одной из первых работ указанного направления сформулирована типичная технология организации самоконтроля сложных систем, которая состоит из трех последовательно выполняемых операций [29].

Первая операция – разбиение системы. Сложную техническую систему (технический объект) разделяют на ряд иерархических подсистем с таким расчетом, чтобы любую из них, за исключением старшей в иерархии, можно было проверить одной или несколькими соседними подсистемами. Для того, чтобы подсистема S_i могла проверить подсистему S_j , необходимо, чтобы все входы подсистемы S_i были под воздействием, а все выходы – контролировались подсистемой S_j .

Это достигается выбором в подсистеме S_i соответствующих пар точек входных и исходных сигналов и соединением их с соответствующими входами (выходами) подсистемы S_j через имеющиеся или же дополнительно организованные каналы связи (рис. 2.11 [29]). При этом проверяющая подсистема (диагностическая подсистема) должна иметь определенный объем памяти и возможность выполнять арифметико-логические операции для принятия решения. Кроме того, она не должна иметь общих элементов с подсистемой, которую проверяет. Например, система, показанная на рис. 2.11, разделена на девять подсистем. Из них нулевая, первая и вторая – диагностические. Остальные – проверяемые с помощью диагностических систем. Пунктиром показаны дополнительно организованные каналы связи.

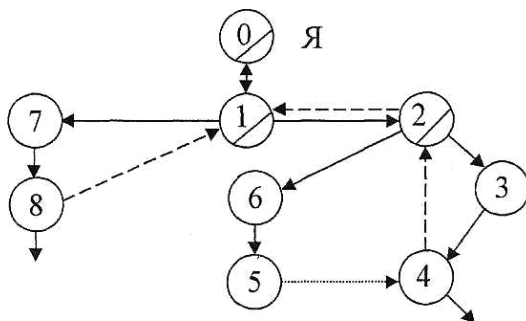


Рис. 2.11. Разбиение системы на ряд иерархических подсистем

Вторая операция – выделение и контроль «ядра». Старейшая в иерархии подсистема, которая названа в приведенной работе «ядром» (hard core), проверяется заранее и, как правило, вручную с помощью внешних средств. Она не должна иметь отказов в стартовом состоянии перед началом самоконтроля и по своей сути служит основой всех следующих операций самоконтроля. Объем технических средств «ядра» выбирают минимальным, учитывая сложность его проверок.

Третья операция – распространение проверок от «ядра» к подсистемам. С помощью технических средств «ядра» проводится проверка старшей после «ядра» подсистемы, а за ней – подсистемы низшего уровня и т. д. Например, в системе, изображенной на рис. 2.11, «ядро» (подсистема 0) проверяет диагностическую подсистему 1, а также подсистемы 7 и 8. Диагностическая подсистема 2, которая проверяет подсистемы 3, 4, 5, 6, перед этим сама проверяется с помощью подсистем 1 и 0.

Реализация функций самодиагностики основана на возможностях электронных систем, уже используемых в автомобиле для непрерывного контроля и определения неисправностей с целью сохранения диагностической информации. Диагностирование может проводиться как при неработающем двигателе, так и при его нормальном функционировании. Методы диагностирования основаны на проверке правильности работы электрической сети автомобиля, измерении характеристик сигналов в определенных точках схемы на заданных режимах работы и сравнении этих характеристик

с установленными нормальными значениями, а также на анализе ответов при подаче тестирующих сигналов.

Самодиагностика двигателя характеризуется выполнением нескольких требований [23, 24, 25, 26].

1. Контроль за работой сложных систем и узлов. Все больше усложняющаяся конструкция двигателя делает возможности самодиагностики достаточно важными для выявления и устранения неисправностей. Целью является интегрирование всей системы в процесс диагностики.

2. Защита узлов и деталей, которые подвергаются особому риску в случае появления неисправностей. В качестве примера можно привести защиту каталитического нейтрализатора, реагирующую на пропуски зажигания в двигателе. Система реагирует на определенную частоту появления пропусков зажигания, отключая подачу топлива в неисправный цилиндр для предотвращения перегрева нейтрализатора.

3. Работа в аварийной ситуации в соответствии с величинами, принятыми «по умолчанию». Например, в случае выхода из строя датчика нагрузки (который определяет массовый расход воздуха) генерируется сигнал его замены, базирующийся на значениях частоты вращения коленчатого вала и положения дроссельной заслонки.

4. Информирование водителя о неисправности системы диагностики с помощью индикаторных ламп, дисплеев или акустических устройств предупреждения.

5. Хранение точной информации. Система хранит в ЭБУ предупреждающую информацию и данные об отдельных неисправностях. Также в запоминающем устройстве хранятся данные об условиях работы двигателя на момент выявления ошибки.

6. Доступ к сохраненным ошибкам. Данные, хранящиеся в памяти системы самодиагностики во время работы автомобиля, могут быть переданы на диагностический стенд с дисплеем через последовательно подключенный многоканальный вход (порт).

7. Индикация данных об ошибках в форме мигающего кода на приборной панели. Это помогает обслуживающему персоналу ускорить диагностику путем сужения поля возможных источников неисправностей.

Возможным неисправностям присвоены определенные коды, которые при диагностировании и наличии данной неисправности заносятся в память электронного блока управления и выносятся на индикаторы панели приборов автомобиля. В ряде систем определить код неисправности можно по очередности вспыхивания сигнальной лампы через определенные интервалы времени.

В большинстве систем цифровой код может быть выведен на жидкокристаллический экран. Наконец, в наиболее сложных системах на экран может быть выведена информация не только о неисправности, но и перечень необходимых мероприятий, которые должен выполнить водитель в связи с появлением неисправности или для ее устранения.

«Самодиагностика» предназначена для оперативного считывания информации о неисправностях и отказах, накопленной в процессе текущей эксплуатации автомобиля. Для накопления информации о неисправностях

используется встроенный диагностический блок управления, который способен запомнить не менее 3-5 неисправностей одновременно.

Функция самодиагностики заложена в электронный блок управления и может быть применена для штатного электронного контроля работы всех систем автомобиля: двигателя, автоматической коробки передач, антиблокировочной системы тормозов, противобуксовочной системы ведущих колес и системы стабилизации движения автомобиля, контроля климата и т. п.

Код неисправности запоминается при поступлении сигнала о неисправности. Сигнал может незамедлительно отображаться при нажатии испытательной кнопки на диагностическом блоке. Блок управления снабжается памятью для запоминания кодов неисправностей и адаптивной программой, которая способна сохранять информацию в течение заданного времени.

Для поиска неисправностей в контролируемых системах требуется подсоединение специального измерительного блока – диагностического ключа, позволяющего определить место и характер неисправности. Диагностический ключ подсоединяется к диагностическому блоку. Считывание и запись кодов неисправностей, обнаруженных в контролируемой системе, производится с соблюдением необходимых мер эксплуатационной документации на автомобиль. Распознавание и устранение неисправностей производится в соответствии с таблицей кодов неисправностей.

2.3.2. Возможности бортовой системы самодиагностики

Самым простым и распространенным методом диагностирования системы управления дизельным двигателем с АСТП является диагностирование с использованием встроенной бортовой системы самодиагностики. Такой вариант диагностирования состоит в следующем: каждый блок управления системами транспортного средства имеет встроенный алгоритм самодиагностики датчиков, исполнительных элементов и цепей электропроводки; в системах связанных с экологическими ограничениями (ЭСУД) и аварийных системах (подушки безопасности) могут применяться многоуровневые алгоритмы диагностирования компонентов. Блок управления следит за выходом из строя электрических блоков и передает результаты в память неисправностей. Информация о результатах самодиагностирования сохраняется в специально зарезервированных ячейках памяти блока управления, откуда она может быть выведена на диагностический разъем. Считывание информации с диагностического разъема может осуществляться с помощью диагностического сканера или тестера. Современные универсальные диагностические сканеры позволяют осуществлять до 6 уровней диагностирования:

- уровень идентификации системы управления;
- считывание из памяти кодов неисправностей;
- считывание фактических параметров (потока данных, Data Stream);
- управление исполнительными механизмами;
- проведение согласования, адаптации и обучения отдельных компонентов или подсистем;

- считывание результатов специальных экологических тестов, проводимых системой самодиагностики во время движения транспортного средства.

Диагностирование с помощью системы самодиагностики не дает достаточного количества информации для достоверной постановки диагноза. В алгоритме работы современной бортовой системы самодиагностирования можно выделять несколько уровней функционирования.

Первый уровень – проверка сигналов датчиков, установленных в системе. Проверяется версия: не выходит ли сигнал датчика за пределы допускаемого диапазона.

Второй уровень проверок – сравнительный. Оценивается вероятность того, что тестируемый датчик действительно может иметь такой уровень сигнала именно на данном режиме, то есть по отношению к сигналам с других датчиков.

Третий уровень проверки – оценивается динамическое изменение сигнала во времени.

Четвертый уровень проверки заключается в следующем. Если бортовая система управления поставила диагноз об исправности датчика, то с его помощью оценивается динамика самого процесса, происходящего в системе. Например, по сигналу датчика массового расхода воздуха оценивается правильность функционирования системы рециркуляции отработавших газов.

Информация, передаваемая бортовой системой самодиагностики на диагностический разъем, содержит:

- коды имеющихся неисправностей;
- фактические данные управляемых процессов;
- показания различных датчиков в виде напряжения и в виде приведенных физических величин;
- результаты проведенного тестирования подсистем системы управления.

Постановка диагноза осуществляется по следующему алгоритму: считывание области памяти неисправностей, если неисправности присутствуют, то осуществляется проверка параметров системы, связанных с элементом, вызвавшим ошибку.

Параметры, отображаемые диагностическим сканером, сравниваются с эталонными значениями для данного режима. При выходе значения параметра за пределы допуска ставится заключение о возможной причине неисправности на основе технической документации. Если же проверяемым элементом является не датчик, а исполнительный элемент или подсистема в целом, то по командам диагностического сканера тестируемый элемент (подсистема) вводится в тестовый режим. Исправность подсистемы оценивается по удовлетворению граничным условиям, как задаваемого управляющего сигнала, так и отклика системы на этот управляющий сигнал. Отклик на управляющее воздействие воспринимается как изменение сигналов датчиков, установленных в тестируемой подсистеме.

Если оценивать метод «самодиагностики» с точки зрения временных затрат, то он является самым «быстрым». Затраты времени, требующегося

на проведение тестового диагностирования, можно разделить на следующие операции:

- подключение диагностического сканера к диагностическому разъему;
- идентификация блока управления и установка связи;
- считывание кодов неисправностей;
- постановка предварительного диагноза на основе рекомендаций экспертной системы по считанным ошибкам;
- считывание параметров, отображаемых системой самодиагностики, и сравнение их с допустимыми по технической документации;
- проведение тестов исполнительных механизмов (при необходимости);
- постановка окончательного диагноза и отключение диагностического сканера.

2.3.3. Системы самоконтроля электронных систем двигателя

Доминирующая роль, которую играют электронные системы в двигателе, вынуждает уделять повышенное внимание проблемам, связанным с их обслуживанием. Кроме этого, из-за того, что основные функции двигателя становятся все больше зависимыми от электронных систем, эти системы должны удовлетворять достаточно жестким требованиям по надежности.

Решение этих проблем заключается во включении функций самоконтроля в электронную систему. Например, ЭБУ осуществляет самопроверку своего функционирования следующим способом: программируемые чипы памяти хранят тестовые комбинации, которые могут возобновляться и использоваться с целью сравнения. Для запоминающих устройств применяется сравнение с итоговыми данными испытаний для гарантии того, что все данные и программы сохраняются в этих устройствах должным образом (рис. 2.12).

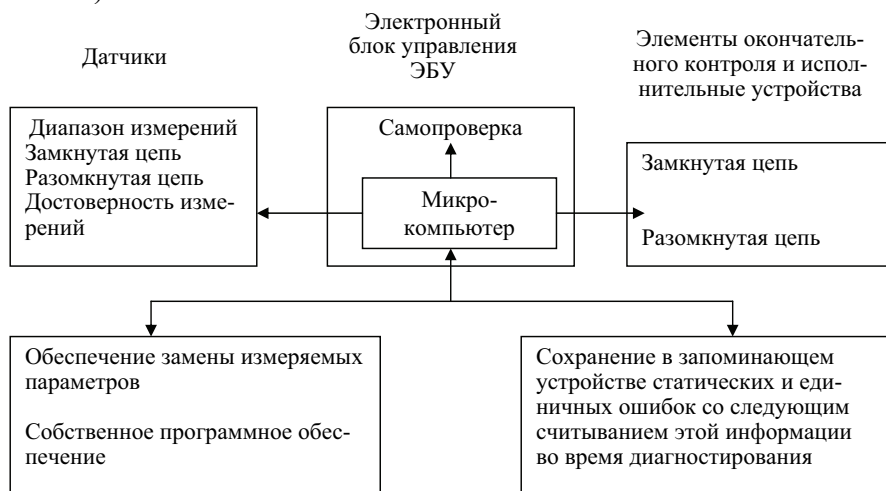


Рис. 2.12. Структура самоконтроля электронных систем

Датчики испытываются на точность полученных от них данных (в установленных пределах); так же проверяются разомкнутые и замкнутые цепи. Конечные элементы управления могут испытываться во время их работы с использованием предельных значений тока.

Внешние испытательные устройства используют интерфейсы, регламентированные в стандарте ISO 9141. Последовательный многорядный вход-выход (порт) обеспечивает поддержку скорости передачи информации в диапазоне значений от 10 Бод до 10 кБод (Бод – единица скорости передачи информации, равняется количеству элементарных электрических сигналов, переданных по линии связи за одну секунду). При этом используется одно- или двухпроводный порт, что позволяет осуществить присоединение к центральному диагностическому разъему сразу нескольких управляющих блоков.

В испытательном блоке осуществляется контроль периода между подачами импульсов с целью определения скорости передачи информации (в Бодах) передатчиком, поддерживаемой автоматически. Байты кодов определяют протокол для следующей передачи данных.

Возможности самоконтроля предусматривают:

- идентификацию системы и ЭБУ;
- распознавание, хранение и считывание информации о статических и единичных нарушениях работы;
- считывание текущих реальных данных, охватывающих условия окружающей среды и спецификации;
- моделирование функций системы;
- программирование параметров системы.

Отдельные программы для испытательного блока хранятся в модулях, в то время как корректировка и передача данных в системе осуществляется посредством интерфейса данных.

На рис. 2.13 приведено периферийное и функциональное оборудование для диагностики электронных систем автомобилей.

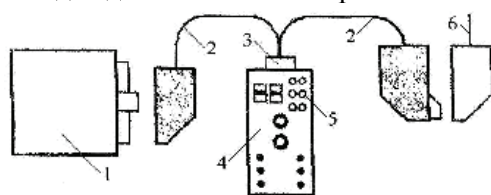


Рис. 2.13. Периферийное и функциональное оборудование, используемое при диагностировании

На рис. 2.13 цифрами обозначены: 1 – ЭБУ; 2 – кабель для присоединения адаптера; 3 – разъем; 4 – универсальный испытательный адаптер; 5 – разъем для присоединения испытательного оборудования; 6 – соединительные провода.

Присоединение испытательного оборудования происходит пу-

тем ввода универсальных адаптеров между элементами штепсельного разъема в месте соединения периферийного устройства с ECU. Если необходимо провести испытание только периферийного устройства (датчика, исполнительного устройства), то достаточно присоединить тестер к штепсельному разъему этого устройства. Отдельная электронная система требует использования только одного заменяемого кабеля, соединенного с адаптером системы. Программа реализуется через универсальный испытательный адап-

тер, потом используется для получения логической последовательности испытаний.

После присоединения к системе испытательный прибор обеспечивает показ замеренных параметров и выдает сигналы, которые отвечают импульсам зажигания и впрыска топлива. Когда ЭБУ остается подключенным к системе для выполнения эксплуатационных испытаний, специальные коды могут быть использованы для ввода различных параметров, которые имитируют условия реальной эксплуатации, а также для оценки точности работы испытательного прибора.

К испытательным программам диагностирования двигателей с компьютерным управлением, которые применяются на СТО, относятся:

- сравнение показателей мощности двигателя при замыкании на массу цепи зажигания каждого цилиндра или при анализе согласования в их работе при разной частоте вращения коленчатого вала;
- определение характера распределения рабочей смеси (по составу) по цилиндрам путем измерения содержания углеводородов в отработавших газах в каждом из цилиндров;
- сравнение значений компрессии в цилиндрах на основе тока стартера;
- анализ напряжения в первичной и вторичной цепях системы зажигания.

Испытания электронных систем двигателей выполняются при использовании испытательного оборудования, специально созданного для применения в бортовых системах диагностики двигателя.

2.3.4. Поиск неисправностей с помощью бортовой системы самоконтроля

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. 2.7 [7]. 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.

Таблица 2.7

**Коды неисправностей и информационные коды
для двигателя Volvo D12A**

Коды неисправностей	
Код	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 ВМТ
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 произведено испытание тормозов или имеется неисправность 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 опасности отказа
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

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 информацию 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.

2.3.5. Факторы, влияющие на достоверность определения неисправностей бортовой системой самоконтроля

Эффект от применения бортовых систем самоконтроля не должен переоцениваться, так как блок управления контролирует другие блоки большей частью лишь по конечному результату. Рано или поздно любой механик сталкивается с ситуациями, когда при неудовлетворительно работающем двигателе из памяти неисправностей может поступать сообщение о том, что неисправности отсутствуют.

Очень часто на явно неисправных транспортных средствах самодиагностика не определяет никаких повреждений или неправильно устанавливает причину неисправности. Особенно это касается гидродинамических или механических неисправностей. В этом случае механик целенаправленными измерениями (рис. 2.14 [7]) должен проверять блоки, которые не определяются самодиагностикой.

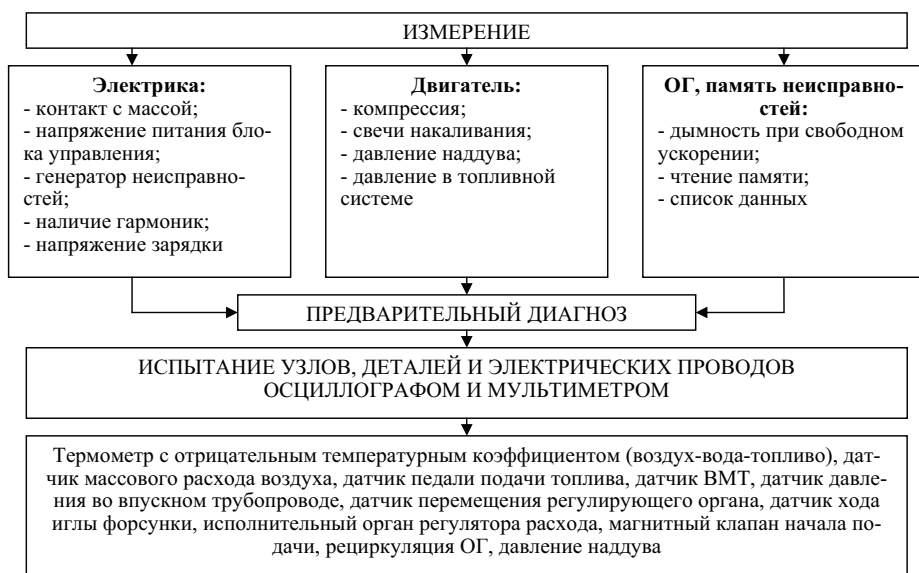


Рис. 2.14. Общий алгоритм поиска неисправности

Самодиагностикой в системе впрыска топлива контролируются только ее электрические компоненты. В электросистеме автомобиля в первую очередь необходимо проверить напряжение питания обоих блоков управления – ТНВД и двигателя. При неисправностях гидравлики системы впрыска или механических агрегатов двигателя самодиагностика беспомощна 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. В системе впрыска для этого потребуются проверка давления подачи топлива, компрессии в цилиндрах и фаз газораспределения. Впрысковая гидравлика про-

веряется измерением давления на линии обратного слива топлива в контуре низкого давления и испытанием распылителей форсунок.

При жалобах на плохой пуск, низкую мощность двигателя или дымный выхлоп рационально провести замер дымности ОГ дымомером. Преимущество такого замера в легком доступе к выпускной трубе.

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. 2.15). Разработчик устанавливает допустимый диапазон температур, например, от -40 до $+140$ °C (рис. 2.16 [7]).

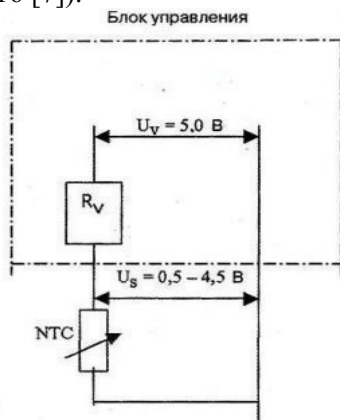


Рис. 2.15. Схема датчика с отрицательным температурным сопротивлением (NTC):

R_v – добавочное сопротивление; U_v – напряжение питания; U_s – напряжение сигнала

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 управления устанавливает ошибку, которая соответствует либо короткому замыканию ($U_s=0$ В), либо обрыву ($U_s=5$ 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 неисправности в блоке, необходимо иметь в виду, что неисправность все же может быть. При помощи системы самодиагностики блок управления производит мониторинг узла, который в описываемом примере состоит из датчика температуры, жгута проводов с



Рис. 2.16. Контролируемое блоком управления напряжение сигнала датчика с отрицательным температурным сопротивлением (NTC):

А – область нормального напряжения; в заштрихованной области блок управления не реагирует на неисправность

разъемами и блока питания. Прежде чем заменить датчик температуры, нужно с помощью дальнейших измерений убедиться, что неисправность действительно связана с неисправностью датчика температуры, а не с неисправностью жгута проводов или блока управления. Эти измерения будут иметь тем большее значение, чем выше стоимость неисправной детали.

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 опросе датчиков проверяют 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 неисправный блок будет установлен – либо обнаружением в памяти неисправностей, либо с помощью соответствующих тестов – неисправная 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 неисправным один из названных 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.

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 трудных неясностях 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 состояние 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 [7].

В аккумуляторной системе топливоподачи создается давление топлива 130-180 МПа на режимах максимального крутящего момента и номинальной мощности, а на холостом ходу – 20-30 МПа. Поэтому проверить наличие утечки, величина которой возрастает с ростом давления на холостом ходу, сложно. Диагностический сканер позволяет (для некоторых блоков управления) кратковременно поднимать давление в аккумуляторе до предельно допустимого и при работе двигателя на режиме холостого хода, что позволяет провести тест утечки.

Достоверность постановки диагноза по всем компонентам системы управления зависит от уровня информативности [26]:

1. Информативность для датчиков составляет примерно 70%.
2. Уровень выходного сигнала датчика не дает возможности поставить абсолютно достоверный диагноз о его техническом состоянии.
3. На 20% снижается информативность сигнала за счет появления так называемых спорадических неисправностей, то есть неисправностей, возникающих периодически, лишь на определенных режимах работы дизеля и отсутствующих непосредственно в момент проведения диагностики. Эти неисправности могут быть действительно связаны как с работоспособностью самого датчика, так и с дефектами электрических соединений к нему.
4. 10% снижения информативности возникает из-за невозможности точно определить, произошло ли искажение сигнала датчика в допустимых пределах по причине его неисправности или это результат неправильной работы другого неисправного узла.
5. Информативность тестовых проверок исполнительных механизмов составляет менее 50%, поскольку здесь возникает требование по достоверности сигналов датчиков подсистемы, по которым оценивается величина отклика. Кроме того, в отличие от контроля датчиков не для всех исполнительных механизмов заложены тесты в бортовой системе самодиагностики.

Для систем управления, разработанных под разные нормы на выброс токсичных веществ существуют различные уровни диагностирования, различные требования к набору диагностируемых узлов, различные тесты исполнительных механизмов. Аккумуляторные системы управления различ-

ных производителей имеют общий принцип работы, но разные реализации системы управления и различные гидравлические схемы. Поэтому достоверность постановки диагноза для различающихся по указанным признакам систем будет различная, если диагноз устанавливается только по показаниям диагностического сканера.

Можно считать, что диагностирование АСТП с помощью бортовой самодиагностики с вероятностью 80-90% устанавливает наличие неисправностей в электронных компонентах и электрических цепях системы управления подачей топлива. При этом оценка состояния гидравлических узлов бортовой системой диагностики может быть неполной, а в некоторых случаях неадекватной реальному состоянию систем и узлов. Достоверность диагностирования значительно зависит от особенностей блока управления, диагностического сканера, года выпуска автомобиля. Не все блоки АСТП позволяют выполнять все шесть уровней диагностики, доступность которых ограничивается возможностями диагностического сканера, а некоторые ЭБУ не поддерживают стандарт OBD-II/EOBD.

Тем не менее самодиагностика, несмотря на ее ограничения в механике и гидравлике, контролируя электронику со все более расширяющимся списком таблицы данных, может существенно помогать в поиске неисправностей.

При встроенной диагностике ЭБУ фиксирует отклонения рабочих параметров в управлении работой двигателя и регистрирует их в виде кодов неисправностей, сигнализируя при движении автомобиля (или при ТО и ремонте) об отклонении параметров технического состояния от установленных норм.

Предупреждения о неисправностях в системе отображаются загоранием специальной лампы диагностики 24 (рис. 2.17) с рисунком двигателя или надписью «Проверь двигатель» («Check Engine»). При использовании специальной технологии контроля, разрабатываемой производителем автомобилей, коды неисправностей считываются с помощью диагностической лампы или специального диагностического сканера (тестера), подсоединяемого к диагностическому разъему 23 [30].

Результаты диагностирования системы впрыска являются основными при определении комплекса операций ТО и ТР топливной системы, что связано с высокой технологической сложностью и стоимостью монтажно-демонтажных, разборочно-сборочных и регулировочных работ системы впрыска, а также с нецелесообразностью частых разборок сопряженных соединений.

Современные системы впрыска оснащены встроенной диагностической системой со функциями самодиагностики, функциональных и контрольных испытаний. Распознавание неисправности происходит путем непрерывного циклового процесса сравнения показателей датчиков и систем на любых режимах работы с заложенными в блоке управления матрицами рабочих значений данных параметров (частота цикла на автомобилях различных производителей может отличаться). Несоответствие полученного рабочего значения требуемому для заданного режима работы распознается

как неисправность, о чем водитель информируется характерным сигналом на рабочей панели автомобиля.

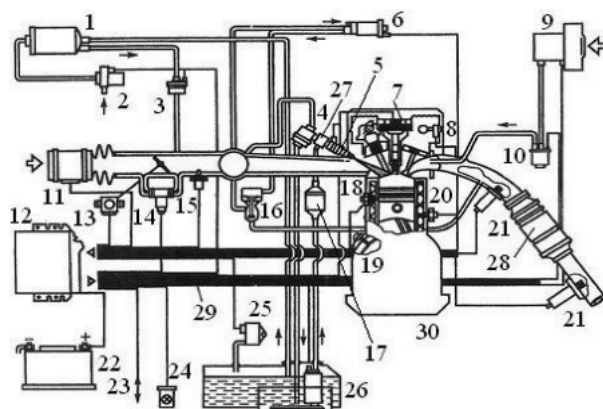


Рис. 2.17. Электронная система управления работой бензинового двигателя:

1 – адсорбер с активированным углем; 2 – клапан впуска воздуха; 3 – клапан продувки адсорбера; 4 – регулятор давления топлива; 5 – форсунка (инжектор); 6 – регулятор давления клапана рециркуляции; 7 – катушка зажигания; 8 – датчик фазы (положения кулачкового вала); 9 – насос дополнительного воздуха; 10 – клапан дополнительного воздуха; 11 – датчик массового расхода воздуха; 12 – электронный блок управления; 13 – датчик положения дроссельной заслонки; 14 – регулятор холостого хода; 15 – датчик температуры воздуха; 16 – клапан рециркуляции отработавших газов; 17 – топливный фильтр; 18 – датчик детонации; 19 – датчик синхронизации (частоты вращения коленчатого вала); 20 – датчик температуры двигателя; 21 – кислородный датчик (λ -зонд); 22 – аккумуляторная батарея; 23 – диагностический разъем; 24 – лампа диагностики; 25 – датчик разности давлений; 26 – электрический топливный насос; 27 – топливный аккумулятор (рампа) форсунок; 28 – нейтрализатор отработавших газов; 29 – электрические цепи; 30 – двигатель

Появление сигнала (сигналов) говорит о необходимости оперативного считывания и распознавания характера неисправности или отказа элемента автомобиля с использованием средств внутреннего диагностирования (если они предусмотрены в конструкции автомобиля), либо через подключение внешнего диагностического оборудования.

Доступ к диагностической системе осуществляется через гнездо (разъем) на диагностическом блоке при включенном зажигании.

Самодиагностика предназначена для оперативного считывания информации о неисправностях и отказах, накопленных в процессе текущей эксплуатации автомобиля. Для накопления информации о неисправностях используется встроенный диагностический блок управления, который способен запоминать 3-4 неисправности одновременно (общее число неисправностей, которые могут быть обнаружены, составляет 13-15).

Функция самодиагностики заложена в электронный блок управления работой двигателя, через который посредством внутрисистемного информационного обмена она может быть применена и для других систем штатного электронного контроля работы автомобиля (автоматическая коробка передач, антиблокировочная система тормозов, противобуксовочная систе-

ма ведущих колес и система стабилизации движения автомобиля, климат-контроль и т. д.).

Коды неисправностей запоминаются при обнаружении сигнала неисправности. Сигнал может незамедлительно отображаться при нажатии испытательной кнопки на диагностическом блоке. Блок управления снабжен памятью для запоминания кода неисправности и адаптивной программой, которая способна сохранять информацию в течение по меньшей мере 10 мин после прекращения подачи электроэнергии.

Функциональное испытание предназначено для диагностирования системы в режиме имитирования последовательного выхода из строя функциональных элементов, обеспечивающих правильную работу системы впрыска (например, датчика положения дроссельной заслонки после того, как он выйдет из положения холостого хода или из положения «работа при полной нагрузке»; блока электронного управления системой зажигания).

Контрольное испытание позволяет проверить работоспособность элементов системы впрыска как до, так и после функционального испытания средствами внутреннего диагностирования.

Режим функционального и контрольного испытания включается после комбинации кратковременных нажатий испытательной кнопки диагностического блока внутри автомобиля.

Для поиска неисправностей в системах впрыска топлива в ряде случаев требуется подсоединение специального измерительного блока (сканера), позволяющего определить место (в проводке, разъемах или самих компонентах, на которых замеры на разъемах блока управления невозможно сделать) и характер неисправности.

Диагностический сканер (ключ) подсоединяется к диагностическому разъему (блоку). Считывание и запись кодов неисправностей, обнаруженных в топливной системе, производится при включенном зажигании и с соблюдением необходимых мер, определяющих технологию диагностирования с использованием диагностического ключа. Распознавание и устранение неисправностей производится в соответствии с таблицей кодов неисправностей. Для каждой серии автомобилей производители автомобилей могут предлагать принципиально отличающиеся таблицы.

Использование диагностического ключа не требует высокой квалификации оператора, так как основным его назначением является распознавание и запись неисправностей, возникших в процессе текущей эксплуатации автомобиля. Поэтому в роли оператора может выступать водитель или владелец транспортного средства.

Для проведения диагностирования следует выполнить ряд подготовительных операций, целью которых является приведение системы в техническое состояние, требуемое для начала диагностирования. Для этого необходимо проверить следующие элементы:

- систему подачи воздуха (рекомендуется снять регулятор холостого хода, промыть его составом для очистки карбюраторов и смазать);
- датчик положения дроссельной заслонки (необходимо убедиться в том, что диск потенциометра чистый);

- ограничитель хода дроссельной заслонки (возможно, его положение было нарушено, в результате чего выходное напряжение датчика положения дроссельной заслонки вышло за пределы нормы);

- трос привода дроссельной заслонки (необходимо удостовериться, что привод правильно отрегулирован и имеет требуемый свободный ход);

- ход рычагов и тяг привода дроссельной заслонки (они должны двигаться свободно и без заедания);

- ряд других элементов в зависимости от сложности системы.

Последовательность вывода кодов неисправностей приведена на рис. 2.18, а пример перечня контролируемых приборов и систем – в табл. 2.8.

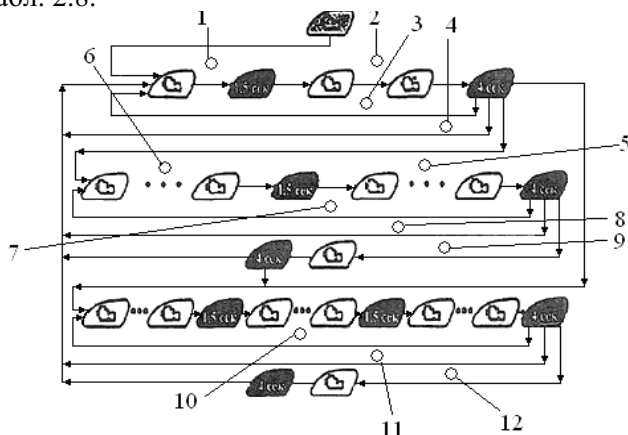


Рис. 2.18. Последовательность вывода кодов неисправностей:

-  - кратковременное включение контрольной лампы – 0,5 сек (если код трехзначный, первая цифра <1> может высвечиваться в течение 1 секунды);
-  - контрольная лампа выключена – 1,5 или 4 с

На рис. 2.18 кружками с вынесенными числами обозначены: 1 – первая цифра <1>; 2 – вторая цифра <2>; 3 – повтор три раза; 4 – нет кодов неисправностей; 5 – вторая цифра кода; 6 – первая цифра кода; 7 – повтор кода три раза; 8 – нет двузначных кодов; 9 – отображение всех двузначных кодов; 10 – повтор кода три раза; 11 – нет трехзначных кодов; 12 – отображение всех трехзначных кодов.

Далее производится диагностирование путем проверки работоспособности элементов системы и считывания данных из диагностической системы о неисправностях, отказах и другой информации.

Чаще всего выявление неисправности в конкретном элементе современной системы впрыска с полностью электронным управлением говорит о необходимости дорогостоящего ремонта этого элемента или его замены. Однако, прежде чем принимать решение о замене запасной деталью, следует уточнить диагноз.

Одной из наиболее частых неполадок может быть снижение оборотов двигателя на холостом ходу, сопровождающееся загоранием контрольной лампы на панели самодиагностики и высвечиванием кода неисправности, который указывает на неисправность потенциометра дроссельной заслонки. Обычно в этом случае потенциометр рекомендуется заменить.

Потенциометр является устройством, напряжение которого находится в прямой зависимости от угла открытия дроссельной заслонки и изменяется от 0,5 до 4,5 В. При перемещении дроссельной заслонки напряжение должно возрастать плавно. Важно удостовериться, что выходное напряжение находится в требуемых пределах. Потенциометр проверяют при включенном зажигании с помощью очень чувствительного вольтметра, поскольку достаточно малейшего отклонения выходного напряжения потенциометра от нормы, чтобы произошли нарушения в работе системы впрыска. Поэтому обычные тестеры в данном случае непригодны. Лучше всего использовать для этого осциллограф, так как он уверенно воспринимает любые электрические сигналы, включая наведенные. Наведенные электрические сигналы могут имитировать неисправности, даже в том случае, если выходное напряжение соответствует требуемому значению. Шумовой сигнал воспринимается ЭБУ как сигнал потенциометра, что может приводить к нарушению работы регулятора холостого хода. Побочным эффектом этого может стать увеличение расхода топлива.

Таблица 2.8

Перечень контролируемых приборов и систем

Позиция диагностики	Работа электронного управления после возникновения неисправности
Нет сигнала от датчика положения распределительного вала к электронному модулю	Электронный модуль для управления моментом впрыска топлива использует только сигнал от датчика положения коленчатого вала. (Нормальный порядок многоточечного впрыска топлива невозможен)
Низкое напряжение от датчика положения дроссельной заслонки	Вместо сигнала от датчика положения дроссельной заслонки электронный модуль использует значение, вычисленное с использованием сигнала от датчика абсолютного давления в коллекторе
Высокое напряжение от датчика положения дроссельной заслонки	Вместо сигнала от датчика положения дроссельной заслонки электронный модуль использует значение, вычисленное с использованием сигнала от датчика абсолютного давления в коллекторе
Низкое напряжение от датчика температуры охлаждающей жидкости	1. Электронный модуль использует значение по умолчанию для температуры охлаждающей жидкости. 2. Электронный модуль включает вентилятор радиатора. 3. Электронный модуль осуществляет управление без цепи обратной связи
Высокое напряжение от датчика температуры охлаждающей жидкости	1. Электронный модуль использует значение по умолчанию для температуры охлаждающей жидкости. 2. Электронный модуль включает вентилятор радиатора. 3. Электронный модуль осуществляет управление без цепи обратной связи
Нет сигнала от датчика скорости автомобиля	Электронный модуль управляет двигателем так, как если бы скорость автомобиля была равной нулю
Низкое напряжение от датчика абсолютного давления в коллекторе	Электронный модуль использует расчетное значение, вычисленное при использовании вместо сигнала датчика давления в коллекторе сигналов датчика положения дроссельной заслонки и датчика скорости автомобиля

Позиция диагностики	Работа электронного управления после возникновения неисправности
Высокое напряжение от датчика абсолютного давления в коллекторе	Электронный модуль использует расчетное значение, вычисленное при использовании вместо сигнала датчика давления в коллекторе сигналов датчика положения дроссельной заслонки и датчика скорости автомобиля
Низкое напряжение от датчика температуры поступающего воздуха	Электронный модуль вместо сигнала от датчика температуры воздуха использует сигнал от датчика температуры охлаждающей жидкости
Высокое напряжение от датчика температуры поступающего воздуха	Электронный модуль вместо сигнала от датчика температуры воздуха использует сигнал от датчика температуры охлаждающей жидкости
Сигнал от датчика положения дроссельной заслонки не соответствует сигналу от датчика абсолютного давления в коллекторе	Электронный модуль вместо сигнала от датчика положения дроссельной заслонки использует значение, вычисленное с использованием сигнала от датчика абсолютного давления в коллекторе
В ремне газораспределительного механизма неисправен один или несколько зубьев	Электронный модуль для управления моментом впрыска использует только сигнал от датчика положения коленчатого вала. (Нормальный порядок многоточечного впрыска топлива невозможен)
Пропуски данных о положении распределительного вала или коленчатого вала	Электронный модуль для управления моментом впрыска использует только сигнал от датчика положения коленчатого вала. (Нормальный порядок многоточечного впрыска топлива невозможен)

Поиск неисправностей и их устранение в двигателе с ЭВТ не очень отличается от подобных операций на карбюраторном двигателе. Проверку каждой системы следует проводить по трем важным направлениям, а именно: необходимости обеспечения «высокого давления сжатия», «правильной установки опережения зажигания и мощной искры» и «хорошей рабочей смеси».

Особенно нужно помнить о необходимости определения того, связана ли проблема с системой ЭВТ. Поэтому проверку необходимо проводить, прежде всего, определением того, связана ли неисправность с системой пуска или с дефектом самого двигателя, влияющими на давление сжатия; или с системой зажигания, влияющей на правильную установку опережения зажигания и новообразования. Затем следует перейти к проверке системы ЭВТ, регулирующей рабочую смесь (рис. 2.19). Проверка системы пуска, двигателя или системы зажигания такая же, как и у карбюраторного двигателя и механику нужно попытаться установить, в какой системе имеется неисправность. Проверка системы ЭВТ, конечно, отличается от проверки карбюратора.

В большинстве современных систем впрыска выходное напряжение потенциометра дроссельной заслонки используется в качестве сигнала о предстоящем ускорении автомобиля. Поэтому еще одним признаком неисправности потенциометра является избыточная подача топлива.

Особенностью отказа потенциометра является то, что его невозможно вернуть в рабочее состояние путем очистки или ремонта. Почти всегда это герметичное неразборное устройство, поэтому, если оно действительно неисправно, его можно только заменить.



Рис. 2.19. Контроль системы ЭВТ

Другой неисправностью современной системы впрыска является неустойчивая работа двигателя при холодном пуске, иногда сопровождающаяся обратными хлопками во впускной коллектор. Чаще всего это является следствием обеднения смеси, вызванным ошибками в программном обеспечении ЭБУ. Это может означать как его выход из строя, так и неисправность одной или нескольких форсунок. Чтобы проверить форсунки необходимо их снять, очистить и убедиться в исправности. Для такой проверки требуется специальное оборудование.

Если проверка показывает, что форсунки исправны, следует проверить программу ЭБУ, так как его ремонт обходится чаще всего дешевле, чем покупка нового. Вместе с проверкой ЭБУ необходимо проверить отсутствие подсоса воздуха в систему впрыска, что может вызвать обеднение смеси.

Обычно подобные неисправности проявляются при значительном суммарном пробеге автомобиля, когда двигатель начинает «стареть». Это способствует образованию нагара на клапанах и общий износ двигателя.

Современные автомобили чаще всего оснащены каталитическими нейтрализаторами и имеют систему ограничения вредных выбросов с обратной связью от λ -зонда. Если состав выхлопных газов не соответствует норме (топливная смесь слишком бедная или богатая), то прежде чем проверять на работоспособность λ -зонд, необходимо проверить выходное напряжение датчика абсолютного давления.

Считывание может осуществляться с помощью тестера (мотор-тестера, автотестера, сканера), подключенного к диагностическому разъему (расположение диагностического разъема различными производителями

определяется по-разному, например, перед селектором коробки передач в салоне водителя, рис. 2.20) [30].

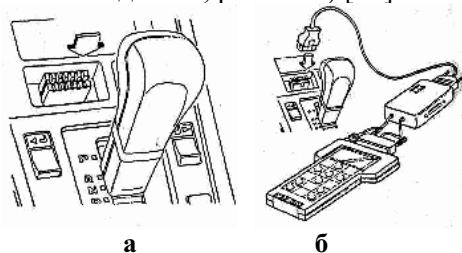


Рис. 2.20. Подключение внешнего диагностического оборудования:

а – место расположения диагностического разъема для подключения диагностического тестера; б – способ подключения диагностического тестера

ность обрывом, коротким замыканием на электропитание (+) или коротким замыканием на «массу». Это дает в общей сложности 195-405 различных кодов неисправностей.

Если причины неисправностей не могут быть обнаружены при предварительной проверке и при контроле в участках, не связанных с системой ЭВТ, следует проверить систему ЭВТ. В приведенной табл. 2.9 включены следующие возможные причины:

- двигатель глохнет;
- плохой запуск двигателя;
- плохая работа двигателя;
- неустойчивый холостой ход.

Таблица 2.9

Поиск причины неисправности «двигатель глохнет»

Проявление	Вероятная причина		
	Система	Узел	Вид неисправности
Двигатель глохнет сразу же после проворачивания	Топливная система	Топливный насос	Не работает
		Реле размыкания цепи	Не включается
		Регулятор давления	Неисправен
		Топливный фильтр, топливопровод	Засорены
Двигатель глохнет при нажатии на педаль акселератора	Электронная система управления	Расходомер воздуха	Неправильное сопротивление и напряжение
		Датчик температуры охлаждающей жидкости	
		Корпус дроссельной заслонки	
		Расходомер воздуха	
Двигатель глохнет, но повторно запускается	Система электропитания	Включатель зажигания	Плохой контакт
		Главное реле ЭВТ	
	Электронная система управления	Расходомер воздуха	Неисправен
		Катушка зажигания	Плохой контакт

Содержание таблицы служит только средством ознакомления механиков с основными операциями поиска неисправностей и не является исчерпывающим. Подробности изложены в руководстве по ремонту соответствующего двигателя. В этой таблице ЭБУ не рассматривается как вероятная причина дефекта, поэтому сначала следует проверить каждый узел, а затем, если они исправны, проверить ЭБУ.

Применение внешнего диагностического оборудования позволяет на более высоком качественном уровне выполнять в штатном режиме функциональные и контрольные испытания при диагностировании.

2.3.6. Недостатки бортовых и стационарных электронных систем диагностирования

К недостаткам систем «самодиагностики» следует отнести усложнение конструкции двигателя, повышение его стоимости, повышение требований к качеству топлива, сложность в обслуживании (необходимость применения специального оборудования при уточнении диагноза), недостаточная достоверность диагноза, невозможность прогнозирования остаточного ресурса.

Стремительное развитие современных методов диагностики, основанной на развитой системе кодов, которая заложена в блок управления автомобильными системами, создало у многих диагностов иллюзорное ощущение наступления своеобразного «золотого века» в их работе, когда любая неисправность может быть легко обнаружена. Достаточно лишь подключить сканер к диагностическому разъему. Фактически поиск места и вида многих сложных неисправностей – это трудоемкий и далеко не всегда конкретный и достоверный процесс. Глубина поиска электронной системой неисправности на основе анализа информации неисправностей (если она имеется) определяется лишь узлом, линией связи и, в лучшем случае, датчиками не в полном объеме. Почти все электронные системы не выполняют требования прогнозирования остаточного ресурса (в часах или километрах пробега) как основной составляющей задачи диагностирования.

Многие независимые техцентры во главу угла поставили вопрос о покупке оригинальных «дилерских» сканеров и даже весьма преуспели на этом поприще. Однако при этом далеко не всегда понесенные затраты позволили получить информационную поддержку дилерской диагностики. Последняя, как правило, доступна лишь для авторизованных техцентров. Даже в дилерских центрах дополнительные и абсолютно необходимые возможности дилерских диагностических приборов используются не в полной мере. Столь же велика надежда на всемогущество «дилерского» сканера, которая не всегда оправдывается.

Не всегда оправдывается оснащение СТО сложными многоканальными электронными системами (например, двумя 12-канальными осциллоскопами), поскольку такие системы используют не часто.

Многие диагносты утверждают, что все неисправности диагностируются сканером и осциллографом, а те немногие сложные, не обнаруживае-

мые этими приборами, не делают «погоды». Тогда возникает вопрос, зачем оснащать сотни тысяч выпускаемых автомобилей мощными (а значит дорогими) системами самодиагностики, если дешевле снабдить каждого дилера диагностическим центром: сканером, осциллоскопом, газоанализатором, а также информационной системой с «дополнительной информацией»? Поэтому при существующих уровнях разработки систем самодиагностики рационально оснащать блоки управления автомобилей только самыми необходимыми функциями самодиагностики. А все остальные неисправности должен найти и устранить диагност с помощью указанного комплекта приборов.

В любом случае, именно качество элементной базы модуля осциллоскопа при оцифровке аналогового сигнала имеет главенствующее значение.

Вполне логично предположение, что осциллоскоп еще нескоро станет ненужным инструментом и уйдет из арсенала современного диагноста.

Рационально оснащать СТО и АТП современными модульными конструкциями (типа приборов фирмы AVL, Австрия), в которой отдельные модули – осциллоскоп, сканер, газоанализатор – собраны на стойке (консоли), но одновременно могут быть использованы независимо друг от друга либо самостоятельно, либо на базе ПЭВМ или ноутбука.

На сегодняшний день появляется все больше производителей электронных компонентов и блоков управления, так называемых ЭБУ (ECU). Они управляют двигателем, КПП, тормозами и многими другими системами. Их производят фирмы Bosch, Siemens, Magnetti Marelli, Delphi, Hitachi и др. Зачастую они предлагают диагностические приборы, которые имеют обширную информацию о работе «своих» ECU и других компонентов, но бывают слабы в диагностике систем других производителей.

Проведение диагностики с помощью системного сканера, безусловно, целесообразно в случае если на панели приборов диагностируемого автомобиля загорелась сигнальная лампа «Check Engine».

Необходимо учитывать, что система самодиагностики достоверно выявляет обрывы и короткие замыкания в проводке датчиков и исполнительных механизмов. Отклонения же параметров компонентов системы управления двигателем в большинстве случаев не выявляются. Для подобных ситуаций блоки управления оснащаются функциями, позволяющими передавать фактические параметры (параметры сигналов датчиков и рассчитываемые блоком управления) через сканер для отображения на мониторе компьютера.

Такая функция позволяет получить дополнительную информацию для выявления неисправности. Но так как дискретность передаваемых через сканер данных очень низка, функция передачи фактических величин пригодна для контроля параметров лишь на установившихся режимах работы двигателя и медленно изменяющихся параметров.

В случае если диагностика СУД с системного сканера выявила сбой какого-то датчика или исполнительного механизма, данные обязательно нужно перепроверить дополнительными измерениями и другими методами. Необходимо просмотреть осциллограммы входных и выходных электрических сигналов датчиков и исполнительных механизмов и только после этого

можно делать какие-либо выводы.

Дополнительная перепроверка считанных ошибок необходима, так как очень часто система самодиагностики сохраняет ложный код неисправности. Например, в случае, если до лямбда-зонда в систему выпуска отработавших газов попадает воздух, то сканер укажет на неисправность лямбда-зонда. А неисправность заключается всего лишь в прогоревшей прокладке или трещине в выпускном коллекторе.

Из-за негерметичности состав газов в выпускной системе изменяется, и лямбда-зонд регистрирует повышенное содержание кислорода в отработавших газах. Система управления двигателем на это реагирует обогащением топлива воздушной смеси, а лямбда-зонд по-прежнему регистрирует высокий уровень содержания кислорода. В результате в память неисправностей записывается код ошибки работы лямбда-зонда.

Подобный код может быть записан и по причине загрязнения датчика массового расхода воздуха, которое происходит в основном из-за несвоевременной замены воздушного фильтра. Из-за загрязнения сигнал датчика перестает соответствовать количеству протекающего воздуха, кроме того, значительно повышается его инерционность. Вследствие этого блок управления неправильно рассчитывает необходимое количество топлива, что приводит к обеднению топливоздушнoй смеси. Лямбда-зонд при этом фиксирует повышенный уровень содержания кислорода в отработавших газах, а система самодиагностики заносит в память неисправностей код ошибки именно лямбда-зонда, а не расхода воздуха. Проконтролировать исправность датчика массового расхода воздуха можно на режиме резкой перегазовки по осциллограмме напряжения его выходного сигнала.

Иногда случается, что система самодиагностики не способна выявить возникшую неполадку. Например, в памяти блока управления «судорожно дергающегося» двигателя автомобиля Nissan Maxima никаких кодов неисправностей сохранено не было, все фактические параметры, отображаемые через сканер, также были в норме. Но при этом на полученной осциллограмме напряжения выходного сигнала датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя были обнаружены четко выраженные пропуски и нарушения формы импульсов, чего не должно быть на сигнале датчика, именуемого Engine Speed Sensor. Так как искаженные импульсы повторялись систематически, под подозрением оказался задающий зубчатый диск. Осмотреть его смогли через посадочное отверстие датчика, после того как его сняли.

Путем медленного проворачивания коленчатого вала визуально были выявлены серьезные повреждения зубьев диска в двух местах. Это произошло при замене ремня ГРМ, когда для фиксации коленчатого вала вместо зубчатого венца маховика по ошибке был застопорен зубчатый венец датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Система самодиагностики также не способна достоверно выявить отклонения параметров датчиков. А такие «невидимые» для системы самодиагностики неисправности, как, например, старение или «отравление» лямбда-зонда, разгерметизация его измерительных камер, загрязнение датчика

массового расхода воздуха приводят к очень серьезным нарушениям в работе СУД. При этом сохраненные коды ошибок не соответствуют действительности. Выявить истинные неисправности в таком случае можно по осциллограммам напряжений сигналов.

Контрольные вопросы

1. Как бортовая система обеспечивает самодиагностику двигателя?
2. Какие существуют типичные операции по организации самоконтроля?
3. Какие возможности бортовой системы по самодиагностике?
4. Как производится самоконтроль электронных систем двигателя?
5. Как выполняют испытания электронных систем двигателя?
6. Как производят поиск неисправностей с помощью бортовой системы самодиагностики?
7. Какие факторы влияют на достоверность определения неисправностей бортовой системой самодиагностики?
8. Какие недостатки бортовых и стационарных электронных систем диагностики?

2.4. Диагностирование двигателей по таблицам неисправностей и функциональным параметрам

2.4.1. Сбор информации о возможных неисправностях

Основанием для поиска неисправностей двигателя автомобиля, как правило, служит обращение водителя (клиента). У обратившегося в первую очередь необходимо досконально выяснить, при каких условиях возникла неисправность. Для этого существует такой документ как опросный лист (рис. 2.21 [7]).

Если клиент не может ответить на все вопросы об обстоятельствах возникновения неисправности достаточно полно, следует провести контрольные проверки: запуск двигателя, проверить исправность механических и электрических систем (в соответствии с инструкцией по эксплуатации конкретного автомобиля). Общий алгоритм поиска неисправностей приведен на рис. 2.14. Другие неисправности можно определить во время пробной поездки. Такие действия могут отнять много времени, однако имеют свои преимущества.

Функционирование исполнительных механизмов, действующих по команде блока управления, может быть предварительно определено визуально или на слух. Однако, эффективность сильно ограничена. Реле, например, может щелкать и при наличии сгоревших контактов, а гидравлический или пневматический клапан может срабатывать не только под действием электрических команд. В любом случае при оценке закрытых конструктивных элементов без диагностики исполнительных механизмов не обойтись.

После проверки условий возникновения неисправности по данным водителя (клиента) предварительные предположения должны быть подтверждены проведенными затем измерениями. Выбор измерений определяется наличием оборудования для диагностики и необходимыми затратами времени.

Выбор направления поиска неисправности можно определять по таблице данных с проведением тестирования.

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/час			
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. 2.21. Форма опросного листа

Регулировка начала подачи топлива в современных системах впрыска осуществляется установкой программного обеспечения в блоках управления. Соответствующие функции имеют выпускаемые для этих систем тестовые устройства.

Для электронных систем с самодиагностикой сначала считывают информацию из памяти неисправностей. При сложной неисправности на панели приборов загорается предупреждающая сигнальная лампа («Check Engine» - «Проверь двигатель»), что во многих случаях сопровождается сни-

жением подачи топлива или повышением частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода. Неисправный узел часто удается определить с использованием таблицы поиска неисправностей (табл. 2.10). Наряду с чтением памяти неисправностей можно просмотреть таблицу данных (табл. 2.11) и провести тестирование исполнительных механизмов.

Преимущество метода состоит в легком доступе к информации и возможности предварительной диагностики всех имеющихся электронных блоков. Блок управления проверяет все датчики и исполнительные механизмы на неисправность и отказ. При выходе из строя конструктивного элемента активизируется аварийный режим работы и неисправность записывается в память.

Таблица 2.10

Поиск 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 ¹	вкл	×	×				×		×
Датчик давления во впускном трубопроводе ²	выкл				×		×		
Датчик температуры двигателя	выкл	×				×			×
Датчик движения иглы форсунки ³	вкл		×				×		При высокой частоте вращения коленчатого вала
Магнитный клапан начала подачи топлива	выкл	×	×	×	×		×		
Расходомер воздуха	выкл				×		×		
Напряжение питания ⁴	выкл						×	×	Рывки, остановка двигателя
Выключатель сигнала остановки ⁵	вкл						×		
Датчик положения регулирующего элемента	вкл	При выходе из строя - остановка двигателя							Особенно при использовании потенциометрического датчика
Датчик педали подачи топлива	вкл						×	×	×
Подача топлива ⁶	выкл	×		×			×	×	

Неисправность	Аварийная сигнализация	Затруднения холостого пуска	Неравномерное вращение коленчатого вала	Стуки	Черный дым в ОГ при полной нагрузке	Дымление ОГ при пуске	Потеря мощности	Рывки	Повышенные обороты холостого хода
Распылитель ⁷	выкл	×	×	×	×	×	×	×	
Датчик давления наддува	выкл						×		
Клапан рециркуляции ОГ	выкл				×		×		

Примечание:

1 - нет показаний тахометра, при одновременном выходе из строя датчика движения иглы форсунки – остановка двигателя;

2 – дополнительный подогрев не действует (Volkswagen 1,9 TDI), время включения свечей накаливания всегда равно 15 с;

3 – при выходе из строя, одновременно с датчиком ВМТ, - остановка двигателя;

4 – проверить реле питания блока управления;

5 – не работает регулирование постоянной скорости , синхронизировать моменты срабатывания контактов сигнала остановки;

6 – 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);

7 – последовательно по цилиндрам отворачивать трубопроводы высокого давления и наблюдать за изменением дымности ОГ.

Таблица 2.11

**Технические данные дизельного двигателя
Volkswagen TDI мощностью 66 кВт, модель IZ**

Контролируемые параметры		Значения
1	Действительная частота вращения коленчатого вала	903 мин ⁻¹
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	Сквозность управляющего сигнала клапаном 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

Контролируемые параметры		Значения
13	Скважность управляющего сигнала электромагнитного 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 подачи топлива цилиндра 3	0,26 мг/цикл
Прибор AVL Discan 863		

2.4.2. Контроль функциональных параметров двигателя

Таблицы неисправностей. До начала поиска неисправностей по таблицам неисправностей необходимо выполнить следующие условия проверки: должны быть исключены ошибки водителя при запуске двигателя, бак заправлен топливом, двигатель механически исправный, аккумулятор заряжен, стартер вращается с достаточным числом оборотов, в топливной системе нет воздушных подушек.

Таблицы данных рабочих состояний двигателя. Все современные блоки управления передают на считывающее устройство измеренные 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. Примеры таблиц данных рабочих состояний двигателей приведены в табл. 2.10, 2.11 [7].

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. 2.11). После длительной стоянки автомобиля измеряемые величины температуры должны отличаться от заданных не более, чем на 2 °С. Если эта величина превышена, датчик температуры необходимо протестировать, в частности, с использованием термометра. Список

данных, приведенных в табл. 2.11, может отличаться в зависимости от применяемой системы впрыска. 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 $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, которое сразу бросится в глаза (хотя в северных регионах такая температура может и не удивить). 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. 2.11). 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. 2.11) 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. Из опыта, причину неисправности необходимо искать при отклонении подачи топлива больше чем на $1,5\text{ мг/цикл}$ или на 30% от базовой величины подачи (строка 2, табл. 2.11). Оценка отклонений подачи топлива дает возможность быстро найти цилиндр с отклонением в подаче, что особенно эффективно для аккумуляторной системы впрыска или системы с насос-форсунками, так как в этих системах нельзя обнаружить неисправность путем последовательного отсоединения по цилиндрам трубок высокого давления. Если цилиндр с отклонением подачи найден по большому отклонению подачи топлива, измерением компрессии в цилиндрах следует установить, что неисправно: гидравлика форсунок или же это ошибка в работе других механизмов двигателя. Типичные неисправности в электрической схеме 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 датчи-

ки. 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.

Используя переносной тестер, в течение короткого времени получают обзор измеряемых величин датчиков и управляемых величин исполнительных механизмов. Если автомобиль долгое время не эксплуатировался, все датчики температуры (строки 5-8, табл. 2.12) 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. 2.12) должны показывать одинаковые значения. При неравномерной работе двигателя следует обратить внимание на строки 21-26, табл. 2.12, 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, так как 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. 2.12, неисправность относится к третьему – опорному – цилиндру, который и работает именно при большой подаче топлива [7].

Таблица 2.12

**Выписка из таблицы данных двигателя Audi A6 TDI,
полученных на режиме холостого хода**

Измеряемая величина	Измеренное значение	Примечание (заданные значения и т. п.)
1. Частота вращения коленчатого вала	740 мин ⁻¹	
2. Положение педали подачи топлива	0%	Педаль отпущена – 0%, нажата до отката – 100%, исправить при отклонении установки педали подачи топлива
3. Контакты холостого хода	замкнуты	
4. Выключатель компрессора кондиционера	включен	

Измеряемая величина	Измеренное значение	Примечание (заданные значения и т. п.)
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 до ВМТ	При последнем пуске двигателя
15. Заданное значение начала подачи топлива	0,6° угла поворота коленчатого вала до ВМТ	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 3800-4200 мин ⁻¹ 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
16. Действительное значение начала подачи топлива	0,6° угла поворота коленчатого вала до ВМТ	
17. Скважность управляющего сигнала электромагнитного клапана регулирования начала подачи топлива	73%	Скважность 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	

Измеряемая величина	Измеренное значение	Примечание (заданные значения и т. п.)
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 ⁻¹ – не более 37-40 мг/цикл, если менее 37 мг/цикл – аварийный режим, если более 40 мг/цикл – чип-тюнинг
28. Ограничение подачи топлива по расходу воздуха	23,2 мг/цикл	Заданная величина при полной нагрузке и частоте вращения коленчатого вала 2800-3500 мин ⁻¹ – 41 мг/цикл, если более 41 мг/цикл – чип-тюнинг, если менее 41 мг/цикл – проверить расходомер воздуха, рециркуляцию ОГ и турбонагнетатель
29. Расход воздуха на впуске (заданное значение)	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 – 550 мг/цикл, использовать запасные величины. Система – в аварийном режиме
30. Расход воздуха на впуске (действительное значение)	259 мг/цикл	
31. Скажность управляющего сигнала преобразователя давления рециркуляции ОГ	45%	Скажность управляющего сигнала при полной нагрузке и частоте вращения коленчатого вала более 3000 мин ⁻¹ должна снизиться до 5-10%
32. Атмосферное давление	1000 мбар	Допустимое различие показаний при остановленном двигателе и работающем составляет максимум ± 20 мбар
33. Давление наддува воздуха (предписанное значение)	1061 мбар	Давление наддува при полной нагрузке и частоте вращения коленчатого вала 2900-4000 мин ⁻¹ – 1,9-2,2 бар. При отклонении проверить нагнетатель, охладитель воздуха и систему регулирования наддува
34. Давление наддува воздуха (действительное значение)	1061 мбар	
35. Скажность управляющего сигнала преобразователя давления турбонаддува	85%	Скажность управляющего сигнала при достижении допустимого давления наддува должна стать меньше
36. Дополнительный подогрев	включен	
37. Загрузка генератора	51%	
38. Диагностика запаса топлива	000	000 – норма; 100 – бак пустой; 010 – бак почти пустой; 001 – включение сигнализатора на панели приборов правильное
39. Топливный насос	включен	

Измеряемая величина	Измеренное значение	Примечание (заданные значения и т. п.)
40. Напряжение питания блока управления двигателем	13,45 В	
41. Напряжение питания 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 – правильный сигнал выключения; 01000000 – не определяется частота вращения коленчатого вала; 10000000 – неисправен трубопровод

При подозрении на чип-тюнинг по данным, приведенным в строках 27 и 28, табл. 2.12, можно проверить, изменила ли настройка поле характеристик по ограничению подачи топлива.

Рециркуляция ОГ проверяется по данным строк 29-30, табл. 2.12. 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 запускается, следует обратить внимание на строки 38-42, табл. 2.12. 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, так как передача данных от блока управления к пробнику происходит слишком медленно.

В зависимости от значимости ошибки впрыскивание топлива продолжается или двигатель останавливается. С помощью соответствующего тестера данные памяти неисправностей могут считываться или удаляться. Благодаря наличию таблицы данных все значения параметров, которые обрабатывает блок управления, могут анализироваться. В табл. 2.13 приведены результаты испытаний и параметры работы двигателя на режиме холостого хода. Здесь важными являются строки 6 и 8 (см. табл. 2.13 [7]), в которых даны давление в аккумуляторе высокого давления и скважность управляющего сигнала электромагнитного клапана регулирования давления. Давление в аккумуляторе высокого давления на режиме холостого хода должно составлять от 240 до 300 бар, скважность управляющего сигнала электро-

магнитного клапана регулирования давления – примерно 15% при давлении 250 бар и 17% при 300 бар.

Таблица 2.13

Таблица данных двигателя CDI на режиме холостого хода

Величина	Значение
1. Частота вращения коленчатого вала двигателя	750 мин ⁻¹
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 ME
8. Скважность 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 ME

Примечание:

ME – условная единица подачи топлива, принятая фирмой Mercedes-Benz для измерения подачи топлива

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. 2.13). 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.

2.4.3. Поиск неисправностей двигателя по причинно-следственным связям

Процесс поиска неисправностей двигателя разрабатывается на основе структурных схем и граф-моделей. Они строятся по различным признакам, например, по функциональным, в пространстве свойств элементов или в пространстве параметров. Поэтому алгоритм поиска неисправностей также различен. Наилучшим считается алгоритм, позволяющий локализовать неисправность с меньшим числом проверок и с меньшей трудоемкостью.

Процесс поиска неисправности заключается в логической обработке некоторой объективно существующей информации, поступающей от работающих агрегатов в определенный отрезок времени. Эта информация поступает в виде системы внешних признаков, прямо или косвенно характеризующих техническое состояние систем двигателя.

Рассмотрим функциональную схему уровней поиска неисправностей и причинно-следственных связей на примере датчика распределителя бесконтактной системы зажигания (рис. 2.22) [32].

Уровень 1: 1-1 – высоковольтная крышка; 1-2 – корпус датчика распределителя; 1-3 – центробежный автомат; 1-4 – вакуумный автомат; 1-5 – датчик Холла с опорной пластиной.

Уровень 2: 2-1 – сопряжение «высоковольтная крышка-уголек»; 2-2 – «уголек-ротор»; 2-3 – «ротор-помехоподавительный резистор»; 2-4 – сопряжение «держатель переднего подшипника валика-валик»; 2-5 – сопряжение «валик распределителя-ведомая пластина центробежного автомата»; 2-6 – «валик распределителя-муфта»; 2-7 – «ведущая пластина центробежного автомата-грузики»; 2-8 – «грузики центробежного автомата-пружины»; 2-9 – «ось грузика на ведомой пластине-грузик»; 2-10 – «опорная пластина с подшипником-держатель переднего подшипника валика»; 2-11 – «тяга вакуумного автомата-диафрагма вакуумного регулятора»; 2-12 – «диафрагма-пружина вакуумного регулятора»; 2-13 – «пружина-крышка вакуумного автомата»; 2-14 – «корпус распределителя-сальниковое уплотнение»; 2-15 – «муфта-штифт»; 2-16 – «датчик Холла-замыкатель»; 2-17 – «датчик Холла-провод с разъема».

Уровень 3: 3-1 – сопротивление уголька; 3-2 – сопротивление помехоподавительного резистора; 3-3 – сопротивление изоляции высоковольтной крышки; 3-4 – сопротивление изоляции ротора; 3-5 – упругость пружин центробежного регулятора; 3-6 – величина зазора между осью грузика и осью; 3-7 – упругость пружины вакуумного автомата; 3-8 – величина люфта в переднем подшипнике распределителя; 3-9 – величина люфта валика в подшипнике скольжения корпуса распределителя; 3-10 – величина зазора между муфтой и корпусом; 3-11 – форма выходного напряжения сигнала датчика Холла; 3-12 – величина люфта подшипника в держателе переднего подшипника валика.

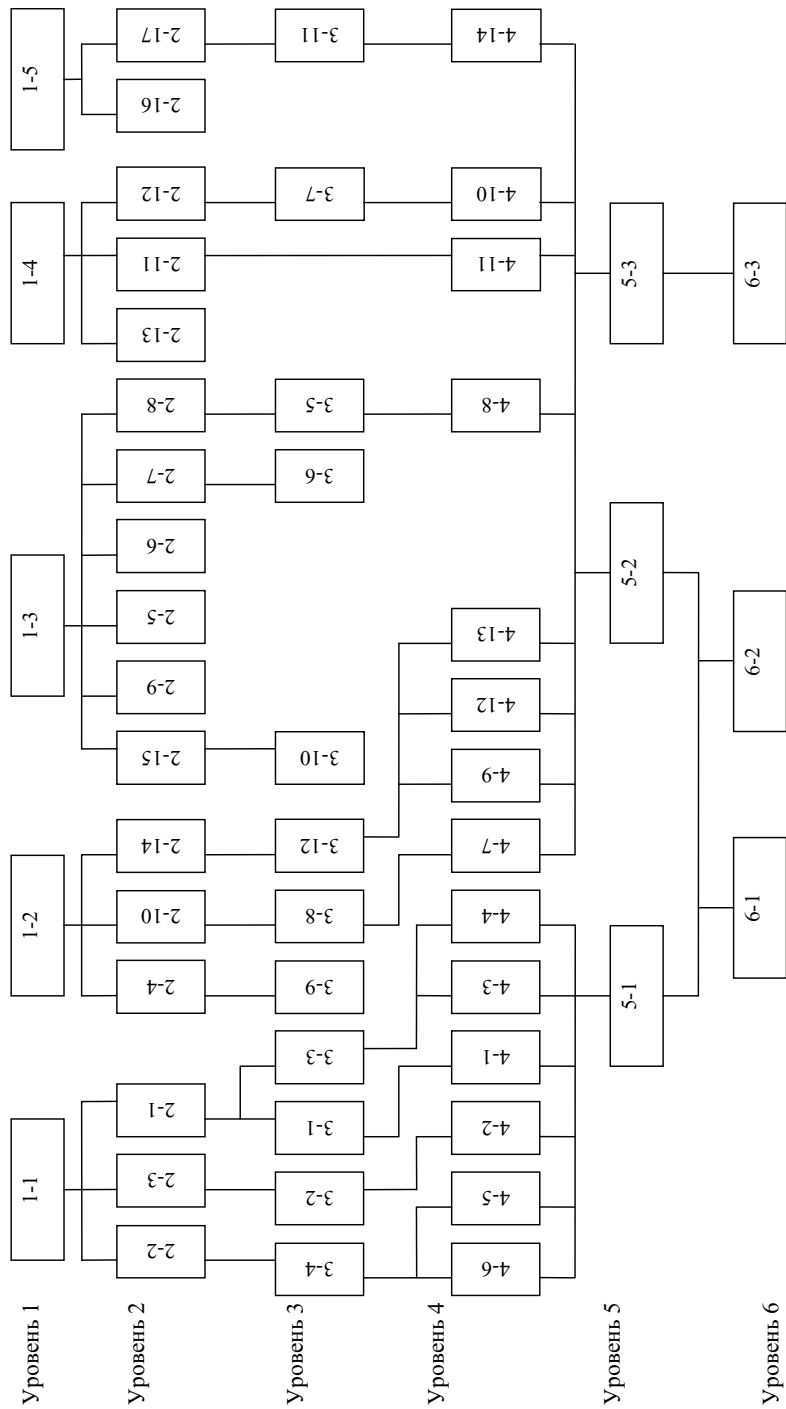


Рис. 2.22. Функциональная схема (граф) структурно-следственных связей и уровней поиска неисправностей датчика распределителя бесконтактной системы зажигания

Уровень 4: 4-1 – увеличение сопротивления уголька или обрыв; 4-2 – сгорание помехоподавительного резистора; 4-3 – трещины высоковольтной крышки или ее прогар; 4-4 – загрязнение высоковольтной крышки; 4-5 – загрязнение ротора; 4-6 – пробой ротора; 4-7 – износ переднего подшипника валика; 4-8 – заедание грузиков центробежного автомата; 4-9 – потеря герметичности диафрагмы вакуумного автомата; 4-11 – ослабление пластины вакуумного регулятора; 4-12 – заедание подшипника в неподвижной пластине датчика; 4-13 – течь масла через сальник; 4-14 – сгорание микросхемы датчика Холла.

Уровень 5: 5-1 – уменьшение вторичного напряжения системы зажигания; 5-2 – отклонение угла опережения зажигания от нормы; 5-3 – перебои искрообразования на свечах зажигания.

Уровень 6: 6-1 – вторичное напряжение на свечах зажигания при работающем двигателе; 6-2 – длительность искрового разряда при работающем двигателе; 6-3 – угол опережения зажигания.

Параметры шестого уровня определяют непосредственно на автомобиле без разборки и снятия датчика распределителя с двигателя. Значения измеренных параметров сравнивают с нормами и по осциллограммам на экране мотор-тестера определяют конкретную неисправность.

Порядок диагностирования устанавливают таким, чтобы по минимальному перечню измеренных параметров установить техническое состояние узла или системы и в случае их неработоспособности локализовать неисправные элементы или сопряжения, обнаружить нарушение регулировки.

Алгоритмы диагностирования элементов и систем электрооборудования составляют, исходя из анализа его структурной схемы надежности. При этом системы электроснабжения, пуска и зажигания имеют последовательную надежностную схему соединений элементов, при которой отказ любого из них вызывает отказ системы в целом. Например, отказ выпрямительного диода моста генератора приводит к отказу всей генераторной установки, так как напряжение на ее выходе не будет соответствовать норме.

Пример сложной взаимосвязи неисправностей и состояний в системе впрыска топлива «K-Jetronic» приведен в табл. 2.14, 2.15. Для автоматизации трудоемких и сложных проверок электронных и гидравлических устройств этой системы фирма Bosch выпускает специальные диагностические приборы.

В табл. 2.14 числами обозначены причины неисправностей из табл. 2.15.

Таблица 2.14

Признаки неисправностей

Холодный двигатель не запускается	1	2	3	6	7	9	11	12	15	21	22	23	24	28	29
Холодный двигатель запускается и «глохнет»					3	4	6	8	9	11	15	16	24	28	30
Горячий двигатель не запускается						1	3	8	9	21	22	23	24	28	29

Продолжение табл. 2.14

Затрудненный пуск холодного двигателя			3	4	6	7	9	11	12	14	15	18	24	28	29
Затрудненный пуск горячего двигателя							3	5	8	9	17	18	24	28	29
Двигатель работает неустойчиво во время прогрева				3	4	6	7	8	9	15	16	18	21	28	30
Двигатель запускается и «глохнет»								3	4	5	6	8	9	21	30
Нарушение режима холостого хода	3	4	5	6	7	8	9	10	13	15	16	17	18	19	20
Обратные вспышки во впускном коллекторе									7	9	10	13	15	17	28
Двигатель работает с перебоями при разгоне			3	6	7	9	11	16	17	18	21	22	23	24	29
Двигатель работает с перебоями на принудительном холостом ходу															
Перебои в работе двигателя на всех режимах				8	9	10	11	15	20	21	22	23	24	25	29
Двигатель не развивает полной мощности			3	4	7	8	9	11	18	21	22	23	24	25	29

Таблица 2.15

Возможные причины неисправностей

1	Нет топлива в топливном баке
2	Неисправен топливный насос
3	Засорен топливный фильтр
4	Деформирован или засорен сливной топливопровод
5	Повышенное давление в системе
6	Пониженное давление топлива
7	Повышенное управляющее давление
8	Пониженное управляющее давление
9	Негерметичность форсунок впрыска
10	Частично засорены форсунки впрыска
11	Не работает пусковая форсунка
12	Негерметичность пусковой форсунки
13	Неисправно тепловое реле времени
14	Неисправен датчик температуры охлаждающей жидкости
15	Нарушена регулировка дроссельной заслонки
16	Не закрывается клапан дополнительной подачи воздуха
17	Негерметичность воздухоподводящего тракта и (или) расходомера топлива
18	Ослабление затяжки (запрессовки) форсунок впрыска
19	Негерметичность системы выпуска отработавших газов
20	Неисправны свечи зажигания
21	Неисправна катушка зажигания
22	Неисправен коммутатор

23	Обрыв в проводах системы зажигания
24	Неправильно установлен момент зажигания
25	Повреждены вакуумные шланги
26	Неисправен регулятор опережения зажигания
27	Неправильное регулирование (коммутатор) момента зажигания
28	Необходим ремонт двигателя
29	Бензин с низким октановым числом
30	Нарушена регулировка холостого хода

Контрольные вопросы

1. Что является основанием для поиска неисправности?
2. Как производится контроль функциональных параметров двигателя?
3. В чем сущность метода поиска неисправностей двигателя по причинно-следственным связям?

2.5. Диагностирование бензиновых двигателей внешними средствами

2.5.1. Структурные схемы электронных систем диагностики и управления рабочими процессами двигателя

Функциональная схема бензинового двигателя с микропроцессорным управлением представлена на рис. 2.23.

Электронные схемы управления бензиновым двигателем представлены на рис. 2.24 [32] и 2.25.

Микропроцессорная система зажигания (см. рис. 2.24) состоит из датчика абсолютного давления 1 во всасывающем патрубке, датчика положения дроссельной заслонки 2, датчика частоты вращения коленчатого вала и верхней мертвой точки (ВМТ) 4, датчика температуры охлаждающей жидкости 5, датчика детонации 6, блока управления 7 и двухвыводных катушек зажигания 8, 9, соединенных со свечами 10. На вход электронного блока 7 поступают сигналы с датчиков, которые нормализуются и преобразуются в аналогово-цифровом преобразователе (АЦП) и подаются в микропроцессор МП. Микропроцессор в зависимости от параметров режима работы двигателя по частоте вращения вала двигателя, нагрузке, температуре охлаждающей жидкости и началу детонационного сгорания рассчитывает оптимальный угол опережения зажигания, момент включения и выключения клапана ЭПХХ 11 и порядок работы цилиндров.

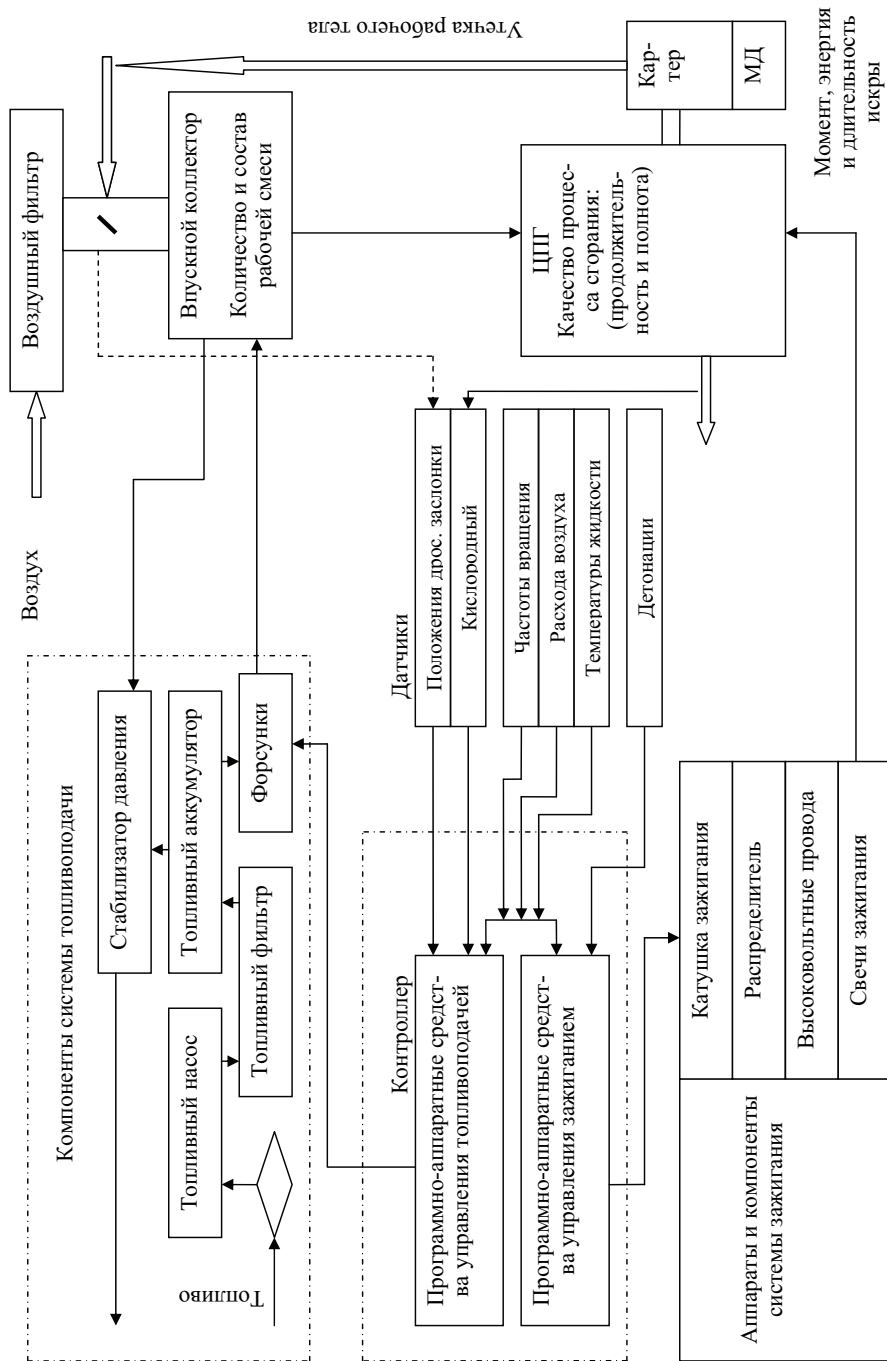


Рис. 2.2.3. Функциональная схема бензинового двигателя с микропроцессорным управлением

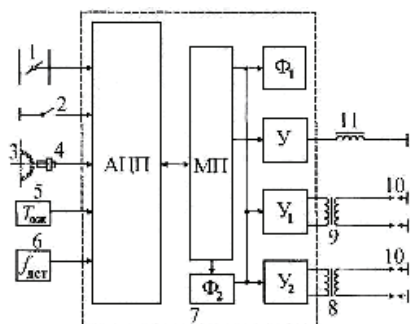
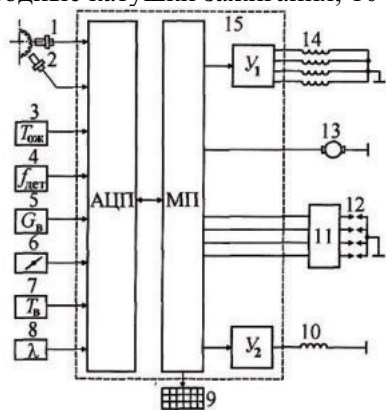
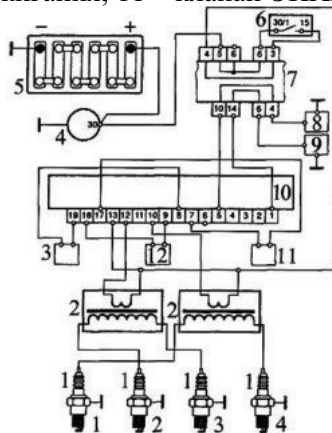


Рис. 2.24. Структурная схема микропроцессорной системы зажигания

усилителями, Y_1 и Y_2 – двухканальный транзисторный коммутатор, усилитель клапана экономайзера принудительного холостого хода Y ; 8, 9 – двухвыводные катушки зажигания; 10 – свечи зажигания; 11 – клапан ЭПХХ.



а



б

Рис. 2.25. Микропроцессорные системы управления бензиновым двигателем:

1 – датчик положения коленчатого вала двигателя; 2 – датчик фазы; 3 – датчик температуры охлаждающей жидкости $T_{ож}$; 4 – датчик детонации $f_{дет}$; 5 – датчик массового расхода воздуха G_a ; 6 – датчик положения дроссельной заслонки; 7 – датчик температуры всасываемого воздуха T_s ; 8 – кислородный датчик (λ -зонд); 9 – диагностическая колодка; 10 – регулятор добавочного воздуха; 11 – модуль зажигания; 12 – свечи зажигания; 13 – электрический бензонасос; 14 – форсунки электромагнитные; 15 – электронный блок управления, состоящий из аналого-цифрового преобразователя АЦП, процессора МП, усилителя форсунок Y_1 , усилителя регулятора добавочного воздуха Y_2 ; 16 – свечи зажигания; 17 – катушка зажигания; 18 – датчик начала отсчета; 19 – генератор; 20 – аккумулятор; 21 – выключатель зажигания; 22 – блок; 23, 24 – концевой выключатель и электромагнитный клапан карбюратора; 25 – контроллер (блок управления); 26, 27 – датчики теплового состояния двигателя и положения коленчатого вала

Электронная система управления двигателем (см. рис. 2.25) состоит из датчиков положения коленчатого вала двигателя 1, положения распределителя

тельного вала (фазы) 2, температуры охлаждающей жидкости 3, детонации 4, массового расхода воздуха 5, положения дроссельной заслонки 6, температуры воздуха 7 [32].

Сигналы с датчиков поступают в электронный блок (контроллер) 15, который управляет четырьмя электромагнитными форсунками 14, электрическим бензонасосом 13, регулятором добавочного воздуха 10, модулем зажигания 11 и работой свечей зажигания 12.

Контроллер 15 выполняет следующие программы управления:

- формирование момента и длительности электрических импульсов открытия электромагнитных форсунок 14 подачи топлива;
- формирование момента и значения угла опережения зажигания в зависимости от режима работы двигателя;
- работа регулятора добавочного воздуха 10;
- работа электрического бензонасоса 13;
- работа двигателя в резервном режиме при выходе из строя отдельных элементов системы;
- контроль и «самодиагностирование» системы.

В состав системы входят контрольная лампа в комбинации приборов и диагностический разъем. Устройство «самодиагностирования» предназначено для информирования водителя об имеющихся неисправностях в системе управления и высвечивания диагностических кодов с помощью диагностической лампы или табло. Диагностические коды неисправностей, которые имели место в работе двигателя, запоминаются и находятся в памяти процессора контроллера 15.

2.5.2. Технологическая последовательность диагностирования

Для определения, в каком из многих возможных состояний находится двигатель, необходимо знание общего количества возможных нарушений его функциональных параметров.

Диагностирование электронных систем управления двигателем производится: мотор-тестерами, сканерами, мультиметрами, осциллографами, стробоскопами, газоанализаторами, манометрами, вакуумными насосами.

Диагностирование электронных систем производится по следующей технологической схеме [32]:

- измеряют с помощью манометра и вакуумного насоса давление подачи топлива в различных точках системы с целью определения работоспособности электрического бензонасоса, топливного фильтра и регулятора давления топлива;
- измеряют мультиметром сопротивления обмоток электромагнитных форсунок, которые должны быть в пределах 15,5-16,0 Ом;
- измеряют мультиметром сопротивление датчика температуры в зависимости от температуры охлаждающей жидкости: при температуре 15-20 °С сопротивление должно быть около 43,0 кОм. Сигнал с датчика иногда измеряют (его уровень - «высокий» или «низкий») с помощью сканера по коду неисправности;

- измеряют концентрацию CO , C_nH_m , O_2 газоанализатором через специальное отверстие перед каталитическим нейтрализатором и напряжение на выходе датчика кислорода (λ -зонда) в различных режимах работы двигателя с помощью мотор-тестера или сканера по специальному тесту;

- измеряют осциллографом и мультиметром напряжение на сигнальном проводе датчика кислорода на различных частотах вращения вала двигателя;

- проверяют сканером программу регулирования контроллера;

- измеряют сканером, мотор-тестером и с помощью стробоскопа параметры системы зажигания, в том числе вторичные напряжения, длительность искрового разряда, пробивные напряжения на свечах зажигания, углы опережения зажигания;

- определяют работоспособность и электрические параметры регулятора холостого хода, датчика положения дроссельной заслонки и правильность его установки на дроссельном патрубке. Измеряют количество засасываемого воздуха через датчик массового расхода воздуха и проверяют регулировочный винт «количество CO »;

- проверяют устройство «самодиагностирования» электронного блока путем считывания кодов неисправностей;

- удаляют коды неисправностей из памяти контроллера после обслуживания и необходимого текущего ремонта.

При нарушении искрообразования при микропроцессорной системе зажигания необходимо проверить надежность всех ее электрических соединений.

Если двигатель не запускается, то необходимо проверить наличие высокого напряжения в высоковольтных проводах. Для этого, прилагая усилие только к резиновому колпачку, снять высоковольтный провод со свечи первого или четвертого цилиндра (равнозначно, так как оба провода подводят напряжение от одной и той же катушки зажигания). Установить в гнездо наконечника провода заведомо исправную свечу и расположить ее на крышке головки блока цилиндров, обеспечив надежный контакт корпуса свечи с «массой» двигателя.

Включить зажигание и прокрутить двигатель стартером. При исправной микропроцессорной системе зажигания между электродами свечи должен возникнуть электрический разряд. Аналогично проверить свечи других цилиндров. Следует отметить, что этот способ нежелательно использовать в электронных системах зажигания, так как может выйти из строя дорогостоящий электронный блок.

Причинами отсутствия высокого напряжения в высоковольтных проводах одновременно от обеих катушек зажигания могут быть неисправности в цепях питания катушек или контроллера, а также отсутствие сигналов с индуктивных датчиков, расположенных на картере сцепления.

Причиной отсутствия высокого напряжения в высоковольтных проводах одной из катушек может быть нарушение контактных соединений в управляющей цепи катушки зажигания или выход из строя самой катушки.

Проверить исправность цепи питания контроллера и катушек можно с помощью контрольной лампы (12 В), подключив ее к соответствующим контактам контроллера и катушки зажигания. После включения зажигания лампа должна загореться, в противном случае проверить исправность контактных соединений жгута проводов автомобиля и надежность закрепления массовых проводов.

Проверить исправность катушки зажигания можно методом замены на заведомо исправную или подключив вторую исправную катушку.

В случае, если двигатель с микропроцессорной системой зажигания не развивает полную мощность, необходимо проверить вакуумную трубку контроллера на отсутствие повреждений или наличия конденсата топлива в ней, а также отсутствие замыкания на «массу» провода от разъема контроллера к датчику-винту (при отсоединенном проводе от пятого контакта колодки контроллера двигатель должен развивать полную мощность). Если в результате всех проверок работа двигателя не нормализуется, следует заменить контроллер.

2.5.3. Диагностика двигателя с распределительной системой впрыска топлива

В первую очередь диагностику двигателя начинают с оценки механической системы в режиме прокрутки двигателя стартером. Для оценки состояния механической системы записывают графики разрежения во впускном коллекторе, для чего к впускному коллектору подключают датчики разрежения D_k к системе USB Autoscope, его сигнал во время прокрутки записывается в течение 5-6 с. По данным графиков выявляют состояние взаимного положения коленчатого вала и распределительных валов, закоксованность впускных клапанов, повышенное сопротивление «закоксованного» катализатора, оценивают равномерность открытия впускных клапанов, состояние ЦПГ [33].

При исправном двигателе полученные графики близки к синусоиде без заметных поцилиндровых различий по форме и амплитуде сигнала. При неисправном взаимодействии коленчатого вала и газораспределительных валов график разрежения во впускном коллекторе принимает «пилообразную форму». По направлению наклона «пилы» можно определить опережение и отставание в работе распределительного вала. Например, если разрежение, создаваемое в отдельно взятом цилиндре, возрастает медленно, а падает быстро, то это указывает на опережение открытия и закрытия впускных клапанов.

Периодически повторяющиеся поцилиндровые различия сигнала по форме и (или) амплитуде свидетельствуют о неодинаковом количестве всасываний топливовоздушной смеси для разных цилиндров, что является следствием неисправности механики двигателя.

В случае необходимости можно оценить состояние компрессионных колец и рабочих поверхностей цилиндров по объему прорыва газов в картер двигателя через сопряжения «кольца-цилиндр». Этот показатель можно получить для каждого цилиндра и сравнить их графики пульсаций давления в

картере двигателя. График пульсаций давления в картере работающего двигателя снимается с помощью датчика разрежения D_x , который устанавливается на место масляного шупа.

Некоторые нарушения в механике, например, «подвисающий» или неплотно закрывающийся клапан; проявляются как «троение» двигателя. Выявить такие неисправности можно по неравномерным пульсациям отработавших газов, для получения графика которых датчик D_x нужно установить в выпускную трубу.

После пуска двигателя диагност может просмотреть на мониторе компьютера график пульсаций отработавших газов. В случае, если все цилиндры двигателя работают нормально и без перебоев, характер пульсаций на полученном графике также равномерный.

«Троение» выявляется на графике по отклонению формы и амплитуды пульсаций работающего с перебоями цилиндра.

Оценив таким образом состояние механики двигателя и убедившись в его нормальном функционировании, можно начинать диагностирование системы управления двигателем. Практика показала, что около 60% двигателей, поступивших «на диагностику инжектора», отсеиваются на этом этапе, так как имеют неисправности механической части двигателя. Если это упустить, как зачастую и происходит, то диагностика системы управления двигателем оказывается неэффективным и бесполезным занятием.

Диагностика системы управления бензиновым двигателем всегда должна начинаться с проверки исправности системы зажигания, которая проводится с помощью мотор-тестера, по сути осциллографом, специально адаптированного для проверки автомобильной электроники и, в первую очередь, высоковольтных цепей систем зажигания [33].

Для подключения к высоковольтным цепям мотор-тестеры оснащаются высоковольтными датчиками различных типов и имеют специальный режим отображения осциллограммы высокого напряжения систем зажигания - «парад цилиндров».

В этом режиме в реальном времени отображаются параметры импульсов зажигания, такие как пробивное напряжение, время и напряжение горения искры отдельно для каждого цилиндра.

Любая неисправность в системе зажигания, как в первичной, так и во вторичной цепях, определенным образом влияет на форму и величину импульсов высокого напряжения во вторичной цепи системы зажигания.

По отклонениям высоковольтных импульсов можно выявить неисправность. Например, если изолятор свечи зажигания загрязнен или «засвинцован», то высокое напряжение стекает по загрязненному изолятору свечи на «массу», и разряд между электродами свечи не возникает, что приводит к пропускам зажигания.

Стеkanie высокого напряжения на «массу» может быть выявлено по заниженному пробивному напряжению и характерному изменению формы импульса высокого напряжения, отображаемому с помощью мотор-тестера.

В системах зажигания с силиконовыми высоковольтными проводами часто возникает обрыв такого провода из-за выгорания токопроводящего

сердечника. Искровой разряд в таком случае может быть очень коротким либо вообще отсутствовать в зависимости от длины выгоревшего участка и режима работы двигателя.

Таким образом, по отображаемым мотор-тестером осциллограммам напряжений в высоковольтных цепях можно выявить неполадки в системе зажигания. На практике такие неисправности выявляются в 30-40% случаев. И только после этого этапа следует воспользоваться сканером.

2.5.4. Диагностирование топливного насоса, регулятора давления топлива в гидроаккумуляторе и форсунок

2.5.4.1. Средства и контролируемые параметры

В основу метода диагностирования топливной аппаратуры непосредственного впрыска положен контроль параметров сигналов датчиков и управляющих импульсов исполнительных устройств системы управления двигателем. Для контроля параметров протекающих процессов в линии высокого давления применяется цифровой осциллограф с пишущим устройством, имеющий высокую частоту дискретизации сигнала. Осциллограф позволяет фиксировать быстро протекающие процессы подачи управляющего импульса на форсунку непосредственного впрыска бензина.

Аппаратный измерительный комплекс диагностирования топливной аппаратуры показан на рис. 2.26, а графики контролируемых параметров форсунки и насоса – на рис. 2.27, 2.28, 2.29 [5, 34].

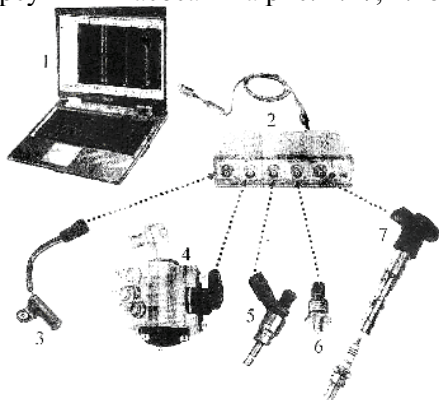


Рис. 2.26. Аппаратно-измерительный комплекс

На рис. 2.26 цифрами обозначены: 1 – ноутбук с программным обеспечением для проведения измерений на автомобиле; 2 – цифровой пишущий высокочастотный осциллограф (USB Autoscope или USB Scope II); 3 – датчик фазы (положения распределительного вала); 4 – топливный насос высокого давления; 5 – электромагнитная форсунка; 6 – датчик давления топлива в гидравлическом аккумуляторе; 7 – индивидуальная катушка зажигания.

Основными диагностическими параметрами принимаются параметры сигналов: датчика давления топлива в гидравлическом аккумуляторе, управляющий импульс на форсунку; управляющий импульс на электрический клапан ТНВД; управляющий импульс на катушку зажигания и фаза (угловое положение распределительного вала).

Для синхронизации впрыска, порядка зажигания и регулировки детонации необходима следующая информация: число оборотов, положение коленчатого вала и положение распределительного вала (определяется с по-

мощью датчика Холла на распределительном вале). Определение опорного цилиндра показано на рис. 2.27, а.

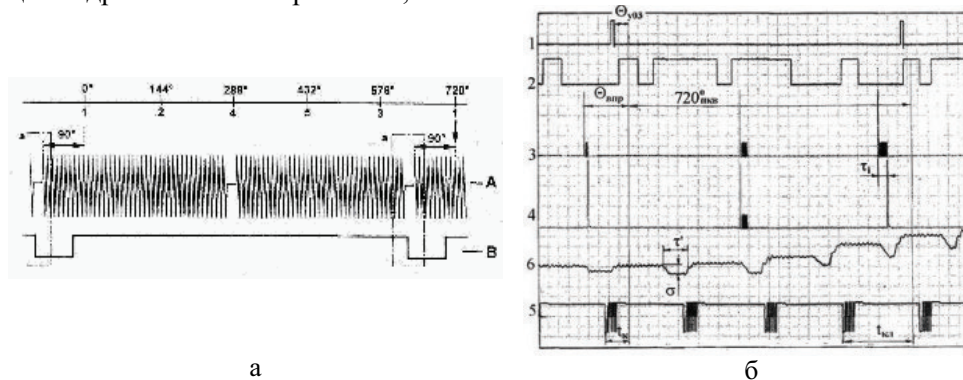


Рис. 2.27. Контролируемые параметры сигналов:

а: А – сигнал датчика числа оборотов (привязки); В – сигнал фазового датчика;
б: 1 – сигнал управления на усилительный каскад катушки зажигания; 2 – сигнал «фазы»; 3 – «общий» канал управления форсунками; 4 – «индивидуальный» канал управления форсунки; 5 – импульс управления электроклапаном ТНВД; 6 – сигнал уровня давления топлива в гидроаккумуляторе; $\Theta_{юз}$ – угол опережения зажигания; $\Theta_{впр}$ – угол опережения впрыска; τ_i – длительность управляющего импульса форсунки; $\tau_{кл}$ – время опережения подачи импульса на электрический клапан насоса; a – амплитуда: $a=f(\tau_i)$; τ' – длительность впрыска

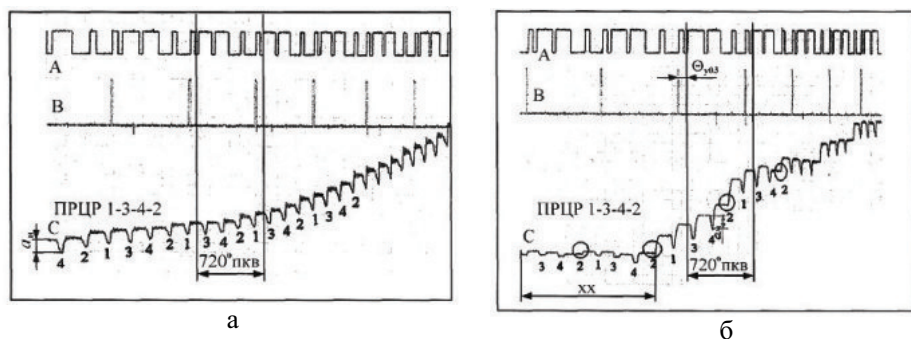


Рис. 2.28. Общая оценка технического состояния форсунки:

а – исправны все форсунки; б – одна форсунка неисправна; А – сигнал датчика положения распределительного вала (фаза); В – управляющие импульсы на усилительный каскад катушки; С – давление топлива в топливном аккумуляторе;

a_H, a_H – амплитуды: $a_H > a_H$

Распределительная форсунка непосредственного впрыска бензина имеет двухканальное управление с высоковольтным форсирующим импульсом малой продолжительности. Поэтому применяют дифференциальный способ записи управляющих импульсов на форсунку, позволяющий производить точный анализ длительности каждого участка импульса, а также рассматривают алгоритм перезарядки высоковольтного конденсатора управления форсункой. Выявляют наличие гидравлического запаздывания процесса впрыска топлива относительно управляющего импульса и опреде-

ляют реальную продолжительность впрыска топлива форсункой. Предпринимают меры аппаратного снижения шума – помех при измерении низковольтного сигнала давления топлива в гидроаккумуляторе.

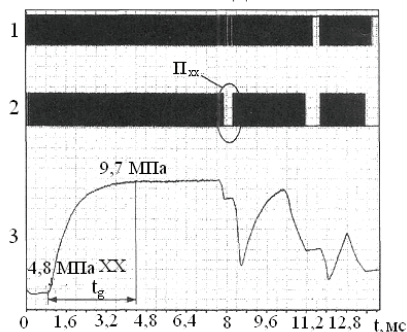


Рис. 2.29. Диагностирование насоса:

1 – управляющий импульс клапана ТНВД; 2 – управляющий импульс на форсунку; 3 – сигнал датчика давления в топливном аккумуляторе; t_g – время набора давления от P_{AK}^{xx} до P_{AK}^{max} ;

$P_{AK} = f(t_{кл})$; P_{xx} – принудительный холостой ход

Основные технические характеристики этого осциллографа: 8 каналов, один канал с делителем напряжения 1:10, частота 500 кГц, память 12 бит АЦП.

2.5.4.2. Выбор датчика системы измерения давления, места его установки и анализ действующих процессов в топливной системе

При диагностировании топливной системы определяют каналы измерения параметров в распределительной системе с электронным управлением. Проводят регистрацию изменения амплитудных и частотных параметров колебаний давления в гидравлической топливной аппаратуре. Функциональная схема диагностического комплекса представлена на рис. 2.30 [34].

В зависимости от:

- состояния бензонасоса будут изменяться частота, амплитуда и средний уровень давления в гидравлическом аккумуляторе;
- длительности впрыскивания топлива форсункой и степени ее загрязнения будет изменяться амплитуда провала давления топлива в гидравлическом аккумуляторе при впрыскивании;
- состояния регулятора давления топлива (РДТ) будет изменяться средний уровень давления топлива в гидравлическом аккумуляторе, но колебания давления топлива исправный РДТ может не вызывать.

Выбор при исследованиях места установки датчика для измерения давления. На рис. 2.31 показаны схемы места установки датчиков на

Все положения о возможности оценки технического состояния узлов топливной аппаратуры в линии высокого давления по форме колебаний давления в гидроаккумуляторе справедливы и могут эффективно использоваться для экспресс-диагностирования автомобилей с системой FSI и GDI. Сигнал штатного датчика давления можно использовать для оценки технического состояния форсунок для оценки стабильности их работы от цикла к циклу. Параметры скорости нарастания давления можно использовать для сравнительного анализа.

При записи контролируемых сигналов (см. рис. 2.27, 2.28, 2.29) использован цифровой пишущий высокочастотный осциллограф USB Autoscope II.

гидравлическом аккумуляторе, применяемые на различных автомобилях [35].

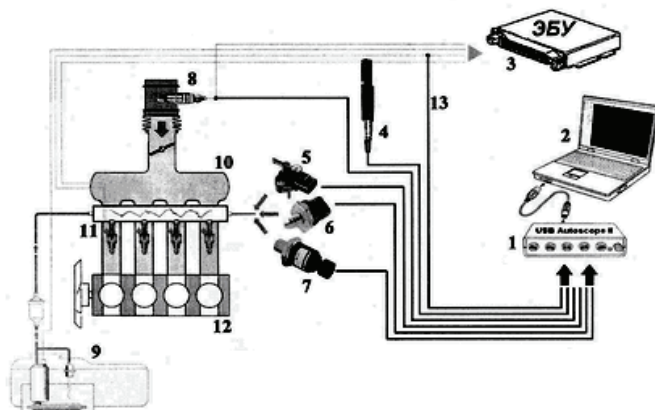


Рис. 2.30. Структурно-функциональная схема измерительного комплекса диагностирования топливной аппаратуры бензиновых двигателей:

1 – цифровой пишущий высокочастотный осциллограф USB Autoscope II; 2 – ноутбук со специализированным ПО; 3 – ЭБУ системой впрыска; 4 – токовые клещи; 5 – датчик давления топлива PST-F; 6 – датчик давления топлива PSS-260; 7 – датчик давления топлива MLH300PSB01A; 8 – датчик массового расхода воздуха; 9 – топливный бак с электробензонасосом и регулятором давления топлива; 10 – впускной коллектор; 11 – топливный гидравлический аккумулятор с форсунками; 12 – ДВС; 13 – измерительный канал управляющего импульса на форсунку

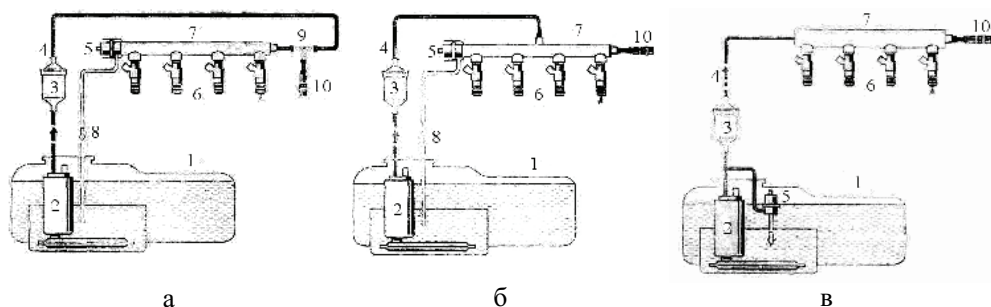


Рис. 2.31. Выбор места установки датчика давления топливной системы:

а, б, в: схема подключения датчика давления на автомобиле Škoda Octavia 1.8 Turbo (а); на автомобиле Volkswagen Golf GTI (б); на автомобиле ВАЗ-2115 (в); 1 – топливный бак; 2 – топливный насос с электроприводом; 3 – топливный фильтр; 4 – нагнетательный трубопровод; 5 – регулятор давления; 6 – форсунки; 7 – топливный аккумулятор; 8 – линия обратного слива топлива; 9 – тройник; 10 – датчик давления

В зависимости от конструктивного исполнения топливного аккумулятора (рис. 2.31) могут быть различные способы подключения датчиков дав-

ления топлива к гидравлической системе топливной аппаратуры. На автомобиле Škoda датчик давления подключался с помощью тройника к подводящему трубопроводу под углом 90° на входном штуцере топливного аккумулятора (рис. 2.31, а). Такой способ подключения датчика (по данным осциллограмм) недостаточно эффективный для получения достоверной информации о гидравлических процессах, протекающих в топливном аккумуляторе. При таком подключении датчиков PST-F и PSS-260 колебания давления видны, но имеют сглаженную характеристику, недостаточную для извлечения диагностической информации (рис. 2.32).

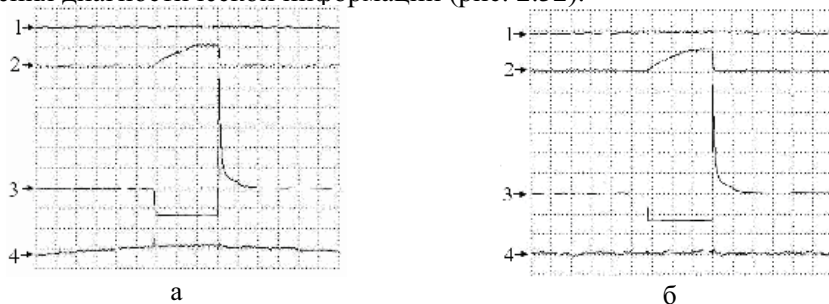


Рис. 2.32. Осциллограммы расхода воздуха (1), силы тока на управляющем сигнале форсунки (2), сигнала управления топливной форсункой (3) и давления топлива (4) на установившемся режиме работы двигателя:
а – датчик PST-F; б – PSS-260

Выбор датчика. В двигателе автомобиля Volkswagen Golf конструкцией топливного аккумулятора предусмотрен диагностический штуцер, который позволяет подключать датчик давления непосредственно к топливному аккумулятору (рис. 2.31, б). При таком способе подключения осциллограммы, записанные при помощи датчика **PST-F**, дают возможность наблюдать ярко выраженные провалы давления в момент открытия форсунок. Диапазон измерения давления 0,5-6 бар (0,05-0,6 МПа).

Датчик **PSS-260** имеет недостаточные рабочие диапазоны и чувствительность к колебаниям амплитуд протекающих гидравлических процессов. Диапазон измерения давления 0-140 бар (0-14 МПа).

Измерение и анализ процессов, действующих в топливной системе. Высоковольтные сигналы регистрируют с помощью емкостных датчиков высокого напряжения, подключенных к специальному адаптер-преобразователю. Сигналы в диапазоне 0-5 В после адаптера «подают» на входы в цифровой осциллограф. Импульсы управления форсунками, разделенные на отдельные линии управления подают на аналоговые измерительные входы осциллографа. Синхронно с данными сигналами регистрируют показания датчика давления (рис. 2.30). Отображения сигналов импульсов управления для удобства сводят в общий канал [35].

Очередность следования управляющих импульсов на форсунки распознается с помощью сигнала о моменте подачи искры в первый цилиндр. Зная порядок работы цилиндров, можно определить, к какой форсунке от-

носятся текущие управляющие сигналы и колебания (изменения) давления в гидравлическом аккумуляторе.

Анализ изменения частотных и амплитудных параметров колебаний давления топлива, происходящих в системе, позволяет выделить несколько важных диагностических признаков. На кривых (рис. 2.33) выделены четыре участка. Участок «А» - период запаздывания открытия клапана по отношению к моменту начала подачи управляющего электрического сигнала на катушку электромагнита форсунки.

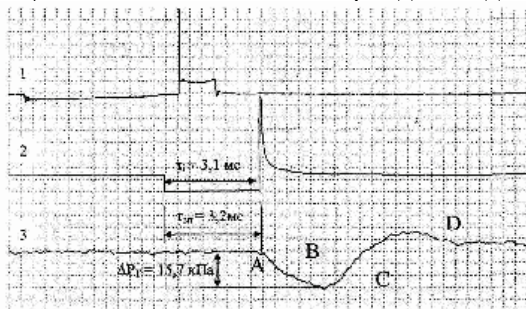


Рис. 2.33. Определение момента впрыскивания:

1 – импульсы системы зажигания; 2 – сигнал управления форсункой; 3 – сигнал датчика давления

Период запаздывания при различной длительности управляющего сигнала от 2 до 30 мс (рис. 2.34) является неизменным. Он не зависит от длительности управляющего импульса. Длительность запаздывания впрыскивания является следствием инерционности форсунки.

Инерционность форсунки зависит от индуктивности электромагнита, массы иглы, силы жесткости пружины. Очевидно, что при возникновении неисправности произойдет изменение длительности запаздывания. Например, уменьшение жесткости пружины под действием циклических нагрузок и температуры, межвитковое замыкание в обмотке электромагнита приводит к изменению индуктивности обмотки и силы, развиваемой магнитом. Износ распылителя приводит к перекосу и подклиниванию иглы в ее верхней части. Наслоение на поверхности клапана лаковых отложений приводит к изменению его массы и, как следствие, к возрастанию инерционности системы.

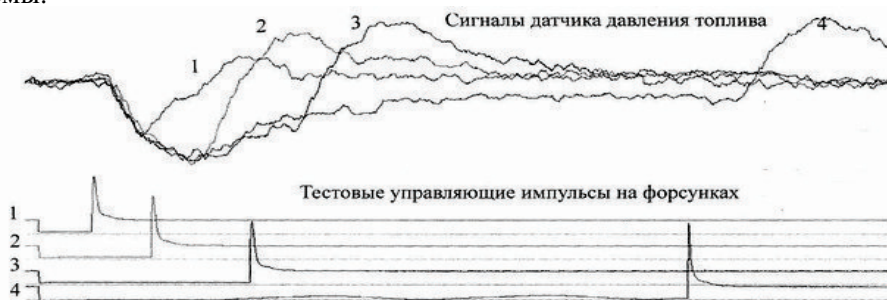


Рис. 2.34. Провалы давления топлива при различной продолжительности управляющего импульса на форсунке:

1 – $\tau_f=2$ мс; 2 – $\tau_f=5$ мс; 3 – $\tau_f=9$ мс; 4 – $\tau_f=30$ мс

Сравнение эталонных сигналов с измеренными на автомобиле позволит оценить техническое состояние отдельных элементов форсунки.

На участке «В» хорошо прослеживается закономерность – чем больше цикловая подача, тем больше величина провала давления на осциллограмме. Поскольку длительность управляющего импульса одинакова для всех четырех форсунок, то в случае регистрации различных амплитуд колебаний давлений можно сделать вывод о загрязнении форсунки. Очевидно, чем меньше амплитуда – тем больше лаковых отложений внутри форсунки. Эта зависимость неоднозначна и имеет линейную характеристику только до определенной величины продолжительности впрыскивания [35]. Такая закономерность проявляется вследствие влияния регулятора давления 5 (рис. 2.31). Поскольку регулятор давления включает подпружиненную мембрану и механический клапан, то он инерционен. Вследствие этого на участке осциллограммы «В» клапан еще закрыт. Таким образом, влияние регулятора давления отсутствует и поэтому зависимость величины провала давления от длительности впрыскивания однозначна. Через определенное время задержки от начала падения давления регулятор преодолевает силы инерции и начинает перемещаться, закрывая проходное сечение линии обратного слива. Вследствие этого, даже если впрыск еще не завершился, давление в топливном аккумуляторе начинает расти.

Участок «С» на рис. 2.33 соответствует окончанию впрыскивания, следовательно, давление должно стабилизироваться. Однако вследствие инерционности регулятора давление сначала повышается (участок «D»). Это происходит до тех пор, пока клапан регулятора не установится на прежний уровень. В зависимости от конструкции регулятора после пика давления «D» уровень давления может вернуться на исходную позицию плавно или же происходит колебательный процесс из нескольких чередующихся провалов и повышений давления (рис. 2.35). Данный колебательный процесс может характеризовать техническое состояние регулятора (загрязненность, старение мембраны, заклинивание клапана, изменение жесткости пружины).

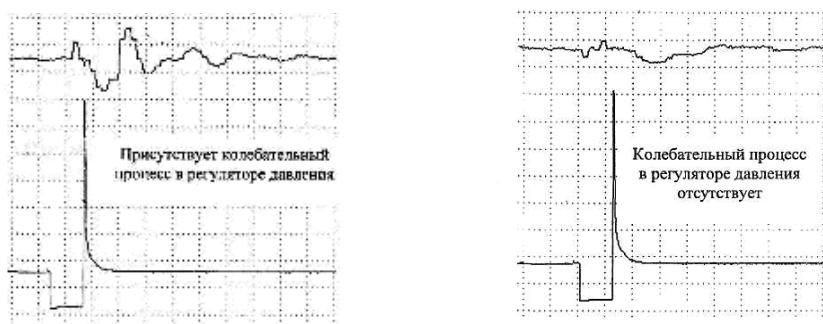


Рис. 2.35. Влияние изменения технического состояния регулятора давления на процесс, происходящий в топливном аккумуляторе

Проведенные измерения колебания давления топлива в зависимости от длительности впрыскивания (рис. 2.36) могут показать следующее [35]. До длительности впрыскивания 5 мс влияние регулятора давления топлива на величину провала давления отсутствует вследствие его инерционности.

После 5 мс влияние регулятора настолько велико, что любое изменение длительности впрыскивания не приводит к изменению амплитуды колебаний давления (рис. 2.36).

На различных режимах работы двигателя длительность управляющего импульса до 5 мс обеспечивает топливоподачу на режиме холостого хода и частичных нагрузок. Именно на режиме холостого хода возможная неравномерность цикловых подач вследствие загрязнения распылителя наиболее сказывается на устойчивости работы двигателя.

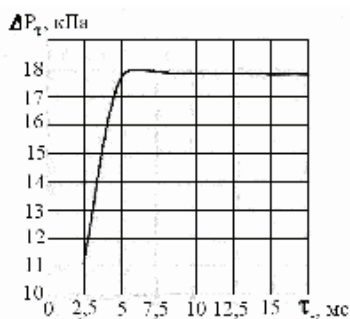


Рис. 2.36. Зависимость амплитуды колебания давления топлива ΔP_T от длительности управляющего импульса τ_i

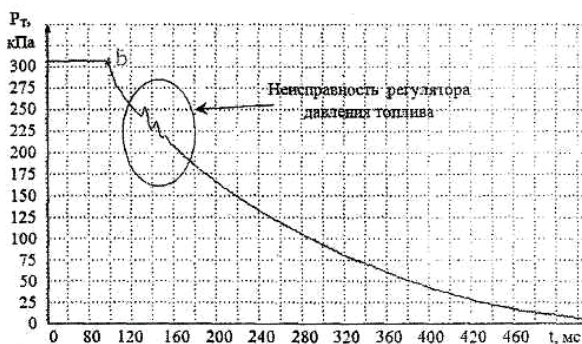


Рис. 2.37. Обнаружение неисправности регулятора давления топлива при сбросе давления после выключения двигателя

Известно, что кроме схемы (рис. 2.31, б), существуют схемы с расположением регулятора на топливном фильтре и непосредственно в баке. Следует заметить, что и в таком случае предлагаемый метод оценки состояния форсунок по колебаниям давления эффективен.

Анализ осциллограммы падения давления при выключении двигателя может показать, что при подклинивании клапана регулятора давления произойдут характерные изменения формы кривой (рис. 2.37), и это свидетельствует о зарождении неисправности. Точка Б – отключение зажигания. При давлении 250-225 кПа наблюдается нестабильная работа регулятора, сопровождающаяся колебательным процессом. Таким образом, неисправности регулятора можно выявить еще до обнаружения бортовой системой диагностирования (причем с вероятностью обнаружения только 50% по изменению сигнала λ -зонда).

Техническое состояние топливного насоса можно оценивать по сигналу давления в гидравлическом аккумуляторе. Для этого достаточно проанализировать скорость нарастания давления топлива при запуске двигателя. В период пуска можно определить относительную производительность насоса. На рис. 2.38 показано, что давление в топливном аккумуляторе на заданный уровень поднимается примерно за 0,3 с.

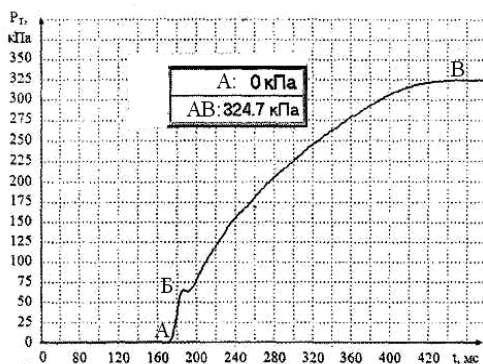


Рис. 2.38. Увеличение давления топлива в гидравлическом аккумуляторе при пуске двигателя

Имея эталонную характеристику скорости нарастания давления топлива, можно оценить производительность насоса и рассчитать остаточный ресурс крыльчатки или шиберного элемента насоса (рис. 2.38) [35]. На рис. 2.38 участок АВ характеризует нарастание давления, создаваемое насосом; точка Б — открытие регулятора; участок БВ — нарастание давления в контуре; точка В — достижение номинального давления.

Контрольные вопросы

1. Какими средствами производится диагностирование электронных систем управления двигателем?
2. Какая технологическая последовательность диагностирования двигателя?
3. С чего начинается проверка исправности системы зажигания?
4. Какие средства и контролируемые параметры диагностирования топливной системы?
5. Как выбрать датчик системы измерения давления топлива топливной системы двигателя?

2.6. Диагностирование топливной системы дизельного двигателя внешними средствами

2.6.1. Влияние состояния топливной аппаратуры на эффективность работы двигателя

Электронные (компьютерные) системы управления рабочими процессами двигателей предназначены для повышения топливной экономичности, динамических качеств автомобилей, обеспечения экологической безопасности в соответствии с действующими нормами. Регулирование режимов работы и управление функциональными системами обеспечивается с помощью электронных блоков-модулей (контроллеров). На электронные системы возлагаются функции контроля параметров рабочих процессов и их технического состояния для оптимизации управления системами автомобиля и автоматического диагностирования. Контроль состояния всех технических систем автомобиля осуществляет бортовой компьютер.

Наибольшее распространение на дизелях транспортных машин получила топливная аппаратура с электромагнитными насос-форсунками, аккумуляторные системы топливоподачи, системы с блочными и индивидуальными насосами с электронным управлением, а также ТНВД распределительного типа со встроенным электронным блоком управления. На дизелях легковых и грузовых автомобилей весом до 3 тонн чаще всего применяются

аккумуляторные системы топливоподачи (АСТП) и распределительные ТНВД с электронным управлением, реже используются насос-форсунки, а индивидуальные ТНВД не применяются совсем. На грузовых автомобилях весом более 3 тонн и автобусах в разной мере применяются системы с насос-форсунками и индивидуальные ТНВД. Производство ТНВД классической компоновки с электронным управлением постоянно уменьшается и их доля в общем объеме грузового автотранспорта также снижается. АСТП начали широко внедряться на дизелях грузового автотранспорта, и их количество в общем объеме грузовых автомобилей непрерывно растет.

Анализ факторов, влияющих на экономичность и надежность двигателя, показывает, что эффективность работы дизелей, в основном, зависит от качества сгорания топлива и равномерного распределения нагрузки по цилиндрам. Все это определяется, прежде всего, состоянием топливной аппаратуры. Например, на рабочие процессы в цилиндрах большое влияние оказывает равномерность цикловой подачи топлива, которая, в свою очередь, зависит от работы форсунок. При установке форсунок на двигатель с неравномерной затяжкой, приводящей к деформации деталей, цикловая подача топлива будет уменьшена. Нарушается подача топлива и при неправильном подборе форсунок и топливных насосов. Поэтому форсунки рекомендуется испытывать в комплекте с эталонным насосом и группировать их в зависимости от расхода топлива.

На распределение нагрузки по цилиндрам оказывают влияние такие факторы, как неравномерная производительность топливных насосов, разная работа форсунок, отклонение от оптимального значения углов опережения впрыска топлива, линейные размеры камер сжатия, степень заковывания проходных сечений впускных и выпускных окон цилиндрических втулок.

2.6.2. Схемы электронных систем управления и подготовка двигателя к диагностированию

Доля дизелей колесных транспортных средств, оснащенных электронным управлением, на сегодня достигает 30% от выпуска автомобилей. В менее совершенных топливных системах электронное управление только заменяет механические регуляторы. Более многочисленную группу современных систем, созданных на базе традиционных ТНВД, составляет аппаратура с независимым электронным управлением подачей топлива и опережением впрыскивания. Наконец, были внедрены в массовое производство аккумуляторные системы Common Rail, которые максимально расширили возможности управления рабочими процессами дизеля, например, за счет управления давлением и характеристикой впрыскивания.

Электронная система управления дизельным двигателем представлена на рис. 2.39, 2.40 [32] и обеспечивает управление количеством подаваемого топлива, моментом начала подачи топлива, воздушной заслонкой, частотой вращения холостого хода и свечами накаливания. Система предназначена для снижения токсичности отработавших газов, уменьшения

дымности, уровня шума и вибрации, оптимизации и стабилизации частоты вращения коленчатого вала в режиме холостого хода.

Управление количеством подаваемого топлива осуществляется электронным блоком управления на основании данных о частоте вращения коленчатого вала и положении педали механизма управления подачей топлива с учетом поправок на температуру и давление воздуха на впуске, температуру охлаждающей жидкости и т. д.

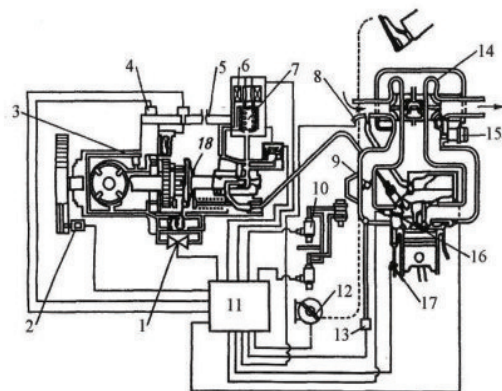


Рис. 2.39. Система управления дизелем:

1 – специальный клапан управления; 2 – датчик угла поворота коленчатого вала; 3 – вход топлива; 4 – корректирующий резистор; 5 – выход топлива; 6 – электромагнитный перепускной клапан; 7 – электромагнитный клапан; 8 – датчик температуры поступающего в двигатель воздуха; 9 – воздушные заслонки; 10 – клапан; 11 – электронный блок управления; 12 – сигнал открытия педали управления подачей топлива; 13 – датчик давления поступающего в двигатель воздуха; 14 – система турбонаддува; 15 – клапан; 16 – датчик воспламенения; 17 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 18 – датчик частоты вращения коленчатого вала
рейкой насос-форсунок; 13 – главное реле системы; 14 – реле топливного насоса; 15 – реле свечей накаливания; 16 – свечи накаливания; 17 – топливный насос; 18 – выключатель зажигания; GB – АКБ.

Момент подачи топлива выбирается блоком управления по сигналам датчиков угла поворота педали механизма управления подачей топлива, давления воздуха на впуске. Используя сигналы датчика воспламенения, установленного в камере сгорания, блок управления обеспечивает совпадение зарегистрированного момента воспламенения с расчетным.

Управляя воздушной заслонкой в полости впускного трубопровода, можно уменьшить вибрацию двигателя на холостом ходу и устранить виб-

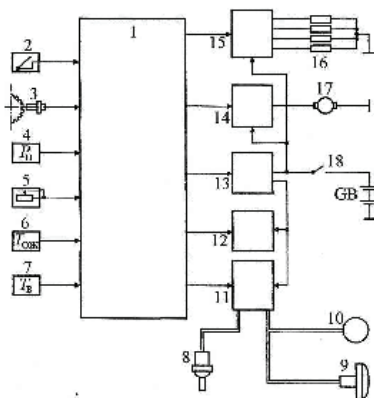


Рис. 2.40. Структурная схема системы управления дизельным двигателем:

1 – блок управления; 2 – датчик положения педали газа; 3 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя; 4 – датчик давления наддува; 5 – датчик положения рейки насос-форсунок; 6 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 7 – датчик температуры всасываемого воздуха; 8 – исполнительный клапан системы рециркуляции отработавших газов; 9 – вакуумный усилитель тормозов; 10 – вакуумный насос; 11 – электромагнитный клапан рециркуляции отработавших газов; 12 – электромагнит управления

рации при остановке двигателя. При отказах системы управления воздушная заслонка автоматически наполовину открывается, что предотвращает чрезмерный разгон двигателя.

Получая информацию от различных датчиков, блок управления обеспечивает подачу такого количества топлива, чтобы частота вращения в режиме холостого хода не отличалась от расчетной.

Значение тока свечей накаливания при пуске дизеля регулируется блоком управления в зависимости от температуры охлаждающей жидкости и ряда других параметров.

Система (см. рис. 2.40) состоит из электронного блока 1, датчика положения педали газа 2, клапана рециркуляции отработавших газов 8, электромагнита управления рейкой насос-форсунок 12, датчика температуры охлаждающей жидкости 6, датчика температуры воздуха на впуске в двигатель 7, датчика частоты вращения коленчатого вала 3, датчика давления наддува 4, свечей накаливания 16 [3].

Во время работы двигателя в блок управления 1 от датчиков поступают сигналы, которые он обрабатывает и определяет программу работы электромагнита насос-форсунок 12, клапана рециркуляции 8, а в режиме пуска двигателя – осуществляет управление свечами накаливания 16. В системе имеется устройство встроенного диагностирования, контрольная лампа в щитке приборов и диагностический разъем (колодка). Неисправности системы закодированы и находятся в памяти электронного блока. По значениям кода можно определить вид неисправности и ее местонахождение.

2.6.3. Контролируемые параметры

Поскольку при эксплуатации транспортных машин происходит изменение структурных и функциональных параметров (количество работающих форсунок, проходное сечение распыляющих отверстий, давление в гидравлическом аккумуляторе, длительность управляющего импульса, эффективный КПД двигателя), то при возникновении неисправности, отказа или ухудшения характеристик одного из компонентов топливной системы произойдет уменьшение тяговой силы и тягово-экономической эффективности транспортных машин.

Наиболее часто в АСТП отказывают ТНВД и форсунки. На форсунки приходится 31% неисправностей АСТП, поэтому разработка эффективных методов и средств диагностирования неисправностей этих узлов является первоочередной задачей.

Структурными параметрами основных узлов АСТП являются зазоры в сочленениях деталей, проходные сечения отверстий, которые непосредственно отражают техническое состояние АСТП. К диагностическим параметрам относятся те, которые имеют функциональную связь со структурными параметрами и косвенно отражают техническое состояние объекта.

Для всех функциональных узлов АСТП эти взаимосвязи однотипны и представляют зависимости расхода жидкости от перепада давления и площади проходного сечения. Так как площадь проходного сечения для каждо-

го функционального узла является структурным параметром, то расход топлива и перепад давления – параметры диагностические.

При определении технического состояния такого сложного объекта как автомобильный двигатель обычно измеряют параметры, характеризующие режим работы двигателя: частоту вращения коленчатого вала, расход топлива и воздуха, температуру охлаждающей жидкости. В ЭСУД эти параметры обычно выводятся на диагностический разъем и доступны для чтения.

Проведение контроля рассмотренных электронных систем управления в процессе эксплуатации производится с особой осторожностью:

- прежде, чем снимать любые узлы системы управления, необходимо отсоединять провод сначала от вывода «-» АКБ, а затем от ее вывода «+»;
- не запускать двигатель, если концевики проводов на АКБ плохо затянуты;
- при работающем двигателе не отсоединять клемму «+» АКБ от бортовой сети;
- не отключать от электронного блока разъем жгута проводов при включенном замке зажигания;
- при зарядке АКБ от внешнего источника необходимо отсоединять ее от бортовой сети автомобиля;
- измерять напряжения в цепях следует цифровым вольтметром с внутренним сопротивлением не менее 10 МОм;
- не производить электродуговую сварку на автомобиле при включенном в бортовую сеть электронным блоком;
- чтобы не повредить контроллер электростатическим разрядом, нельзя прикасаться к штекерным соединителям и разбирать блок;
- при окраске автомобиля и последующей сушке в камере при температуре свыше 65 °С контроллер необходимо снимать с автомобиля.

При диагностировании дизеля (рис. 2.41) сначала по удельному расходу топлива определяют его общее теплотехническое состояние, затем по цилиндрическим индикаторным мощностям и давлению сжатия – состояние каждого цилиндра, и только после выявления неисправных цилиндров проверяют параметры, влияющие на рабочий процесс (производительность топливных насосов и качество работы форсунок). Параметры определяются в процессе работы, и если они находятся в допустимых пределах, то для окончательного диагноза необходимо заглушить дизель и проверить геометрические углы опережения впрыска и линейный размер камеры сжатия. Осуществляется контроль таких параметров, как степень закоксовывания впускных и выпускных каналов, равномерность открытия клапанов. Определение этих параметров является важным для соблюдения одинаковых условий диагностирования. Вязкость дизельного топлива изменяется с изменением температуры. Поэтому важно проводить контроль (диагностирование) при одинаковых условиях. Кроме того, при исследовании процессов в АСТП необходимо иметь возможность рассматривать их синхронно с тактами работы дизеля.



Рис. 2.41. Структурная схема диагностирования дизеля

При диагностировании можно применять мотор-тестер Bosch FSA-740, персональный компьютер с программным обеспечением, многоканальный осциллограф и системный диагностический модуль KTS520, KTS530, KTS540, KTS570 (имеет осциллограф и два канала измерения).

Диагностирование процесса впрыскивания по рабочему циклу двигателя можно осуществить, записывая одновременно с давлением топлива в аккумуляторе:

- сигнал датчика положения распределительного вала;
- сигнал датчика положения коленчатого вала;
- управляющие импульсы на форсунках;
- электрические импульсы на регуляторе давления топлива.

На рис. 2.42 [1] приведен пример осциллограммы с перечисленными сигналами.

Заключение о техническом состоянии топливной аппаратуры или ее элемента дается на основании сравнения амплитуды и формы измеренного параметра или признака с величиной параметра, который определяет ее исправное состояние.

Чтобы сделать заключение о техническом состоянии топливной аппаратуры автомобиля, необходимо иметь в каждом отдельном случае не один, а несколько диагностических и структурных параметров. Кроме того, еще

пользуются статистическими данными об автомобиле и принимают во внимание наблюдения водителя.

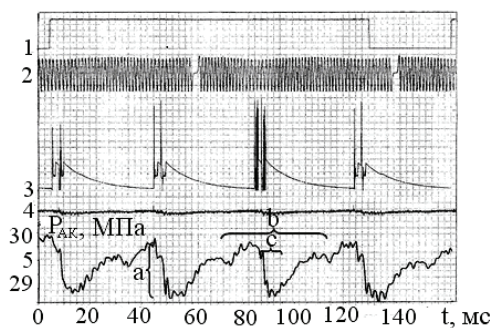


Рис. 2.42. Сигналы датчиков контроля процессов впрыскивания по рабочему циклу

На рис. 2.42 приняты следующие обозначения: 1 – сигнал датчика положения распределительного вала; 2 – сигнал датчика положения коленчатого вала; 3 – управляющие импульсы на форсунках; 4 – исходный сигнал датчика давления топлива; 5 – обработанный сигнал датчика давления топлива; а – снижение давления при впрыскивании; б – период нагнетания давления плунжерной парой; с – период впрыска.

В настоящее время методы и средства технического диагностирования позволяют определить техническое состояние топливной аппаратуры на момент диагностирования, однако сразу же получить сведения о ее техническом ресурсе не удастся. Для прогнозирования ресурса агрегатов приходится пользоваться табличными или графическими материалами, составленными на основании данных исследований и статистики. Развитие и обоснование диагностических параметров, которые являются обобщающими и полнее отражают изменение структурных параметров наиболее сложных механизмов, значительно облегчат процесс диагностирования. Они измеряются в совокупности работы нескольких компонентов, соответствующих действительным режимам работы технической системы.

2.6.4. Методы и средства диагностирования топливных аккумуляторных систем

В настоящее время для диагностирования топливной аппаратуры аккумуляторного типа с электронным управлением, применяются три основных метода диагностирования:

1. Система самодиагностики.
2. Измерения расходов в линиях обратного слива форсунок.
3. Стендовые проверки топливной аппаратуры.

Первый метод основан на возможностях бортовой системы самодиагностики. Он предусматривает считывание параметров и кодов неисправностей из ЭБУ системы с помощью диагностического сканера. Любой диагностический сканер может быть в виде автономного прибора, компонента мотор-тестера или комплекса на основе персонального компьютера (ПК).

Первый вариант сканера представляет собой переносной модуль с клавиатурой и собственным жидкокристаллическим экраном. Питание прибора осуществляется от собственного источника питания или бортовой сети

автомобиля. Программное обеспечение обновляется с помощью подключаемых картриджей или на «флеш» картах. Второй вариант – диагностический сканер выполнен в виде преобразователя сигнала, посылаемого ПК, в формат сигнала для обмена данными по протоколам системы самодиагностирования. Перечень признаков возможных неисправностей топливной системы и перечень проверяемых приборов и систем даны в работах [3, 4, 10, 40]. В настоящее время для диагностирования топливной системы применяют ряд сканеров (рис. 2.43).

Сканер проверяет входные и выходные параметры электрических цепей и информирует оператора об их величине. Он всего лишь фиксирует наличие или отсутствие неисправностей в каком-либо узле или системе, но не позволяет определять причины неисправности, которых может быть много для одних и тех же значений контролируемых параметров. Непонимание или неправильная интерпретация кодов неисправностей, полученных со сканера, являются общей проблемой диагностирования.

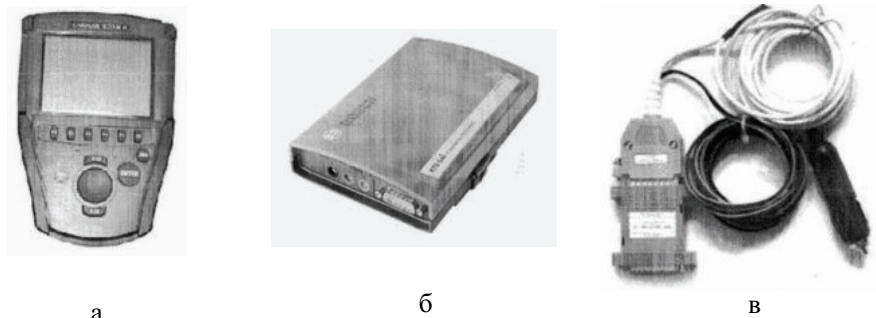


Рис. 2.43. Применяемые средства диагностирования топливной системы:

а – диагностический сканер CarmanScan; б – диагностический сканер Bosch KTS540; в – KL-Line диагностический адаптер для ПК

Диагностический сканер должен обладать возможностью сбрасывания настроек и проведения адаптации электронного блока управления после проведения ремонта ТПА или замены каких-либо компонентов. Сброс настроек адаптации необходим после длительной эксплуатации транспортного средства с неполадками, вызывавшими неравномерную работу дизеля на холостом ходу.

Для диагностирования системы управления ДВС через диагностический разъем необходимо, чтобы учитывались три особенности: физический уровень (конфигурация разъема, количество и назначение контактов в нем); электрический уровень (напряжение питания, напряжение в линии связи с блоком управления); логический уровень (протокол связи и поддержка определенного набора блоков управления, возможность адекватно интерпретировать получаемые данные).

Протоколы связи сканера с блоком управления. Физический уровень конфигурация разъема был стандартизирован в соответствии с OBD-I в США в 1996 году, а в Европе в 2001 только для транспортных средств, оснащенных бензиновыми ДВС. Для дизелей стандартизация разъема про-

изошла лишь в 2004 году. Появление АСТП в 1997 году привело к различиям в логических и физических уровнях связи в моделях разных производителей и годов выпуска, разному количеству отображаемых диагностических параметров и разному количеству определяемых ошибок системы.

На данный момент существуют следующие протоколы связи с блоком управления:

1. ISO 9141-2 (K-Line, Single wire, keywords 08 08 или keywords 94 94) – адаптирован для европейских и азиатских автомобилей и впервые стандартизирован в 1989 году еще до введения OBD. Использует двусторонний обмен данными по K-линии и однонаправленный обмен от сканера к блоку управления по L-линии. Относительно медленный протокол, со скоростью обмена данными не более 10,4 кбит/сек. Ограничен 12 битами, включая бит четности).

2. ISO 14230-4/DIS14230-4 (Keyword 2000 или KWP 2000, slow init или fast init) – новая редакция протокола ISO-9141, которая реализована на том же «физическом уровне», но использует расширенный набор диагностических сообщений, другой формат данных, использует два типа инициализации и одну двунаправленную линию передачи данных (K-Line). Это также относительно медленный протокол (скорость от 1,2 до 10,4 кбит/сек). Сообщения могут содержать до 255 бит. В США применяется с 1997 года, в Азии с 1999, в Европе с 2000 года.

3. SAE J1850 (PWM, Pulse Width Modulated Dual wire) – OBD-II протокол на основе широтно-импульсной модуляции сигнала обмена данными между блоком управления и диагностическим оборудованием. Ford обозначает этот протокол как «Standard Corporate Protocol» (SCP) и использует не только для диагностики, но и для сетевой связи между различными блоками управления. Используются две линии (Bus+ и Bus-), скорость передачи данных 41,6 кбит/сек. Применяются также протоколы SAE J1850 SPC (Ford), SAE J1850 DLC (GM).

4. SAE J1850 («VPWM» VPW, Variable Pulse Width, GM Class 2) – передача данных осуществляется по одному каналу (Bus+) и основана на переменной широтно-импульсной модуляции. Скорость обмена данными 10,4 кбит/сек.

5. Диагностирование через CAN шину. Передача данных по CAN шине была разработана фирмой Bosch в начале 80-х годов и какое-то время этот протокол оставался невостребованным. Но увеличение на автомобиле количества электронных блоков и необходимость в повышении скорости обмена данными привели к тому, что протокол использовался для общения между контроллерами во внутренних информационных сетях автомобилей, а затем и для связи с диагностическим оборудованием. Существует несколько различных по скорости модификаций: ISO 15031-1 (Low speed); Single-wire SAE J2411 – спецификация однопроводной CAN шины, разработанной General Motors; ISO 11519-2 (Low Speed, до 125 кбит/сек); ISO 11898-2 (High Speed, более 125 кбит/сек); в США стандартизированы SAE J22584 для легковых автомобилей и SAE J1939 для грузовых автомобилей; ISO 15765-4 (SAE J2284). CAN шина, используемая для диагностирования в

соответствии со стандартом EOBD с 2002 года, существует в двух модификациях: Basic CAN 11 бит (250 кбит/сек Speed) и Full-CAN 29 бит (500 кбит/сек Speed). Начиная с 2008 года, протокол передачи данных по CAN шине стал единым стандартизованным протоколом для диагностирования транспортного средства. (CAN Single Wire High Speed-Middle).

Кроме приведенных стандартизованных протоколов связи производители блоков управления могут применять свои внутренние протоколы для дилерского оборудования.

Как показано в табл. 2.16 наиболее полно поддерживают протоколы диагностирования такие сканеры как KTS и CarmanScan. При этом необходимо отметить, что CarmanScan может быть обновлен программным путем при появлении новых протоколов связи с бортовой системой самодиагностики. Приведенные в табл. 2.16 данные относительно оборудования производства Bosch соответствуют моделям KTS 530/540/570, оснащенных съемным модулем поддержки протоколов связи.

Кроме принципиальной возможности диагностирования транспортного средства вообще, большую роль играет глубина (многоуровневость) диагностики, которая зависит как от особенностей блока управления, так и от возможностей программного обеспечения, заложенного в диагностическом сканере.

Таблица 2.16

Поддержка протоколов связи диагностическими сканерами

Протокол	Bosch, KTS 520	Carman, Scan-II	Launch, X431	Axon, 2000	Weber, Uniscan
ISO 9141	Да	Да	Да	Да	Да
ISO 14230 KWP2000	Да	Да	Да	Да	Да
SAE J1850 PWM	Да	1850, 1587*	Да	Да	Да
SAE J1850 VPW	Да	1850, 1587*	Да	Да	Да
CAN ISO 15031	Да	Да	Нет	Да	Нет
CAN ISO 11519	Да	Да	Да	Нет	Да
CAN ISO 11898	Да	Да	Да	Да	Нет
CAN SAE J2411	Да	Да	Нет	Нет	Нет
CAN ISO 15765 (SAE J2284)	Да	Да	Да	Да	Да

Примечание:

* - 1850 – это протокол для легковых автомобилей; 1587 – для грузовых.

По сравнению с уровнями диагностирования, заложенными в диагностическое программное обеспечение производителя, стандартизированные возможности по требованиям EOBD отображают намного меньше диагностических параметров. В соответствии с положениями EOBD, принятыми в 2004 году для дизельных двигателей, обеспечивающих нормы токсичности Euro-4, зарезервированы следующие специфические параметры (адреса \$13 \$0A): - «давление топлива» \$0A, - «угол опережения впрыскивания топлива» \$0E, - «магистральное давление» \$23, - «напряжение лямбда-зонда» \$14-\$1B, - «величина коэффициента лямбда» \$24 - \$2B и \$44. Необходимо отме-

тить, что часть дизельных двигателей комплектуется широкополосным лямбда-зондом LSU4.

Второй метод контроля заключается в оценке давления в линии низкого давления (на всасывании топлива), давления, создаваемого топливоподкачивающим насосом, расхода топлива в линиях обратного слива топлива с форсунок. Метод обеспечивается с помощью наборов средств измерения, состоящих из измерителей давления, мерных мензурок, гибких трубопроводов.

Существующие наборы для проведения измерений расходов и давлений в линиях аккумуляторной топливной аппаратуры обычно включают в себя манометр низкого давления (до 1 МПа), вакуумметр (-0,1 МПа-0,15 МПа), мерные мензурки или градуированные прозрачные трубки для измерений обратного слива, комплект штуцеров и переходников для различных вариантов соединения трубопроводов. Для измерений в линиях низкого давления могут также применяться автономные пьезодатчики с собственным измерителем и выводом данных на дисплей (рис. 2.44).

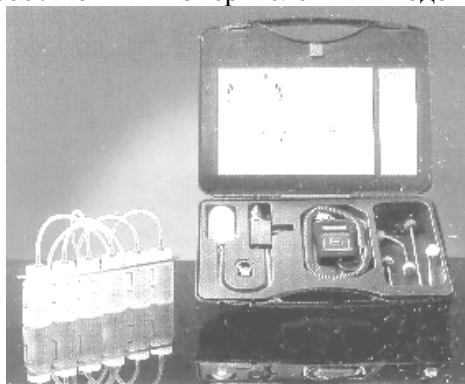


Рис. 2.44. Измерительный комплект с мерными мензурками и измерителем на основе пьезодатчика давления

Для традиционной топливной аппаратуры измерение расходов в линиях обратного слива с форсунок позволяет однозначно оценить степень износа прецизионных элементов форсунки, но не дает никакой информации относительно состояния распылителей. Для АСТП на величину утечек топлива в линии обратного слива накладывается количество топлива, сброшенного из управляющей камеры. Разделить величину утечки топлива, вызванную износом элементов форсунки, и количество топлива, сбрасываемого из управляющей камеры, невозможно. Поэтому использовать этот показатель для ЭГФ без контроля других диагностических параметров нельзя, поскольку он дает лишь общую картину о техническом состоянии форсунок, без конкретизации неисправности.

Недостатком применения механических манометров является невысокая точность и инерционность проводимых измерений. Кроме того, необходимость измерять значения давления отдельным прибором нарушает информационный поток и увеличивает время диагностирования. Применение датчика давления с собственным интерфейсом решает вопрос точности измерения, но по-прежнему создает проблему разрыва информационного потока. Поскольку в обоих случаях требуется наличие оператора для наблюдения за показаниями дисплея, подключенного к датчику, или стрелки манометра. Средства для измерения расхода в линиях обратного слива форсунок, как правило, представлены мерными мензурками и гибкими прозрачными трубопроводами с градуировкой. Это обусловлено тем, что проверки

осуществляются на разных режимах и соответственно расходы в линиях обратного слива могут различаться в несколько раз.

При осуществлении проверки утечек через запорные элементы контрольных камер форсунки, при прокручивании коленчатого вала двигателя стартером расходы в линиях обратного слива форсунок весьма незначительны, что при измерении с помощью мерных мензурок невозможно в принципе. Для этого используется шкала, нанесенная на концевые участки прозрачных трубопроводов для измерения. Шкала наносится на ту часть трубопровода, которой он подключается к сливному отверстию на форсунке. На других режимах работы двигателя количество топлива, сбрасываемого в линии обратного слива, значительно и поэтому измеряется с помощью мерных мензурок (рис. 2.45).



Рис. 2.45. Мерные мензурки для измерения расходов в линиях обратного слива ЭГФ

в этих случаях с помощью вакуумметра контролируется уровень разрежения на всасывании перед ТНВД после топливного фильтра и перепад давлений на топливном фильтре. Однако данный способ измерений не адекватен измерению низкого давления за подкачивающим насосом и поэтому такое средство измерения как вакуумметр присутствует не во всех комплектах для измерения расходов и давлений. Иногда для более точного контроля уровня давления топлива в аккумуляторе применяется дополнительный датчик высокого давления с собственным интерфейсом. Его применение для проведения диагностирования неоднозначно, поскольку требует демонтажа штатного датчика давления с последующей установкой двух датчиков вместе через переходник. Однако большинство сервисных руководств по эксплуатации и ремонту аккумуляторных систем топливоподачи запрещают демонтаж штатного датчика давления, поскольку деформация его корпуса при демонтаже и последующей установке может повлиять на состояние мембраны с тензорезисторами и, как следствие, смещения выходного сигнала датчика.

Третий метод основан на контроле узлов топливной аппаратуры на стенде, как и для топливной аппаратуры классического типа. Этот метод требует демонтажа компонентов топливной аппаратуры с транспортного средства и установку их на стенд для контроля топливной аппаратуры.

Существует два варианта реализации стендов:

Рассмотренные средства диагностики не позволяют измерять расходы в других линиях низкого давления аккумуляторной топливной аппаратуры, но поскольку измерения осуществляются только в линиях обратного слива форсунок, то линии ТНВД и регулятора давления не контролируются. Новое поколение топливных насосов высокого давления имеет встроенные топливоподкачивающие насосы и поэтому в

- дизельные стенды для проверки традиционной топливной аппаратуры, дооснащенные специальными модулями контроля для электронных элементов топливной аппаратуры;

- специализированные стенды со встроенным компьютером, в котором хранится информация по контролю, тестовые планы и программное обеспечение для управления электронными компонентами стенда.

Стендовые испытания топливной аппаратуры проводятся с помощью отечественных специальных стендов, разработанных фирмами Бош, Хартридж, которые имеют в своем составе электронные модули управления (рис. 2.46).

Основными узлами стенда для проверки топливной аппаратуры аккумуляторного типа, в отличие от стендов для проверки традиционной топливной аппаратуры являются:

1. Блок контроля высокого давления. Этот модуль использует сигнал датчика давления, установленного в аккумуляторе, и вырабатывает управляющие импульсы на регулятор давления топлива. Выполняется функция автоматического контроля давления для предотвращения перегрузки и разрыва гидравлического аккумулятора.

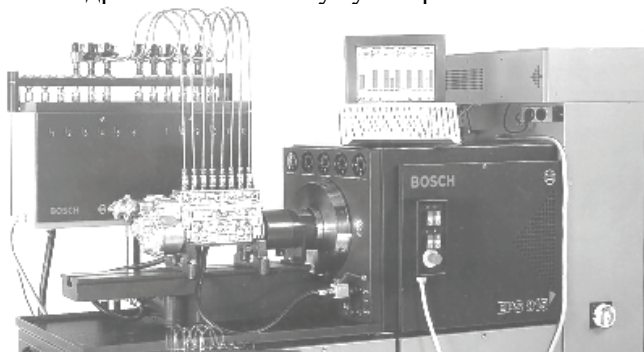


Рис. 2.46. Стенд фирмы Bosch EPS 815 для проверки топливной аппаратуры дизелей с электронным управлением

2. Блок управления форсунками. Этот блок генерирует управляющие импульсы для управления ЭГФ. При этом возможно задание длительности, количества импульсов и промежутков времени между импульсами. При превышении величины тока в обмотке электромагнита форсунки про-

исходит автоматическое отключение каскада ее управления.

3. Модуль измерения цикловых подач. На стендах, переоборудованных из стендов для традиционной топливной аппаратуры, этот модуль представляет собой комплект мерных мензурок. На специализированных электронных стендах – это встроенные в поддоны мензурок электронные весы, автоматически передающие результаты измерений на компьютер в составе стенда. Программное обеспечение пересчитывает полученные за тестовый промежуток времени значения к цикловым подачам топлива в $\text{мм}^3/\text{цикл}$.

4. ПК с программным обеспечением и тест-планами. ПК в составе измерительного комплекса позволяет проводить процесс проверки топливной аппаратуры в автоматическом или полуавтоматическом режиме и результаты измерений представляет в удобной для оператора форме.

Отечественные стенды для контроля традиционных насосов высокого давления доукомплектованы специальными блоками для управления электрогидравлическими форсунками и контуром давления с обратной связью. При испытаниях вал топливного насоса присоединяется к приводу стенда. Организовывается подача и обратный слив топлива. Для ТНВД, имеющих встроенный топливоподкачивающий насос, допустимая величина давления 30 кПа на входе в ТНВД, для остальных вариантов от 150 до 250 кПа. Контроль ТНВД осуществляется в соответствии с тест-планом. Тест-планы для ТНВД различных производителей будут отличаться в деталях, но в общем они имеют три основных этапа контроля:

- тест производительности – контроль расхода топлива через насос в зависимости от частоты вращения;
- тест давления – контроль расхода топлива через насос при заданном давлении;
- контроль характеристик электрических клапанов, установленных в корпусе ТНВД.

Тест производительности осуществляется следующим образом: давление насоса устанавливается минимальным, характерным для режима работы двигателя на холостом ходу. Большинство тест-планов указывают это давление в 30 МПа. Электрический клапан регулирования подачи насоса ставится в положение, обеспечивающее максимальную величину подачи. С помощью стенда по очереди задается определенная частота вращения приводного вала насоса. Проверяется соответствие расхода топлива через насос определенным оборотам в соответствии с тест-планом. Проверяется равномерность подачи: независимо от частоты вращения вала подача топлива на один оборот вала насоса должна быть постоянной во всем рабочем диапазоне.

Тест давления заключается в следующем: частота вращения вала насоса устанавливается постоянной. Электрический клапан регулирования подачи насоса ставится в положение, обеспечивающие максимальную величину подачи. С помощью блока управления задается требуемая величина давления и контролируется падение расхода топлива при данной величине давления. В соответствии с тест-планом задаются контрольные давления. Большинство тестовых планов указывает допустимым снижением расхода топлива через ТНВД на максимальном давлении не более чем на 20%. Также при низкой частоте вращения и максимальном давлении оценивается величина утечек по изношенным поверхностям плунжерных пар.

Для ТНВД, оснащенных отключаемой секцией высокого давления, проводят две проверки, с отключенной секцией и когда все секции активны.

Недостатками применения стендового оборудования, например, КИ-15711 или стенда фирмы Bosch EPS 815 являются:

- высокая стоимость стендового оборудования;
- большие трудовые затраты;
- необходимость практически полной разборки гидравлической системы;

- проверка работы электронной системы управления и сигналов датчиков автомобиля не осуществляется.

На рис. 2.47 представлена примерная относительная оценка эффективности существующих способов диагностирования.



Рис. 2.47. Эффективность существующих способов диагностирования

2.6.5. Статические и динамические измерения начала подачи топлива

Механизм регулирования начала подачи топлива [7]. Приводится в действие как гидравлически, так и в механическом исполнении. 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. Скважность с возрастанием частоты вращения коленчатого вала должна уменьшаться. Если сигнал не проходит, неисправность определяется по плану проверки исполнительного механизма. Требуемая величина электрического сопротивления электромагнитного клапана составляет 12-20 Ом. Неработающий электромагнитный клапан обращает на себя внимание жесткой работой двигателя на режиме холостого хода, так как 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 предполагать неисправность в электронике, 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.

Статическая установка начала подачи. Регулирование ТНВД с механическим регулированием осуществляется в основном при помощи механического инструмента на неработающем двигателе. Таким образом производится регулирование предварительного 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.

У распределительных ТНВД 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. 2.48 [7]).

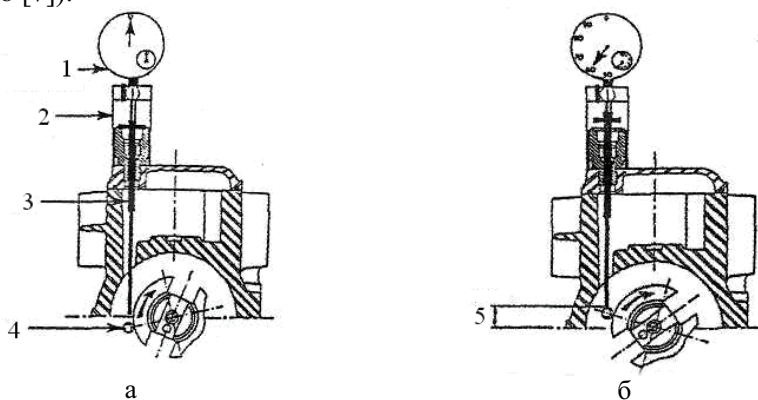


Рис. 2.48. Измерение начала подачи топлива на насосах типа DPC фирмы Lucas (иллюстрации фирмы Lucas):

а – измерительный шуп в исходном положении, индикатор выставлен на ноль; б – измерительный шуп в положении начала подачи топлива; 1 – индикатор часового типа; 2 – кронштейн; 3 – измерительный шуп; 4 – шип ротора; 5 – величина начала подачи топлива

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 так называемый метод разметки, особенно для аппаратуры впрыскивания с электронным управлением. При этом коленчатый и 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, так как электронные устройства могут компенсировать ошибку установки до 4° .

Динамическое измерение начала подачи [7]. 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 электрическое сопротивление. Сигнал обрабатывается в измерительном приборе и при определенном уровне, выраженном в процентах от максимальной величины (рис. 2.49), можно считать, что началась подача топлива.

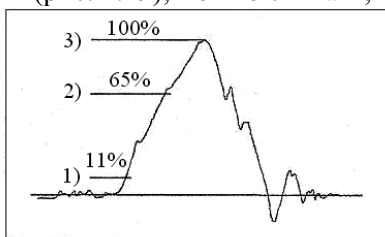


Рис. 2.49. Вид сигнала зажимного датчика (источник: фирма AVL)

возможность проверять функционирование регулятора начала подачи (рис. 2.50). Зависимость на рис. 2.50 получена зажимным датчиком, который расположен вблизи от ТНВД.

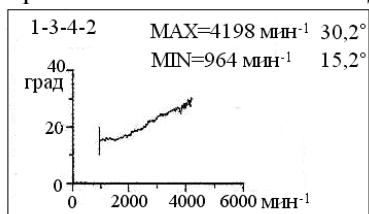


Рис. 2.50. Зависимость опережения впрыскивания (в градусах угла поворота коленчатого вала) от частоты вращения коленчатого вала (в мин⁻¹)

может устанавливаться даже между 20 и 80%. При этом результат измерения с увеличением уровня срабатывания триггера сдвигается в направлении «поздно» (рис. 2.49). 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

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

Тем не менее, при оценке результатов необходимо проводить детальный анализ полученных измерений. Как показано на рис. 2.49, измерительные приборы фирмы AVL 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

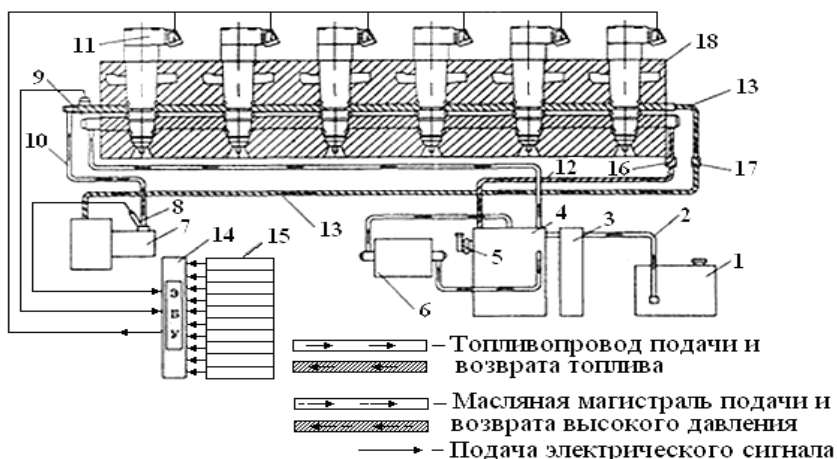
поворота коленчатого вала. Большинство производителей рекомендуют монтировать датчик по возможности ближе к топливному насосу. Однако есть и исключения: у автомобилей PSA (Peugeot, Citroën) зажимной датчик установлен в форсунке. Уровень срабатывания триггера в этом случае составляет 15%.

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 невзаимозаменяемы 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.

2.6.6. Диагностирование клапанов и топливных насосов высокого давления

Диагностирование топливной системы дизельных двигателей с электронной системой управления подачей топлива рассмотрим на примере аккумуляторной системы с электрогидравлическим инжектором (насос-форсункой) позволяющим повысить давление впрыска до 200 МПа для перспективных моделей. Причем топливо постоянно поступает к форсунке при малом давлении (0,25 МПа).

Как правило, электрогидравлическая форсунка имеет топливную и масляную секции, разделенные между собой в головке блока цилиндров при помощи уплотнительных колец (рис. 2.51) [1]. Масло к форсунке подается под высоким давлением (до 30 МПа) насосом высокого давления системы гидравлического управления через аккумулятор, где поддерживается постоянное давление. Величина давления масла контролируется клапаном регулятора давления впрыска, управляемым сигналами от электронного блока управления (ЭБУ). На основе сигналов с датчиков (положения распределительного вала и частоты вращения, температуры воздуха, температуры охлаждающей жидкости, давления и расхода воздуха, положения акселератора, усилия на рабочем органе, состава отработавших газов и др.) ЭБУ формирует управляющий сигнал, который подается на соленоид, управляющий клапаном электрогидравлической форсунки. Этот клапан открывает подачу масла высокого давления с аккумулятора, которое перемещает плунжер внутри топливной секции форсунки, создавая высокое давление впрыска. Диагностирование рассматриваемой топливной системы выполняется через тестирование ее на мониторе постоянного действия: проверяется техническое состояние всех датчиков сравнением выходных сигналов с эталонными; оценивается нагрузочный режим; контролируются системы топлива; смазки и охлаждения.



**Рис. 2.51. Топливная система с электронным управлением
подачей топлива:**

1 – топливный бак; 2 – топливopовод; 3 – фильтр грубой очистки; 4 – фильтр тонкой очистки; 5 – топливopодкачивающий насос; 6 – топливный насос; 7 – масляный насос; 8 – регулятор давления впрыска; 9 – датчик давления впрыска; 10 – масляный трубопровод; 11 – форсунки; 12 – топливopовод сливной; 13 – сливная масляная магистраль; 14 – электронный блок управления; 15 – блок датчиков (положения распределительного вала, частоты вращения коленчатого вала, температуры воздуха, температуры охлаждающей жидкости, температуры масла, давления масла, расхода воздуха, положения педали акселератора, усилия на рабочем органе, состава ОГ); 16 – клапан перепускной топливный; 17 – клапан перепускной масляный; 18 – головка блока

Во время работы двигателя ЭБУ автоматически проводит тестирование его работоспособности и при обнаружении отклонений в функционировании систем устанавливает неисправность, а в критических ситуациях приводится в действие аварийное управление. Кроме того, память ЭБУ фиксирует время всех экстремальных событий.

Тестирование по запросу оператора проводится при отключенном (оценка электрических цепей) и работающем двигателе (оценка работоспособности регулятора давления впрыска, насоса масла высокого давления, системы контрольного давления впрыска, форсунок и т. д.). При оценке состояния форсунки ЭБУ управляет подачей топлива и определяет мощность каждого цилиндра. Эта проверка позволяет выявить неисправности и других систем, влияющих на мощность двигателя.

2.6.6.1. Контроль исправности насосов по таблицам неисправностей

Требуемые давления подкачки распределительными насосами фирмы Bosch дизельного двигателя приведены в табл. 2.17.

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

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.

Эти насосы требуют минимального давления в 5,6 бар. Обычно устанавливают 7 бар. Все распределительные ТНВД имеют 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 M12, при подсоединении к которому манометра можно измерить давление подкачки.

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.

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 двигателей 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 табл. 2.18.

Таблица поиска неисправностей у двигателей с аккумуляторной системой при отклонениях давления подачи топлива от требуемого

Неисправность	Признаки	Возможная причина	Способ устранения
Слишком высокое давление подкачки	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 (OUT)	Заменить штуцер обратного слива. Обратит внимание на диаметр отверстия!
		3. Засорен или замат трубопровод обратного слива	Очистить или заменить трубопровод обратного слива
Давление подкачки слишком низкое	Проблемы с запуском и потеря мощности	1. Загрязнен 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 опережения 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

2.6.6.2. Контроль исправности насосов по расходу и давлению подачи топлива

Проверку работы насоса высокого давления и форсунок непосредственно на автомобиле проводят при превышении норм по дымности отработавших газов. Наибольшее распространение получил метод, основанный на анализе изменения давления с помощью специального накладного датчика, устанавливаемого рядом с форсункой на нагнетательный топливопровод (рис. 2.52). Точка 1 на осциллограмме соответствует началу повышения дав-

ления в результате движения плунжера насоса, точка 2 – срабатыванию нагнетательного клапана. При малой скорости движения плунжера рост давления на некоторое время замедляется. Точка 3 соответствует поднятию иглы форсунки. При этом давление падает, поскольку высвободившийся объем не успевает заполниться топливом, а затем снова повышается до определенной величины. Точка 4 при большой частоте вращения коленчатого вала двигателя может соответствовать максимальному давлению впрыска. Однако для нормального процесса в режиме холостого хода это давление обычно фиксируется по характерному пику (точка 3). Точка 5 определяет посадку иглы форсунки, когда впрыск заканчивается, после чего происходит посадка в седло нагнетательного клапана плунжера. Импульсы остаточного давления (точка 6) появляются в результате недостаточной герметичности нагнетательного клапана [36].

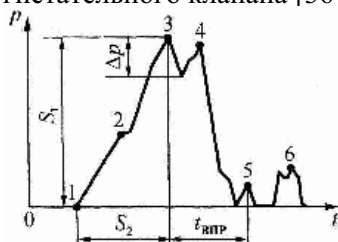


Рис. 2.52. Осциллограмма изменения давления в топливopровode дизеля

Наибольшая высота осциллограммы (размер S_1) определяет затяжку пружины форсунки и статическое давление начала впрыска. Перепад давления (Δp) характеризует подвижность иглы форсунки. Путем интегрирования функции $p(t)$ за время впрыска ($t_{вп}$) можно определить цикловую подачу топлива. Время задержки впрыска (S_2) характеризует зазор в плунжерной паре, вызывающий утечку топлива между гильзой и плунжером.

Диагностирование данным методом осуществляется с помощью простых приборов с одним накладным датчиком и стробоскопом, которые определяют частоту вращения коленчатого вала двигателя, установочный угол опережения впрыска топлива, качество работы регулятора частоты вращения и автоматической муфты опережения впрыска топлива, давление начала впрыска или максимальное давление впрыска.

Также применяются и более дорогие стационарные стенды с осциллографами и одновременной установкой датчиков на все форсунки. Такие стенды обычно являются универсальными, на них можно осуществлять комплексную диагностику электрооборудования и системы зажигания, а также определить компрессию по отдельным цилиндрам (по колебаниям силы тока при прокручивании коленчатого вала, пускаемого от стартера двигателя).

Контроль давления на входе в ТНВД или в корпусе (для ТНВД с внутренним топливоподкачивающим насосом) необходим для локализации неисправности в линии низкого или высокого давления. Измерение расхода в линии обратного слива ТНВД дает информацию о степени износа плунжерных пар. Для традиционной топливной аппаратуры этот параметр может варьироваться в широких пределах. Поскольку у ТНВД со смазкой с помощью линии подачи моторного масла и линией обратного слива только для отведения топлива, просочившегося в зазор, будут одни показатели по величине обратного слива, а для ТНВД, смазываемых топливом, и в которых уровень

давления в корпусе поддерживается жиклером или редукционным клапаном в линии обратного слива, другое значение этого же диагностического параметра. Достоверность данного метода минимальна – это косвенная относительная оценка срабатывания форсунок. Вероятность постановки правильного диагноза можно оценить в 70%, поскольку остальные 30% составляет вероятность того, что работает система коррекции равномерности работы двигателя в режиме холостого хода. При коррекции компенсируется неравномерность подачи форсунок разных цилиндров, впрыскивающих разное количество топлива, поэтому дозы топлива на управления соответственно разные. Измерение разрежения на всасывании позволяет оценить состояние топливного фильтра и техническое состояние топливopодкачивающего насоса. Но при наличии утечек в насосе разрежение на впуске будет невысоким и это не позволит оценить состояние фильтра. Измерение высокого давления в топливном аккумуляторе осуществляется с помощью дополнительно устанавливаемого диагностического датчика давления или манометра с пределом измерения в 1500 атм. При этом возможно лишь определение среднего уровня давления в аккумуляторе на данном режиме. Учет волновых процессов и колебаний, которые могут возникать при неисправности отдельных узлов, работающих в линии высокого давления, не ведется. То есть информативность упомянутого метода невелика и не позволяет дать однозначное заключение о наличии и характере некоторых неисправностей, возникающих в топливной аппаратуре. Затраты времени на применение данного метода весьма значительны, поскольку требуется частичный демонтаж элементов двигателя для доступа к топливным линиям и линиям обратного слива. Также требуется разгерметизация линий обратного слива и подвода топлива, что также нежелательно.

2.6.6.3. Контроль электрических клапанов ТНВД

Контроль электрических клапанов зависит от их типа и предназначения в ТНВД. Существует две группы электрических клапанов: клапаны пропорциональные и двухходовые клапаны. Их различие состоит в том, что пропорциональный клапан изменяет проходное сечение в зависимости от величины тока, протекающего через его обмотку, а двухходовый клапан может занимать только два положения при включенном или отключенном постоянном напряжении. Пропорциональные клапаны управляются импульсами напряжения переменной скважности при постоянной частоте следования импульсов. В свою очередь, каждая из групп клапанов делится на два типа по назначению. Пропорциональные клапаны: клапан регулирования расхода (дросселирования впуска) и клапан регулирования давления (сброса в линию обратного слива). Двухходовые клапаны делятся на клапаны постоянного и синхронного действия. Клапан постоянного действия изменяет производительность насоса отключением одной из секций ТНВД. Состояние клапана изменяется в зависимости от режима работы двигателя. Синхронизированные клапаны переключаются в каждом рабочем цикле двигателя, обеспечивая наполнение надплунжерных полостей ТНВД и на-

гнетание топлива в гидравлический аккумулятор (особенность ТНВД Denso HP2). Двухходовые клапаны проверяются на работоспособность (переключение) и на величину тока, протекающего через обмотку клапана при постоянном приложенном напряжении. Пропорциональные клапаны проверяются на диапазон работы. ТНВД устанавливается на определенные в тест-плане давление и частоту вращения (как правило, обеспечивающие максимальный расход). Оценивается величина тока, протекающего через клапаны в тот момент, когда его изменение приводит к началу уменьшения расхода топлива через насос (контрольная точка 90% расхода). Оценивается величина тока в момент достижения 10% расхода топлива. Вычисляется рабочий диапазон клапана по току и сравнивается с эталонным (обычно диапазон изменения тока составляет 200 мА). В пределах этого диапазона при фиксированной величине тока расход топлива должен быть устойчивым.

Проверка компонентов топливной аппаратуры на стенде требует демонтажа компонентов топливной аппаратуры с транспортного средства и установку их на стенд для проверки топливной аппаратуры.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены микропроцессорные системы управления рабочими процессами и какая их эффективность?
2. Какими рабочими процессами управляет электронная система двигателя?
3. Какие контролируемые параметры двигателя используются чаще всего?
4. Какие существуют методы и средства диагностирования аккумуляторной топливной системы?
5. Как осуществляется связь внешними средствами с блоком управления двигателем?
6. Какие средства применяются для проведения измерений расходов и давлений в аккумуляторной топливной системе?
7. Как проводят статистические и динамические измерения начала подачи топлива?
8. Как контролируют исправность насосов и клапанов ТНВД?

2.7. Диагностирование форсунок

2.7.1. Методы диагностирования

Если коленчатый вал двигателя начинает вращаться неравномерно, наряду с проверкой механической системы следует протестировать и форсунки.

Диагностировать форсунки можно следующими методами:

- проливания;
- отключения цилиндров;
- подсоединения датчика пульсаций к регулятору давления топлива;
- проверка форсунок на специальном стенде;
- способ корректирования значений цикловой подачи топлива;
- замер дымности ОГ;
- определение количества топлива, отводимого от форсунки.

Метод проливания рекомендуется многими заводами-изготовителями, но при проверке двигатель заливается топливом, что нежелательно.

Метод отключения цилиндров, как и метод подключения датчика пульсаций к регулятору давления топлива имеют недостаточную достоверность. Наиболее достоверным является **метод проверки форсунок на специальном стенде**, но для этого необходимо снимать топливный аккумулятор с двигателя.

Способ корректирования значений цикловой подачи топлива на режиме холостого хода является альтернативным методу замера количества топлива, отводимого от форсунок. Для этого топливопроводы обратного слива топлива соединяются, а общий топливопровод запирается зажимом. Вместо общего топливопровода подсоединяются трубки, идущие к мерному устройству.

Двигатель запускается и работает с той частотой вращения коленчатого вала, которая показала некомфортной. Через несколько минут сравнивают по цилиндрам количество топлива, ушедшего на слив.

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 см^3 в минуту на одну форсунку. Если эта цифра превышена, форсунка неисправна 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.

Еще одной 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 на большинстве проверяемых двигателей дали значение от 0 до 1% [7]. Если замеренная дымность ОГ на режиме холостого хода составляет 5% или превышает значение коэффициента поглощения по Хартриджу $k=0,12 \text{ м}^{-1}$, 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 неисправным. Если механические неисправности двигателя отсутствуют, причиной неполадок может являться только форсунка.

При использовании дымомера возможны и другие методы проверки аккумуляторной системы впрыска топлива. Значения максимального коэффициента поглощения k_{max} , характеризующего величину дымности ОГ, на режимах свободного ускорения лежат в пределах $0,3-1,0 \text{ м}^{-1}$ (см. рис. 2.53: $k_{max}=0,44 \text{ м}^{-1}$, $n_{AR}=4650 \text{ мин}^{-1}$, время разгона $t_R=1,2 \text{ с}$) [7]. 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.

При пуске прогретого двигателя максимальный коэффициент поглощения k_{max} не достигает величины $0,3 \text{ м}^{-1}$. Если при пуске холодного двигателя максимальный коэффициент поглощения не увеличивается, добавлением сопротивления примерно 15 кОм имитируют на температурном датчике температуру порядка $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Если величина дымности изменяется, как показано на рис. 2.54 [7], следует проверить температурный датчик и при необходимости заменить.

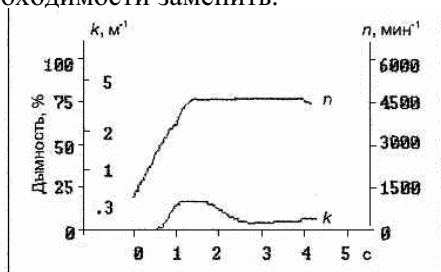


Рис. 2.53. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения k) и частоты вращения коленчатого вала n двигателя Mercedes 200 CDI с аккумуляторной системой впрыска топлива при свободном ускорении

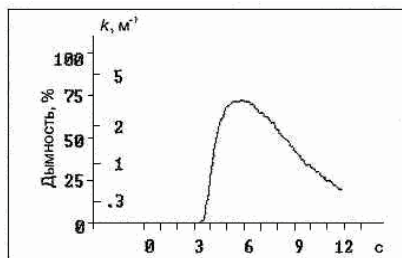


Рис. 2.54. Кривые дымности ОГ (коэффициента поглощения k) двигателя с аккумуляторной системой впрыска топлива при холодном пуске двигателя

2.7.2. Диагностирование форсунок по расходу топлива через форсунки

На рис. 2.55, 2.56 представлены зависимости расхода топлива через форсунки от давления в гидроаккумуляторе и изменение циклической подачи топлива от давления в гидроаккумуляторе и длительности управляющего импульса [5]. Эти зависимости получены на безмоторном стенде без штатного контроллера с использованием специализированного модуля управления форсунками и регулятором давления, что позволяло включать или выключать отдельные компоненты АСТП и в чистом виде получать результаты действий того или другого гидравлического узла.

Стендовые испытания (диагностирование) позволяют изменять в широком диапазоне независимо давление в аккумуляторе и длительность управляющего импульса на электромагнитные форсунки, определить зависимость циклических подач топлива от этих параметров и накапливать базу данных, которую можно использовать при диагностировании АСТП на автомобилях.

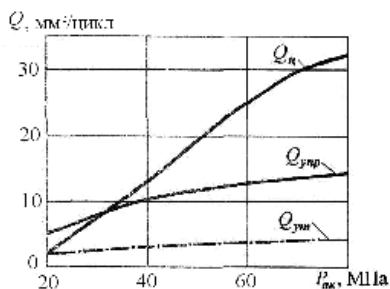


Рис. 2.55. Изменение составляющих расхода топлива ЭГФ Bosch, отнесенных к одному циклу ($n=800 \text{ мин}^{-1}$, $\tau=1 \text{ мс}$) в зависимости от $P_{ак}$:

$P_{ак}$ — давление, МПа; $Q_{и}$ — циклическая подача топлива, $\text{мм}^3/\text{цикл}$; $Q_{к}$ — расход топлива на технологические потребности для управления иглой; $Q_{ит}$ — виток через зазоры в прецизионных частях мультипликатора и иглы

Анализируя график, представленный на рис. 2.55, можно утверждать, что величина утечек топлива через мультипликатор монотонно возрастает при росте давления и практически мало зависит от длительности впрыскивания форсунки, так как значительное время в управляющей камере давление равно давлению в аккумуляторе и лишь на время впрыскивания давление уменьшается. Такой же вывод следует и в отношении утечки топлива через зазоры в прецизионной части иглы форсунки.

С повышением давления топлива в гидроаккумуляторе (см. рис. 2.56) возрастает крутизна нарастания давления топлива в подыгольном пространстве форсунки, уменьшается время запаздывания нарастания давления топлива в подыгольном пространстве и увеличивается суммарная продолжительность впрыскивания.

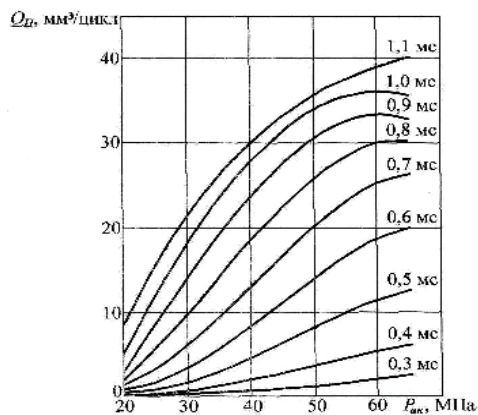


Рис. 2.56. Изменение цикловых подач в зависимости от давления в гидравлическом аккумуляторе и длительности управляющего импульса на электромагните форсунки

2.7.3. Диагностирование форсунок по тест-планам

Диагностирование электрогидравлических форсунок также требует использования специального стенда. Контроль осуществляется в соответствии с тест-планом производителя и предусматривает: контроль цикловых подач при разном давлении и продолжительности впрыскивания; качество распыливания топливного факела; разницу в линиях обратного слива топлива при одинаковой длительности открытия форсунок; величину тока, протекающего через обмотку электромагнита. При этом необходимо отметить, что блоки, генерирующие импульсы на электромагниты форсунок, могут иметь разную форму импульсов и, соответственно, предусматривать различные тест-планы для форсунок одного типа. Некоторые блоки управления форсунками генерируют импульсы, по форме подобные используемым сис-

темой управления, установленной на автомобиле, а в других блоках используют специальные тестовые последовательности импульсов.

На автомобилях широко используются электрогидравлические форсунки Bosch, Denso, Delphi. В них применяются электромагниты с разными характеристиками и конструкциями клапанных узлов. Наряду с упомянутыми применяются пьезогидравлические форсунки Siemens. При этом часть форсунок изготавливается по высокоточной технологии с селективной подборкой всех элементов форсунки и с минимальным различием в цикловых подачах. А часть форсунок производится по технологии с большими допусками при изготовлении для ускорения производства; такие форсунки при контроле на стенде показывают большее различие по цикловым подачам, так как при их работе на транспортном средстве применяется электрическая (резисторная) адаптация, программная (номерная) адаптация к системе впрыска.

Информативность стендового метода очень высокая, но имеет частичный характер. Контроль ТНВД осуществляется в полном объеме и его техническое состояние оценивается с высокой точностью, аналогично и контроль форсунок позволяет поставить точный диагноз об их исправности. Но при таком контроле неизвестными остаются параметры линии низкого давления и фильтрации топлива и наличие и величина коррекции подачи топлива по цилиндрам на режиме холостого хода. Неизвестны показания датчиков системы управления, которые также задают величину топливоподачи. Временные затраты на проведение диагностирования по стендовому методу максимальные из всех трех методов, поскольку требуется демонтаж топливной аппаратуры в сборе; подготовка стенда к измерениям; монтаж топливной аппаратуры на стенде; собственно контроль; демонтаж топливной аппаратуры и установка ее обратно на транспортное средство. То есть затраты времени очень велики и могут оказаться напрасными при наличии неисправности в электронной части, из которой при данном методе контролируются только лишь регулятор и датчик давления топлива.

Стендовый контроль топливной аппаратуры позволяет лишь дать заключение о состоянии форсунок и ТНВД, без учета их особенностей работы на двигателе. Контроль компонентов топливной аппаратуры требует значительных затрат времени не только на подготовку стенда и проведение непосредственно тестирования гидравлических узлов, но и время на демонтаж и установку топливной аппаратуры на транспортное средство. Сам факт необходимости частичной разборки двигателя является нежелательным не только вследствие временных затрат, но и вследствие нарушения условий, в которых эксплуатируются гидравлические компоненты топливной аппаратуры. Положительной стороной контроля топливной аппаратуры на стенде является высокая точность контроля и достоверность устанавливаемого диагноза.

2.7.4. Зависимость цикловой подачи топлива от давления в гидравлическом аккумуляторе

При испытаниях топливной системы на стенде есть возможность измерять цикловую подачу Q_u топлива в широком диапазоне давления в аккумуляторе и длительности управляющего импульса на электромагните форсунки (см. рис. 2.56). Цикловая подача топлива существенно зависит от давления в аккумуляторе и от длительности управляющего импульса. При стендовых испытаниях появляется возможность устанавливать на форсунки датчик движения иголки, а на доработанном распылителе форсунки размещать датчик для измерения давления топлива под конусом иголки, как это показано на рис. 2.57.

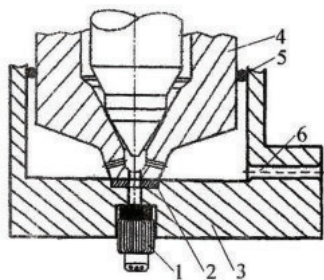


Рис. 2.57. Размещение датчика давления в иголке форсунки:

1 – датчик давления топлива; 2 – металлическое уплотнительное кольцо; 3 – приемник впрыскиваемого топлива; 4 – распылитель форсунки; 5 – резиновое уплотнительное кольцо; 6 – отверстие для слива топлива

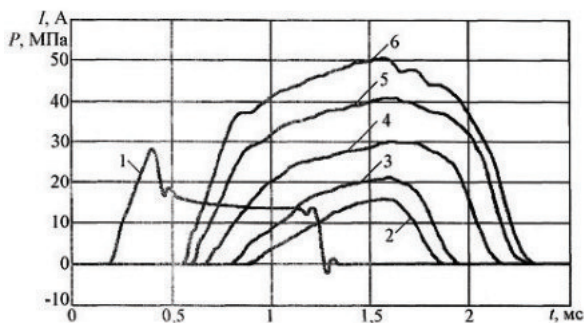


Рис. 2.58. Давление топлива в подыгольном пространстве ЭГФ фирмы Bosch в зависимости от давления в гидроаккумуляторе:

1 – сила тока в катушке электромагнита форсунки; 2 – давление топлива под иглой при давлении в аккумуляторе 19,7 МПа; 3 – давление топлива под иглой при давлении в аккумуляторе 23,5 МПа; 4 – давление топлива под иглой при давлении в аккумуляторе 29,7 МПа; 5 – давление топлива под иглой при давлении в аккумуляторе 39,2 МПа; 6 – давление топлива под иглой при давлении в аккумуляторе 48,1 МПа

На рис. 2.58 [5] представлено изменение давления топлива в подыгольном пространстве электрогидравлической форсунки фирмы Bosch в зависимости от давления в гидроаккумуляторе при постоянной длительности управляющего импульса на электромагните форсунки, из которого следует, что при повышении давления топлива в гидроаккумуляторе возрастает крутизна нарастания давления топлива в подыгольном пространстве.

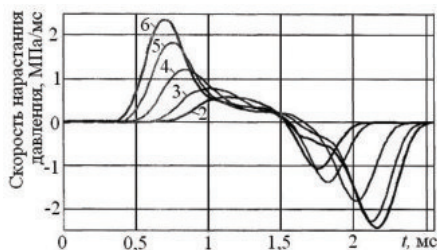


Рис. 2.59. Скорость нарастания давления топлива в подыгольном пространстве ЭГФ фирмы Bosch в зависимости от давления в гидроаккумуляторе (обозначения графиков те же самые, что и на рис. 2.58

объема через распыливающие отверстия.

Результаты обработки данных, представленных на рис. 2.58 и 2.59, сведены в табл. 2.19.

Таблица 2.19

Характеристики процессов в электрогидравлической форсунке

Давление в аккумуляторе, МПа	Задержка нарастания давления под иглой, мс	Суммарная продолжительность впрыскивания, мс	Снижение давления в аккумуляторе в период впрыскивания, МПа	Максимальное давление под иглой, Мпа	Максимальная скорость нарастания давления под иглой, МПа/мс	
					положительная	отрицательная
19,3	0,7	1,25	19	14,1	0,536	-1,03
19,7	0,69	1,27	19,5	15,4	0,567	-1,09
23,5	0,6	1,52	22,7	20,45	0,77	-1,4
29,7	0,48	1,65	29	29,8	1,2	-1,83
39,2	0,42	2,05	38,3	40,8	1,81	-2,31
48,1	0,38	2,17	46,9	49,9	2,36	-2,47

Записи осциллограмм давления топлива под иглой перед распылительными отверстиями форсунок выполнены с помощью датчика 1 (см. рис. 2.57). При этом с помощью МКФР устанавливали постоянную (1 мс) длительность управляющего импульса на электромагните форсунки, а изменением скважности импульсов на регулятор давления топлива и положением рейки топливного насоса высокого давления устанавливали давление в аккумуляторе. На рис. 2.58 представлены данные, обработанные в компьютерно-интегрированном комплексе: модель сбора данных L783 или UsbOscilloscope, пакет прикладных программ POWER-GRAPH, системный сканер KTS520, структурная база данных EsItropic. Поэтому информация, представленная на рис. 2.58, была отфильтрована от помех, продифференцирована и в результате получена скорость нарастания давления топлива в подыгольном пространстве (см. рис. 2.59).

2.7.5. Выявление неисправностей зависания иглой форсунки и заклинивания клапана регулятора давления

Зависание плунжера ТНВД или отказ впускного клапана; зависание иглой форсунки или электромагнитного клапана форсунки; загрязнение отверстий распылителя или их размывание; зависание или препятствие движению электромагнитного клапана регулятора давления можно определять непосредственно на автомобиле без демонтажа аккумуляторной системы топливоподачи.

Данные, представленные на рис. 2.58 и 2.59, свидетельствуют о том, что с повышением давления топлива в аккумуляторе более стремительно возрастает давление топлива под иглой форсунки и сокращается время запаздывания движения (открытие) иглой форсунки, в 2,5 раза возрастает общая продолжительность впрыскивания топлива при одинаковой продолжительности управляющего импульса. Диаграммы скорости нарастания давления отображают скорость движения иглой форсунки, которая возрастает с повышением давления в аккумуляторе.

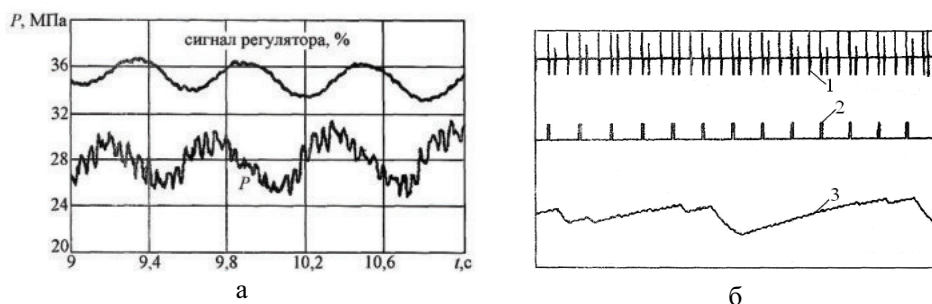


Рис. 2.60. Заклинивание клапана регулятора давления топлива (а) и зависание иглой форсунки (б)

На рис. 2.60 (а) представлена неисправность заклинивание клапана регулятора давления топлива, выявленное на автомобиле Renault Master, которое приводит к существенным периодическим колебаниям как давления в аккумуляторе, так и линии управления регулятором давления. На рис. 2.60 (б) показано зависание иглой форсунки, где 1 – управляющий импульс, 2 – синхронизированный сигнал, 3 – сигнал датчика давления.

Неисправности ТНВД можно моделировать путем отключения одной секции насоса (рис. 2.61-2.64) [5]. При отсутствии неисправности давление в аккумуляторе увеличивается быстрее, а колебание скважности управляющего импульса отсутствует. При отказе впускного клапана в насосе одна секция не работает. Контроллер компенсирует недостачу давления изменением скважности управляющих импульсов.



Рис. 2.61. Давление в аккумуляторе и управляющий сигнал на регуляторе давления в режиме пуска двигателя CR 14CO Mercedes Vito 108CDI при исправном и неисправном ТНВД

рис. 2.62 представлены сигналы датчика давления топлива исправного и неисправного ТНВД Mercedes Vito 108 GDI.



Рис. 2.62. Колебания давления при срабатывании 3-х и 2-х секций ТНВД

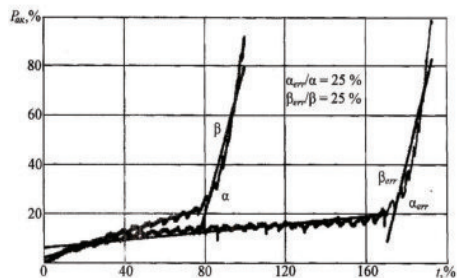


Рис. 2.63. Относительные изменения давления при пуске двигателя автомобиля Fiat Ducato 2,8 JTD CR 15C2

На рис. 2.64: 1, 3 – аппроксимация нарастания давления при исправном (1) и неисправном (3) ТНВД; 2, 4 – осциллограмма нарастания давления при исправном (2) и неисправном (4) ТНВД.

Диаграммы, приведенные на рис. 2.61-2.64 ([5]), свидетельствуют, что на режимах пуска и свободного ускорения, когда отсутствует коррекция ШИМ-сигнала, можно с высокой степенью достоверности обнаруживать неисправности в ТНВД, имея образцовые осциллограммы.

Выход из строя клапанной группы ТНВД приводит к полной неработоспособности плунжерной пары и, соответственно, неспособности развить какое-либо давление. На

Как видно из рисунка, амплитуда колебаний давления топлива при данном виде неисправности в 4 раза превышает амплитуду колебаний давления при нормальном срабатывании плунжерных пар, что позволяет однозначно выявить данную неисправность.

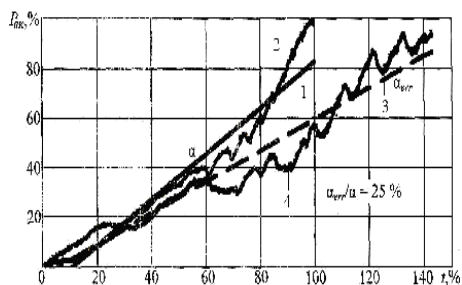


Рис. 2.64. Относительное изменение давления при пуске двигателя Mercedes Vito 108 GDI

Осциллограммы, представленные на рис. 2.65, отображают закономерность изменения давления топлива в гидравлическом аккумуляторе при наложении впрыскивания топлива форсункой на процесс нагнетания плунжерной парой ТНВД.

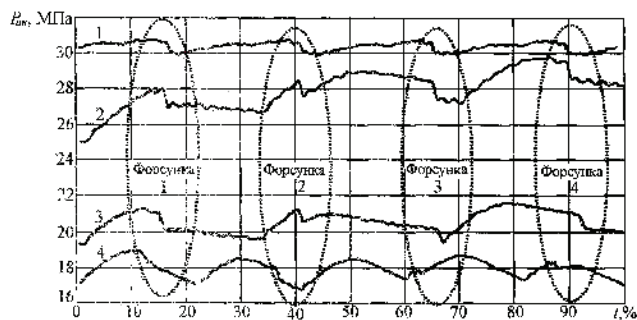


Рис. 2.65. Колебания давления в аккумуляторе, вызванные работой насосных секций и форсунок

Приведенные на рис. 2.63, 2.64, 2.65 зависимости отдельных участков сигнала штатного датчика давления и скважности управляющего импульса на регуляторе давления топлива являются диагностическими параметрами технического состояния элементов АСТП.

На рис. 2.65 цифрами обозначены: 1 – Mercedes Vito (3 плунжера, 4 нагнетания за цикл); 2 – Renault Master (3 плунжера, 3 нагнетания за цикл); 3 – 4ДТНА2 (3 плунжера, 3 нагнетания за цикл); 4 – Fiat Ducato (3 плунжера, 5 нагнетаний за цикл).

2.7.6. Управление цикловой подачей топлива, впрыскиваемого насос-форсункой

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 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. Это неисправность не определяется блоком управления, а лучше всего устанавливается испытанием потенциометра на шум, при котором может быть проверен сигнал на-

пряжения в каждой точке контактной дорожки потенциометра (рис. 2.66). Контакты холостого хода служат для логической проверки потенциометра и создают напряжение 5 В на выходе блока управления. На режиме холостого хода контакты замкнуты. [7]

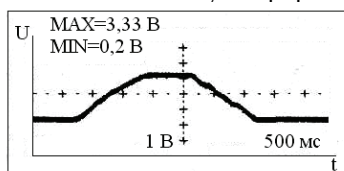


Рис. 2.66. Испытание на шум потенциометра датчика педали подачи топлива

датчика ВМТ из строя двигатель останавливается. Исчерпывающий результат проверки датчика может быть получен с помощью осциллографа, регистрирующего сигнал напряжения. На прохождение сигнала напряжения (рис. 2.67, 2.68 [7]) могут влиять погрешности геометрии диска или неправильное расположение датчика относительно диска. При отсутствии осцил-

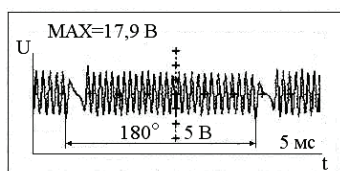


Рис. 2.67. Прохождение сигнала напряжения датчика ВМТ на четырехцилиндровом двигателе:
180° - угол поворота коленчатого вала

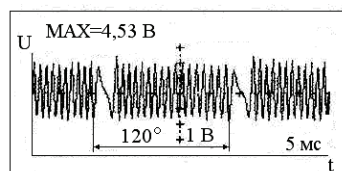


Рис. 2.68. Прохождение сигнала напряжения датчика ВМТ на трехцилиндровом двигателе:
120° - угол поворота коленчатого вала

лографа грубый функциональный анализ работы датчика можно провести с помощью вольтметра, установленного на режим 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). По сигналу датчика Холла, диск которого располагается на распределительном валу, блок управления идентифицирует цилиндры по номерам. Форма этого диска позволяет блоку управления при пуске двигателя уже за первые пол-оборота коленчатого вала приступить к управлению насос-форсунками. Сам датчик Холла, расположенный под диском, питается напряжением (равным напряжению аккумуляторной батареи), которое подает блок управления. Прохождение сигнала напряжения датчика Холла (рис. 2.69, 2.70) замеряется при подключении осциллографа к среднему выводу штекера датчика и «массе». При наличии двухканального осциллографа можно наблюдать одновременно сигналы напряжения датчиков ВМТ и Холла (рис. 2.71). 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, так как блоку управления приходится определять ВМТ рабочего хода первого цилиндра по принципу проб и ошибок.

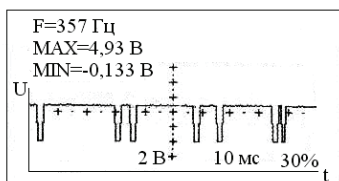


Рис. 2.69. Прохождение сигнала напряжения датчика Холла на четырехцилиндровом двигателе

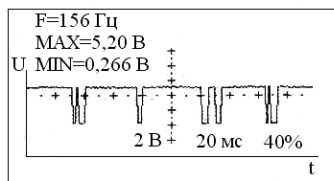


Рис. 2.70. Прохождение сигнала напряжения датчика Холла на трехцилиндровом двигателе

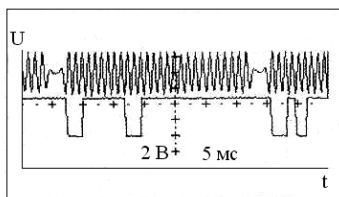


Рис. 2.71. Прохождение сигналов напряжения датчиков ВМТ и Холла на четырехцилиндровом двигателе

ром, 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. 2.20. Значения, приведенные в таблице, соответствуют прогретому двигателю, механически исправному, включая турбокомпрессор, при отключенной рециркуляции ОГ.

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 с помощью осциллографа сигнала напряжения на режимах свободного ускорения (рис. 2.72, 2.73) [7]. 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 характери-

стике двигателя. В этом случае мощность двигателя при полной нагрузке снижается.

Таблица 2.20

Предписанные значения сигнала напряжения датчика массового расхода воздуха для трех- и четырехцилиндровых двигателей

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 ⁻¹	2,7-2,9	2000 мин ⁻¹	3,0-3,2
3000 мин ⁻¹	3,2-3,5	3000 мин ⁻¹	3,5-3,7
4000 мин ⁻¹	3,6-3,8	4000 мин ⁻¹	3,8-4,0
Свободное ускорение	4,0-4,2	Свободное ускорение	4,2-4,4

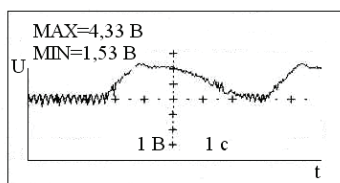


Рис. 2.72. Прохождение сигнала напряжения датчика массового расхода воздуха четырехцилиндрового двигателя

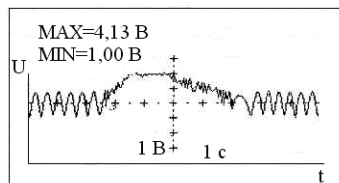


Рис. 2.73. Прохождение сигнала напряжения датчика массового расхода воздуха трехцилиндрового двигателя

2.7.7. Электрическая и гидравлическая проверка насос-форсунок

Если в ходе поиска неисправностей предполагается неисправность насос-форсунки, перед ее демонтажом следует провести проверку электрики и гидравлики. Быстрая проверка электромагнита может быть выполнена по измерению силы тока с помощью токоизмерительных клещей при пуске или работе двигателя на режиме холостого хода. При изменении силы тока 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, следует проверить катушку 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, проверяют на обрыв и ко-

роткое замыкание. Если никаких неисправностей проводки не обнаружено, с блока управления следует считать данные памяти неисправностей. Возможно, таким образом можно будет определить, почему блок управления отказывается выдавать сигнал управления на электромагнитный клапан.

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 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. 2.21 [7] приведен протокол таблицы данных для исправного двигателя. Фирма Volkswagen допускает отклонения цикловой подачи топлива порядка 2,8 мг на каждое впрыскивание. Однако из опыта, 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 предполагать 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.

Таблица 2.21

**Отрывок из протокола таблицы данных двигателя,
оснащенного системой с насос-форсунками**

Volkswagen Lupo 1999 года выпуска с дизельным двигателем 1,4 TDI модели AFM	
Компьютерные данные	
Действительная частота вращения коленчатого вала	903 мин ⁻¹
Базовая величина подачи топлива	5 мг/цикл
Температура охлаждающей жидкости	82,4 °C
Положение педали подачи топлива	0%
Контакты холостого хода	замкнуты
Расчетный расход воздуха	285 мг/цикл
Действительный расход воздуха	280 мг/цикл
Скважность управляющего сигнала клапана рециркуляции отработавших газов	75%

Volkswagen Lupo 1999 года выпуска с дизельным двигателем 1,4 TDI модели AFM Компьютерные данные	
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 °С
Температура воздуха на впуске	19,8 °С
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

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 норме, предполагается неисправность насос-форсунки. На первый взгляд, этот путь поиска неисправности может показаться слишком затратным, однако он себя оправдывает, если учесть высокую стоимость заменяемой насос-форсунки.

2.7.8. Контроль неисправностей распылителей форсунки и трубопровода высокого давления

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 ± 10 бар. Если давление открытия распылителя находится вне допуска, оно должно быть подкорректировано подбором регулировочных шайб. 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. [7]

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. 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, хотя на любой скорости работы насоса не возникает дребезжание, распылитель требует приведения в исправное состояние или замены. При проверке бесштифтовых распылителей поступают таким же образом. Струи впрыскивания у такого распылителя должны быть тоньше распылены. 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 неисправный распылитель 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.

Поиск неисправностей в контуре высокого давления впрыскивания топлива. 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. Существующие тестовые устройства позволяют отображать кривые давления впрыскивания в восьми топливопроводах высокого давления одновременно. Для этой цели существуют измерительные приборы начала подачи топлива: фирмы AVL, Bosch и Sun. При подключении к контактам разъема снимается кривая давления впрыскивания в топливопроводе высокого давления, которая может отображаться на осциллографе. Для оценки давления впрыскивания приме-

няют 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. Зажимные датчики должны быть смонтированы по возможности ближе и на одинаковом расстоянии от форсунок. 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 неисправную деталь. Измерение с зажимным датчиком давления позволяет не вскрывать аппаратуру впрыскивания, что предотвращает загрязнение точных деталей в ТНВД, неизбежное при демонтаже-монтаже. Для приведенных далее измерений использовался тестер 845 фирмы AVL, в котором кривые давления впрыскивания могут отображаться друг над другом для восьми топливопроводов высокого давления.

По кривым давления топлива можно определить продолжительность впрыскивания, давление закрытия. Характер распространения волны затухания давления зависит от частоты вращения коленчатого вала, объема топлива в топливопроводе высокого давления и конструкции нагнетательного клапана.

На рис. 2.74, 2.75 [7] показаны кривые давления впрыскивания для исправных четырех- и шестицилиндрового дизелей.

На рис. 2.74 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.

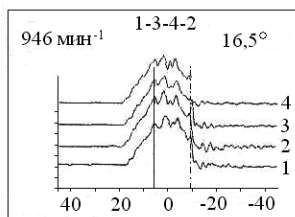


Рис. 2.74. Кривые давления впрыскивания для четырехцилиндрового вихрекамерного двигателя с форсунками со штифтовыми распылителями (Volkswagen 1,9 D)

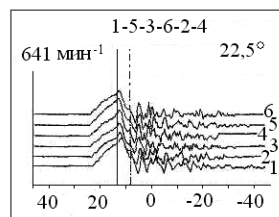


Рис. 2.75. Кривые давления впрыскивания для шестицилиндрового дизеля с непосредственным впрыскиванием топлива и форсунками с бесштифтовыми распылителями

На рис. 2.75 начало впрыскивания – 13° угла поворота коленчатого вала до ВМТ; конец впрыскивания – 8° угла поворота коленчатого вала после

ВМТ; продолжительность впрыскивания – 5° угла поворота коленчатого вала.

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 см^3 дизельного топлива на 1%, требуется давление около 100 бар, а для сжатия на 1% такого 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 поясок 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. 2.76). Поэтому давление открытия форсунки всегда выше, чем давление закрытия.

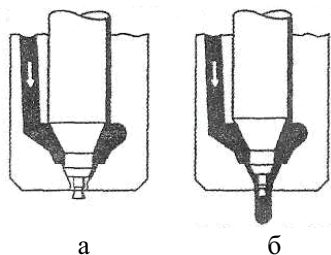


Рис. 2.76. Закрытие и открытие форсунки

На рис. 2.76: а – игла опущена на седло корпуса распылителя; б – игла распылителя поднята.

После открытия можно обнаружить короткий провал на кривой давления (рис. 2.74 и 2.75 [7]). В зависимости от конструкции 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 сплошной и штрих-пунктирной линиями на рис. 2.74, 2.75) можно определить продолжительность впрыскивания. Хотя при измерении невозможно определить абсолютное давление, возможны только относительные измерения, по которым четко видно, что давление открытия (сплошная линия: 65%, 6° на рис. 4.74; 57%, 13° на рис. 2.75) выше давления закрытия (штрих-пунктирная линия: 53%, -9° на рис. 2.74; 36%, 8° на рис. 2.75). 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 [7].

Поиск неисправностей дизельной аппаратуры. Двигатель, предварительно прогретый до рабочей температуры, необходимо диагностировать 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. 2.74 и 2.75 [7]);

- 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.

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. 2.77, увеличивается на 4° угла поворота коленчатого вала. Остаточное давление снижается. Низкое давление (100 бар) приводит к ухудшению распыливания топлива в камере сгорания и повышению дымления при высокой частоте вращения коленчатого вала по сравнению с давлением в первом цилиндре (130 бар) (рис. 2.78). При более высокой частоте вращения коленчатого вала низкое остаточное давление характеризуется снижением интенсивности отраженных волн. Низкое давление (90 бар) открытия форсунки вихрекамерного двигателя Mercedes по сравнению с установочным давлением (115 бар) не будет проявлять себя одинаково на различной аппаратуре впрыскивания, тем не менее признаки остаются те же (рис. 2.79). Увеличенная продолжительность впрыскивания топлива и низкое остаточное давление в четвертом цилиндре на этом примере видны особенно отчетливо. [7]

При слишком высоком давлении открытия форсунки наблюдается противоположный эффект. Продолжительность впрыскивания при высоком давлении (155 бар – по сравнению с установочным давлением (130 бар) в других цилиндрах) (рис. 2.80) 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.

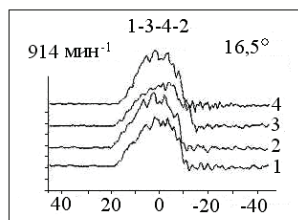


Рис. 2.77. Снижение давления открытия форсунки со 130 до 100 бар в третьем цилиндре

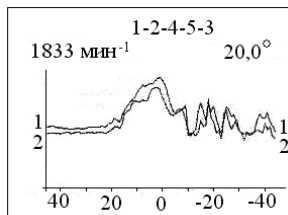


Рис. 2.78. Низкое давление открытия форсунки во втором цилиндре (100 бар)

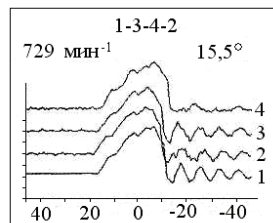


Рис. 2.79. Низкое давление открытия форсунки в четвертом цилиндре (90 бар)

Недостаточное уплотнение распылителя форсунки можно легко определить по слишком затянувшемуся повышению давления, короткому впрыскиванию топлива и отсутствию «запорного крюка» (рис. 2.81).

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, так как проникновение газообразных продуктов сгорания может привести к зависанию иглы распылителя (рис. 2.82). Зависшая игла распылителя нарушает весь процесс впрыскивания. Повышение и падение давления происходят крайне неинтенсивно. Начало и окончание впрыскивания точно не определяются.

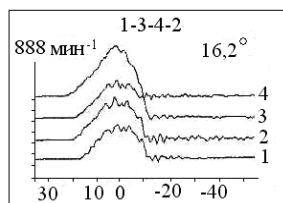


Рис. 2.80. Высокое давление открытия в четвертом цилиндре

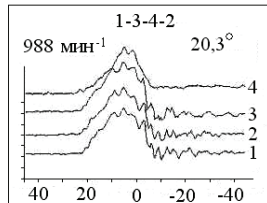


Рис. 2.81. Недостаточное уплотнение распылителя в четвертом цилиндре

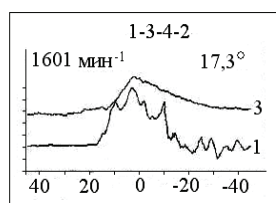


Рис. 2.82. Зависание иглы распылителя в третьем цилиндре

В любом распылителе в процессе работы образуется слой кокса: на примере форсунки со штифтовым распылителем на рис. 2.83 показаны отложения на штифте и в отверстии распылителя.

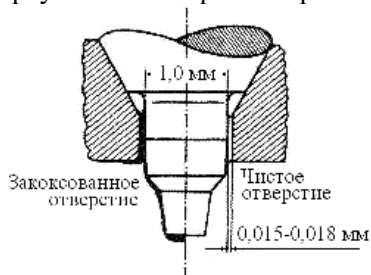


Рис. 2.83. Сечение форсунки со штифтовым распылителем

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. 2.84).

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 при 15° и 20° угла поворота коленчатого вала после ВМТ (рис. 2.85). Подвпрыски (показаны стрелками на рис. 2.85) увеличивают выброс сажи, так как в конце процесса сгорания в камеру сгорания поступает плохо распыленное топливо. Кроме того, для реакции горения не хватает кислорода. На рис. 2.86 ([7]) показано, что в четвертом цилиндре два из пяти отверстий бесштифтового распылителя закоксованы; первый цилиндр исправен (Audi 2,5 TDI). Дополнительно закоксованность можно подтвердить испытаниями на стенде проверки распылителей.

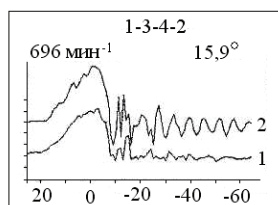


Рис. 2.84. Во втором цилиндре закоксованный распылитель

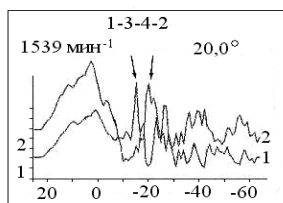


Рис. 2.85. Во втором цилиндре подвпрыски топлива из-за закоксованности распылителя

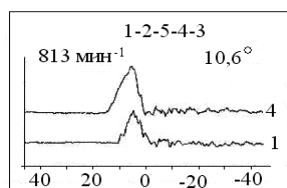


Рис. 2.86. В четвертом цилиндре два отверстия из пяти в бесштифтовом распылителе закоксованы

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 ОГ и неустойчивой работе двигателя.

Изношенный нагнетательный клапан снижением разгрузки повышает остаточное давление (на рис. 2.87 – в третьем цилиндре), которое ведет к сильным подвпрыскам топлива при 14° угла поворота коленчатого вала после ВМТ. Одновременно увеличивается продолжительность впрыскивания топлива. Сниженный разгрузочный объем топлива увеличивает подачу. Продленное впрыскивание и подвпрыски топлива приводят к резкому повышению дымления ОГ. Подтекающий нагнетательный клапан не держит постоянным остаточное давление (равно нулю) после закрытия форсунки. В соответствии с этим затягивается время повышения и падения давления (рис. 2.88). 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 может стать причиной задержки начала впрыскивания, короткого впрыскивания и слабого повышения давления (рис. 2.89). Стрелкой на рис. 2.89 указана задержка начала впрыскивания топлива в первом цилиндре. Четвертый цилиндр исправен. Плохую регулировку плунжерных пар можно выявить у рядных ТНВД по различным значениям начала впрыскивания в отдельных цилиндрах и различной продолжительности впрыскивания.

Табл. 2.22 ([7]) должна помочь в первых попытках проанализировать высокое давление впрыскивания. Однако она не может заменить опыт измерений. Важно использовать присоединенный к диагностическому устройству принтер настолько часто, насколько это возможно, и получить таким образом архив неисправностей.

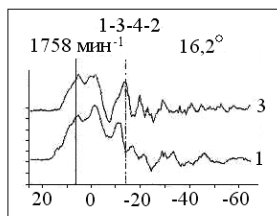


Рис. 2.87. Подпрыски топлива в третьем цилиндре:

сплошная линия – 50%, 6,5°; штрих-пунктирная – 49%, -14°

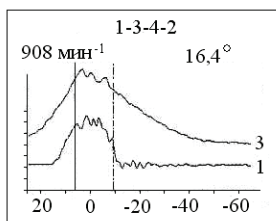


Рис. 2.88. Нагнетательный клапан в топливной аппаратуре третьего цилиндра подтекает:

сплошная линия – 61%, 6,5°; штрих-пунктирная – 48%, -9°

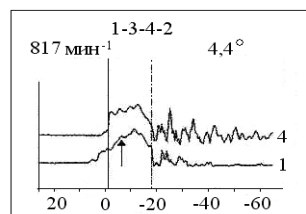


Рис. 2.89. Изношенные детали в топливной аппаратуре первого цилиндра:

сплошная линия – 41%, -1°; штрих-пунктирная – 45%, -18°

Таблица 2.22

Поиск неисправностей по анализу высокого давления впрыскивания

	Закоксованный распылитель	Низкое давление открытия	Высокое давление открытия	Неплотный распылитель	Зависшая игла распылителя	Изношенный нагнетательный клапан	Неплотный нагнетательный клапан	Изношенный плунжер	Неплотный трубопровод высокого давления
Высокие отраженные волны	×		×			×			
Плоские отраженные волны		×		×	×		×		
Подпрыски	×								
Крутой подъем давления после начала впрыскивания	×	×							
Наличие «запорного крюка»	×	×	×			×		×	
Слишком затянутый впрыск		×			×	×			
Слишком короткий впрыск			×	×				×	×
Плавный подъем давления				×	×		×	×	×

	Закоксованный распылитель	Низкое давление открытия	Высокое давление открытия	Неплотный распылитель	Зависшая игла распылителя	Изношенный нагнетательный клапан	Неплотный нагнетательный клапан	Изношенный плунжер	Неплотный трубопровод высокого давления
Крутой подъем давления			×						
Низкое пиковое давление		×		×	×			×	×
Высокое пиковое давление	×		×						

Для системы с насос-форсунками или аккумуляторной системы впрыска нельзя провести анализ высокого давления с использованием зажимных датчиков. В случае аккумуляторной системы впрыска при помощи осциллографа можно зафиксировать колебания давления в аккумуляторе с использованием штатного датчика давления в аккумуляторе. Колебания давления в аккумуляторной системе впрыска на режиме холостого хода можно определять по сигналам датчика давления в аккумуляторе с использованием осциллографа.

Более простым методом при диагностировании аккумуляторных систем впрыска является измерение расхода топлива в линии обратного слива форсунки.

Основным способом возвращения форсунок и топливной системы к нормальной работоспособности является их промывка через каждые 10-20 тыс. км пробега автомобиля.

Контрольные вопросы

1. Какими методами можно диагностировать форсунки?
2. Какие средства необходимы для диагностирования форсунок по расходу топлива через форсунки?
3. Как диагностируют форсунки на стенде?
4. Какая зависимость цикловой подачи топлива от давления в аккумуляторе?
5. Как можно диагностировать заклинивание клапана и зависание иглы форсунки?
6. От чего зависит цикловая подача топлива, впрыскиваемого насос-форсункой?
7. Как осуществляют электрическую и гидравлическую проверку насос-форсунки?
8. Как можно контролировать неисправность распылителя форсунки и топливопровода высокого давления?

2.8. Диагностирование электронных систем управления двигателем

2.8.1. Методы и средства диагностирования

Применение встроенной системы диагностирования позволяет производить пассивное и активное диагностирование микропроцессорной системы управления двигателем (МПСУ). Пассивное – сбор информации о состоянии двигателя и микроконтроллера, активное – проведение различных тестовых операций. По результатам диагностирования осуществляются предупредительная сигнализация и мероприятия по сохранению работоспособности МПСУ.

Возможности диагностирования МПСУ:

- совершенствование алгоритмов диагностирования, что позволяет не только установить факт неисправности, но и прогнозировать отказы или вводить коррекцию в случае изменения характеристик;
- достаточное число диагностируемых параметров и глубины диагностирования;
- расширение возможностей внешнего диагностирования, в том числе полноты выводимой информации о неисправностях и мер для их устранения.

Диагностирование электронных систем начинают с контроля аккумуляторной батареи (напряжение, ток, сопротивление), проверки правильности работы цепей, измерения характеристик сигналов в определенных точках схемы при неработающем двигателе и заданных режимах работы и сравнения этих характеристик с установленными нормальными значениями, а также анализа откликов при подаче тестирующих сигналов. Типовые неисправности имеют определенные коды, которые при наличии неисправности при диагностировании выдаются из памяти МПСУ на индикаторы панели приборов автомобиля. В ряде систем определить код неисправности можно по чередованию вспышек сигнальной лампы. В более совершенных системах цифровой код может быть выведен на жидкокристаллический экран. В наиболее сложных системах на экран может быть выведена не только информация о неисправности но и перечень необходимых мер, которые должен предпринять водитель (диагност).

Появившаяся неисправность может быть выведена на дисплей специального тестера при техническом обслуживании автомобиля. Для внешнего диагностирования используется широкая гамма тестеров; простейшие позволяют вывести из памяти бортового микроконтроллера информацию в виде кода неисправности либо более подробные сведения, которые можно сопоставить с соответствующими техническими инструкциями. После устранения неисправности можно стереть в памяти блока информацию о ней.

Универсальные тестеры, позволяют не только выполнить упомянутые операции, но и определить параметры электрических сигналов в различных точках системы и на основе анализа их изменения провести диагностирование.

Наиболее совершенные и сложные тестеры с компьютерным управлением могут вести диагностирование в автоматизированном режиме. Информация об особенностях конкретной диагностируемой системы, кодах неисправностей, методике диагностирования и способах устранения неисправности применительно к различным моделям автомобилей хранится на картриджах-дискетах. Комплекты дискет постоянно обновляются в связи с появлением новых двигателей и систем управления.

Рассмотрим диагностику компонентов электронной системы управления двигателем (ЭСУД) «Bosch DDE 4.0» на примере автомобиля Rover 75 2,0D CDT 1999-2004 гг. выпуска.

Двигатель этой конструкции оснащен аккумуляторной системой впрыска Common Rail второго поколения с непосредственным впрыском топлива. Используется радиальный трехплунжерный ТНВД, создающий давление в аккумуляторе порядка 1600 бар. Давление в аккумуляторе регулируется электромагнитным клапаном, встроенным в корпус ТНВД. ЭСУД «Bosch DDE 4.0» обеспечивает регулирование момента впрыска от 90° BTDC (до верхней мертвой точки (ВМТ) до 210° ATDC (после ВМТ), что позволяет осуществлять предварительный и дополнительный впрыск топлива.

ЭСУД «Bosch DDE 4.0», используя данные необходимых датчиков, выбирает оптимальные значения величины цикловой подачи и момента впрыска топлива, управляет системой рециркуляции отработавших газов, временно включения пусковых свечей накаливания.

Кроме того, ЭСУД «Bosch DDE 4.0» имеет интегрированную систему самодиагностики, поддерживающую протоколы OBD-II и производителя.

В управляющей программе ЭСУД «Bosch DDE 4.0» предусмотрены режимы защиты двигателя при отказах компонентов системы управления. Так при выходе из строя датчиков температуры, позиции педали акселератора, измерителя расхода воздуха, а также при низком давлении наддува отключается режим полной подачи топлива или фиксировано устанавливается режим холостого хода. При появлении таких неисправностей, как отказ одной или нескольких форсунок, аварийное снижение давления топлива в аккумуляторе (ниже 230 бар), аварийное повышение давления топлива в аккумуляторе (выше 1600 бар), выход из строя датчика положения коленчатого вала, работа двигателя блокируется ЭСУД.

Табл. 2.23 представляет универсальный алгоритм поиска и устранения неисправности в ЭСУД Common Rail.

Таблица 2.23

Универсальный алгоритм поиска и устранения неисправностей в ЭСУД Common Rail

Шаг	Описание проверки		Действие
1	Чтение DTC, их анализ и устранение причин возникновения	Да	Устранить причины возникновения и перейти к следующему шагу
		Нет (ошибок нет)	Перейти к следующему шагу

Шаг	Описание проверки		Действие
2	Проверка наличия топлива в магистрали «обратного слива»	Да	Сравнить цикловую подачу топлива форсунок, если есть различие более 30% - заменить неисправную форсунку
		Нет	Перейти к следующему шагу
3	Проверить управляющие сигналы форсунок	Сигнал в норме	Перейти к следующему шагу
		Сигнал отсутствует или не соответствует норме	Перейти к шагу 10
4	На прокрутке стартером давление в аккумуляторе больше 250 бар?	Да	Перейти к шагу 10
		Нет (давление низкое)	Перейти к следующему шагу
5	Сопrotивление обмотки FPC клапана около 2,4 Ом?	Да	Перейти к следующему шагу
		Нет	Заменить неисправный клапан FPC и запустить двигатель
6	Сквaжность управляющего сигнала FPC клапана на прокрутке стартером составляет около 22,5%?	Да	Перейти к следующему шагу
		Нет	Устранить причину неправильного формирования управляющего сигнала клапана FPC и запустить двигатель
7	Проверить наличие топлива в магистрали «аккумулятор-форсунка» при прокрутке стартером	Да	Проверить датчик FRP и, если он исправен, заменить ТНВД и запустить двигатель
		Нет	Перейти к следующему шагу
8	Давление топлива в магистрали низкого давления больше 2,5 бар?	Да	Заменить ТНВД и запустить двигатель
		Нет	Перейти к следующему шагу
9	Топливопровод, топливный фильтр и реле FTP насоса исправны?	Да	Заменить насос FTP и запустить двигатель
		Нет	Заменить неисправные компоненты и запустить двигатель
10	Сопrotивление обмоток форсунок 0,2 Ом	Да	Перейти к следующему шагу
		Нет	Заменить неисправные форсунки и запустить двигатель
11	Датчик СКР исправен?	Да	Перейти к следующему шагу
		Нет	Заменить неисправный датчик СКР (или отрегулировать положение датчика) и запустить двигатель
12	Датчик СМР исправен?	Да	Запустить двигатель (при невозможности вернуться к проверке ЕСМ)
		Нет	Заменить неисправный датчик СМР (или отрегулировать положение датчика) и запустить двигатель

2.8.2. Диагностика компонентов электронной системы управления двигателем

Принцип работы дизельного двигателя в некоторых моментах существенно отличается от бензинового, а именно:

- рабочий цикл имеет 4 такта: впуск, сжатие, рабочий ход и выпуск;
- впускенный воздух в результате сжатия (степень сжатия топлива в дизеле 20-24) нагревается до 900 °С и впрыснутое под высоким давлением (1500-2000 бар у современных дизелей) топливо самовоспламеняется;
- для облегчения холодного пуска имеется система предпускового подогрева воздуха в камерах сгорания;
- сердце дизеля – топливный насос высокого давления (ТНВД) имеет электронное управление количеством подачи топлива, моментом начала впрыска и остановкой работы мотора (рис. 2.90);
- как средство увеличения мощности и крутящего момента в дизеле часто применяется наддув воздуха, электронное управление которым (как и все перечисленные функции) обеспечивается соответствующей ЭСУД.

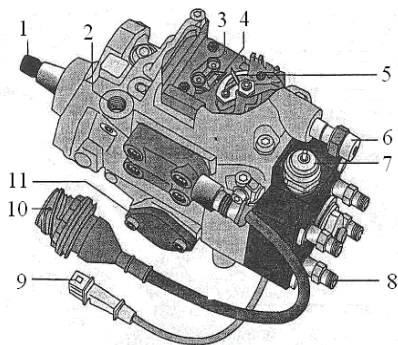


Рис. 2.90. ТНВД с электронным управлением

На рис. 2.90 приняты следующие обозначения: 1 – приводной вал; 2 – входной топливный штуцер; 3 – регулятор цикловой подачи топлива; 4 – датчик температуры топлива; 5 – датчик позиции регулятора цикловой подачи топлива; 6 – топливный штуцер обратного слива; 7 – клапан отсечки топлива; 8 – выходные штуцеры магистрали высокого давления; 9 – разъем клапана регулятора момента начала впрыска; 10 – разъем регулятора цикловой подачи топлива; 11 – гидравлический привод момента начала впрыска.

Рассмотрим диагностику компонентов ЭСУД «Bosch EDC 15V» на примере автомобилей Volkswagen Passat 1,9D TDI 1997-2000 гг. выпуска.

Двигатель этой конструкции оснащен распределительным ТНВД серии VE с регулируемыми кромками и электромагнитным исполнительным механизмом.

ЭСУД «Bosch EDC 15V», используя данные необходимых датчиков, выбирает оптимальные значения количества и момента впрыска топлива, управляет системой рециркуляции отработанных газов (клапан EGR), давлением воздуха во впускном коллекторе (клапан TC), временем включения пусковых свечей накаливания.

Кроме того, ЭСУД «Bosch EDC 15V» имеет интегрированную систему самодиагностики, поддерживающую протоколы OBD-II и VAG.

Самодиагностика ЭСУД «Bosch EDC 15V». ЭСУД «Bosch EDC 15V» имеет средства самодиагностики, соответствующие протоколу OBD-II. При этом обеспечивается проверка формируемых сигналов на соответствие ре-

альному диапазону и логическую достоверность. Если программа диагностики обнаруживает какое-то несоответствие (сигнал датчика не вписывается в реальный диапазон или противоречит сигналу с другого датчика, отсутствует электропитание и т. п.), в память ошибок записывается один или несколько соответствующих кодов неисправностей, а на приборной панели включается индикация ошибки ЭСУД. Помимо этого контролируется состояние диагностического оборудования. Считывание-очистка памяти ошибок в этой системе впрыска возможны только с помощью специального диагностического оборудования. В табл. 2.24 приведены основные коды ошибок для ЭСУД «Bosch EDC 15V». Для удобства однородные ошибки объединены в группы.

Таблица 2.24

Диагностические коды ошибок ЭСУД «Bosch EDC 15V»

Код ошибки	Проверяемое оборудование	Возможная причина неисправности
P0033-P0035, P0045-P0049, P0299	Система турбонаддува, клапан TC	Механическая поломка турбины, монтажные соединения, ECM
P0068, P0069, P0100-P0104	Датчики MAP, MAF	Монтажные соединения, датчики MAF, MAF, ECM
P0095-P0099, P0110-P0114	IAT датчик	Монтажные соединения, датчик IAT, ECM
P0105-P0108	MAP, BARO датчики	Монтажные соединения, датчики MAP, BARO, ECM
P0115-P0119	Датчик ECT	Монтажные соединения, датчик ECT, ECM
P0181, P0186	Датчик FTS	Монтажные соединения, датчик FTS, ECM
P0200-P0204	Датчик INLS, топливные форсунки	Монтажные соединения, датчик INLS, ECM, топливные форсунки
P0215	Клапан FSS	Монтажные соединения, клапан FSS, ECM
P0236-P0250	Датчик MAP, клапан TC	Монтажные соединения, датчик MAP, клапан TC, ECM
P0261-P0271	ТНВД, топливные форсунки	ТНВД, топливные форсунки, ECM
P0313, P0363, P0627-P0629	Топливная система	Отсутствие топлива в баке, механическая неисправность топливной системы, насос FTP, реле насоса FTP
P0320-P0323, P0335-P0339, P0385-P0389	Датчик СКР	Монтажные соединения, датчик СКР
P0400-P0409, P0486-P0490	Система EGR	Монтажные соединения, соленоид EGR, ECM
P0380-P0382, P0671-P0674	Система предпускового подогрева	Свечи накалывания, реле свечей накалывания, монтажные соединения, ECM
P0560-P0563, P0687, P0688	Система питания	Главное реле питания, монтажные соединения, ECM

Код ошибки	Проверяемое оборудование	Возможная причина неисправности
P0600	Шина данных сетевого контроллера (CAN data bus)	Монтажные соединения, ЕСМ
P0601-P0609	ЕСМ	Монтажные соединения, ЕСМ
P0720-P0723	Датчик VSS	Монтажные соединения, датчик VSS, ЕСМ
P0704, P0830-P0835	Датчик CPP	Монтажные соединения, датчик CPP, ЕСМ

ЭСУД «Bosch EDC 15V» также обеспечивает поддержку протокола диагностики VAG и формирует соответствующие коды ошибок, по сути дублирующие ошибки OBD-II.

Проверка компонентов ЭСУД «Bosch EDC 15V». Начинать диагностику компонентов ЭСУД «Bosch EDC 15V» необходимо после следующих подготовительных операций и измерений:

- прогревают двигатель до рабочей температуры (температура масла около 80 °С);
- устанавливают новый воздушный фильтр;
- рукоятка автоматической коробки передач (АТ) должна быть в позиции «Р» или «N»;
- все дополнительное оборудование, включая кондиционер, отключают;
- во время диагностики вентилятор радиатора системы охлаждения не должен работать.

Обороты холостого хода должны быть в пределах 835-910 мин⁻¹ для механической коробки передач (МТ) и 795-870 мин⁻¹ для АТ. Количество оборотов холостого хода поддерживается автоматически и не регулируется.

Уровень эмиссии отработанных газов (ОГ) должен соответствовать уровням Евро-2 для автомобилей до 2000 г. выпуска и Евро-3 – для автомобилей после 2000 г. выпуска и Евро-5 – после 2010 года.

Для дизельных двигателей также определяется уровень непрозрачности ОГ. Он должен находиться в пределах 58-73%.

Тест на непрозрачность ОГ проводится на скорости 4800-5200 мин⁻¹.

Если параметры эмиссий ОГ не соответствуют приведенным, проверяют герметичность впускной и выпускной систем и проводят тесты электронных компонентов системы впрыска.

Существенное влияние на все параметры работы дизельного двигателя оказывает момент впрыска топлива. На работающем двигателе его значение выбирается ЭСУД из памяти ЕСМ и обрабатывается соответствующим регулятором в ТНВД по показаниям датчика момента впрыска. В динамическом режиме его можно проверить только с помощью специального диагностического оборудования. В статическом режиме проверка установки момента впрыска топлива осуществляется по алгоритму, предписанному технической документацией на соответствующую модель автомобиля.

2.8.3. 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 двухканального 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 неисправный 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.

Текущие данные диагностики блока управления для одного из двигателей представлены в табл. 2.25

Таблица 2.25

**Текущие данные диагностики блока управления
для двигателя Peugeot объемом 2 л и мощностью 66 кВт**

Параметры	Данные	Значения
Обороты двигателя		810 мин ⁻¹
Синхронизация коленчатого вала	Да	Происходит при пуске двигателя
Номинальное давление в сферическом гидроаккумуляторе	220 бар	На холостом ходу 210-230 бар. Должно придерживаться номинального значения. Предельные значения 0 и 1800 бар
Фактическое давление в сферическом гидроаккумуляторе	222 бар	
Сквозность импульсов регулировочного клапана высокого давления (PCV)	14%	На холостом ходу 12-15%
Сквозность импульсов магнитного клапана впускного дросселя (VCV)	18%	На холостом ходу 16-20%
Количество впрыскиваемого топлива	5 мг/ход	-
Корректировка количества впрыскиваемого топлива 1-го цилиндра	5%	Допустимое отклонение максимум 40%, активная регулировка холостого хода до 1500 мин ⁻¹
Корректировка количества впрыскиваемого топлива 2-го цилиндра	-	
Корректировка количества впрыскиваемого топлива 3-го цилиндра	-	
Корректировка количества впрыскиваемого топлива 4-го цилиндра	-	
Датчик положения педали акселератора	0%	Полный газ: 100%, при выходе из строя датчика обороты двигателя 1200 мин ⁻¹

Параметры	Данные	Значения
Расход воздуха номинальный	280 мг/ход	На холостом ходу 250-350 мг/ход, без рециркуляции
Расход воздуха фактический	283 мг/ход	ОГ 310-350 мг/ход
Скважность импульсов клапана рециркуляции ОГ	55%	На холостом ходу 40-60%, рециркуляция ОГ отключена – 6%
Скважность импульсов заслонки рециркуляции ОГ	35%	Заслонка открыта – 6%
Предварительный впрыск	13° перед ВМТ	На холостом ходу 12,5-14° перед ВМТ
Главный впрыск	3° перед ВМТ	На холостом ходу 2-3° перед ВМТ
Температура охлаждающей жидкости	82 °С	Предельные значения: -50° и 150 °С. Заменяющее значение при выходе датчика из строя – последнее измерение
Температура топлива	30 °С	Предельные значения: -50° и 150 °С. Заменяющее значение при выходе датчика из строя – 90 °С
Температура всасываемого воздуха	45 °С	Предельные значения: -40° и 130 °С. Заменяющее значение при выходе датчика из строя – 40 °С
Давление воздуха	980 бар	Предельные значения 600 и 1075 бар
Напряжение аккумуляторной батареи	14,1 В	Предельные значения 6,8 и 18 В
Напряжение питания	5 В	Предельные значения 4,7 и 5,3 В
Реле накала		Выключено
Кондиционер		Выключено
Вентилятор системы охлаждения		Выключено

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, так как современные цифровые измерительные приборы производят только от двух до трех измерений в секунду. Поэтому следует квалифицированно проверить мультиметром напряжение питания и сопротивление кабельной разводки. Однако для регистрации напряжения сигнала при перемещении анемометрической заслонки необходимо использовать

осциллограф, так как этот измерительный прибор показывает кривую напряжения с достаточным временным разрешением. Кратковременные резко выпадающие значения 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, 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 время пробной поездки, или решиться на большие стационарные устройства, которые могут передавать данные на большие расстояния, зависит от пользователя и потребностей станции технического обслуживания.

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

Датчики температуры топлива и всасываемого воздуха требуются блоку управления для расчета плотности топливовоздушной 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.

Если блок управления выявит неисправность в расходомере воздуха, он отключит рециркуляцию ОГ и снизит подачу топлива на режиме полной нагрузки. В этом случае будет заметна потеря мощности.

2.8.4. Контроль технического состояния датчиков и исполнительных устройств

Характеристики типовых датчиков и исполнительных устройств двигателей описаны в работах [9, 12, 19].

В процессе эксплуатации техническое состояние двигателя, датчиков и исполнительных устройств претерпевает изменения от первоначально установленных значений управляющих воздействий. Они могут частично или

полностью не воспроизводиться. В разомкнутых программных системах управления нет возможности точно отслеживать эти изменения.

Датчик может быть неисправен и посылать в компьютер неверную информацию. Если проверка на рациональность сигнала датчика, то есть на соответствие требуемым (штатным) сигналам, в программе микроконтроллера ЭБУ не предусмотрена, то в таких ЭБУ управляющие алгоритмы реализуются с использованием неверной информации датчика. При этом неправильно рассчитываются угол опережения зажигания и длительность импульса отпирания форсунок, что приводит к ухудшению ездовых характеристик автомобиля, двигатель может глохнуть после запуска и т. д. Но пока неверный сигнал с датчика будет в пределах нормы, никаких кодов ошибок в память ЭБУ не запишется и аварийная ситуация никак не обозначится.

Для того чтобы обнаружить неисправность, можно отключить подозрительный датчик. Тогда ЭБУ запишет в память код ошибки, и сигнал с датчика изменится на расчетное (резервное) значение. Например, при отключении датчика массового расхода воздуха ЭБУ заменит его сигнал резервным сигналом, рассчитанным по положению дроссельной заслонки и оборотам двигателя. Если после отключения подозрительного датчика работа двигателя улучшится – датчик неисправен.

В современных ЭБУ по мере совершенствования материальной базы и программного обеспечения появляется возможность выявлять неисправные датчики, выдающие неправильный сигнал, но в пределах нормы. Это так называемая проверка на рациональность и правильное функционирование, которая реализуется в бортовых диагностических системах второго поколения OBD-II. Она заключается в том, что текущие значения сигналов со всех датчиков постоянно проверяются на взаимно однозначное соответствие со штатными сигналами для данного режима работы двигателя. Штатные значения сигналов хранятся в постоянной памяти микропроцессора ЭБУ.

При наличии обратных связей, даже локальных, можно строить системы управления с самокоррекцией, учитывающие изменения состояния двигателя и его систем в процессе работы, что позволяет сохранить высокое качество управления в процессе эксплуатации автомобиля. Трудность создания самонастраивающихся систем прежде всего связана со сложностью получения необходимой информации на борту автомобиля. Тем не менее элементы самокоррекции все чаще используются в современных МПСУ, в значительной мере способствуя поддержанию их оптимальной работы.

Так, например, характеристики датчиков массового расхода воздуха, поступающего в двигатель, существенно меняются со временем. Для термоанемометрических расходомеров это прежде всего связано с загрязнением чувствительного элемента термоанометра. С целью устранить указанные изменения предусматривается периодическое выжигание отложений на датчике путем временного повышения его температуры. Однако и в этом случае не удастся сохранить характеристики датчика полностью неизменными. Если в МПСУ используются λ -зонды, есть возможность введения периодической автоматической коррекции характеристик датчика. Достаточно в момент срабатывания датчика содержания кислорода в отработанных газах,

которое происходит при составе смеси очень близком к стехиометрическому, рассчитать состав смеси, исходя из характеристик форсунок, длительности импульса открытия форсунки и данных об измеренном расходе воздуха. Отличие этого состава от стехиометрического может быть вызвано ошибкой в измерении расхода воздуха или изменениями характеристик форсунок. В любом случае несоответствие может быть компенсировано внесением поправок в характеристику расходомера поступающего воздуха. Если провести такую проверку на нескольких режимах, можно построить таблицу корректирования характеристик датчика или выбрать поправочный коэффициент.

Проверка датчиков. Датчики представляют собой измерительные преобразователи, которые превращают физические величины (давление, температуру и т. д.) в напряжение электрического сигнала.

Большинство датчиков и исполнительных механизмов по конструкции своих элементов идентичны используемым в других системах впрыска топлива бензиновых и дизельных двигателей.

Поэтому их испытания одинаковы. Характеристики информационных датчиков управления двигателем описаны в [12, 13].

В большинстве случаев используется аналоговый сигнал напряжения, изменяемый соответственно изменению физической величины. В редких случаях также может выдаваться 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 λ -зонда). Эти различия должны приниматься во внимание при испытаниях. Если у датчика, не имеющего питания, подсоединительные провода исправны, а сигнал не проходит, можно быть уверенным, что испорчен сам датчик.

У датчика с питанием в первую очередь следует проверять наличие напряжения питания, которое в большинстве случаев составляет 5,0 В (в редких случаях используется напряжение аккумуляторной батареи). Напряжение сигнала находится в пределах 0,2-4,8 В. При напряжении 0 или 5 В блок управления выставляет сигнал ошибки, причем 0 В указывает на обрыв, а 5 В – на короткое замыкание. План проверок датчиков приведен на рис. 2.91.

Во избежание выхода из строя ЕСМ при выполнении проверок необходимо использовать только цифровой вольтметр с высоким (свыше 10 Мом) импедансом.

Оборудованный системой OBD-II автомобиль следует для считывания кодов неисправностей проверять специальным сканером. Существует лишь несколько проверок (связанных с выявлением причин отказов при запуске двигателя), которые владелец автомобиля может выполнить самостоятельно-

но, во всех остальных случаях автомобиль следует диагностировать на автосервисном предприятии.

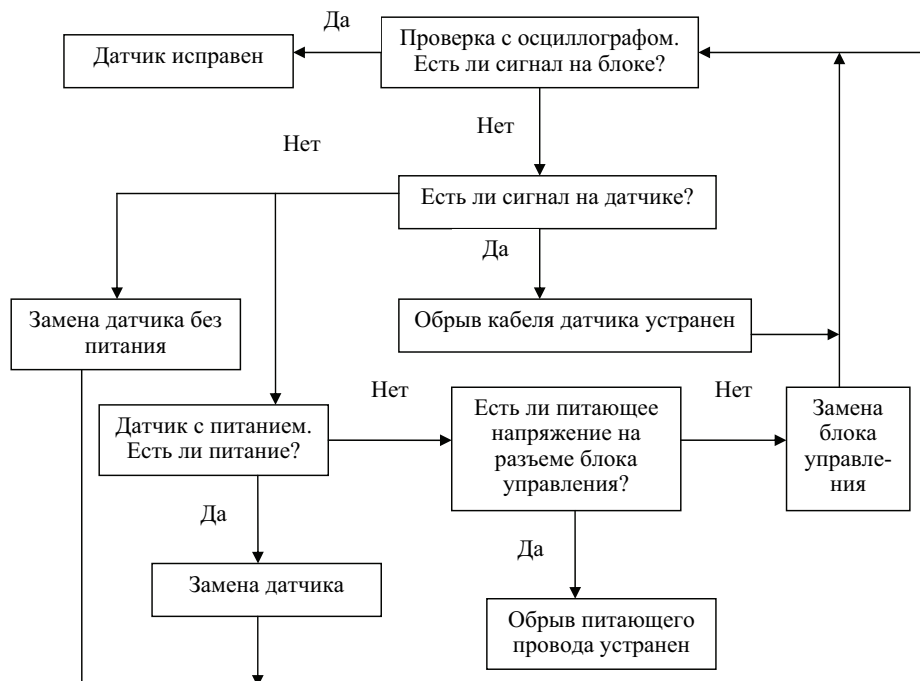


Рис. 2.91. Последовательность проверки датчиков

В качестве диагностической информации используются системные данные с ЭБУ, полученные сканером, и коды ошибок. В кадрах на дисплее сканера приводятся значения параметров или соответствующих им сигналов с датчиков.

Для примера в табл. 2.26 приведен ограниченный набор диагностических кодов. Коды, представленные в этой таблице соответствуют кодам ошибок для бортовых диагностических систем второго поколения (OBD-II). В действительности в системах OBD-II кодов ошибок значительно больше.

Таблица 2.26

Текущие данные диагностики блока управления

Код	Описание
P0105	Неисправность в цепи датчика давления во впускном коллекторе
P0110	Неисправность в цепи датчика температуры воздуха
P0115	Неисправность в цепи датчика температуры охлаждающей жидкости
P0120	Неисправность в цепи датчика положения дроссельной заслонки
P0130	Неисправность в цепи датчика кислорода
P0171	Низкий уровень сигнала на выходе датчика кислорода, бедная смесь
P0172	Высокий уровень сигнала на выходе датчика кислорода, богатая смесь
P0200	Неисправность в цепи форсунки

Код	Описание
P0230	Неисправность в цепи реле бензонасоса
P0300	Пропуски воспламенения
P0320	Неисправность в цепи датчика положения коленчатого вала
P0400	Неисправность в системе рециркуляции выхлопных газов
P0440	Неисправность в системе улавливания паров бензина в баке
P0500	Неисправность в цепи датчика скорости автомобиля
P0505	Неисправность в системе регулирования оборотов холостого хода
P0560	Несоответствие норме напряжения бортовой цепи

2.8.5. Параметры контроля технического состояния датчиков

Контроль технического состояния датчиков необходимо начинать с определения технических параметров, которые указываются в технической эксплуатационной документации на двигатель конкретного автомобиля. Технические характеристики многих датчиков приведены в работах [12, 13], а точнее в технической эксплуатационной документации на конкретный автомобиль. В данном подразделе будут приведены лишь примеры контролируемых параметров датчиков.

В табл. 2.27-2.30 приведены значения входных и выходных параметров для некоторых датчиков. Эти таблицы нужны для преобразования напряжения выходных сигналов датчиков, приведенных в кадре сканера, в фактические значения соответствующих физических параметров. Эти датчики, как и датчик положения дроссельной заслонки, получают питание +5 В от ЭБУ.

При работе по замкнутому контуру ЭБУ по сигналам от датчиков концентрации кислорода постоянно меняет состав топливовоздушной смеси в пределах $\pm 20\%$. Такие переключения состава смеси требуются и для работы каталитического газонейтрализатора. Колебания состава смеси отражаются мгновенными значениями коэффициента коррекции топливоподачи. Эти значения колеблются относительно среднего в интервале $\pm 20\%$ при нормальной работе. При отключении зажигания мгновенные значения коэффициентов коррекции подачи топлива не сохраняются.

Таблица 2.27

Параметры датчиков температуры охлаждающей жидкости и воздуха (зависимости одинаковые)

Температура, °С	Напряжение на выходе, В	Температура, °С	Напряжение на выходе, В
120	0,25	440	2,27
100	0,46	30	2,60
80	0,84	20	2,93
66	1,34	0	3,59
60	1,55	-20	4,24
		-40	4,90

Параметры датчика давления во впускном коллекторе

Давление, кПа	Напряжение на выходе, В	Давление, кПа	Напряжение на выходе, В
101,3	4,5	60,7	2,5
91,2	4,0	50,5	2,0
81,0	3,5	40,4	1,5
70,8	3,0	30,2	1,0
		20,1	0,5

Таблица 2.29

Параметры датчика массового расхода воздуха

Расход, г/сек	Напряжение на выходе, В	Расход, г/сек	Напряжение на выходе, В
0	0,2	30	2,5
2	0,7	50	3,0
4	1,0	80	3,5
8	1,5	110	4,0
15	2,0	150	4,5
		175	4,8

Таблица 2.30

Параметры датчика положения дроссельной заслонки

Положение др. заслонки, %	Напряжение на выходе, В	Положение др. заслонки, %	Напряжение на выходе, В
0	0,5	60	2,9
20	1,3	80	3,7
40	2,1	100	4,5

Во время эксплуатации в двигателе реального автомобиля накапливаются различные изменения параметров и характеристик, которые компьютер компенсирует, варьируя средними значениями коэффициентов топливочкоррекции, которые хранятся в памяти ЭБУ. Среднее значение коэффициента коррекции топливоподачи +21% означает, что ЭБУ подает в двигатель в среднем на 21% больше топлива для поддержания стехиометрического состава топливозвоздушной смеси, чем требуется по расчету для того же режима (или определено экспериментально для заведомо исправного двигателя). В данном случае причиной может быть, например, утечка разрежения, что приводит к появлению дополнительного воздуха, для компенсации которого ЭБУ вводит больше топлива в цилиндры (на 21% больше).

Таким образом, имеем: текущее значение коэффициента топливочкоррекции=среднее значение+мгновенное значение.

Информация о средних значениях коэффициента топливочкоррекции нужна при диагностике; естественно, она входит в число параметров, получаемых сканером от ЭБУ. На устаревших автомобилях значения коэффициентов топливочкоррекции нормировались в пределах 0-255 отсчетов или 0-

100%. Для контроллера МР7.0Н автомобиля ВАЗ средние значения коэффициентов коррекции подачи топлива могут быть в диапазоне $\pm 0,45$. Для систем OBD-II значения нормированы в пределах $\pm 100\%$. Значения из середины диапазона, т. е. 128 отсчетов, или 50%, или 0% для OBD-II, соответствуют оптимальному режиму исправного двигателя.

2.8.5.1. Датчик положения дроссельной заслонки

Датчик положения дроссельной заслонки представляет собой резистор (потенциометр), сопротивление которого изменяется в результате механического перемещения (угла поворота дроссельной заслонки). Датчик TPS вырабатывает сигнальное напряжение, пропорциональное текущей величине сопротивления потенциометра, определяемой положением дроссельной заслонки в корпусе дросселя. Сигнал с датчика поступает на ЕСМ, который на основании анализа поступающих данных определяет положение и направление движения заслонки. Для проверки исправности и правильности функционирования датчика TPS количественно оценивается характер изменения величины сопротивления потенциометра в зависимости от степени открывания дроссельной заслонки.

На рис. 2.92 приведены внешний вид, конструкция и характеристика одного из видов датчика положения дроссельной заслонки.

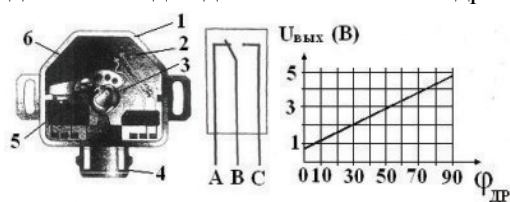


Рис. 2.92. Датчик положения дроссельной заслонки концевого типа:

а – конструкция; б – электрическая схема; в – характеристика; 1 – корпус; 2 – контакты полной нагрузки; 3 – ось дроссельной заслонки; 4 – электрический разъем; 5 – микровыключатель холостого хода; 6 – эксцентрик

щупы к соответствующим клеммам жгута электропроводки на разъеме. Напряжение на выводах датчика должно увеличиваться: при полностью закрытой заслонке оно должно быть около 0,7 В, а при полностью открытой – в пределах 2,7-5,2 В. Если нарушена подача на датчик опорного напряжения, следует проверить состояние соединительной электропроводки и собственно ЕСМ.

При полностью закрытой заслонке сопротивление должно быть в пределах от 0,2 до 5,7 кОм, а при полностью открытой – омметр должен показывать бесконечность.

Далее следует проверить правильность опорного напряжения, выдаваемого на датчик процессором. Для этого необходимо подсоединить к датчику электропроводку, переключить мультиметр на измерение напряжения и подсоединить его

2.8.5.2. 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, ко-

торое увеличивается с ростом частоты вращения коленчатого вала. Для проверки датчика к проводам, идущим от него, подсоединяют осциллограф и запускают двигатель. Если датчик исправен, на экране отображается сигнал с регулярными синусоидальными пиками напряжения, которые должны быть одинаковы по форме и высоте. 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.

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. Если величина сопротивления вне допустимого диапазона, датчик необходимо заменить; если внутри допустимого диапазона, то следует проверить 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.

2.8.5.3. Датчики положения коленчатого и распределительного валов и датчик скорости движения автомобиля

В основу конструкции этих электромагнитных датчиков заложен помещенный внутрь проволоочной обмотки постоянный магнит (рис. 2.93, б).

Типичными представителями электромагнитных датчиков являются датчики положения коленчатого и распределительного валов (СКР и СМР), а также датчик скорости движения автомобиля (VSS). Закрепленный на шестерне стальной диск имеет «язычки», проходящие между полюсными окончаниями магнита и вызывающие замыкание магнитного поля. Флуктуации магнитного поля приводят к изменению сигнального напряжения датчика. На основании анализа поступающих от датчиков сигналов ЕСМ определяет скорость движения автомобиля (VSS) или текущее положение соответствующего вала (СКР и СМР). Датчик СКР вырабатывает для ЕСУ сигнал G.

Для проверки датчиков СКР и СМР необходимо измерить сопротивление между клеммами их разъемов. На холодном двигателе (температура ниже 53 град) на датчике СМР сопротивление должно быть в пределах 835-1400 Ом, а на датчике СКР – 1630-1740 Ом. На прогретом двигателе (температура в пределах 53-100 град) на датчике СМР сопротивление должно быть в пределах 1060-164500 Ом, а на датчике СКР – 2065-3225 Ом.

В случае VSS трансмиссию необходимо предварительно привести в нейтральное положение, затем, удерживая одно колесо неподвижно, вручную вращать противоположное. Необходимо симитировать скорость движения около 3,5 км/час, наблюдая за показаниями измерителя. Данную проверку можно проводить на снятом с автомобиля датчике – в этом случае

вращать необходимо приводную шестерню сборки. На некоторых моделях используется VSS без приводной шестерни, такие датчики необходимо проверять без снятия с автомобиля.

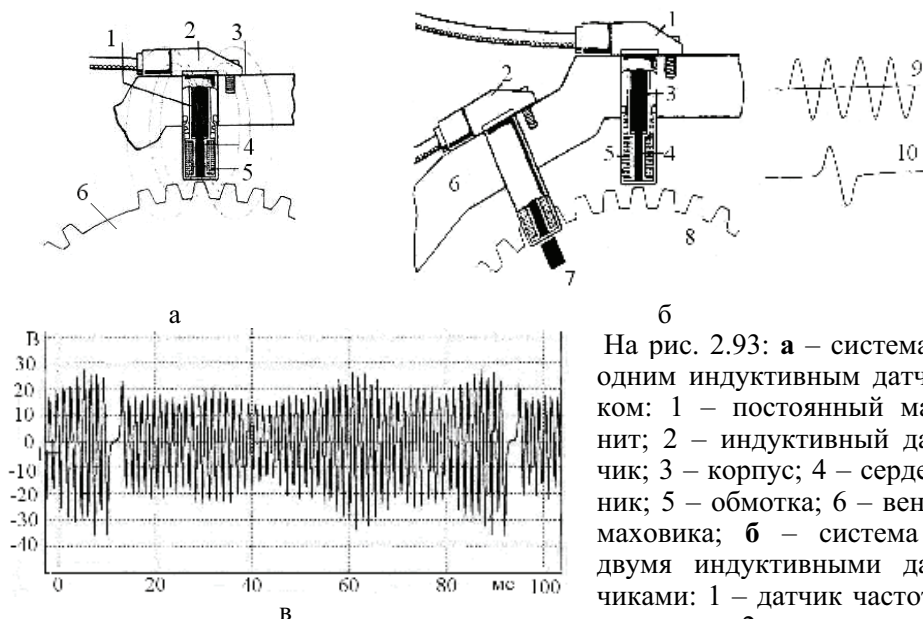


Рис. 2.93 Системы определения частоты вращения вала

ный магнит; 4 – сердечник; 5 – обмотка; 6 – корпус; 7 – метка привязки; 8 – венец маховика; 9, 10 – осциллограммы сигналов: 9 – датчика частоты вращения вала; 10 – датчика синхронизатора; в – пример сигнала датчика частоты вращения коленчатого вала.

При проверке датчика СКР также необходимо проворачивать двигатель стартером короткими рывками, наблюдая за показаниями вольтметра, который должен регистрировать слабые равномерные флуктуации, подтверждающие исправность состояния и функционирования магнитной части датчика.

2.8.5.4. Лямбда-зонды

Датчики O_2 (или лямбда-зонды) отслеживают процентное содержание кислорода в отработавших газах двигателя. Присутствующие в системе выпуска молекулы O_2 , вступая в реакцию с чувствительным элементом датчика, заставляют последний выдавать сигнальное напряжение. Амплитуда сигнала в зависимости от концентрации кислорода может составлять от 0,1 В (высокое содержание O_2 , обедненная воздушно-топливная смесь) до 0,9 В (низкое содержание O_2 , обогащенная смесь). ЕСМ непрерывно отслеживает поступающий от лямбда-зонда сигнал и на основании поступающих данных производит соответствующую корректировку состава воздушно-топливной смеси, стараясь поддерживать его на оптимальном уровне (14,7 частей воз-

духа на 1 часть топлива – стехиометрическое число). Корректировка состава смеси производится за счет управления продолжительностью времени открывания форсунок. Лямбда-зонд начинает выдавать сигнальное напряжение только после того, как будет прогрет до нормальной рабочей температуры, составляющей приблизительно 320 °С. Проверку правильности функционирования цепи подогрева лямбда-зонда можно проводить омметром.

В процессе прогревания двигателя ЕСМ работает в режиме разомкнутого контура. Необходимо проверять состояние всех компонентов, входящих в состав системы лямбда-зондов. Доступ к лямбда-зондам обычно затруднен и необходимо соблюдать осторожность, так как компоненты системы выпуска могут оставаться горячими в течение еще долгого времени после остановки двигателя и прижимание к их поверхности жгутов электропроводки может привести к разрушению изоляции. Следует производить проверку компонентов системы с применением подключаемого к разъему DLC сканера, прибор позволяет выявить изменения сигнального напряжения каждого из лямбда-зондов в пределах тысячных долей вольта.

Для проверки напряжения выходного сигнала датчика надо к разъему электропроводки (с обратной стороны разъема) аккуратно подсоединить щупы вольтметра к соответствующим контактным клеммам. На большинстве моделей положительный щуп подсоединяется к сигнальной клемме разъема датчика (SIGNAL), а отрицательный – к клемме заземления.

Флуктуации сигнального напряжения нижнепоточных лямбда-зондов происходят значительно медленнее, чем у верхнепоточных, что объясняется результатом работы каталитического преобразователя, преобразующего присутствующие в составе отработавших газов монооксид углерода, углеводороды и окислы азота в нетоксичные углекислый газ и воду, кислород которых в значительно меньшей степени реагирует с чувствительным элементом датчика.

При холодном двигателе, в режиме разомкнутого контура, лямбда-зонд выдает устойчивый амплитудный сигнал в диапазоне 0,1-0,2 В. По истечении около двух минут датчик выходит в рабочий температурный режим и амплитуда его сигнального напряжения начинает колебаться в диапазоне от 0,4 до 0,6 В, в зависимости от содержания кислорода в отработавших газах. Если датчик выходит в рабочий режим слишком медленно или не выходит вовсе, а также при стабилизации напряжения в середине рабочего диапазона напряжений, датчик следует заменить. Если напряжение на выходе датчика стабилизировалось вблизи одного из пределов указанного диапазона, вероятно, ЕСМ не в состоянии компенсировать механические неисправности двигателя, такие, как подсос воздуха или «льющие» форсунки. Необходимо учитывать, что нижнепоточный лямбда-зонд работает значительно медленнее верхнепоточного.

2.8.5.5. Датчик температуры охлаждающей жидкости системы охлаждения двигателя (ЕСТ)

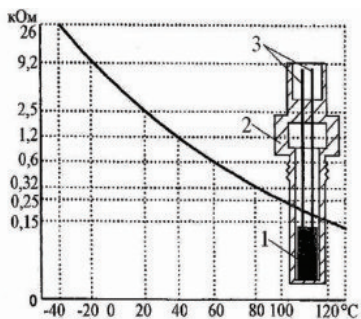


Рис. 2.94. Конструкция и типичные характеристики датчика температуры охлаждающей жидкости:

1 – полупроводниковый резистор; 2 – металлический корпус; 3 – электрические контакты

Чувствительный элемент датчика температуры (термистор) представляет собой резистор с отрицательным температурным коэффициентом, то есть с увеличением температуры электрическое сопротивление уменьшается. Если величина сопротивления не соответствует указанной в таблице данных (табл. 2.27, рис. 2.94), следует вынуть штекер датчика температуры и измерить сопротивление (при 20 °C оно должно составлять 2,2-2,7 кОм; при 80 °C – 270-350 Ом).

Контроль состояния датчиков производится после остывания дви-

гателя.

Сопротивление необходимо проверять при двух температурах – только так можно установить, реагирует ли датчик на изменение температуры. Если значение 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 исправны, следует заменить блок управления. У более новых моделей Volkswagen разъем для датчика температуры охлаждающей жидкости системы охлаждения двигателя имеет четыре контакта.

2.8.5.6. Датчик измерения массы воздушного потока

С помощью датчика контролируют расход всасываемого в корпус дросселя воздуха. ЕСМ использует поступающую от датчика информацию для корректировки продолжительности времени открывания форсунок: чем больше воздуха всасывается в двигатель (акселерация), тем в большем количестве топлива последний нуждается. На моделях автомобиля V8 используются датчики воздушного потока вихревого типа с чувствительным элементом на базе нити накаливания. Устройство позволяет определить весовой расход потока и получило название датчика массы воздуха (MAF). На основании поступающей от датчика информации ЕСМ производит своевременную корректировку состава воздушно-топливной смеси. На моделях автомобиля V8 используются датчики MAF пятиконтактного типа. Для их контроля необходимо включить зажигание, затем подсоединить положи-

тельный щуп вольтметра к контакту VG, а отрицательный – к контакту E2G (рис. 2.95).

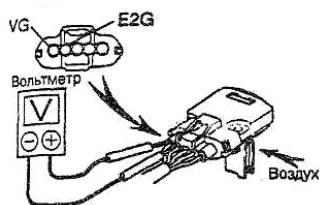


Рис. 2.95. Проверка датчика MAF

напряжением 0,3-4,8 В. Для проверки расходомера воздуха к его сигнальному проводу подсоединяют осциллограф и измеряют расход воздуха на режимах свободного ускорения. Сигналы исправного состояния могут фиксироваться осциллографом. Однако такая проверка неэффективна, когда долго работавший расходомер воздуха дает слишком низкое напряжение сигнала. В этом случае блок управления, не отправляя сведения о неисправности в память, снижает подачу топлива, что приводит к снижению мощности двигателя.

При более точном испытании измеряют напряжение сигнала на различных частотах вращения коленчатого вала. В табл. 2.31 в качестве примера приведены контрольные значения напряжения сигнала для нагретого двигателя при исправном блоке управления, турбокомпрессоре, при отключенной рециркуляции ОГ, 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 норме, а сигнал по-прежнему отсутствует, расходомер воздуха необходимо заменить.

Таблица 2.31

**Контрольные значения напряжения сигнала
для исправного расходомера воздуха (двигатель Volkswagen 1,9 TDI)**

Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	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 ($U_{\min}$), 4,5-4,8 ($U_{\max}$)

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.

2.8.5.7. Датчики детонации

На бензиновых моделях V8 используется два датчика детонации – по одному на каждой из головок цилиндров (под впускным трубопроводом).

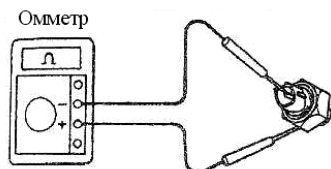


Рис. 2.96. Проверка датчика детонации

Датчики детонации выявляют факт повышения интенсивности вибраций двигателя, возникающих при детонации воздушно-топливной смеси, и выдают на модуль управления соответствующую информацию, позволяющую ЕСМ своевременно произвести подавляющее детонацию уменьшение угла опережения зажигания.

Для проверки исправности состояния датчика детонации следует отсоединить от него электропроводку и измерить сопротивление между контактной клеммой разъема и массой корпуса сборки - проводимость должна отсутствовать (рис. 2.96).

2.8.5.8. Датчики воздушного потока

Датчик MAF. Датчик MAF помещен внутрь рукава воздухозаборника. Чувствительный элемент датчика представляет из себя нить накаливания. Датчик служит для определения массы воздуха, всасываемого в двигатель в единицу времени. Процедуры проверки датчика приводятся в инструкции по эксплуатации конкретного автомобиля.

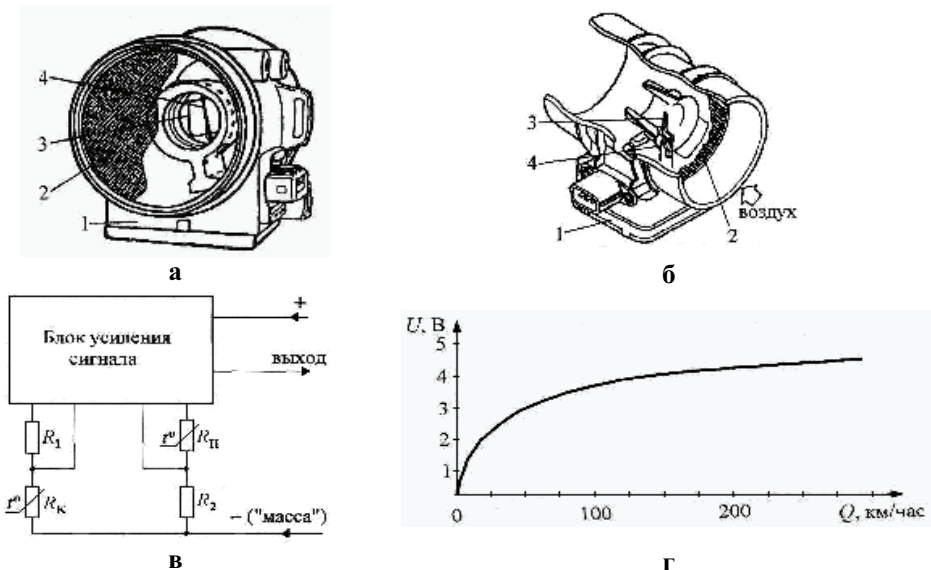


Рис. 2.97. Конструкция (а, б) и электрическая схема (в) термоанемометрических датчиков расхода воздуха с проволочным (а) и пленочным (б) измерительными элементами и выходные характеристики (г) термоанемометрических датчиков расхода воздуха

Конструкция и выходные характеристики термоанемометрического датчика расхода воздуха приведены на рис. 2.97: 1 – корпус; 2 – решетка-стабилизатор; 3 – измерительный элемент; 4 – термокомпенсационный резистор; $R_{и}$ – измерительный элемент; $R_{к}$ – термокомпенсационный резистор; R_1 , R_2 – элементы измерительной схемы.

2.8.5.9. Датчики давления

Датчики давления Honeywell MLH 300PSB01A и PST-F. Выходные характеристики этих датчиков приведены на рис. 2.98 и 2.99.

Контролируемыми параметрами датчика Honeywell MLH 300PSB01A являются:

- диапазон измеряемого давления 0-2068 кПа;
- максимально допустимое статическое давление перегрузки 6,2 МПа;
- напряжение питания 5 В;
- рабочий диапазон по напряжению 0,5-4,5 В;
- время отклика 40 мкс;
- температурный диапазон от -40 до +125 °С.

Калибровочная характеристика выходного сигнала датчика давления топлива PST-F приведена на рис. 2.99. Контролируемыми параметрами датчика являются:

- диапазон измеряемого давления 0-500 кПа; диапазон измеряемой температуры от -40 до +125 °С; напряжение питания 4,75-5,25 В; выходной диапазон 0,5-4,5 В; сила тока 9 мА.

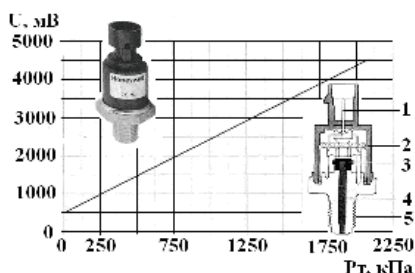


Рис. 2.98. Выходная характеристика датчика давления Honeywell MLH 300PSB01A

На рис. 2.98 цифрами обозначены: 1 – разъем подключения к жгуту проводки; 2 – микросхема усиления сигнала; 3 – стальной стакан с мембраной и тензорезисторами; 4 – канал подвода топлива; 5 – крепежная резьба.

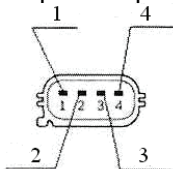


Рис. 2.100. Контрольные точки

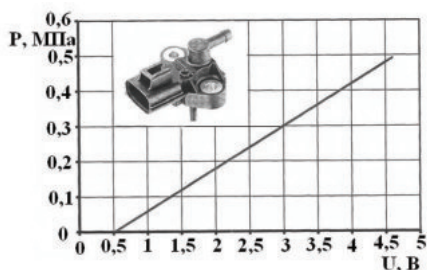


Рис. 2.99. Калибровочная характеристика выходного сигнала датчика давления PST-F

Контрольные точки датчика PST-F приведены на рис. 2.100.

На нем обозначены контакты:

- 1 – заземление;
- 2 – сигнал температуры;
- 3 – питания;
- 4 – сигнал давления.

Датчик давления топлива PSS-260 пьезорезисторный. Калибровочными характеристиками выходного сигнала этого датчика (рис. 2.101) являются:

- диапазон давления 0-14 МПа;
- диапазон рабочих температур от -40 до +130 °С;
- напряжение питания 4,75-5,25 В;
- выходной диапазон 1,6-14,4 В;
- сила тока 12 мА.

Контрольные точки датчика PSS-260 показаны на рис. 2.102.

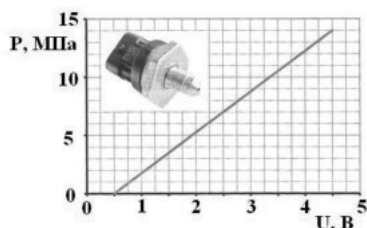


Рис. 2.101. Калибровочная характеристика выходного сигнала датчика давления PSS-260

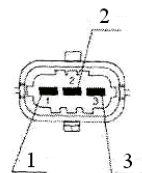


Рис. 2.102. Контрольные точки:
контакты: 1 — заземление; 2 — сигнал давления; 3 — питание

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.

Если датчик давления неисправен, подача топлива на режиме полной нагрузки равняется устанавливаемой в аварийном режиме. В разъеме датчика давления есть три контакта: два крайних 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. При увеличении давления ручным насосом напряжение сигнала должно равномерно увеличиваться. При проверке можно также устанавливать режимы свободного ускорения. Если напряжение сигнала отсутствует, проверяют напряжение питания датчика давления, подключая вольтметр к внешним контактам разъема (правильное значение — 5,0 В). Если напряжение питания в норме, 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. 2.11). 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. 2.11, строки 21 и 22). Если датчик давления наддува неисправен, блок управления, в котором содержится этот датчик необходимо заменить.

2.8.5.10. Контроль датчиков управления 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. 2.10). На основании признаков снижения мощности 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.

Датчик педали подачи топлива. С помощью датчика педали подачи топлива водитель задает блоку управления свое требование к нагрузке на двигатель. Датчик состоит из регулируемого резистора (потенциометра) и контакта холостого хода (рис. 2.103) [7].

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.

При подъеме педали 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 неисправен и должен быть заменен, поскольку такие скачки напряжения производятся преимущественно изношенными потенциометрами. Двигатель реагирует на это сильными рывками, однако неисправность 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 напряжение питания не соответствует заданной величине, необходимо проверить провода, идущие от блока управления, на обрыв и короткое замыкание. Если провода исправны, неисправен блок управления.

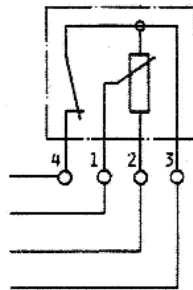


Рис. 2.103. Контакты разъема датчика подачи топлива:

2 и 3 – напряжения питания потенциометра; 1 и 3 – напряжения сигнала потенциометра; 4 – холостого хода

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. 2.103). 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 неисправен. Если напряжение имеет постоянную величину 0 В, то либо неисправен выключатель холостого хода, либо отсутствует напряжение питания. Дополнительно выключатель холостого хода можно проверить омметром: при отпущенной педали подачи топлива сопротивление должно быть менее 1 Ом, при задействованной педали равняться бесконечности. При неисправном выключателе холостого хода заменяют датчик.

2.8.5.11. Проверка электрических исполнительных устройств

Преобразование электрических команд блока управления в механические, пневматические или гидравлические исполнительные процессы происходит, как правило, с помощью электромагнитов. В большинстве случаев эти электромагниты являются составной частью электромагнитных клапанов, однако могут воздействовать на исполнительное устройство непосредственно механически, например, через поворотный магнит 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. Силой тока управляет изменение 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 с интерфейсом 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 устройства осциллограф подсоединяют к «управляющему» проводу блока управления и «массе» двигателя (рис. 2.104).

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, так как такое подключение происходит в средней части схемы.

Если, например, оборван провод катушки электромагнита, то 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 скажность и изменяется ли она в соответствии с рабочим режимом. В примере на рис. 2.105 и 2.106 ([7]) скажность увеличивается при включении рециркуляции ОГ. Значит электрическая часть устройства рециркуляции ОГ исправна.

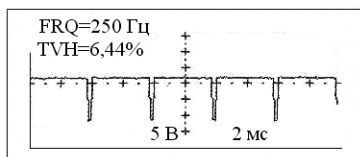


Рис. 2.105. Скажность (6,44%), замеренная на преобразователе давления клапана AGR с пневмоприводом при отключенной рециркуляции ОГ

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 есть уверенность, что электрическая часть механизма управления исправна, используя манометр, следует проверить, выполняются ли электрические команды. Если скажность не определяется, опросом памяти неисправности необходимо проверить, нет ли у блока управления причины для отказа в работе. Рециркуляция ОГ, например, отключается при выходе из строя массового измерителя расхода воздуха. Если память неисправностей не содержит сведений о неисправности, то она находится в схеме переключения.

Напряжение 12 В означает, что система электропитания исполнительного механизма и обмотка катушки электромагнита исправны. Напряжение достигло точки измерения осциллографа. Неисправность должна находить-

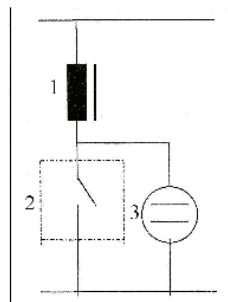


Рис. 2.104. Подсоединение осциллографа для проверки электрического исполнительного устройства:

1 – электромагнит; 2 – блок управления, схематично представленный выключателем; 3 – осциллограф

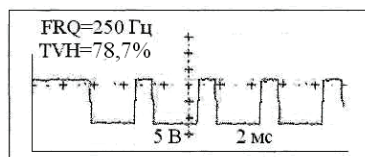


Рис. 2.106. При включенной рециркуляции ОГ скажность увеличилась до 78,7%

ся между отрицательным полюсом обмотки катушки и «массой» двигателя. Если управляющий провод, идущий от блока управления, и «массовый» провод исправен, 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 норме, неисправностью являются «массовый» провод или сам блок управления. Последовательность проверки исполнительного механизма приведена на рис. 2.107 ([7]).

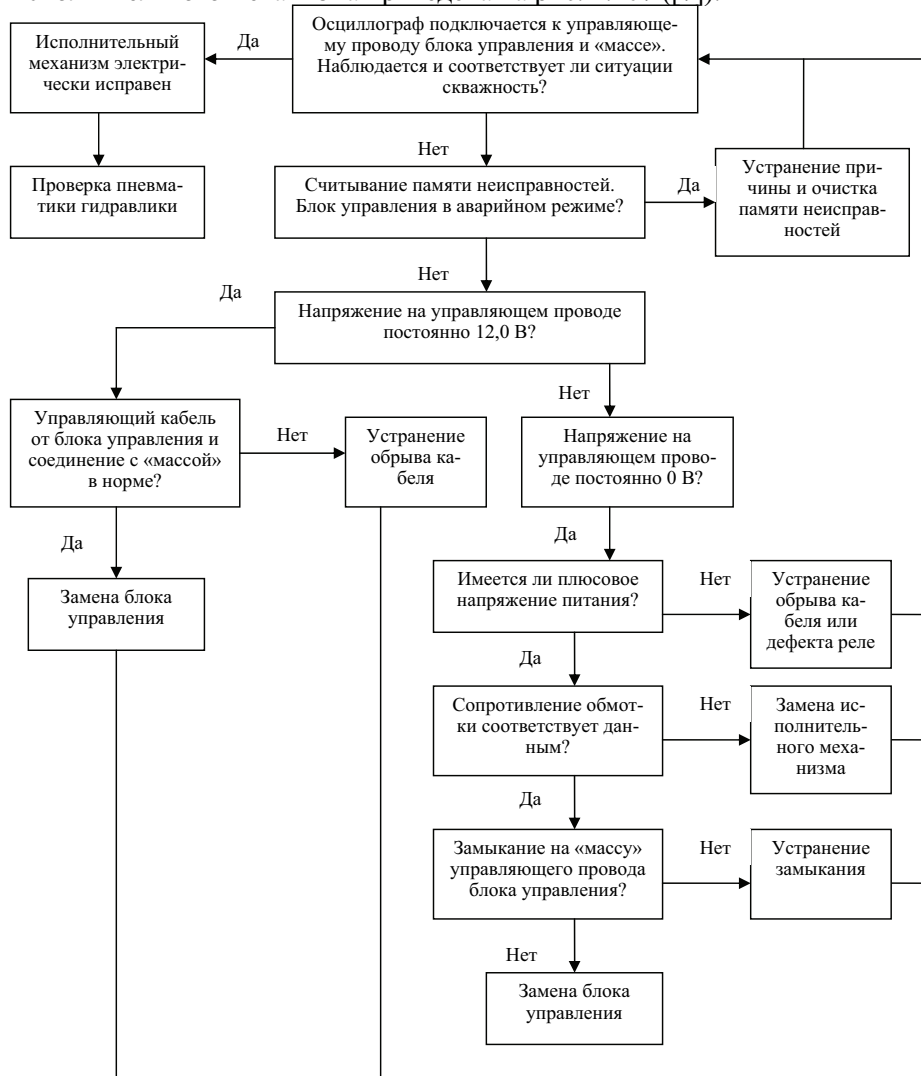


Рис. 2.107. Последовательность проверки исполнительного механизма

Для 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), упомянутой проверки скважности недостаточно. Для таких клапанов в фазе страгивания используется напряжение до 70 В. Из-за большой силы тока (20 А в фазе страгивания, 12 А в фазе удержания) электрическую проверку проводят с использованием токоизмерительных клещей, которые присоединяют к осциллографу. Кривая силы тока приведена на рис. 2.108.

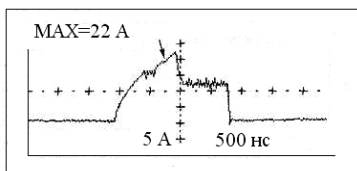


Рис. 2.108. Кривая силы тока в насос-форсунке на режиме холостого хода

на электрических выводах блока управления, который коммутируется с электрической схемой системы впрыска топлива через пять разъемов. Первый разъем подает на блок управления напряжение питания. Второй разъем устанавливает через шину CAN обмен данными с другими блоками управления. Третий разъем обеспечивает связь с такими конструктивными элементами автомобиля, как датчик педали подачи топлива, датчик давления наддува и редуктор давления для клапана рециркуляции, редуктор давления для обеспечения наддува и перекрытия впускного канала. Четвертый и пятый разъемы 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.

Стрелкой на рис. 2.108 указан момент посадки электромагнитного клапана.

Для проверки электрической части датчиков и исполнительных механизмов используется выносной контактный блок; он позволяет проводить измерения непосредственно

Контрольные вопросы

1. Какие существуют методы и средства контроля электрических систем управления двигателем?
2. Как производится самоконтроль и проверка электронной системы управления двигателем «Bosch EDC 15V»?
3. Как производят проверку электрических блоков осциллографом и мультиметром?
4. Как контролируют техническое состояние датчиков?

2.9. Проверка правильности функционирования систем бортовой диагностики OBD

2.9.1. Средства контроля и диагностирования

Все последние модели автомобилей комплектуются системой OBD-II с использованием пятизначных диагностических кодов, занесенных в память процессора (ECM). Рассмотрим принципы проверки исправности сис-

тем OBD на базе инструкций по диагностированию двигателей типа V8, разработанных производителями автомобилей. Схема расположения клемм диагностического разъема представлена на рис. 2.4.

Поиск неисправностей двигателей, оснащенных системой самодиагностики OBD-II, можно вести двумя путями. Во-первых, данные регистратора неисправностей можно считывать (режим 3) и стирать (режим 4) через протокол OBD-II. Далее, упрощенный список данных может указываться в режиме 1. Во-вторых, в режиме 2 можно посмотреть условия, при которых наступила неисправность. Этот метод проверки доступен каждой авторемонтной мастерской, в которой имеется специальный тестер-газоанализатор, пригодный для диагностики OBD.

Более подробную диагностику можно произвести с помощью соответствующего диагностического тестера, рекомендованного фирмой-изготовителем. Наряду со считыванием и стиранием данных регистратора неисправностей блок управления дополнительно выдает широкий список данных. При оценке полученной информации следует обращать внимание на то, в каком режиме работает двигатель – гомогенном или в послойном смесеобразовании, так как в зависимости от режима работы получаются другие данные (например, для давления во впускном трубопроводе, коэффициента избытка воздуха или массового расхода воздуха). На холостом ходу режим работы с послойным смесеобразованием можно отличить по более громкому шуму при впуске. Даже при том, что системы самодиагностики постоянно совершенствуются, часто для локализации неисправности нужно применять классические диагностические инструменты, такие как газоанализатор, манометр, осциллоскоп и мультиметр.

Проверку правильности функционирования компонентов систем впрыска и снижения токсичности отработавших газов производят при помощи универсального цифрового измерителя мультиметра. Его использование предпочтительно по нескольким причинам. Во-первых, по аналоговым приборам достаточно сложно (иногда невозможно) определить результат показания с точностью до сотых и тысячных долей, в то время, как при обследовании контуров, включающих в свой состав электронные компоненты, такая точность приобретает особое значение. Второй, не менее важной, причиной является тот факт, что внутренний контур цифрового мультиметра, имеет достаточно высокий импеданс (внутреннее сопротивление прибора составляет 10 миллионов Ом). Так как вольтметр подсоединяется к проверяемой цепи параллельно, точность измерения тем выше, чем меньший паразитный ток будет проходить через собственно прибор. Данный фактор не является существенным при измерении относительно высоких значений напряжения (9-12 В), однако становится определяющим при диагностике выдающих низковольтные сигналы элементов таких, как, например, лямбда-зонд, когда речь идет об измерении долей вольта. Наиболее удобными приборами для диагностики систем управления двигателем современных моделей автомобилей являются ручные считыватели сканерного типа. Перед применением считыватель следует проверить на соответствие модели и году выпуска проверяемого автомобиля. Некоторые сканеры являются мно-

гофункциональными за счет возможности смены картриджа в зависимости от модели диагностируемого автомобиля (Ford, GM, Chrysler и т. п.), другие привязаны к требованиям региональных властей и предназначены для использования в определенных районах мира (Европа, Азия, США и т. д.).

Считывание записанных в память процессора кодов производится при помощи специального сканера OBD-II, который подключается к 16-контактному диагностическому разъему DLC 3 (рис. 2.4). Сканер представляет из себя ноутбук, оснащенный интерфейсом для подключения к системе бортовой самодиагностики, и является чрезвычайно эффективным инструментом, позволяя не только произвести считывание кодов, но также получить информацию о текущих параметрах функционирования информационных датчиков и исполнительных устройств.

Система бортовой самодиагностики способна обнаружить далеко не все возможные отказы. В ходе поиска причин снижения эффективности отдачи двигателя, повышения расхода топлива или уровня токсичности отработавших газов (данные нарушения обычно не сопровождаются срабатыванием контрольной лампы «Check Engine») следует в первую очередь произвести весь комплекс стандартных проверок на предмет выявления причин, перечисленных в руководстве, посвященном диагностике неисправностей систем и узлов автомобиля.

Использование OBD-II требует от оператора базовых знаний в области автомобильной электроники, так как несоблюдение мер предосторожности при обращении с ECM и прочими электронными компонентами может привести к необратимому выходу системы из строя.

Очистка памяти OBD-II. Для очистки памяти ECM следует подключить к системе сканер и в раскладке его меню выбрать функцию «CLEARING CODES» («Удаление кодов»). Далее надо следовать указаниям, высвечиваемым на приборе, либо сразу же на 30 секунд извлечь из своего гнезда в монтажном блоке предохранитель EFI. Альтернативно очистка памяти системы может быть произведена путем снятия плавкой вставки (главного предохранителя системы бортового электропитания), установленной вблизи положительной клеммы батареи (можно также просто отсоединить от батареи положительный провод).

2.9.2. Применение осциллографа для контроля рабочих сигналов системы управления

Цифровые мультиметры отлично подходят для проверки электрических цепей, находящихся в статическом состоянии, а также для фиксации медленных изменений отслеживаемых параметров. При проведении же динамических проверок, выполняемых на работающем двигателе, а также при выявлении причин спорадических сбоев совершенно незаменимым инструментом становится осциллограф.

Некоторые осциллографы позволяют сохранять осциллограммы во встроенном модуле памяти с последующим выводом результатов на печать

или перекачкой их на носитель персонального компьютера уже в стационарных условиях.

Осциллограф позволяет наблюдать периодические сигналы и измерять напряжение, частоту, ширину (длительность) прямоугольных импульсов, а также уровни медленно меняющихся напряжений. Осциллограф может быть использован при выполнении следующих процедур:

- выявление сбоев нестабильного характера;
- проверка результатов произведенных изменений (регулировок);
- мониторинг активности лямбда-зонда системы управления двигателем, оборудованного каталитическим преобразователем;
- анализ вырабатываемых лямбда-зондом сигналов, отклонение параметров которых от нормы является безусловным свидетельством нарушения исправности функционирования системы управления в целом. С другой стороны, правильность формы выдаваемых датчиком импульсов может служить надежной гарантией отсутствия нарушений в системе управления.

Интерпретация полученной информации может быть легко произведена путем элементарного визуального сравнения снятых в ходе проверки осциллограмм с приведенными далее временными зависимостями, типичными для различных датчиков и исполнительных устройств автомобильных систем управления.

2.9.3. Параметры периодических сигналов и очистка памяти OBD-II

Каждый снимаемый при помощи осциллографа сигнал может быть описан при помощи следующих основных параметров (рис. 2.109):

- **амплитуда**: разность максимального и минимального напряжений сигнала в пределах периода;
- **период**: длительность цикла сигнала (мс);
- **частота**: количество циклов в секунду (Гц);
- **ширина**: длительность прямоугольного импульса (мс, мкс);
- **скважность**: отношение периода повторения к ширине (в зарубежной терминологии применяется обратный скважности параметр, называемый рабочим циклом, выраженный в %);

- **форма сигнала**: последовательность прямоугольных импульсов, единичные выбросы, синусоида, пилообразные импульсы и т. п.

Обычно характеристики неисправного устройства сильно отличаются от эталонных, что позволяет опытному оператору легко и быстро выявить отказавший компонент путем анализа соответствующей осциллограммы.

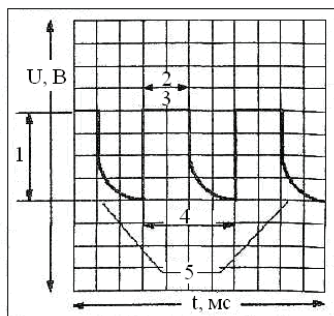


Рис. 2.109. Характеристики производного периодического сигнала:
1 — амплитуда; 2 — рабочий цикл 50%; 3 — скважность; 4 — период; 5 — форма сигнала

Сигналы постоянного тока. Единственной рабочей характеристикой таких сигналов является напряжение. Сигналы постоянного тока вырабатываются устройствами, представленными на рис. 2.110.

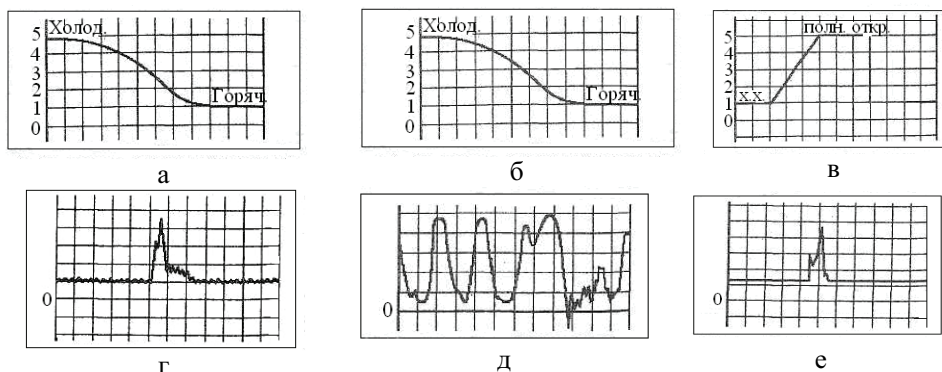


Рис. 2.110. Сигналы постоянного тока, вырабатываемые устройствами: а – датчик температуры охлаждающей жидкости двигателя (ECT); б – датчик температуры всасываемого воздуха (IAT); в – датчик положения дроссельной заслонки (TPS); г – измеритель объемного расхода потока воздуха (VAF); д – подогреваемый лямбда-зонд; е – измеритель массы воздуха (MAF)

Сигналы переменного тока. Основными характеристиками данных сигналов являются амплитуда, частота и форма сигнала (рис. 2.111).

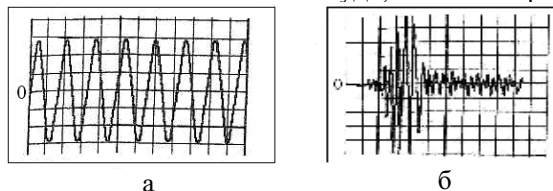


Рис. 2.111. Характеристики данных сигналов:

а – индуктивный датчик оборотов двигателя; б – датчик детонации (KS)

на рис. 2.112.

Сигналы, модулированные по ширине импульса (ШИМ). Рабочими характеристиками сигналов широтно-импульсной модуляции (ШИМ) являются амплитуда, частота, форма сигнала и скважность периодических импульсов. Источниками сигналов ШИМ являются представленные устройства (рис. 2.113).

Кодированная последовательность прямоугольных импульсов. Рабочими характеристиками являются амплитуда, частота и форма последовательности отдельных импульсов. Подобного рода сигналы генерирует модуль памяти самодиагностики ЕСМ системы управления двигателем. Путем анализа ширины и формы импульсов, а также подсчета их количества в каждой из групп могут быть считаны хранящиеся в памяти коды неисправностей (рис. 2.114). Амплитуда и форма сигнала остаются постоянными, за-

Частотно-модулированные сигналы. Рабочими характеристиками частотно-модулированных сигналов являются амплитуда, частота, форма сигнала и ширина периодических импульсов. Источниками частотно-модулированных сигналов являются устройства, представленные

писанное значение будет выдаваться до тех пор, пока память модуля не будет очищена.

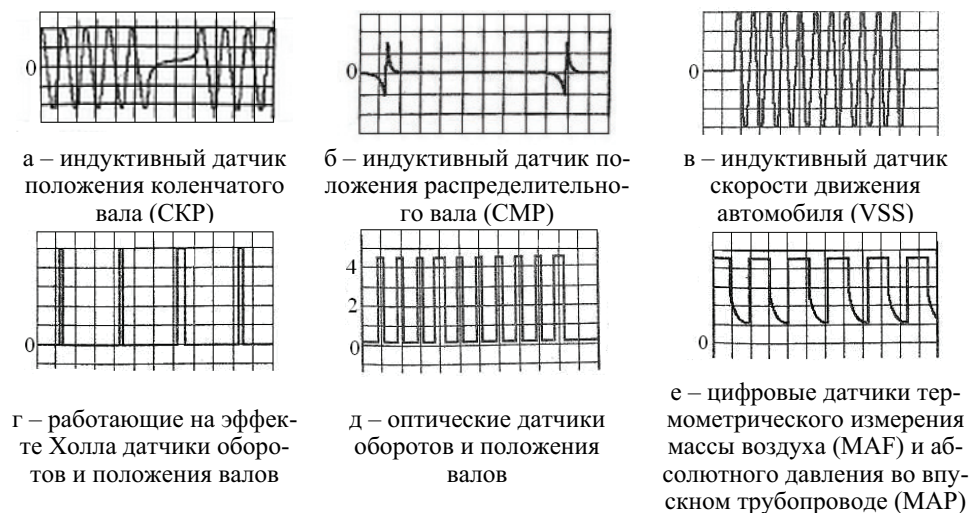


Рис. 2.112. Источники частотно-модульных сигналов устройств

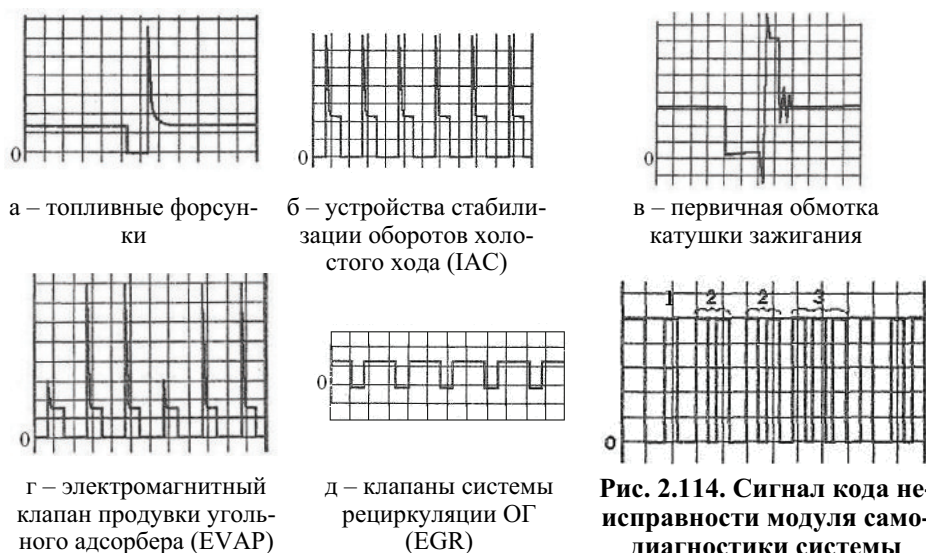


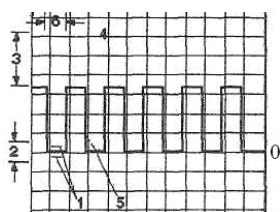
Рис. 2.113. Источники сигналов ШИМ устройств

Рис. 2.114. Сигнал кода неисправности модуля самодиагностики системы управления двигателем (код 1223)

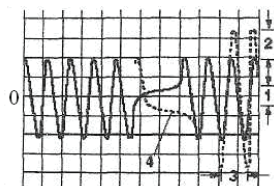
2.9.4. Интерпретация осциллограмм

Форма выдаваемого осциллографом сигнала зависит от множества различных факторов и может в значительной мере видоизменяться. Поэтому, прежде чем приступать к замене подозреваемого компонента в случае

несовпадения формы снятого диагностического сигнала с эталонной осциллограммой, следует тщательно проанализировать полученный результат (рис. 2.115).



а – цифровой сигнал



б – аналоговый сигнал

Рис. 2.115. Формы сигналов, выдаваемых осциллографом

Напряжение. Нулевой уровень эталонного сигнала нельзя рассматривать в качестве абсолютного опорного значения, - «ноль» реального сигнала, в зависимости от конкретных параметров проверяемой цепи, может оказаться сдвинутым относительно эталонного в пределах определенного допустимого диапазона (рис. 2.115, а).

Полная амплитуда сигнала зависит от напряжения питания проверяемого контура и также может варьироваться в определенных пределах относительно эталонного значения (рис. 2.115, а; 2.115, б).

В цепях постоянного тока диапазон сигнала ограничивается напряжением питания. В качестве примера можно привести цепь системы стабилизации оборотов холостого хода (IAC), сигнальное напряжение которой никак не изменяется с изменением оборотов двигателя.

В цепях переменного тока амплитуда сигнала уже однозначно зависит от частоты срабатывания источника сигнала, так амплитуда сигнала, выдаваемого датчиком положения коленчатого вала (СКР), будет увеличиваться с повышением оборотов двигателя.

Поэтому, если амплитуда снимаемого при помощи осциллографа сигнала оказывается чрезмерно низкой или высокой (вплоть до обрезания верхних уровней), достаточно лишь переключить рабочий диапазон прибора, перейдя на соответствующую шкалу измерения.

При проверке оборудования цепей с электромагнитным управлением (например, система IAC) при отключении питания могут наблюдаться броски напряжения (рис. 2.115, а), которые при анализе результатов измерения можно игнорировать.

Не следует также учитывать появление таких деформаций осциллограммы, как скашивание нижней части переднего фронта прямоугольных импульсов (рис. 2.115, а), если, конечно, сам факт появления такого фронта не является признаком нарушения исправности функционирования проверяемого компонента.

Частота. Частота повторения сигнальных импульсов зависит от рабочей частоты источника сигналов.

Форма снимаемого сигнала может быть отредактирована и приведена к удобному для анализа виду путем переключения на осциллографе мас-

штаба временной развертки изображения. При наблюдении сигналов в цепях переменного тока временная развертка осциллографа зависит от частоты источника сигнала, определяемой оборотами двигателя (рис. 2.115, б).

Как уже упоминалось ранее, для приведения сигнала к удобочитаемому виду достаточно переключить масштаб временной развертки осциллографа. В некоторых случаях осциллограмма сигнала оказывается развернутой зеркально относительно эталонной зависимости, что объясняется реверсивностью полярности подключения соответствующего элемента и, при отсутствии запрета на изменение полярности подключения, может быть проигнорировано при анализе.

2.9.5. Типичные сигналы компонентов систем управления двигателем

Современные осциллографы обычно оборудованы лишь двумя сигнальными проводами вкупе с набором разнообразных щупов, позволяющих осуществить подключение прибора практически к любому устройству. В большинстве случаев красный провод подключен к положительному полюсу осциллографа и обычно подсоединяется к клемме (ЕСМ) электронного модуля управления. Черный провод следует подсоединять к надежно заземленной точке (массе).

Форсунки. Управление составом воздушно-топливной смеси в современных автомобильных электронных системах впрыска топлива осуществляется путем своевременной корректировки длительности открывания электромагнитных клапанов форсунок. Длительность пребывания форсунок в открытом состоянии определяется продолжительностью вырабатываемых модулем управления электрических импульсов, подаваемых на вход электромагнитных клапанов. Продолжительность импульсов измеряется в миллисекундах и обычно не выходит за пределы диапазона 1-14 мс. Типичная осциллограмма управляющего срабатыванием форсунки импульса представлена на рис. 2.116. Часто на осциллограмме можно наблюдать также серию коротких пульсаций, следующих непосредственно за инициирующим отрицательным прямоугольным импульсом и поддерживающих электромагнитный клапан форсунки в открытом состоянии, а также резкий положительный бросок напряжения, сопровождающий момент закрывания клапана.

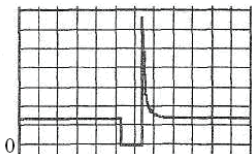


Рис. 2.116. Импульс управления открыванием форсунки

Исправность функционирования ЕСМ можно легко проверить при помощи осциллографа путем визуального наблюдения изменений формы управляющего сигнала при варьировании рабочих параметров двигателя. Так, длительность импульсов при проворачивании двигателя на холостых оборотах должна быть несколько

выше, чем при работе агрегата на низких оборотах. Повышение оборотов двигателя должно сопровождаться соответственным увеличением времени

пребывания форсунок в открытом состоянии. Данная зависимость особенно хорошо проявляется при открывании дроссельной заслонки короткими нажатиями на педаль газа.

При помощи тонкого щупа из прилагаемого к осциллографу набора следует подсоединить красный провод прибора к клемме форсунки ЕСМ системы управления двигателем. Щуп второго сигнального провода (черного) осциллографа надо надежно заземлить.

Проанализируйте форму считываемого сигнала времени проворачивания двигателя. Запустив двигатель, проверьте форму управляющего сигнала на холостых оборотах.

Резко нажав на педаль акселератора, поднимите частоту вращения двигателя до 3000 мин^{-1} , - продолжительность управляющих импульсов в момент акселерации должна заметно увеличиться с последующей стабилизацией на уровне равном или чуть меньшем свойственным оборотам холостого хода.

Быстрое закрывание дроссельной заслонки должно приводить к спрямлению осциллограммы, подтверждающему факт перекрывания форсунок (для систем с отсеканием подачи топлива).

При холодном запуске двигатель нуждается в некотором обогащении воздушно-топливной смеси, что обеспечивается автоматическим увеличением продолжительности открывания форсунок. По мере прогрева длительность управляющих импульсов на осциллограмме должна непрерывно сокращаться, постепенно приближаясь к типичному для холостых оборотов значению.

В системах впрыска, в которых не применяется форсунка холодного запуска, при холодном запуске двигателя используются дополнительные управляющие импульсы, проявляющиеся на осциллограмме в виде пульсаций переменной длины.

В табл. 2.32 представлена типичная зависимость длительности управляющих импульсов открывания форсунок от рабочего состояния двигателя.

Таблица 2.32

Типичные зависимости

Состояние двигателя	Длительность управляющего импульса, мс
Холостые обороты	1,5-5
$2000-3000 \text{ мин}^{-1}$	1,1-3,5
Полный газ	8,2-3,5

Индуктивные датчики. Запустите двигатель и сравните осциллограмму, снимаемую с выхода индуктивного датчика, с приведенной на рис. 2.117 эталонной. Увеличение оборотов двигателя должно сопровождаться увеличением амплитуды выдаваемого датчиком импульсного сигнала.

Электромагнитный клапан стабилизации оборотов холостого хода (ИАС). В автомобилестроении используются электромагнитные клапаны ИАС различных типов, выдающих сигналы также различной формы. Общей

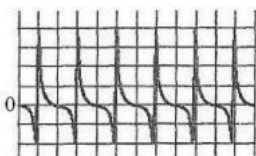


Рис. 2.117. Типичная осциллограмма сигнала, выдаваемого индуктивным датчиком

отличительной чертой всех клапанов является тот факт, что скажность сигнала должна уменьшаться с возрастанием нагрузки на двигатель, связанной с включением дополнительных потребителей мощности, вызывающих понижение оборотов холостого хода. Если скажность осциллограммы изменяется с увеличением нагрузки, однако при включении потребителей имеет место нарушение стабильности оборотов

холостого хода, проверьте состояние цепи электромагнитного клапана, а также правильность выдаваемого ЕСМ командного сигнала.

Обычно в цепях стабилизации оборотов холостого хода используется четырехполосный шаговый электродвигатель. Проверка двухконтактных и трехконтактных клапанов ИАС производится в аналогичной манере, однако осциллограммы выдаваемых ими сигнальных напряжений совершенно непохожи.

Шаговый электродвигатель, реагируя на выдаваемый ЕСМ пульсирующий управляющий сигнал, производит ступенчатую корректировку оборотов холостого хода двигателя в соответствии с рабочей температурой охлаждающей жидкости и текущей нагрузкой на двигатель.

Уровни управляющих сигналов могут быть проверены при помощи осциллографа, измерительный щуп которого подключается поочередно к каждой из четырех клемм шагового электродвигателя.

Прогрейте двигатель до нормальной рабочей температуры и оставьте его работающим на холостых оборотах. Для увеличения нагрузки на двигатель включите головные фары, кондиционер воздуха (либо на моделях с гидроусилителем руля поверните рулевое колесо). Обороты холостого хода должны на короткое время упасть, однако тут же вновь стабилизироваться за счет срабатывания клапана ИАС.

Сравните снятую осциллограмму с приведенной на рис. 2.118.

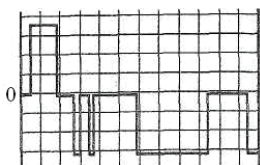


Рис. 2.118. Осциллограмма управляющего сигнала системы стабилизации оборотов холостого хода (ИАС)

Лямбда-зонд (кислородный датчик).

Здесь приводятся осциллограммы, типичные для наиболее часто применяемых на автомобилях лямбда-зондов циркониевого типа, в которых не используется опорное напряжение 0,5 В. В последнее время все большую популярность приобретают титановые датчики, рабочий диапазон сигнала которых составляет 0-5 В, причем высокий уровень напряжения

выдается при сгорании обедненной смеси, низкий – обогащенной.

Для контроля датчика подсоедините осциллограф между клеммой лямбда-зонда на ЕСМ и массой. При этом следует убедиться, что двигатель прогрет до нормальной рабочей температуры.

Сравните выведенную на экран прибора осциллограмму с эталонной зависимостью (рис. 2.119). Если снимаемый сигнал не является волнообраз-

ным, а представляет собой линейную зависимость, то в зависимости от уровня напряжения это свидетельствует о чрезмерном переобеднении (0-0,15 В), либо переобогащении (0,6-1 В) воздушно-топливной смеси.

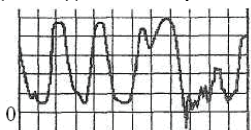


Рис. 2.119. Осциллограмма сигнала, выдаваемого типичным лямбда-зондом

Если на холостых оборотах двигателя имеет место нормальный волнообразный сигнал, можно несколько раз резко выжать педаль акселератора, - колебания сигнала не должны выходить за пределы диапазона 0-1 В. Увеличение оборотов двигателя должно сопровождаться повышением амплитуды сигнала, уменьшение – снижением.

Датчик детонации (KS). Подсоедините осциллограф между клеммой датчика детонации ECM и массой. Удостоверьтесь, что двигатель прогрет до нормальной рабочей температуры. Резко выжмите педаль газа и сравните форму снимаемого сигнала переменного тока с приведенной эталонной осциллограммой (рис. 2.120).

При недостаточной четкости изображения легонько постучите по блоку цилиндров в районе размещения датчика детонации. Если добиться однозначности формы сигнала не удастся, замените датчик KS либо проверьте состояние электропроводки его цепи.

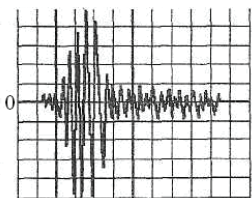


Рис. 2.120. Осциллограмма сигнала, выдаваемого типичным датчиком детонации (KS)

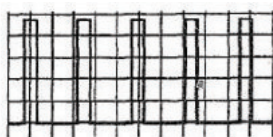


Рис. 2.121. Осциллограмма управляющего сигнала усилителя зажигания

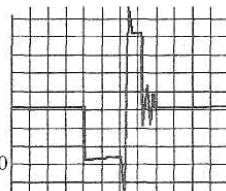


Рис. 2.122. Осциллограмма сигнала на клемме первичной обмотки катушки зажигания

Сигнал зажигания на выходе усилителя зажигания. Подсоедините осциллограф между клеммой усилителя зажигания ECM и массой. Прогрейте двигатель до нормальной рабочей температуры и оставьте его работающим на холостых оборотах. На экран осциллографа должна выдаваться последовательность прямоугольных импульсов постоянного тока. Сравните форму принимаемого сигнала с приведенной на рис. 2.121 эталонной осциллограммой, уделяя пристальное внимание совпадению таких параметров, как амплитуда, частота и форма импульсов. При увеличении оборотов двигателя частота сигнала должна увеличиваться прямо пропорционально.

Первичная обмотка катушки зажигания. Подсоедините осциллограф между клеммой катушки зажигания ECM и массой. Прогрейте двигатель до нормальной рабочей температуры и оставьте его работающим на холостых оборотах. Сравните форму принимаемого сигнала с приведенной на рис. 2.122 эталонной осциллограммой, - положительные броски напряжения должны иметь постоянную амплитуду. Неравномерность бросков может быть вызвана чрезмерным сопротивлением вторичной обмотки, а

также неисправностью состояния высоковольтного провода катушки или свечного провода.

2.9.6. Проверка состояния электронного модуля управления

На всех моделях электронный модуль управления (ЕСМ) крепится справа под панелью приборов, позади вещевого ящика. С целью обеспечения доступа необходимо снять вещевой ящик.

При работающем двигателе кончиками пальцев надо резко постучать по стенке процессора, если ЕСМ неисправен, постукивание может привести к нарушению стабильности оборотов двигателя, одновременно на дисплее подключенного к системе OBD сканера высветятся текущие сведения о характеристиках работы двигателя. Прежде чем приступать к замене модуля, следует проверить исправность состояния и надежность крепления контактных соединений электропроводки его цепи. Каждый контактный разъем окрашен в индивидуальный цвет, что исключает вероятность неправильного подсоединения электропроводки при установке ЕСМ. При отсутствии очевидных признаков нарушения исправности функционирования ЕСМ необходимо провести техобслуживание для более подробной диагностики модуля.

Контрольные вопросы

1. Как проверяют правильность функционирования системы бортовой диагностики OBD?
2. Какие средства можно применить для контроля системы впрыска?
3. Как осуществить очистку памяти OBD-II?
4. Какие сигналы можно выявлять с помощью осциллографа?
5. Какие формы сигналов может выдавать осциллограф при контроле системы подачи топлива и как их можно интерпретировать?

2.10. Поиск неисправностей при аварийной работе двигателя автомобиля

2.10.1. Неисправности в аккумуляторной системе впрыска Common Rail

Поиск неисправностей системы впрыска Common Rail рекомендуется начинать с проверки системы самоконтроля (самодиагностики).

Если двигатель работает неровно, целесообразно проверить результаты регулировки плавности холостого хода. Посредством данной функции блок управления поддерживает равномерные обороты. Для этого с помощью датчика ВМТ определяется вклад отдельных цилиндров в частоту вращения коленчатого вала. Если вклад в частоту вращения одного из цилиндров слишком велик, то в следующий раз количество впрыскиваемого в этот цилиндр топлива уменьшается, при меньшем вкладе отдельного цилиндра количество впрыскиваемого в него топлива увеличивается. Неисправный цилиндр, как правило, «более медленный». При проверке в этом

случае выявляется значительное отклонение количества впрыскиваемого топлива в большую сторону. Максимально допустимое отклонение составляет 40%. Если при измерении компрессии было установлено, что механические детали двигателя исправны, скорее всего, неисправна форсунка. В этом случае ее нужно проверить как электрически, так и гидравлически, что позволит избежать преждевременной замены форсунок.

Некоторые неисправности не приводят к потере работоспособности системы впрыска топлива, но из-за них снижается полная подача топлива или вообще устанавливается частота вращения коленчатого вала на режим холостого хода. К таким неисправностям относятся неисправности 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:

- неисправна 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 может стать неработоспособным. Сравнение цилиндров с помощью поочередного отсоединения штекеров форсунок невозможно, так как после отсоединения штекера двигатель останавливается. Для такого способа тестирования необходима дополнительная форсунка, которая подключается к открытому штекеру форсунки, 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 невозможно 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 не может быть запущен. Если датчик Холла на распределительном вале отказывает во время движения автомобиля, двигатель продолжает работать. Но после остановки больше не запускается.

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



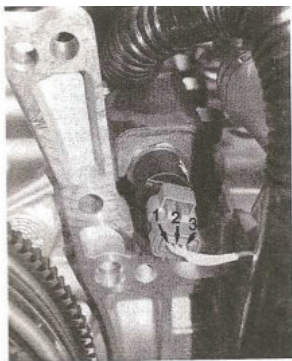
370

ливоподачи, 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 электрических или гидравлических неисправностей. Замеры, требуемые по плану поиска неисправностей, представлены на рис. 2.123 ([7]). 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».

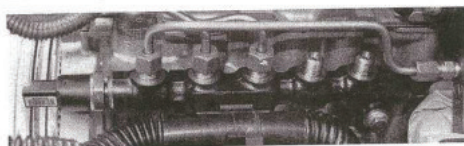
Если в этом неисправности нет, главной причиной остается датчик педали подачи топлива. Проводящая дорожка потенциометра датчика может быть изношена или повреждена, и датчик не будет плавно выдавать изменение нагрузки.

2.10.2. Логическая последовательность распознавания неисправности «аварийная работа двигателя»

Аварийная работа двигателя (на примере автомобиля Ford). Двигатель не заводится, если неисправны датчик ВМТ или датчик положения распределительного вала. Другая причина – неисправны оба магнитных клапана топливного насоса высокого давления (ТНВД). Форсунки функционируют лишь при давлении от 150 бар. Неисправный ТНВД, который не в состоянии создать при пуске двигателя требуемое давление, также препятствует запуску двигателя. Перед проверкой ТНВД нужно предварительно убедиться, что в баке достаточно топлива. Для предохранения ТНВД при уровне топлива меньше минимального двигатель отключается. Выход из строя датчика давления в сферическом гидроаккумуляторе (ДСГ) выражается не только в снижении мощности, что определяется на слух. Блок управления переключается с режима регулирования на режим управления и двигатель работает более «жестко». Давление в сферическом гидроаккумуляторе на холостом ходу увеличивается с 220 до 350 бар, что заметно по сильным детонационным стукам (рис. 2.124).



а



б

Рис. 2.124. Контакты (1, 2, 3) датчика давления (а) в сферическом гидроаккумуляторе (б) двигателя Ford Fiesta:

1 – напряжение питания 5 В; 2 – сигнальное напряжение; 3 – масса

При отсутствии напряжения на блоке управления двигатель отключается и доступ к регистратору неисправностей невозможен. Заблокированное противоугонное устройство можно определить из того, что двигатель незадолго после старта снова глохнет.

При неисправном датчике положения педали акселератора обороты двигателя длительно увеличиваются до 1200 мин^{-1} с тем, чтобы водитель смог доехать до авторемонтной мастерской. При недостаточном поступлении воздуха, что может быть вызвано неисправностью расходомера воздуха или слишком долгим открытием клапана рециркуляции ОГ, мощность двигателя падает [33, 38].

Гидравлическая проверка. При диагностировании топливной системы первое, что необходимо сделать – проверить качество используемого топлива.

При диагностике системы впрыска можно ограничиться небольшой группой деталей, поскольку Siemens или другая фирма-изготовитель автомобиля поставляют в качестве запчастей только ТНВД в комплекте, сферический гидроаккумулятор с датчиком ДСГ, трубопроводы высокого давления и форсунки. Поэтому проверки относительно того, исправны ли топливоподающий насос или магнитные клапаны в ТНВД излишни, поскольку его можно заменить только в комплекте. Топливопроводы высокого давления и все уплотнения после каждого демонтажа подлежат замене. Усилие затяжки составляет 25 Нм.

В случае заправки автомобиля некачественным топливом сначала следует проверить топливопроводы и топливный фильтр. Топливоподающий насос чутко реагирует на негерметичность со стороны всасывания, поскольку он всасывает топливо из топливного бака через фильтр. Большие воздушные пузыри во всасывающем топливопроводе – признак негерметичности, что может привести к неравномерному впрыску.

Проверка топливного насоса. Топливоподающий насос создает давление в 4 бар, которое не всегда может быть замерено. Однако можно проверить объемную подачу насоса, для чего нужно снять штекер с магнитного клапана впускного дросселя и на разъеме сливной магистрали ТНВД замерить объемную подачу в течение 15 с при пуске двигателя. Объемная подача должна составить не менее 25 см^3 . При слишком низкой подаче необходимо заменить ТНВД.

Проверка контура высокого давления осуществляется путем проверки датчика ДСГ, через текущие данные которого или путем измерения напряжения можно определить давление в сферическом гидроаккумуляторе. Если при пуске двигателя давление в сферическом гидроаккумуляторе достигает всего 50 бар, вероятно неисправен регулировочный клапан и предстоит замена ТНВД. Однако прежде следует убедиться, что на магнитные клапаны насоса поступают электросигналы (рис. 2.124). При негерметичной форсунке (инжекторе) ТНВД также не в состоянии развивать необходимое давление в сферическом гидроаккумуляторе. Негерметичную форсунку можно определить посредством измерения количества топлива на сливе. Для этого к сливной магистрали форсунок подключают по одному

прозрачному топливопроводу, которые опускают в мерный сосуд. Количество топлива на сливе при запуске двигателя или на холостом ходу может составлять максимум 1-2 капли в секунду. Если это значение выше, клапан в форсунке негерметичен. Форсунку необходимо заменить. Негерметичность форсунки со стороны камеры сгорания определяют по детонационным стукам при пуске двигателя.

Контроль датчика гидроаккумулятора и исполнительных звеньев.

На практике проверку не следует строго разделять на электрическую, гидравлическую или механическую. Необходимо комбинировать друг с другом соответствующие измерения. Например, в регулировке давления в сферическом гидроаккумуляторе участвуют датчик ДСГ, регулировочный клапан высокого давления и магнитный клапан впускного дросселя. Датчик ДСГ имеет три контакта. На сигнальном контакте датчик выдает напряжение в соответствии с давлением в сферическом гидроаккумуляторе, которое можно определить не только по списку текущих данных, но и с помощью вольтметра. Для быстрой проверки нужно при работающем двигателе снять штекер датчика ДСГ. Двигатель после этого должен работать более «жестко», так как блок управления переключается с режима регулировки на режим управления, и давление в сферическом гидроаккумуляторе увеличивается примерно до 350 бар. После присоединения штекера двигатель снова должен работать нормально. Если двигатель не реагирует на снятие штекера, значит датчик ДСГ неисправен. Перед заменой датчика ДСГ (включая сам гидроаккумулятор) следует убедиться, что к внешнему выводу датчика приложено напряжение питания в 5 В и сигнальный провод к блоку управления в норме.

При неправдоподобных показаниях датчика ДСГ нужно проверить управление обоих магнитных клапанов. Оба магнитных клапана с переменной скважностью импульсов в соответствии с желаемым давлением в сферическом гидроаккумуляторе подключаются блоком управления на массу (скважность – отношение периода следования импульсов к их длительности).

При включении зажигания напряжение на выводе «+» равно напряжению аккумуляторной батареи. Практическое правило: давление в сферическом гидроаккумуляторе при увеличении скважности импульсов должно увеличиваться. Каждому значению давления в сферическом гидроаккумуляторе соответствует определенная скважность импульсов. Если, например, на холостом ходу скважность импульсов магнитных клапанов значительно выше обычных значений, это указывает на негерметичность в системе высокого давления или на неисправный датчик ДСГ. При полном выходе из строя одного из двух магнитных клапанов двигатель не заводится. Сначала надо проверить на соответствующем штекере подключения каждого из клапанов, подается ли на них ток при включении зажигания (номинальное значение – напряжение аккумуляторной батареи). После этого при снятом штекере следует проверить катушки магнитных клапанов на подключение их на массу и прохождение тока (номинальное значение – регулировочный клапан высокого давления $-2,7 \pm 1$ Ом, клапан впускного дросселя $-2,5 \pm 1$ Ом).

При неисправности одного из клапанов необходимо заменить ТНВД в комплексе.



Рис. 2.125. Проверка шунтирующего сопротивления форсунки. Проверка емкости пьезоэлемента осуществляется аналогично

номинальное значение C св. 3 мФ). Шунтирующее сопротивление проверяется посредством измерения сопротивления (номинальное значение $200 \pm 50 \text{ кОм}$).

Детали системы управления впрыском. Количество впрыскиваемого топлива устанавливается блоком управления по величине давления в сферическом гидроаккумуляторе и длительности впрыска форсунок. Для расчета требуемого количества впрыскиваемого топлива и определения начала впрыска блоку управления нужна информация о частоте вращения двигателя, положении коленчатого и распределительного валов, количестве всасываемого воздуха, положении педали акселератора и температуре топлива, поступающего воздуха и двигателя.

Контроль датчика ВМТ. Датчик ВМТ установлен на коленчатом валу и в зависимости от марки автомобиля имеет различную конструкцию. У двигателя Peugeot рабочим объемом 2 л – это индуктивный датчик, который монтируется на картере сцепления и сканирует вращение сигнального колесика. Проверить датчик можно с помощью осциллооскопа или вольтметра при пуске двигателя (переменное напряжение минимум 1 В) или посредством омметра (номинальное значение $390 \pm 50 \text{ Ом}$).

Двигатель Ford рабочим объемом 1,4 л оснащен датчиком Холла, который установлен на шкиве ремня (рис. 2.126). Доступ к датчику ВМТ двигателя Ford можно получить только при поднятом автомобиле. Сигнальное колесико датчика состоит из 58 магнитов с попеременно противоположными полюсами. Датчик Холла имеет три контакта. К обоим внешним контактам приложено напряжение 5 В, к среднему – 12 В. При отсутствии сигнала нужно на снятом штекере проверить напряжение питания датчика, прохождение сигнала к блоку управления и контакт с массой. Сигнальное колесико датчика очень чувствительно к магнитным полям. Так, дотрагиваясь магнитной отверткой до колесика, можно вывести его из строя.

Аналогичным образом проверяют датчик распределительного вала, который в двигателях Ford и Peugeot одинаковый (рис. 2.127). Датчик положения педали акселератора у Peugeot состоит из двух датчиков Холла, кото-

рые в зависимости от положения педали посылают сигналы напряжения на блок управления. В двигателе Ford установлен двойной потенциометр, который выдает такие же сигналы напряжения. Проверка датчика осуществляется посредством так называемой проверки шумов. При полном выходе из строя датчика положения педали акселератора двигатель работает при 1200 мин⁻¹. Перед заменой датчика проверяют напряжение питания (5 В) и исправность сигнального провода к блоку управления и на массу.

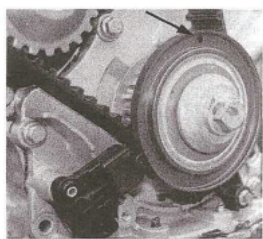


Рис. 2.126. Стрелка указывает на отверстие-метку для монтажа зубчатого ремня

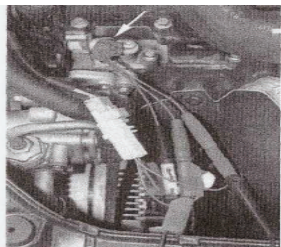


Рис. 2.127. Датчик расходомерного вала с подключенным контрольным адаптером

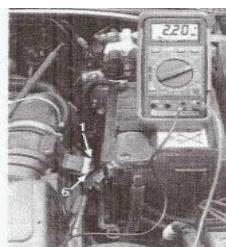


Рис. 2.128. Проверка расходомера воздуха с помощью мультиметра осуществляется на контактах 1 и 6

Контроль расходомера воздуха. Расходомер воздуха выполнен в виде датчика с термопленкой, который в зависимости от количества всасываемого воздуха выдает сигнальное напряжение между 0,5 и 4,8 В (рис. 2.128). Блок управления пересчитывает это значение в миллиграммах на ход и указывает его в текущих данных (табл. 2.33). Расходомеры воздуха редко полностью выходят из строя, чаще сигнальное напряжение искажается из-за износа или загрязнения термопленки. Загрязнение может вызывать масляный слой, который прижигается к термопленке и действует как изолятор. В результате показания расходомера воздуха ниже, чем действительный расход воздуха. Блок управления в этом случае для ограничения дымности уменьшает количество впрыскиваемого топлива, что снижает мощность двигателя. Данная неисправность не указывается в регистраторе неисправностей и может быть определена только проверкой текущих данных или посредством измерения сигнального напряжения. При неисправном расходомере воздуха данные отклоняются в меньшую сторону, особенно в верхнем диапазоне оборотов.

Таблица 2.33

Пример проверки расходомера воздуха для двигателя Peugeot объемом 2 л и мощностью 66 кВт

Обороты двигателя, мин ⁻¹	Расход воздуха, мг/ход	Напряжение сигнала, В
Зажигание включено	-	0,5-0,55
800	352	2,1-2,3
2000	382	2,8-3,2
3000	682	3,7-3,9
4000	711	4,0-4,3
Свободное ускорение	-	2,0-4,4

Условия измерения расхода воздуха: двигатель прогрет, турбокомпрессор исправный, рециркуляция ОГ отключена.

2.10.3. Поиск неисправностей в системе впуска воздуха, системе питания и рециркуляции отработавших газов

Поиск неисправностей в этих системах рассматривается на примере двигателя автомобиля Volkswagen Lupo FSI [37]. Моторный отсек этого автомобиля показан на рис. 2.129.

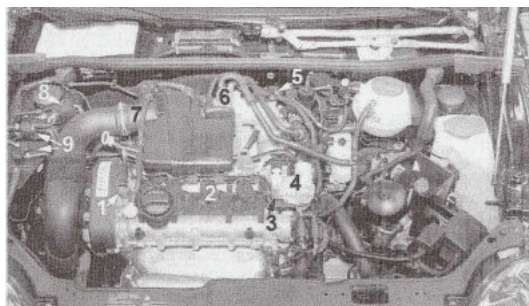


Рис. 2.129. Моторный отсек автомобиля Volkswagen Lupo FSI

На рис. 2.129 цифрами обозначены: 1 – магнитный клапан сервопривода распределительного вала; 2 – катушка зажигания; 3 – датчик положения коленчатого вала; 4 – насос высокого давления; 5 – клапан рециркуляции ОГ; 6 – сервопривод дроссельной заслонки; 7 – расходомер воздуха; 8 – клапан дозирования топлива; 9 – клапан вентиляции бака.

Проверка системы впуска. Расходомер воздуха работает как обычно по принципу измерения массового расхода воздуха по температуре горячего слоя. К контакту 2 приложено напряжение 12 В, через контакт 4 электроника обеспечивается напряжением 5 В. На контакте 5 измеряется сигнальное напряжение на массу (контакт 3), которое изменяется в соответствии с массовым расходом воздуха.

Дроссельная заслонка управляется с помощью синхронизированного электромагнита. Сопротивление исполнительного двигателя должно составлять $2 \pm 0,2$ Ом. Сдвоенный потенциометр с обратной характеристикой сообщает блоку управления результат. Потенциометры обеспечиваются напряжением 5 В. При выключенном двигателе и включенном зажигании

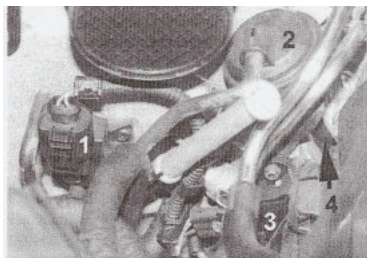


Рис. 2.130. Система управления заслонкой во впускном трубопроводе:

1 – магнитный клапан; 2 – вакуумная камера; 3 – потенциометр заслонки; 4 – система тяг и рычагов

дроссельная заслонка следует заданным сигналам датчика педали акселератора (рис. 2.130). Таким образом, нажимая на педаль акселератора, можно проверить функционирование дроссельной заслонки двигателя. Потенциометры датчика педали акселератора также обеспечиваются напряжением 5 В. При проверке шумов сигнальное напряжение потенциометра магнитного клапана 1 приблизительно в два раза

больше аналогичного показателя потенциометра 3.

Для проверки потенциометра заслонки 3 переключения режимов во впускном трубопроводе необходимо начать диагностику исполнительных элементов и проверить, двигается ли система тяг. Так как тестирование исполнительных элементов производится при выключенном двигателе, при благоприятном результате теста можно сразу быть уверенным, что вакуумный аккумулятор во впускном трубопроводе герметичен. Если система тяг не двигается, снять вакуумный шланг с аккумулятора. При этом должно быть слышно шипение как знак того, что в аккумуляторе было разрежение. При отсутствии разрежения негерметичен либо обратный клапан, либо вакуумный аккумулятор, либо магнитный клапан. Заслонка во впускном трубопроводе работает по принципу «включено-выключено» (двухпозиционный режим). На магнитный клапан подается напряжение 12 В. Сопротивление катушки магнитного клапана должно составлять 30 ± 2 Ом. Потенциометр проверяют во время тестирования исполнительных элементов с помощью осциллоскопа. В зависимости от положения заслонки сигнальное напряжение составляет 2,2 или 3,6 В.

Датчики давления во впускном трубопроводе и рециркуляция ОГ. Система впрыска двигателя FSI оснащена двумя датчиками давления во впускном трубопроводе. Первый датчик находится в трубопроводе, который ведет от усилителя тормозных сил к впускному трубопроводу. С его помощью блок управления контролирует, достаточное ли разрежение создано в усилителе тормозных сил. Второй датчик давления смонтирован непосредственно на впускном трубопроводе (рис. 2.31). Данные датчика блок управления использует для расчета количества отработавших газов (ОГ), направляемых на рециркуляцию. Оба датчика обеспечиваются напряжением 5 В и имеют идентичные характеристики.

При выключенном двигателе оба датчика не выдают одинаковые показатели напряжения, поскольку разрежение в усилителе тормозных сил поддерживается посредством обратного клапана. Давление возрастает до атмосферного лишь после частого нажатия на тормозную педаль. Дополнительно следует обратить внимание на то, что давление во впускном трубопроводе на холостом ходу при гомогенном режиме работы составляет приблизительно -0,7 бар, в режиме послойного смесеобразования -0,3 бар, поскольку дроссельная заслонка открыта больше.

Клапан рециркуляции ОГ (AGR) состоит из электродвигателя, который возбуждается от блока управления напряжением 12 В. Посредством смены направления тока клапан открывается или закрывается. Самое простое – пронаблюдать работу клапана при переходе от режима послойного смесеобразования к гомогенному режиму. Сопротивление электродвигателя должно составлять $4,7 \pm 0,2$ Ом. Как и у всех деталей системы выпуска ОГ, потенциометр информирует блок управления о движении клапана AGR. Напряжение питания потенциометра составляет 5 В.

Система питания. В контуре низкого давления исправный насос создает давление 3 бар, которое поддерживается регулятором давления топлива (рис. 2.131). При запуске прогретого двигателя клапан дозировки топлива

перекрывает впускное отверстие к регулятору давления. Теперь функцию регулировки давления берет на себя предохранительный (редукционный) клапан топливного насоса. Давление увеличивается до 5,8 бар. Для функциональной проверки контура низкого давления подключить манометр к впускному отверстию насоса высокого давления и в режиме тестирования исполнительных элементов возбудить клапан дозировки топлива (рис. 2.132). Теперь давление топлива должно колебаться между 3 и 5,8 бар. Если давление топлива отсутствует, проверить управление топливным насосом. Для этого снять предохранитель и заменить его приготовленным кабелем. С помощью этого кабеля можно измерить ток насоса, который при давлении 3 бар должен составлять приблизительно 6 А, а при 5,8 бар – 8 А. Если ток отсутствует, нужно проверить реле насоса и сам насос.

Клапан дозировки топлива при пуске прогретого двигателя непрерывно возбуждается напряжением 12 В. Сопротивление катушки составляет 17+1 Ом. Клапан вентиляции бака возбуждается блоком управления с вариативностью импульсов главным образом в гомогенном режиме. Сопротивление клапана должно составлять 25+2 Ом.

Контур высокого давления состоит из насоса, датчика, клапана регулировки давления и форсунок. Датчик в зависимости от давления топлива посылает сигнальное напряжение на блок управления. При отсутствии давления в системе сигнальное напряжение составляет приблизительно 0,6 В. На холостом ходу при давлении топлива около 50 бар напряжение должно составлять 1,9 В. При оборотах 4000 мин⁻¹ давление топлива увеличивается примерно до 100 бар.

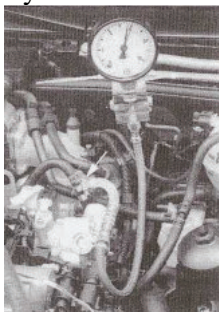


Рис. 2.132. Измерение низкого давления

двигателя давление должно медленно падать. При слишком быстром падении закрыть возвратный топливопровод клапана регулировки давления. Ес-

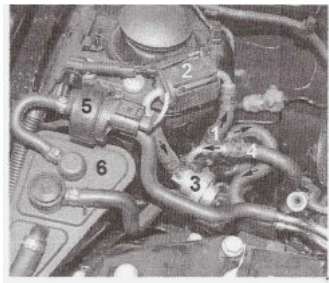


Рис. 2.131. Система регулирования контура низкого давления:

1 – подвод топлива к насосу высокого давления и к клапану дозировки топлива (2); 3 – регулятор давления топлива; 4 – отводной топливопровод от клапана регулировки давления; 5 – клапан вентиляции бака; 6 – бачок с активированным углем.

Выдаваемое датчиком давления сигнальное напряжение должно теперь составлять примерно 3,8 В. Напряжение питания датчика составляет 5 В. Показатели давления могут указываться также в списке данных, выдаваемых блоком управления диагностическому штекеру. При остановке двигателя давление в сферическом гидроаккумуляторе увеличивается почти до 100 бар, поскольку клапан регулировки давления больше не возбуждается. При выбеге двигателя (движение по инерции до остановки) насос высокого давления увеличивает давление до максимального. После остановки

ли давление больше не падает, значит клапан регулировки давления негерметичен и его необходимо заменить. При запуске двигателя спустя примерно 1 с давление в сферическом гидроаккумуляторе должно достигнуть 50 бар (напряжение 1,9 В). Если после соответствующего измерения давления с уверенностью установлено, что форсунки и клапан регулировки давления герметичны, необходимо заменить насос высокого давления.

Негерметичные форсунки можно определить по плохим показателям ОГ или по высоким корректирующим поправкам регулировки коэффициента избытка воздуха. Форсунки возбуждаются током от блока управления. В фазе пуска напряжение увеличивается до 100 В, сила тока до 18-16 А. Измерить потребляемый топливным насосом ток легче, если предохранитель электрического топливного насоса заменить на измерительный кабель. Ток измерительные клещи (рис. 2.133) или штекер для измерения напряжения проще всего подключить к промежуточному штекеру в моторном отсеке. Сопротивление катушки форсунки должно составлять 1,5-5 Ом.

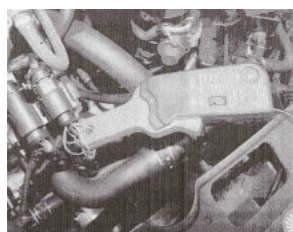


Рис. 2.133. Подключение токоизмерительных клещей к промежуточному штекеру в моторном отсеке для проверки форсунок

Проверка системы выпуска отработавших газов. Для проверки системы выпуска ОГ можно оценить сигналы датчиков и провести контроль ОГ на токсичность (табл. 2.34). Поскольку в двигателе с непосредственным впрыском для уменьшения выбросов NO_x применяется накопительный нейтрализатор, целесообразно использовать пятикомпонентный газоанализатор, с помощью которого можно замерить не только выбросы CO , CO_2 , HC и O_2 , но и NO_x . В гомогенном режиме работы с коэффициентом избытка воздуха $\lambda=1$ токсичность ОГ можно замерить как у двигателя с впрыском во впускной коллектор с регулируемым нейтрализатором. В режиме работы с послойным смесеобразованием показатели коэффициента избытка воздуха колеблются между 2,5 и 3. Выбросы NO_x в зависимости от загрузки накопительного нейтрализатора могут достигать до 300 p.p.m. (частей на миллион).

Таблица 2.34

Показатели токсичности ОГ автомобиля Volkswagen Lupo FSI

Режимы работы	Коэффициент избытка воздуха, λ	CO , %	CO_2 , %	O_2 , %	HC , p.p.m.	NO_x , p.p.m.
Холостой ход, гомогенный режим, система исправна	1,000	0,00	14,8	0,00	7	3
Холостой ход, режим послойного смесеобразования, система исправна	2,629	0,00	5,5	12,8	1	2

Режимы работы	Коэффициент избытка воздуха, λ	CO, %	CO ₂ , %	O ₂ , %	HC, р.р.м.	NO _x , р.р.м.
Обороты 2300 мин ⁻¹ , режим послойного смесеобразования, система исправна	2,822	0,00	5,1	13,2	5	24
Холостой ход, гомогенный режим, неисправность – обогащенная смесь	0,928	2,24	13,2	0,00	187	1
Обороты 1620 мин ⁻¹ , гомогенный режим, неисправность – неправильное количество воздуха	1,176	0,00	12,9	2,81	5	7
Холостой ход, гомогенный режим, пропуски искрообразования в первом цилиндре	0,962	0,61	13,9	0,00	462	6
Обороты 2250 мин ⁻¹ , гомогенный режим, пропуски искрообразования в первом цилиндре	0,943	1,18	13,9	0,00	572	0

Датчики системы выпуска ОГ. Датчик температуры ОГ – температурный датчик с характеристикой РТС (положительный температурный коэффициент сопротивления). Соответственно с увеличением температуры сигнальное напряжение увеличивается. При обычной температуре окружающего воздуха сопротивление должно составлять 200-250 Ом. При выходе из строя датчика температуры и температуре ОГ ниже 350 °С блок управления блокирует режим работы с послойным смесеобразованием.

Так как широкополосный датчик работает без скачков, колебание напряжения датчика можно наблюдать главным образом при смене режима работы. Сигнальное напряжение ниже 0,42 В (замеренное между контактами штекера датчика) означает богатую смесь, в режиме послойного смесеобразования на обедненной смеси напряжение составляет около 0,6 В.

Кислородный датчик хорошо подходит для проверки системы подготовки горючей смеси, поскольку он измеряет долю кислорода в неочищенных ОГ. Такие неисправности, как неправильное количество воздуха или пропуски искрообразования, хорошо различимы по изменению напряжения и показателям токсичности ОГ. Обогрев кислородного датчика можно проверить по списку данных, которые выдает блок управления диагностическому штекеру, или путем замера тока и напряжения. Датчик обеспечивается электротоком в тактовом режиме. Сопротивление обмотки для обогрева должно составлять 2,5-10 Ом.

Кислородный датчик можно проверить через систему самодиагностики, то же относится и к комбинированному широкополосному датчику NO_x. Для последнего эта форма проверки самая простая, так как дополнительный блок управления предварительно обрабатывает данные датчика и затрудняет измерение с помощью традиционных тестеров. При выходе из строя датчика NO_x режим работы с послойным смесеобразованием блокируется и сообщение о неисправности направляется в регистратор неисправностей. Водитель замечает повышенный расход топлива, поскольку более экономный

режим работы с послойным смесеобразованием заблокирован. Кислородный датчик оснащен обогревом, который можно проверить непосредственно при измерении тока. Ток для обогрева не имеет тактового режима и составляет приблизительно 1 А. При выходе из строя нагревательного элемента система самодиагностики часто указывает неисправность «Медленная реакция кислородного датчика».

Контрольные вопросы

1. Какие могут быть неисправности в аккумуляторной системе впрыска топлива Common Rail?
2. Приведите логическую последовательность распознавания неисправности топливной системы.
3. Как контролируют работоспособность расходомера воздуха?
4. Какие могут быть неисправности датчика расходомера воздуха?
5. Как контролируют датчик ВМТ?
6. Как устанавливается количество впрыскиваемого топлива?
7. Как можно проверить исправность системы выпуска ОГ?

2.11. Контроль и диагностирование общего электрооборудования двигателя и автомобиля

В этом разделе рассмотрены контроль технического состояния электрических систем управления двигателем, бортовых систем самоконтроля и систем зажигания. Здесь приводятся лишь общие методы и средства контроля состояния электрооборудования в системе автомобиля.

2.11.1. Диагностическая характеристика электрооборудования автомобиля с электромеханической системой управления

Система электроснабжения двигателя и автомобиля состоит из генератора и аккумуляторной батареи, включенных параллельно друг другу. Ее основными диагностическими параметрами являются: напряжение генератора под нагрузкой, натяжение ремня генератора и степень разряженности аккумулятора. Для определения этих параметров в условиях эксплуатации могут использоваться электроизмерительные приборы общего назначения (вольтметры, амперметры), однако больше применяются специальные приборы, особенно для двигателей с микропроцессорными системами управления.

На автомобилях, как правило, применяется однопроводная электрическая схема. Отрицательный вывод источников питания и части потребителей выводится на «массу» автомобиля, которая выполняет функцию второго провода. Для соединения проводов между собой, а также для подсоединения их к приборам системы электрооборудования провода снабжены штекерами, которые установлены в колодках и защищены от коррозии и механических повреждений резиновыми чехлами. При монтаже электропроводки на штекеры наносится защитный смазочный материал.

Основное количество неисправностей приходится на систему зажигания, аккумуляторную батарею и генератор с реле-регулятором: нарушение контактов вследствие обрыва электрических цепей, ослабление их креплений, окисление контактирующих поверхностей, перегорание предохранителей, замыкание цепей из-за повреждения изоляции, а также выход из строя отдельных элементов: лампочек осветительных приборов, датчиков контрольно-измерительных приборов, реле и т. п.

При техническом обслуживании грузовых автомобилей проверяют состояние и крепление генератора и стартера, а также подсоединенной к ним электропроводки. На автомобилях-самосвалах проверяют исправность сигнализации включения коробки отбора мощности. Периодически проверяют состояние и надежность крепления проводов, отсутствие их провисания, потерь, налипания комьев грязи или льда.

Визуально проверяют состояние и надежность крепления соединительных колодок включателя «массы», датчиков спидометра, тахометра, соединительных колодок передних и задних фонарей, датчика включения контрольной лампы блокировки межосевого дифференциала. Провода, подходящие к соединительным колодкам и выводам, не должны быть оборваны, соединительные колодки не должны иметь повреждений. Колодки к передним и задним фонарям должны быть надежно соединены и закрыты резиновыми чехлами. Корпус и выводы датчика (включения механизма блокировки мостов) не должны иметь повреждений. Выводы проводов к датчикам спидометра и тахометра должны быть закрыты резиновыми чехлами.

Контроль параметров электрооборудования проводится, как правило, без снятия с автомобиля отдельных агрегатов и приборов. Устранение неисправностей в большинстве случаев заключается в определении (с помощью индикаторов или тестеров) мест обрыва или замыканий электрических цепей и их восстановлении путем подтяжки ослабленных соединений, зачист-

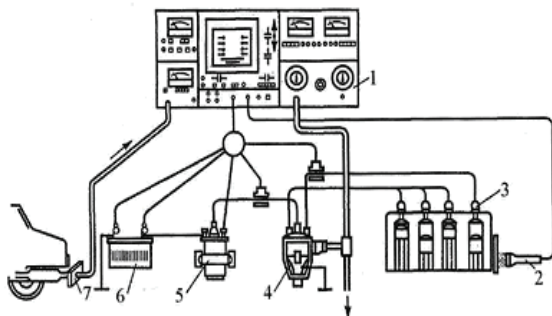


Рис. 2.134 Схема подключения мотор-тестера к системам автомобиля:

1 – мотор-тестер; 2 – стробоскопическая лампа; 3 – свечи зажигания; 4 – распределитель зажигания; 5 – катушка зажигания; 6 – аккумуляторная батарея; 7 – зонд измерения СО

ки, устранении обрывов или замыканий проводов и замены вышедших из строя элементов. Однако если на посту ТО нельзя убедиться в полной их исправности, необходимо снимать агрегаты и приборы для всестороннего контроля на специальных стендах (рис. 2.134).

Контроль системы электроснабжения осуществляется визуально, а также прямым и косвенным методами с использованием приборов и уст-

ройств общего назначения в виде контрольной лампы, дополнительного зуммера, вольтметра, амперметра, омметра или мультиметра. При этом используются типовые алгоритмы [2, 8, 26, 32, 39].

Основными причинами неисправного состояния магнитоэлектрических указателей являются обрывы цепей катушек в результате перегрева током при повышенном напряжении в бортовой сети либо короткого замыкания датчика или проводов подключения. Причинами неисправностей датчиков могут быть: нарушение режимов их эксплуатации (повышение температуры, давления); изношенность элементов, подверженных трению (ползунки, катушки реостата); окисление контактов; нарушение герметичности и разрушение диафрагмы; потеря свойств упругих элементов в результате пластичной деформации или температурной деструктуризации (термобиметаллические пластины).

Контрольно-измерительные приборы автомобиля проверяют в случае наличия признаков их неисправности и при техническом обслуживании. Техническое состояние датчиков температуры охлаждающей жидкости, давления масла, уровня топлива, амперметра панели приборов контролируют во время проведения каждого четвертого ТО-2. Для этого их снимают с автомобиля и испытывают на специальных приборах и стендах, например, типа Э-204 [9].

Перечислим признаки неисправностей и их возможные причины и способы обнаружения [11, 39].

1. Не функционируют все измерительные приборы: при включении зажигания стрелки приборов неподвижны, лампы сигнализаторов не горят. Причина – отсутствие питания на приборах системы.

Если цепи системы измерительных приборов запитываются через один предохранитель с системой сигнализации, следует проверить питание включением поворотов. Если указатели поворотов не включаются, поочередно проверяют напряжение на клеммах «Б» указателей панели приборов. Неисправность цепей локализуется шунтированием их отдельных участков с помощью перемычки. Наличие напряжения на указателях и отсутствие реакции их стрелок свидетельствует о неисправности указателей.

2. Неточные показания или резкие колебания стрелки указателя. Причины: ненадежный контакт в цепях (испытание), неисправные приборы (замена).

3. Отклонение стрелки указателя за пределы шкалы. На борту автомобиля в качестве штатных могут использоваться логометрические указатели магнитоэлектрического типа. Обрывы или замыкания в измерительной цепи этих приборов приводят к отклонению стрелки за пределы шкалы.

Отклонение стрелки указателя давления масла (рис. 2.135, а) за пределы нулевой отметки свидетельствует об обрыве реостата датчика R_d или плохом контакте его ползунка; или об обрыве цепи катушек w_2 и w_3 или же об обрыве цепи подключения датчика. Если стрелка отклонена за пределы максимальных значений шкалы, это обозначает обрыв цепи катушки w_1 или замыкание на массу провода подключения датчика.

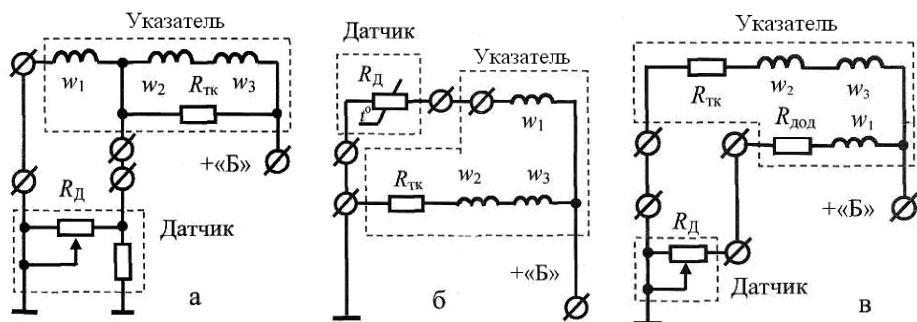


Рис. 2.135. Схемы измерительных систем с логометрическими указателями:

а – давления масла; б – температуры охлаждающей жидкости; в – уровня топлива в баке

Отклонение стрелки указателя температуры (рис. 2.135, б) за пределы нулевой отметки свидетельствует об обрыве цепи катушки w_1 или подключения датчика R_D . Если стрелка отклонена за пределы максимальных значений – вероятны обрывы в цепи катушек w_2 и w_3 или замыкание на массу провода подключения датчика.

Отклонение стрелки указателя уровня топлива (рис. 2.135, в) за пределы нулевой отметки свидетельствует об обрыве цепи катушек w_2 и w_3 или замыкание на массу провода подключения датчика. Отклонение стрелки за пределы максимальных значений – обрывы в цепи катушки w_1 или датчика R_D . (провода подключения спирали реостата).

Обрывы проводников подключения определяют шунтированием их перемычкой, а короткие замыкания – поочередным отключением проводников проверяемых цепей. Подтверждения неисправности указателей достигают подключением вместо датчика контрольной лампы мощностью 1-3 Вт.

4. Стрелка спидометра не отклоняется во время движения автомобиля, счетный узел не работает. В спидометрах магнитно-индукционного типа такой признак указывает на поломку или расстыковку гибкого троса привода спидометра (испытание) или заедание в механизме счетного узла. В спидометрах с электроприводом такие признаки проявляются из-за расстыковки разъема подключения датчика или обрыва его проводников.

5. Резкие колебания стрелки спидометра во время движения автомобиля. Причины: износ наконечников гибкого троса; защемление троса в местах крепления при его значительных перегибах; отсутствие смазки внутри оболочки привода. В спидометрах и тахометрах с электроприводом такой признак обозначает плохой контакт в цепях подключения. Если результаты осмотра и испытания не позволяют определить неисправность, необходимо заменить прибор.

За диагностические параметры при проверках работоспособности приборов системы контрольно-измерительных приборов на борту автомобиля принимаются положения стрелок указателей и реакция ламп сигнализаторов на панели приборов. Для установления диагноза и локализации неисправности используются самые простые диагностические средства. Ка-

либрование указателей и тарировка датчиков системы требуют применения специальных диагностических приборов – тестеров, осциллографов, мультиметров.

Неисправность указателей, как правило, проявляется в отсутствии изменений в показаниях измеряемых и контролируемых параметров. При отключении электропитания стрелки указателей должны возвращаться в исходное положение. Если хотя бы один из указателей не удовлетворяет этому требованию, то он неисправен.

При включении электропитания отсутствие показаний на одном из указателей свидетельствует о неисправности самого указательного прибора, датчика или об обрыве провода между ними. Для определения места неисправности отсоединяют провод от датчика и касаются этим проводом «массы» автомобиля. Стрелка исправного указателя должна отклоняться от отметки максимального значения параметра. В противном случае возможен или обрыв провода, или неисправность самого указательного прибора. Уточняют место обрыва с помощью вольтметра, подсоединяя его «плюсовым» концом к выводу указателя, а другим – к «массе» автомобиля. Если при включенном замке зажигания вольтметр не показывает напряжения, то неисправен указатель, в противном случае необходимо искать обрыв в проводке.

Правильность показаний контрольно-измерительных приборов автомобиля проверяют путем подсоединения к ним контрольных (эталонных) приборов и датчиков. При проверке падения напряжения надо включить дальний свет фар и измерить напряжение между зажимом включателя стартера, к которому присоединен провод от батареи, и зажимом минусового вывода генератора, а затем между зажимом дальнего света левой фары на соединительной колодке проводов и зажимом минусового вывода генератора. Для большинства автомобилей разность этих напряжений не должна превышать 0,6 В. В противном случае необходимо проверить чистоту и плотность соединений в цепи, отсутствие окислений в патронах и контактах переключателей.

Для проверки бортовых контрольно-измерительных приборов применяют переносной прибор Э-204, позволяющий без снятия с машины контролировать 12- и 24-вольтовые датчики, а также указатели температуры, давления и уровня топлива различных систем (электротепловые, электромагнитные и логометрические). Для проверки датчиков и аварийных сигнализаторов давления в приборе имеется воздушная система с поршневым насосом и контрольным манометром. Для проверки датчиков уровня топлива предназначен специальный угломер, фиксирующий угол наклона рычага с поплавком.

2.11.2. Неисправности системы электроснабжения

Выходными диагностическими параметрами, характеризующими состояние системы бортового электроснабжения, является регулируемый уровень напряжения U_{pn} и величина пульсаций ΔU_{pn} . Величину первого пара-

метра измеряют вольтметром, второго – осциллографом. Для автомобилей с электромеханической системой управления допустимые отклонения этих параметров от номинальных значений составляют $U_{pn} \pm 3\%$, $\Delta U_{pn} \leq 5\%$. Отклонения значений указанных параметров выше допустимых приводит к значительному снижению срока службы, нарушению режимов работы систем автомобиля. Неисправности, возникающие в системе, характеризуются перечнем признаков, которые соответствуют этим неисправностям [11, 39].

1. Не работают все потребители: не горят лампы освещения, не функционирует звуковой сигнал, стартер не включается, стрелка амперметра не отклоняется в сторону разряда при включении зажигания. Причины неисправности и способы их обнаружения:

- разряжена или неисправна АКБ. Проверку работоспособности выполняют с помощью самых простых приборов (пробник, вольтметр);
- нарушение цепи питания из-за окисления или слабого крепления выводов АКБ, амперметра, тягового реле стартера, выключателя массы или их неисправности. Поиск места обрыва выполняют последовательным измерением напряжения в цепи в соответствии со схемой системы бортового электроснабжения или переключением отдельных ее участков.

2. Все потребители работают с недостаточной мощностью при неработающем двигателе (стартер вращает медленно, лампы горят тускло, сигнал звучит слабо). Причины неисправности и способы их обнаружения:

- сильно разряжена АКБ. Состояние АКБ определяют по снижению на ней напряжения ниже, чем 8 В при включении стартера;
- увеличилось переходное сопротивление контактов или выводов цепи питания. Место нарушения контактов определяют шунтированием выводов с помощью перемычки или по падению напряжения на отдельных участках цепи питания. Падение напряжения на каждом механическом соединении проводников не должно превышать 0,1 В и составлять не более чем 4% от номинального напряжения в целом на всех проводах последовательного подключения участков цепи питания.

3. АКБ не заряжается при работе двигателя, на любой частоте вращения амперметр показывает разрядный ток. Причины неисправности и способы их обнаружения:

- обрыв или слабое натяжение ремня привода генератора. Определяется внешним осмотром и измерением прогиба ремня под нагрузкой в соответствии с нормативным значением;
- обрыв цепи «генератор-АКБ». Место обрыва определяют с помощью вольтметра или пробника при неработающем двигателе путем проверки напряжения АКБ на участках проверяемой цепи;
- обрыв цепи возбуждения генератора. Пробник или вольтметр подключают к выводу «Ш» генератора и включают зажигание. Если напряжение на обмотке возбуждения отсутствует – цепь ее подключения оборвана;
- неисправный регулятор напряжения (РН) или генератор. Для локализации неисправности отключают РН от генератора, запускают двигатель, кратковременно замыкают клеммы «Я» и «Ш» генератора между собой. Ес-

ли амперметр на панели приборов показывает зарядный ток – неисправен регулятор. Если наоборот – неисправен генератор.

4. АКБ недозаряжается, амперметр показывает малый ток зарядки на любой частоте вращения, включение фар вызывает резкое снижение зарядного тока, наблюдается резкое колебание стрелки амперметра. Причины неисправности и способы их обнаружения:

- пробуксовка ремня генератора. Проверяют визуально, увеличивают натяжение, обезжиривают шкив, заменяют ремень;

- не отрегулирован РН. Измеряют значение напряжения бортовой сети на средних оборотах при включенных фарах и сравнивают показания вольтметра с регламентированными значениями;

- замасливание контактных колец или неплотное прилегание щеток в генераторе. Диагноз подтверждается внешним осмотром при частичной разборке генератора;

- нарушение контакта в цепи зарядки АКБ при вибрациях двигателя. Поиск места нарушения осуществляется визуально.

5. АКБ чрезмерно заряжается: при длительной работе двигателя и разной нагрузке бортовой сети амперметр постоянно показывает зарядный ток, стрелка амперметра не устанавливается в нулевое положение, увеличение оборотов двигателя приводит к повышению тока зарядки, наблюдается сильное газообразование в электролите АКБ, заметное снижение уровня электролита, слишком яркое свечение фар. Причины неисправности и способы их обнаружения:

- не отрегулирован или неисправен регулятор напряжения. Проверяется заменой;

- замкнутые между собой выводы «Я» и «Ш» генератора. Для локализации неисправности уровень напряжения бортовой сети измеряют при работающем двигателе. Если измеряемое напряжение выше нормы и постоянное в широком диапазоне изменения частоты вращения, - неотрегулирован РН. Если напряжение борта возрастает пропорционально росту оборотов, - необходимо отключить РН от генератора (разомкнуть вывод «Ш»). Резкое снижение напряжения при этом указывает на неисправность РН. Если такая реакция отсутствует, это свидетельствует о замыкании клемм «Я» и «Ш» генератора;

- окисление контактов замка зажигания. Для подтверждения этого диагноза измеряют падение напряжения на замке зажигания. Оно не должно превышать 0,1 В при отключенных потребителях, не обеспечивающих работу двигателя.

2.11.3. Контроль цепи питания, пуска и зажигания

Цепь зарядки АКБ проверяют путем подключения одного вывода контрольной лампы к выводу «+» генератора, а другого – к «массе». Под контрольной лампой понимают самостоятельно изготовленное устройство – патрон с лампой, в котором «минусовый» вывод выполнен в виде зажима типа «крокодил», а другой, «плюсовый», - в виде щупа. Лампу мощностью 15-

25 Вт можно менять в зависимости от напряжения бортовой сети. Если контрольная лампа загорается, то можно констатировать, что цепь зарядки АКБ исправна.

Цепь возбуждения проверяют, подключив «плюсовый» вывод контрольной лампы к выводу «+» или «В» регулятора напряжения, а затем к выводу «Ш» генератора. «Минусовый» вывод контрольной лампы присоединяют к «массе». Выключатель зажигания включен. Контрольная лампа должна гореть. Если исправность цепи возбуждения таким образом не подтверждается, то при работающем на средних частотах вращения коленчатого вала двигателе соединяют дополнительным проводником выводы «+» или «В» регулятора с выводом «Ш» генератора. При появлении зарядного тока неисправен регулятор напряжения, в противном случае – генератор.

При отсутствии обрыва в цепи возбуждения проверяют исправность генератора на средней частоте вращения коленчатого вала двигателя. Для этого дополнительным проводником соединяют вывод «Ш» регулятора напряжения с «массой». Если зарядный ток появляется, значит неисправен регулятор, а если отсутствует – неисправен генератор.

Если при полностью заряженной АКБ амперметр показывает зарядный ток 8-10 А в течение длительного времени, а вольтметр – повышенное напряжение, то это свидетельствует о неисправности в цепи от вывода «+» генератора до вывода «+» или «В» регулятора напряжения. Причина этого – большие переходные сопротивления на контактах в этой цепи, когда регулятор напряжения выносной конструкции.

При колебаниях стрелки амперметра или вольтметра необходимо проверить надежность крепления проводов в местах подсоединения в схеме электроснабжения или усилия прижима щеток к контактным кольцам. Колебаться стрелки приборов могут и в случае многократного срабатывания термобиметаллических предохранителей вследствие коротких замыканий в цепях. У амперметра колебания стрелки выходят за пределы шкалы прибора.

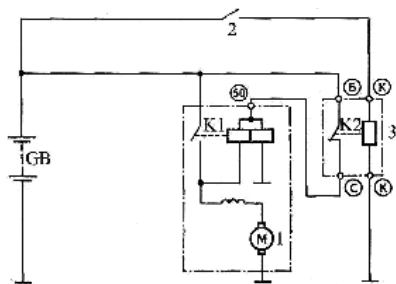


Рис. 2.136. Принципиальная схема управления стартером:

1 – стартер; 2 – выключатель зажигания; 3 – дополнительное реле; K1 – контакты тягового реле стартера; М – якорь стартера; Б, С, К, 50 – клеммы стартера и реле; GB – аккумуляторная батарея

Поиск неисправностей в электропусковой системе осуществляют поэтапно, разделив систему на отдельные элементы: аккумуляторная батарея; силовая цепь, включающая соединительные провода от «+» АКБ до «+» стартера и от «-» АКБ до корпуса автомобиля; стартер, цепи управления и коммутирующие изделия – реле блокировки стартера, дополнительное реле, выключатель зажигания, выключатель «массы» (рис. 2.136) [32].

Если при попытке запуска двигателя нет характерного щелчка,

сопровождающего включение тягового реле стартера, то поиск неисправности проводят по далее описанному алгоритму.

Соединяют дополнительным проводником выводы «Б» и «С» дополнительного реле. Если стартер включился, то с вывода «С» конец дополнительного провода переносят на вывод «К». Если стартер не включился, то неисправно дополнительное реле.

Если при соединении выводов «Б» и «С» стартер не включился, то измеряют вольтметром напряжение на выводе «Б». Если это напряжение больше напряжения включения реле стартера, то соединяют выводы «Б» и «50». Включение стартера означает наличие обрыва между выводами «С» и «50». В противном случае неисправен стартер. Если на выводе «Б» напряжение меньше напряжения включения реле стартера, то последовательно проверяют напряжение на всех участках цепи от вывода «Б» до «+» АКБ. При отсутствии напряжения на выводе «Б» ищут обрыв цепи между выводом «Б» и «+» АКБ. Эту процедуру начинают с проверки АКБ и если она исправна, то измеряют падение напряжения на стартере. Если падение напряжения более 3 В для 12-вольтового исполнения и более 6 В для 24-вольтового, значит стартер неисправен.

Если при включении стартера тяговое реле циклически включается и выключается, то это происходит из-за сильной разряженности АКБ, разрегулирования дополнительного реле или обрыва удерживающей обмотки реле стартера.

Если при включении стартера слышен металлический скрежет или колесчатый вал не вращается, то неисправна муфта свободного хода.

Поиск неисправностей системы зажигания при отсутствии всплеска рабочей смеси в цилиндрах двигателя при нормальной работе топливной системы и стартера производят в следующем порядке.

Высоковольтный провод вынимают из наконечника свечи и вставляют его в диагностический разрядник с зазором между электродами разрядника от 5 до 7 мм для электронных систем зажигания, а у классической системы зажигания – до 7 мм от высоковольтного провода до «массы» двигателя.

Если при прокручивании двигателя стартером в воздушном промежутке проскакивает искра синего цвета, то высокое напряжение соответствует норме и необходимо проверить состояние свечей зажигания.

Красноватый цвет искры свидетельствует о недостаточном вторичном напряжении у классической системы зажигания. У электронных систем зажигания такая ситуация отсутствует – при внутренних пробоях в катушке зажигания искра на выходе системы не возникает.

Если искры нет или она красноватого цвета, то проверяют состояние высоковольтных деталей распределителя, крышки катушки зажигания, высоковольтных проводов, помехоподавляющих резисторов, а также проверяют работоспособность транзисторного коммутатора.

При потере приемистости, возникновении перегрева или увеличении расхода топлива проверяют исправность центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания и установочный угол опережения зажигания.

Для проверки цепей системы зажигания целесообразно использовать мультиметр, а контрольную лампу применять не следует. Она может применяться только для проверки контактных соединений. Датчик-распределитель и транзисторный коммутатор диагностировать контрольной лампой недопустимо, так как могут выйти из строя микросхемы датчика Холла и коммутатора. В зарубежных сервисных центрах для этих целей применяют специальные тестеры или «коммутатор», представляющий собой устройство с универсальными разъемами для подключения транзисторных коммутаторов и электронных блоков управления и выводами для подключения измерительных приборов, то есть это – универсальный соединитель.

К специализированному оборудованию раннего выпуска относятся аккумуляторные пробники Э-107, Э-108 и Э-412, приборы Э-203, Э-214 и Э-236, стенд СПЗ-16 и др. К универсальному оборудованию можно отнести: контрольно-испытательные стенды Э-240 и 532-2М; мотор-тестеры различных модификаций, сканеры и мультиметры отечественного и зарубежного производства [9].

2.11.4. Визуальный контроль системы зажигания двигателя

На существующих разных моделях автомобилей применяются классические (батарейные), контактно-транзисторные и бесконтактно-транзисторные системы зажигания. По статистике на зажигание приходится более 40% всех отказов по двигателю и его системам. Неисправности системы зажигания в 80% случаев являются причиной повышения расхода топлива (в среднем на 6-8%) и снижения мощности двигателя.

Качественная оценка технического состояния системы зажигания двигателя может быть получена по функциональным параметрам: отсутствие искрового разряда или наличие признаков неудовлетворительной работы двигателя (см. подраздел 2.5.4). Характерными признаками отдельных видов неисправностей двигателя являются описанные в [11, 32, 39].

1. Двигатель не запускается. Причины неисправности и способы их обнаружения:

- обрыв цепи «АКБ-стартер-амперметр-замок зажигания» подтверждается включением фар. Локализация места обрыва цепи выполняется с помощью пробника или вольтметра последовательным шунтированием участков цепи перемычкой. На неисправность замка зажигания указывает отсутствие реакции стрелок указателей на панели приборов при включении питания;

- неисправны свечи зажигания, что проверяется последовательным отключением высоковольтных проводов от свечей, затем провод подводят с зазором 7 мм к корпусу двигателя, отключают всех потребителей и при включенном зажигании принудительно прокручивают коленчатый вал. Наличие искры на соответствующих проводах свидетельствует о неисправности свечи. Отсутствие искры на всех раздающих проводах требует дальнейшей локализации неисправности. Следует знать, что такой способ про-

верки свечей небезопасен на двигателях с электронными системами зажигания, так как может привести к потере работоспособности и последующему дорогому ремонту электронных блоков;

- неисправен распределитель зажигания. Отсоединяют центральный высоковольтный провод от крышки распределителя и подводят к корпусу двигателя. Диагноз подтверждается, если в результате испытания приведенным способом искра появляется. Отсутствие искры свидетельствует о неисправности центрального высоковольтного провода катушки зажигания или ее первичной цепи;

- обрыв или пробой центрального высоковольтного провода подтверждается заменой провода. Могут наблюдаться искровые пробои провода на корпус двигателя;

- обрыв первичной цепи. При прокручивании коленчатого вала в пределах цикла коммутации контактов прерывателя стрелка амперметра неподвижна и находится на нуле. Причиной отсутствия тока в первичной цепи могут быть: неисправность прерывателя (заедание валика на оси и поломка прижимной пружины, обгорание или замасливание контактов); нарушение соединений элементов цепи; обрыв первичной обмотки катушки зажигания; механическое расстыкование ротора прерывателя-распределителя с коленчатым валом. Перечисленные неисправности определяются внешним осмотром при частичной разборке прерывателя-распределителя. Обрывы внешней цепи и первичной обмотки катушки зажигания локализуются переклещиванием отдельных участков цепи по реакции амперметра;

- шунтирование контактов прерывателя или их неподвижное замкнутое состояние. При включении зажигания стрелка амперметра отклоняется на разряд и остается неподвижной при прокручивании коленчатого вала. Этим признакам отвечают такие неисправности: механическое расстыкование ротора распределителя с коленчатым валом; замыкание обкладок конденсатора первичной цепи; пробой исполнительного транзистора в коммутаторе тока. Первая причина подтверждается или опровергается во время внешнего осмотра прерывателя со снятой крышкой распределителя. Для подтверждения второй причины отключают конденсатор, производят испытание (проворачивание). Если стрелка амперметра при этом реагирует на обороты коленчатого вала, неисправный конденсатор (искра высоковольтного разряда с отключенным конденсатором будет слабой или не возникать совсем);

- неисправна катушка зажигания (обрыв, замыкание или пробой на корпус вторичной обмотки, замыкание витков первичной обмотки). Наблюдаются колебания стрелки амперметра при прокручивании коленчатого вала, искра отсутствует. Такие же признаки возникают при обрыве обкладок конденсатора. Неисправность локализуется заменой элементов.

2. Усложнен пуск двигателя: нерегулярные вспышки рабочей смеси в отдельных цилиндрах. После пуска и прогрева двигатель работает нормально. Причины неисправности и способы их обнаружения:

- разряжена АКБ; это подтверждается снижением напряжения в режиме пуска. Для облегчения пуска следует переключить дополнительное сопротивление первичной цепи катушки зажигания (клеммы «ВК» и «ВК-Б»);

- образование нагара на нижней части или влага на верхней части свечей зажигания, влага на роторе или крышке распределителя. Устанавливается визуально при частичной разборке распределителя и выворачивании свечей.

3. Неустойчивая работа двигателя на разных оборотах. Причиной появления данного признака может быть износ движущихся деталей системы или ненадежный контакт высоковольтных проводов при вибрациях двигателя. Неисправность локализуется внешним осмотром и испытанием.

4. При плавном открытии дроссельной заслонки происходит неравномерное увеличение частоты оборотов двигателя. Причины неисправности и способы их обнаружения:

- динамический обрыв или пробой проводников. Неисправность локализуется внешним осмотром и заменой проводов;

- окисление или загрязнение контактов прерывателя, подтверждается внешним осмотром в нерабочем состоянии двигателя со снятой крышкой распределителя;

- нарушение оптимального зазора между контактами прерывателя или свечей зажигания, подтверждается путем измерения зазоров с помощью калиброванных щупов.

5. Значительные колебания двигателя на опорах при оборотах холостого хода. Причины неисправности и способы их обнаружения:

- уменьшение емкости конденсатора или замыкание между витками первичной обмотки катушки зажигания. Локализация неисправности осуществляется заменой элементов;

- трещины в крышке распределителя. Произвести внешний осмотр состояния крышки. При работающем двигателе могут наблюдаться электрические разряды в местах повреждений;

- потеря упругости пружины прерывателя. Проводится внешний осмотр состояния пружины и ее испытание. В случае необходимости измеряют давление пружины с помощью динамометра на момент размыкания контактов (при неработающем двигателе), сравнивая его с нормированными значениями.

6. Двигатель запускается, но после выключения стартера глохнет. Такой признак вызван обрывом или перегоранием дополнительного резистора катушки зажигания. Контроль осуществляют переключением выводов «ВК» и «ВК-Б» на катушке зажигания или дополнительном резисторе. Если при этом двигатель после выключения стартера не глохнет, диагноз подтверждается. Если глохнет, возможна потеря контакта в сети питания системы (замок зажигания, вывод «ВК-Б» катушки зажигания или дополнительного резистора) при увеличении напряжения борта на момент выключения стартера. Проверяется шунтированием участков цепи перемычкой.

7. Наблюдается повышенный расход топлива и снижение мощности двигателя. Такой признак возникает при отсутствии искры в одном или

нескольких цилиндрах или при фазовых нарушениях процесса зажигания смеси в цилиндрах. Для локализации неисправности целесообразно обратить внимание на дополнительные признаки:

- заметны колебания двигателя на опорах. Причины: неисправны отдельные свечи, резисторы, подавляющие радиочастотные помехи, высоковольтные провода, пробой крышки распределителя. Неисправность обнаруживают описанными ранее способами (осмотр, замена);

- во время движения автомобиля двигатель не обеспечивает достаточную мощность и приемистость. Причина – нарушение оптимального зазора между контактами прерывателя. Контроль осуществляют проверкой зазора с помощью щупов. Перечисленным признакам отвечают общие причины: неправильная установка угла зажигания или неисправность элементов опережения зажигания. Для подтверждения диагноза и локализации неисправности в этом случае применяют автомобильные стробоскопы.

Двигатель перегревается, работает с детонациями, наблюдается слабая искра высокого напряжения. Причины – неисправный или оборванный конденсатор первичной цепи, неисправны некоторые свечи, обгорание или износ контактов прерывателя.

8. Двигатель работает с перебоями. Признак может быть вызван целым комплексом неисправностей, рассмотренных ранее: динамическое нарушение контакта в цепях системы зажигания, ненадежное крепление ротора распределителя к двигателю, обрыв проводника между движущимся и неподвижными дисками механизма прерывателя, утрата упругости пружины, окисление или загрязнение контактов прерывателя, неплотное крепление к корпусу или потеря емкости конденсатора первичной цепи, частичный обмоток катушки зажигания, трещины и пробои крышки распределителя, нарушение оптимального зазора между контактами прерывателя или свечей, трещины или значительный нагар на свечах. Локализацию неисправности по данным признакам осуществляют ранее описанными способами.

9. Неожиданная остановка двигателя, перед остановкой происходит неравномерная работа двигателя. Этот признак соответствует неисправностям, связанным с обрывом первичной цепи системы, шунтированием контактов прерывателя, нарушениями (обрыв, пробой) во вторичной цепи системы, обгоранием или загрязнением контактов прерывателя. Локализацию неисправности осуществляют ранее описанными способами.

Неисправности катушки зажигания распознаются по описанным далее признакам.

1. Отсутствие искрового разряда позволяет сделать вывод о разрыве в первичной обмотке, в соединительных проводах или в задающем каскаде зажигания, либо о внутреннем коротком замыкании высоковольтной цепи на «массу».

Не генерируется высокое напряжение.

2. Нагрев катушки зажигания при неработающем двигателе указывает на наличие короткого замыкания в задающем каскаде зажигания или на «массу» между клеммой и задающим каскадом зажигания.

При этом возможна опасность возгорания проводов и выхода из строя катушки зажигания.

3. Сильный нагрев катушки зажигания при работе двигателя указывает на короткое замыкание между несколькими витками одной из обмоток или неправильное их подключение.

При этом возможна опасность возгорания проводов и выхода из строя катушки зажигания.

4. Перебои в зажигании или неравномерная работа двигателя при определенных диапазонах нагрузки/частоты вращения коленчатого вала могут быть причиной понижения высокого напряжения. При этом катушка зажигания не обеспечивает установленных характеристик зажигания.

Поврежденная изоляция высоковольтных элементов или износ электродов свечей зажигания могут также привести к описанным последствиям.

Катушка зажигания является составной частью системы зажигания, в которой все элементы по своим электрическим характеристикам адаптированы друг к другу. Поэтому при замене катушки зажигания очень важно обеспечить совместимость электрических характеристик катушки и остальных элементов системы зажигания.

Применение катушки зажигания с несоответствующими характеристиками может привести к следующим неисправностям или повреждениям системы:

- выход из строя задающих каскадов зажигания в блоке управления двигателем из-за токов слишком большой силы;
- разрушение катушки зажигания токами слишком большой силы;
- преждевременный износ электродов свечей зажигания;
- сбои в работе двигателя и перебои в зажигании;
- повреждение или выход из строя каталитического нейтрализатора;
- повреждение двигателя, например, из-за отсутствующего диода EFU.

При проверке катушки зажигания на двигателе автомобиля надо снять крышку с распределителя зажигания и, проворачивая коленчатый вал двигателя, установить контакты прерывателя в замкнутое состояние. Включить зажигание. Высоковольтный провод, идущий от катушки зажигания, нужно подвести к «массе» двигателя на расстояние 5-7 мм и периодически размыкать контакты прерывателя рукой.

При исправной катушке зажигания (заряженной аккумуляторной батарее и исправном конденсаторе) каждое размыкание контактов должно сопровождаться бесперебойной искрой.

Проверка катушки зажигания на стенде. Проверку максимальной частоты вращения валика распределителя, при которой катушка зажигания обеспечивает бесперебойное искрообразование, производят на стенде для проверки приборов системы зажигания, оборудованном трехэлектродными игольчатыми разрядниками с искровым промежутком 7 мм.

Оценка состояния свечи зажигания по ее внешнему виду позволяет оценить условия работы ее самой и двигателя. Внешний вид электродов и изоляторов свечи зажигания информирует о режиме работы свечи, о составе рабочей смеси и процессе сгорания в двигателе.

По внешнему виду можно определить состояние свечей зажигания, приведенное на рис. 2.137.

По поводу вида свечей следует добавить, что отклонения процессов сгорания по разным причинам вызывают неисправности свечи, которые в свою очередь становятся причиной последующего ухудшения работы двигателя (проявление признаков неисправности). В таком случае определить, что является причиной, а что следствием не всегда удается. Так, утечки под высоким напряжением или пробой по корпусу свечи (рис. 2.137, г, ж) происходят из-за загрязнения поверхности свечи или головки блока цилиндров и приводят к уменьшению энергии искрового разряда (качества поджога смеси) и, как следствие, образование нагара (рис. 2.137, а), который в дальнейшем возрастает (рис. 2.137, б) и вызывает калильное зажигание (рис. 2.137, в) или детонацию (рис. 2.137, д). Серый цвет незначительного покрытия электродов (рис. 2.137, е) указывает на наличие присадок или примеси соединений железа.

Основными внешними признаками неисправностей и повреждений свечей являются:

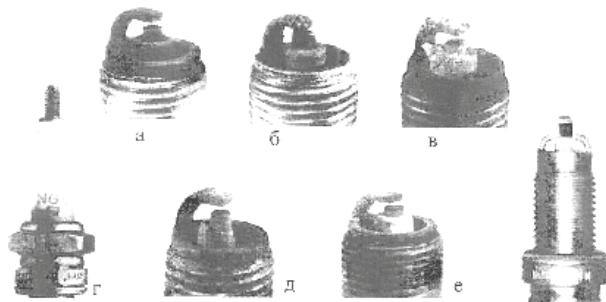


Рис. 2.137. Внешние признаки неисправных свечей зажигания:

а – отложения нагара; б – изменение цвета теплового конуса; в – рыхлые отложения; г – следствие утечек под высоким напряжением; д – поломка (растрескивание) изолятора; е – светлое покрытие электродов; ж – следствия пробоя на корпус

Нет осаждения от действия свинец содержащих топливных присадок или присадок к моторному маслу. Отсутствует перегрев.

2. Закопченная свеча. Тепловой конус изолятора, электроды и корпус свечи зажигания покрыты рыхлой, матово-черной копотью. Причина: неправильный состав рабочей смеси (карбюратор, система впрыска) – смесь слишком богатая, воздушный фильтр сильно загрязнен, воздушная заслонка с автоматическим управлением или трос воздушной заслонки повреждены, автомобиль работает преимущественно на коротких дистанциях пробега, свеча зажигания слишком холодная и ее калильное число слишком низкое.

Последствие: перебои в зажигании, плохой пуск холодного двигателя.

Требуется регулировка состава смеси до оптимального уровня, проверка воздушного фильтра.

1. Нормальное состояние. Основание изолятора от серо-белого/серо-желтого цвета до рыжеватого. Двигатель в хорошем состоянии. Калильное число выбрано правильно. Состав рабочей смеси и установка момента зажигания оптимальны, нет перебоев в зажигании, устройство для обогащения смеси при пуске холодного двигателя функционирует нормально.

3. Замасленное состояние. Тепловой конус изолятора, электроды и корпус свечи зажигания замаслены или покрыты блестящим маслянистым нагаром.

Причина: попадание большого количества масла в камеру сгорания. Уровень масла в поддоне двигателя слишком высокий, сильно изношены поршневые кольца, цилиндры и направляющие клапанов. В двухтактных двигателях слишком много масла в рабочей смеси.

Последствия: перебои в зажигании, плохой пуск холодного двигателя.

Требуется ремонт двигателя, оптимизация состава рабочей смеси, установка новых свечей зажигания.

4. Отложение свинца. Тепловой конус изолятора местами покрыт желто-коричневой глазурью, которая может быть также зеленоватого цвета.

Причина: наличие свинец содержащих присадок в топливе. Глазурь образуется в условиях, когда двигатель работает при больших нагрузках после продолжительной частичной нагрузки.

Последствие: при повышенной нагрузке налет становится электропроводящим и вызывает перебои в зажигании.

Требуется установка новых свечей зажигания, так как очистка электродов невозможна.

5. Большие отложения свинца. На тепловом конусе изолятора местами имеется толстый слой желто-коричневой глазури, которая может переходить в зеленоватый оттенок.

Причина: наличие свинец содержащих присадок в топливе – глазурь образуется в условиях, когда двигатель начинает работать при больших нагрузках после продолжительной частичной нагрузки.

Последствие: при повышенной нагрузке налет становится электропроводящим и вызывает перебои в зажигании.

Требуется установка новых свечей зажигания, так как очистка электродов невозможна.

6. Образование сажи. Образование большого слоя сажи на тепловом конусе изолятора происходит из-за наличия присадок в смазочном масле и топливе, в кольцевом зазоре термического расширения и на «массовом» электроде. Структура – от рыхлой до шлакообразной.

Причина: частицы присадок, имеющихся в топливе и особенно в масле, могут образовывать частицы сажи в камере сгорания и на электродах свечи.

Последствия: это приводит к калильному зажиганию с потерей мощности и выходом из строя двигателя.

Требуется ремонт двигателя, замена свечей зажигания на новые, использование других сортов масла.

7. Расплавление центрального электрода. Центральный электрод расплавлен, тепловой конус изолятора пористый, губчатый и размягченный.

Причина: тепловая перегрузка в результате калильного зажигания. Например, из-за установки слишком раннего зажигания, осадка от сгорания в камере сгорания, дефектных клапанов, неисправного распределителя за-

жигания и недостаточного качества топлива. Возможно слишком низкое калильное число.

Последствия: перебои в зажигании, потеря мощности (выход из строя двигателя).

Требуется проверка двигателя, систем зажигания, впрыска и выпуска, установка новых свечей зажигания с правильным калильным числом.

8. Оплавление центрального электрода. Центральный электрод оплавлен, одновременно очень сильно поврежден массовый электрод.

Причина: тепловая перегрузка в результате калильного зажигания, например, из-за установки слишком раннего момента зажигания, нагарообразования в камере сгорания, дефектных клапанов и распределителя зажигания, использования низкокачественного топлива.

Последствия: перебои в зажигании, потеря мощности, возможен выход из строя двигателя, системы зажигания, впрыска и выпуска. Тепловой конус изолятора может быть поврежден из-за перегрева центрального электрода.

Требуется проверка двигателя, установка новых свечей зажигания.

9. Расплавленные электроды. Электроды по внешнему виду напоминают цветную капусту. Возможен осадок чужеродных для свечи зажигания материалов.

Причина: тепловая перегрузка в результате калильного зажигания, например, из-за установки слишком раннего момента зажигания, нагарообразования в камере сгорания, дефектных клапанов и распределителя зажигания, использования некачественного топлива.

Последствия: от снижения мощности до полного выхода из строя двигателя.

Требуется проверка двигателя, систем зажигания, впрыска и выпуска, установка новых свечей зажигания.

10. Большой износ центрального электрода. Причина: не соблюдаются сроки замены свечей зажигания.

Последствия: перебои в зажигании, особенно при ускорениях (напряжение зажигания в условиях увеличенного зазора между электродами уже недостаточно), ухудшение пусковых характеристик двигателя.

Требуется замена свечей зажигания на новые.

11. Сильный эрозионный износ «массового» электрода. Причина: наличие химически агрессивных присадок в топливе и масле, неблагоприятное воздействие на перемещение рабочей смеси в камере сгорания за счет отложений и других факторов, детонация двигателя. Тепловая перегрузка отсутствует.

Последствия: перебои в зажигании, особенно при ускорениях (напряжение зажигания в условиях увеличенного зазора между электродами уже недостаточно), ухудшение пусковых характеристик двигателя.

Требуется установка новых свечей зажигания.

12. Растрескивание теплового конуса изолятора. Причина: механическое повреждение (например, удар, падение или нажатие на центральный электрод при некомпетентном обращении). В крайних случаях тепловой конус изолятора может быть расщеплен из-за отложений между центральным

электродом и тепловым конусом или за счет коррозии центрального электрода (особенно когда не соблюдаются установленные сроки замены свечей).

Последствия: перебои в зажигании. Искровой разряд образуется в тех местах, которые недостаточно доступны для рабочей смеси.

Требуется установка новых свечей зажигания.

В связи с этим оценка этого внешнего вида свечей зажигания является существенным элементом диагностики двигателя. Но правильность этой оценки связана с некоторыми важными предпосылками. Для проведения оценки автомобиль должен иметь определенный пробег – порядка 10 км. При этом двигатель должен работать на режиме изменяющейся частоты вращения коленчатого вала при средней мощности. Следует избегать длительной работы двигателя на холостом ходу перед его выключением. Предварительная длительная работа двигателя на холостом ходу, особенно в том случае, если пускается холодный двигатель, может привести к тому, что электроды будут покрыты слоем сажи, что не позволит установить точную оценку состояния свечи.

Методы устранения описанных возможных неисправностей приведены в табл. 2.36.

Таблица 2.36

**Возможные неисправности системы зажигания,
их причины и методы устранения**

Причина неисправности	Метод устранения
Двигатель не запускается	
1. Ток не проходит через контакты прерывателя: - загрязнены, окислены или пригорели контакты прерывателя; образовался бугорок и кратер на контактах (эрозия) слишком большой зазор между контактами или ослабла прижимная пружина	Зачистить контакты и отрегулировать зазор между ними; если ослабла прижимная пружина, заменить контактную группу.
- ослабло крепление или окислены наконечники проводов в цепи низкого напряжения, обрыв проводов или замыкание их с массой; - неисправен выключатель зажигания: не замыкаются контакты («15/1» и «30/1»);	Проверить провода и соединения, заменить поврежденные провода. Проверить и при необходимости заменить выключатель зажигания или его контактную часть.
- пробит конденсатор (короткое замыкание); - обрыв в первичной обмотке катушки зажигания	Заменить конденсатор. Заменить катушку зажигания.
2. Не размыкаются контакты прерывателя: - нарушена регулировка зазора между контактами прерывателя; - сильно изношены текстолитовая подушечка или втулка рычажка прерывателя	Отрегулировать зазор между контактами. Заменить контактную группу.

Причина неисправности	Метод устранения
3. Не подается высокое напряжение к свечам зажигания: - неплотно посажены в гнездах, оторвались или окислены наконечники проводов высокого напряжения, провода сильно загрязнены или повреждена их изоляция; - износ или повреждение контактного уголька, зависание его в крышке распределителя зажигания;	Проверить и восстановить соединения, очистить или заменить провода. Проверить, при необходимости заменить крышку.
- утечка тока через трещины или прогары в роторе распределителя зажигания, через нагар или влагу на внутренней поверхности крышки; - утечка тока через трещины или прогары в роторе распределителя зажигания; - обрыв или замыкание на «массу» вторичной обмотки катушки зажигания	Проверить, очистить крышку от влаги и нагара, заменить крышку, если на ней имеются трещины. Проверить, при необходимости заменить ротор. Заменить катушку зажигания.
4. Нарушен порядок присоединения проводов высокого напряжения к контактам крышки распределителя зажигания	Проверить, присоединить провода в порядке работы цилиндров 1-3-4-2.
5. Зазор между электродами свечей не соответствует норме или замаслены свечи зажигания	Очистить свечи или отрегулировать зазор между их электродами.
6. Повреждены свечи зажигания (трещины на изоляторе)	Заменить свечи новыми.
7. Неправильная установка момента зажигания	Проверить и отрегулировать установку момента зажигания.
<i>Двигатель работает неустойчиво или останавливается на холостом ходу</i>	
1. Слишком раннее зажигание в цилиндрах двигателя	Проверить и отрегулировать установку момента зажигания.
2. Большой зазор между электродами свечей зажигания	Проверить и отрегулировать зазор между электродами свечей зажигания
3. Ослаблены пружины грузиков регулятора опережения зажигания	Заменить пружины, проверить работу центробежного регулятора на стенде
<i>Перебои в работе двигателя при любой частоте вращения</i>	
1. Повреждены провода в системе зажигания, ослаблено крепление проводов или окислены их наконечники	Проверить провода и соединения, поврежденные провода заменить.
2. Загрязнены, окислены, прогорели или смещены контакты прерывателя	Зачистить контакты и отрегулировать зазор между ними
3. Снижение емкости конденсатора или обрыв в нем	Проверить конденсатор и при необходимости заменить
4. Износ или повреждение контактного уголька в крышке распределителя зажигания, ослабление пружины уголька	Заменить крышку распределителя зажигания
5. Сильное подгорание центрального контакта ротора распределителя зажигания	Зачистить центральный контакт
6. Трещины, загрязнения или прогары в роторе или крышке распределителя зажигания	Проверить, заменить ротор или крышку

Причина неисправности	Метод устранения
7. Чрезмерно большое биение валика, повышенный износ втулки валика	Заменить распределитель зажигания
8. Износ электродов или замасливание свечи зажигания, трещины на изоляторе свечи	Проверить свечи, очистить от нагара, отрегулировать зазор между электродами, поврежденную свечу заменить
<i>Двигатель не развивает полной мощности и не обладает достаточной приемистостью</i>	
1. Неправильная установка момента зажигания	Проверить и отрегулировать установку момента зажигания
2. Заедание грузиков регулятора опережения зажигания, ослабли пружины грузиков	Проверить и заменить поврежденные детали
3. Большой износ втулки подвижного контакта прерывателя	Проверить и заменить контактную группу

2.11.5. Проверка момента зажигания, свечей и распределителя зажигания

Установка момента зажигания. Для проверки установки момента зажигания имеются метки (рис. 2.126, 2.138). На рис. 2.138 приведено положение установочных меток 2 и 3 на шкиве коленчатого вала в момент нахождения поршня первого цилиндра в ВМТ.

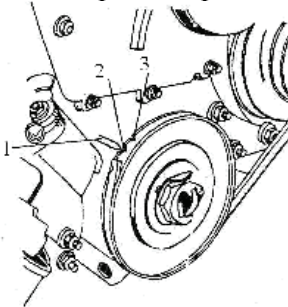


Рис. 2.138. Положение установочных меток

На рис. 2.138: 1 – установочный прилив на нижней крышке установочных звездочек; 2 – метка для установки начального момента зажигания; 3 – метка, соответствующая положению поршня первого и четвертого цилиндров в ВМТ.

Проверить и установить момент зажигания можно с помощью стробоскопа в следующем порядке:

- соединить зажим «плюс» стробоскопа с зажимом «Б» катушки зажигания, а затем «массы» - с неокрашенной частью кузова проверяемого автомобиля;
- вставить между проводом свечи первого цилиндра и свечой переходник для подключения стробоскопической лампы и обозначить мелом для большей видимости метку на шкиве коленчатого вала;
- пустить двигатель, направляя мигающий поток света стробоскопа на метку на шкиве; если момент зажигания установлен правильно, при холостом ходе двигателя видимая метка 1 (установочный прилив) должна находиться против метки 3. Если момент зажигания установлен неправильно, следует остановить двигатель, ослабить гайку крепления распределителя и повернуть его на необходимый угол. Для увеличения угла опережения зажигания корпус распределителя следует повернуть против часовой стрелки, а для уменьшения – по часовой стрелке. Затем снова проверить установку момента зажигания.

Если имеется диагностический стенд с осциллоскопом, то с его помощью тоже можно легко проверить установку момента зажигания, руководствуясь инструкцией на стенде.

Распределитель зажигания. Проверка и регулировка распределителя зажигания производится с помощью контрольного стенда для проверки приборов системы зажигания, который позволяет изменять скорость вращения валика распределителя зажигания до 3000 мин^{-1} .

Проверка угла замкнутого состояния контактов (УЗСК) прерывателя производится при установке частоты вращения валика распределителя зажигания, равной $(1000 \pm 100) \text{ мин}^{-1}$ и определении величины угла по показанию стрелочного указателя.

При несоответствии УЗСК технической характеристике его регулировку производить в следующем порядке:

- ослабить винты, крепящие контактную стойку к подвижной пластине прерывателя;
- вставить отвертку в паз на стойке и увеличить (или уменьшить) УЗСК приближением (или удалением) контакта стойки к (от) контакту на рычажке прерывателя;
- по окончании регулировки затянуть винты, крепящие контактную стойку.

В эксплуатации при отсутствии специального стенда для проверки УЗСК допускается проверять и регулировать вместо угла зазор между контактами прерывателя.

Проверку зазора между контактами прерывателя производят в следующем порядке:

- повернуть валик распределителя до положения, когда текстолитовая подушка рычажка прерывателя встанет на выступ грани кулачка, при этом зазор между контактами будет наибольшим;
- проверить зазор между контактами щупом и при необходимости отрегулировать его. Регулировку зазора производить в том же порядке, в каком регулируется УЗСК.

После регулировки УЗСК или зазора между контактами прерывателя нарушается правильность установки момента зажигания. Поэтому после регулировки зазора проверить и, если необходимо, отрегулировать установку момента зажигания.

Проверка характеристики центробежного регулятора распределителя производится при постепенном увеличении частоты вращения валика распределителя зажигания.

В контрольных точках зафиксировать величины углов опережения зажигания, устанавливаемые центробежным регулятором. При необходимости регулировку производить рихтовкой стоек грузиков в следующем порядке:

- стойку грузиков, на которой крепится тонкая пружина, следует рихтовать при регулировке центробежного регулятора на малой частоте вращения;

- на частоте вращения более 1000 мин^{-1} необходимо подгибать стойку, на которой крепится толстая пружина.

Проверка характеристики вакуумного регулятора распределителя производится при установке частоты вращения валика распределителя выше частоты, при которой центробежный регулятор раскрывается на максимальный угол.

Проверку необходимо производить в следующем порядке:

- создать в камере вакуумного регулятора разрежение, используя для этого вакуумный насос;

- измерить величины углов опережения зажигания сначала плавным увеличением разрежения, затем его плавным уменьшением.

При необходимости характеристику вакуумного регулятора можно изменить, сместив его относительно корпуса по горизонтальной оси регулятора. Кроме того, характеристику вакуумного регулятора можно изменить, нажав на кольцевую поверхность его штампованного кожуха.

Проверка усилия притяжения контактов прерывателя. Проверку необходимо производить в следующем порядке:

- подключить «+» источника через автомобильную лампу напряжением 12 В к его низковольтному зажиму;

- замкнуть контакты прерывателя поворота валика распределителя до загорания контрольной лампы;

- измерить динамометром натяжение пружины прерывателя в момент размыкания контактов. Момент размыкания контактов определяется прекращением свечения лампы. Усилие динамометра прикладывать по оси контактов.

Проверка бесперебойности искрообразования распределителя производится на стандартных трехэлектродных игольчатых разрядниках с искровым промежутком 7 мм при частоте вращения валика до 3000 мин^{-1} .

При проверке выводы высокого напряжения соединить высоковольтными проводами с разрядниками. Напряжение постоянного тока на зажимах первичной цепи катушки зажигания (при замкнутых контактах прерывателя) должно быть 12-12,3 В.

При постепенном повышении частоты вращения валика распределителя от 200 мин^{-1} до максимальной частоты вращения не должно быть заметных на глаз (и на слух) перебоев в искрообразовании. Проверку отклонения в чередовании искр (асинхронизм) производить при частоте вращения валика распределителя не более 100 мин^{-1} .

Осмотр и проверка свечей зажигания. Свеча зажигания состоит из керамического изолятора 5 (рис. 2.139), внутри которого находится центральный электрод 2, выполненный из жаростойкого сплава, и металлического корпуса 4, к которому приварен боковой электрод 1.

Для герметичности соединения свечи с головкой цилиндра на свечу устанавливается уплотнительное кольцо 3.

После снятия свечи с двигателя убедитесь в отсутствии каких-либо механических повреждений теплового конуса изолятора и электродов свечи. При наличии копоти на тепловом конусе изолятора надо очистить свечу

на пескоструйном аппарате, промыть щеткой в чистом бензине и продуть сжатым воздухом.

Затем следует проверить зазор между электродами, который должен, быть в пределах $0,8 \pm 0,15$ мм.

При регулировке зазора нельзя нажимать на центральный электрод, так как это может привести к поломке носика изолятора.

Проверку исправности свечи надо производить на специальном приборе под давлением.

В исправных свечах при давлении 834 ± 49 кПа ($8,5 \pm 0,5$ кгс/см²) должно обеспечиваться бесперебойное искрообразование между электродами. При давлении 1031 ± 48 кПа ($10,5 \pm 0,5$ кгс/см²) новая свеча должна быть герметичной – воздух не должен проходить в местах соединения центрального электрода с изолятором и корпуса с изолятором.

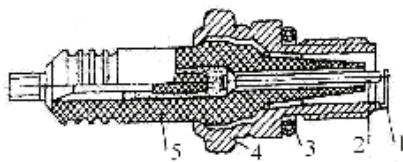


Рис. 2.139. Свеча зажигания А20Д2:

1 – боковой электрод; 2 – центральный электрод; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – корпус; 5 – изолятор

2.11.6. Локализация неисправностей системы зажигания

Основными неисправностями систем зажигания являются: разрушение изоляции проводов низкого и высокого напряжения и замыкание их на массу; нарушение контакта в местах соединений; обгорание или окисление контактов прерывателя; изменение зазора между контактами; ослабление пружин подвижного контакта; повышение люфта валика распределителя; пробой конденсатора; забрызгивание маслом контрольного и бокового электродов свечей зажигания и покрытие их нагаром; изменение зазора между электродами свечей; межвитковые замыкания, особенно в первичной обмотке катушки зажигания, приводящие к перегоранию обмотки; неправильная начальная установка момента опережения зажигания и неисправность центробежного и вакуумного регулятора.

Электрические процессы в цепях системы зажигания анализируют с помощью автомобильного осциллографа с целью определения технического состояния элементов системы и ее монтажа. При этом рассматриваются два этапа: сравнение уровней сигналов с использованием последовательной развертки и сравнения формы сигналов искажения временных функций электрических процессов с использованием наложенной развертки осциллографа. На первом этапе отслеживаются уровни напряжений пробоя и горения искры, длительности накопления энергии и искрового разряда по цилиндрам, на втором анализируется деформирование осциллограмм относительно их нормированной формы по каждому цилиндру.

Уровень пикового значения напряжения пробоя, в первую очередь, определяется величиной зазора искрового промежутка свечи зажигания. По этому поводу можно отметить следующее.

Когда зазор между электродами свечи меньше оптимального, пробой происходит при меньшем напряжении. При этом условия для поджига сме-

си ухудшаются и, как следствие, снижаются мощностные и топливно-экономические характеристики двигателя.

При увеличенном зазоре наоборот пробой происходит при более высоком напряжении, но при этом сокращается длительность искрового разряда и возникает вероятность пробоя (утечек тока) в элементах высоковольтной линии системы. Эти факторы приводят к перебоям зажигания и невозможности запуска двигателя.

Если при нормированном зазоре свечей наблюдается снижение уровня напряжения пробоя (до 4-6 кВ), это свидетельствует о снижении электрической плотности газового промежутка за счет обогащения топливной смеси в цилиндре. В этом случае внимание уделяется системе топливоснабжения (карбюратору или системе впрыска). И наоборот повышенный уровень напряжения пробоя (более 13-15 кВ) является следствием обеднения топливной смеси. При этом наблюдаются остановки двигателя на холостых оборотах и потеря мощности на рабочих режимах. Такие же последствия могут быть вызваны причинами электрического характера (не полный контакт в высоковольтной линии, трещины в крышке распределителя, пробой бегунка). Если напряжение пробоя превышено в отдельных цилиндрах, возможной причиной может быть подсосывание воздуха в эти цилиндры.

Уровень напряжения и длительность искрового разряда при фиксированной мощности катушки зажигания определяют энергию искры и соответственно и качество сгорания топливной смеси в цилиндре. Чтобы детально проанализировать перечисленные параметры по каждому цилиндру, увеличивают масштаб на экране мотор-тестера и выполняют наложенную развертку осциллографа.

Во время диагностирования, на осциллограммах напряжений по цепям системы зажигания в пределах одного рабочего цикла рассматривают три участка: А – горение искры; В – затухание колебаний; С – накопление энергии (рис. 2.140 [39]).

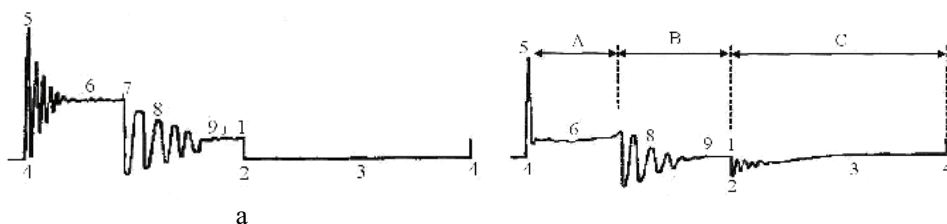


Рис. 2.140. Осциллограммы напряжений исправной системы зажигания с механическим прерывателем:

а – первичной цепи; б – вторичной цепи

В соответствии с позициями на рис. 2.140 рассматриваются электрические процессы по моментам, указанным на осциллограммах:

1. Момент замыкания контактов.
2. Начало накопления энергии, возрастающий ток через первичную обмотку образует магнитный поток в катушке зажигания.
3. Участок накопления энергии характеризуется временем накопления или углом замкнутого состояния контактов (УЗСК).

4. Момент размыкания контактов прерывателя (прекращение тока первичной цепи), магнитный поток резко угасает, индуцируется ЭДС взаимной индукции высокого напряжения во вторичной обмотке.

5. Пиковое значение вторичного напряжения на момент пробоя искрового промежутка свечи, начало горения искры.

6. Участок горения искры характеризуется значением напряжения и длительностью искрового разряда.

7. Момент прекращения искрового разряда из-за нехватки энергии, накопленной в катушке зажигания.

8. Участок колебательного процесса обмена энергией между катушкой зажигания и конденсатором первичной цепи.

9. Колебательный процесс затухает, ток в первичной цепи прекращается.

Осциллограммы первичного и вторичного напряжения электронных систем зажигания (систем с транзисторным коммутирующим элементом) подобны осциллограммам систем с механическим прерывателем. Расхождение состоит в форме колебаний на линии искры первичной цепи. Это объясняется разным подключением обмоток катушки зажигания и конденсатора первичной цепи. В системах с механическим прерывателем обмотки подключены по автотрансформаторной схеме, а конденсатор подключен параллельно контактам прерывателя, образуя последовательный колебательный контур с первичной обмоткой катушки зажигания. В электронных системах обмотки катушки зажигания подключены по трансформаторной схеме, а конденсатор подключен параллельно первичной обмотке, образуя с ней параллельный колебательный контур. Опираясь на приведенную информацию, локализуют неисправности системы зажигания путем анализа отдельных участков осциллограмм.

В период накопления энергии (участок С) первичный сигнал (поз. 1) должен появляться в определенное время (при определенном угле) для всех цилиндров. Если это не так, следует проверить профиль кулачкового вала механизма прерывателя (в электронных системах датчик углового положения коленчатого вала и модуль управления системой зажигания).

Длительность накопления энергии (или УЗСК) должны быть одинаковыми для всех цилиндров. Слишком большие значения этих параметров могут быть вызваны износом кулачков вала и контактов прерывателя. При увеличении частоты вращения коленчатого вала, длительность накопления энергии (или УЗСК) могут увеличиваться, быть постоянными или уменьшаться в зависимости от типа системы зажигания. Если эти параметры не отвечают нормированным характеристикам, необходимо искать неисправность в управляющем модуле системы зажигания, который отвечает за нормирование времени накопления энергии.

На рис. 2.141 приведены осциллограммы, полученные при появлении характерных регистрируемых неисправностей.

В соответствии с позициями рис. 2.141 можно указать на причины нарушения электрических процессов:

а, б) неправильно отрегулированный (изношенный) механизм прерывателя (сигнал замыкания контактов прерывателя происходит слишком рано или поздно);

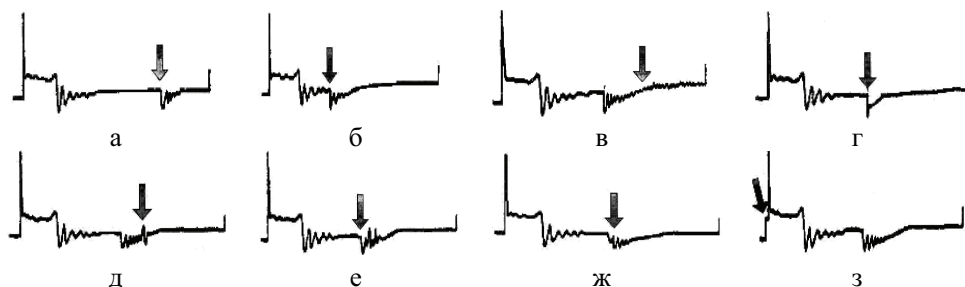


Рис. 2.141. Искривления осциллограммы вторичного напряжения на участке накопления энергии, соответствующие характерным неисправностям системы зажигания

в) нарушен контакт заземления катушки зажигания (неустойчивая линия замкнутого состояния контактов прерывателя);

г) неисправна катушка зажигания или разрушены контакты прерывателя (нарушение угасающего колебательного процесса);

д) повреждена рабочая поверхность кулачкового вала механизма прерывателя (ошибочный сигнал в зоне замыкания контактов);

е) загрязнены или подгорели контакты прерывателя, износ кулачка прерывателя или неправильное регулирование зазора контактов прерывателя, что вызывает вибрации контактов на высоких оборотах двигателя («бие» осциллограммы в зоне замыкания контактов прерывателя);

ж) контакты прерывателя имеют чрезмерное сопротивление, вызванное подгоранием, (первый выброс напряжения во время замыкания контактов меньше, чем второй);

з) неисправный конденсатор или ненадежный контакт между конденсатором и прерывателем (момент повышения вторичного напряжения не совпадает с моментом прерывания первичной цепи).

В период горения искры (участок А) уровень напряжения пробоя искрового промежутка (рис. 4.140, поз. 5) обычно составляет 4-8 кВ в скоростном диапазоне двигателя. Напряжение горения искры не должно превышать 40% допустимого напряжения катушки зажигания, величина которого обуславливается ее электрической прочностью. В электронных системах катушка зажигания считается исправной, если при скорости вращения коленчатого вала 1500 мин^{-1} она генерирует напряжение не менее 5 кВ и поддерживает горение искры на протяжении не менее 0,85 мс.

В системах зажигания с механическим прерывателем испытание катушки разрешается проводить путем отключения свечного провода. При этом на экране осциллографа будет регистрироваться пиковое (амплитудное) значение вторичного напряжения отключенного цилиндра (режим холостого хода системы зажигания). Импульс вторичного напряжения будет отражаться на осциллограмме в зоне горения искры. Амплитуда этого им-

пульса превышает амплитуду напряжения пробоя в 1,3-1,5 раза (коэффициент запаса на пробой).

Длительность искрового разряда и значение напряжение ее горения обратно связаны через фиксированную энергию искрового разряда. На значение этих параметров влияют одинаковые дестабилизирующие факторы. Таким образом, уровень напряжения и длительность горения искры в исправной системе должны поддерживаться одинаковыми для всех цилиндров. Если это не так, следует проверить состояние свечных проводов и идентичность свечей зажигания (типу, величине зазора, степени эрозии электродов). Контрольные измерения проводят на фиксированных оборотах (обычно 2000 мин⁻¹). Во время диагностирования системы зажигания можно воспользоваться таблицей признаков неисправностей (табл. 2.37).

Таблица 2.37

Таблица отклонений напряжения искрового разряда

Дестабилизирующий фактор	Отклонение напряжения
Параметры цепей	
Повышение напряжения в первичной цепи	+
Повышение сопротивления первичной цепи	-
Повышение сопротивления вторичной цепи	+
Обрыв вторичной цепи	+
Снижение сопротивления вторичной цепи	-
Замыкание на корпус вторичной цепи	-
Свечи	
Увеличение рабочего зазора	+
Уменьшение рабочего зазора	-
Подгорание электродов	+
Заострение центрального электрода	-
Слишком горячая свеча	-
Слишком холодная свеча	+
Момент зажигания	
Слишком поздно	+
Слишком рано	-
Топливная смесь	
Обедненная	+
Обогащенная	-
Высокая турбулентность в цилиндре	+
Степень сжатия	
Завышенная	+
Заниженная	-

В качестве дополнительной информации при анализе процесса горения искры рассматривают характер изменения напряжения горения (формы осциллограммы) при наличии неисправностей. Спадающая линия горения искры наблюдается при утечках энергии вторичной цепи на корпус через неисправные элементы. Восходящая линия горения искры свидетельствует о проблемах механических узлов двигателя (неисправности ЦПГ и ГРМ).

Чрезмерные колебания (мешанина) линии искры может быть вызвана неисправностями механического или электрического происхождения:

- сожженный клапан или сломана его пружина;
- дефектная прокладка головки блока цилиндров;
- неисправный колпачок свечи, свечной провод, крышка распределителя или бегунок;
- колебания режимов работы двигателя;
- высокое расположение свечи в камере сгорания.

Осциллограммы вторичного напряжения, отвечающие типовым неисправностям, которые являются причиной повышения напряжения пробоя искрового промежутка свечи показаны на рис. 2.142.

В соответствии с позициями рис. 2.142 можно указать на причины нарушения электрических процессов:

- а) обрыв вторичной цепи (участок горения отсутствует, амплитуда напряжения выше нормы, наблюдается высоковольтный колебательный процесс);
- б) трещина в корпусе свечи (наблюдается горение недостаточной длительности, но напряжение пробоя и искры выше нормы);
- в) высокое сопротивление свечного колпачка (повышенное напряжение искры, длительность меньше нормы, наблюдается уклон линии горения искры);
- г) увеличенный зазор между электродами свечи или контактами распределителя (напряжение пробоя и искры выше нормы).

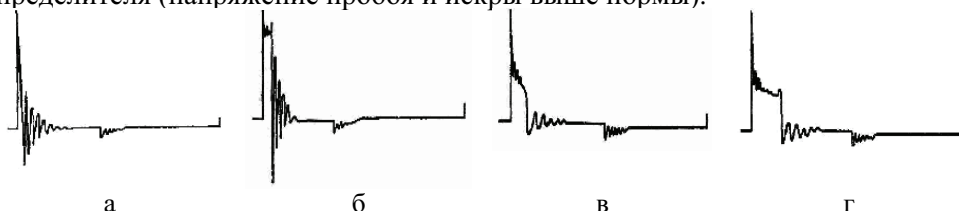


Рис. 2.142. Искривления осциллограммы напряжения на участке горения, вызванные значительным повышением сопротивления во вторичной цепи

Осциллограммы вторичного напряжения, соответствующие типовым неисправностям, которые являются причиной деформирования участка горения показаны на рис. 2.143.

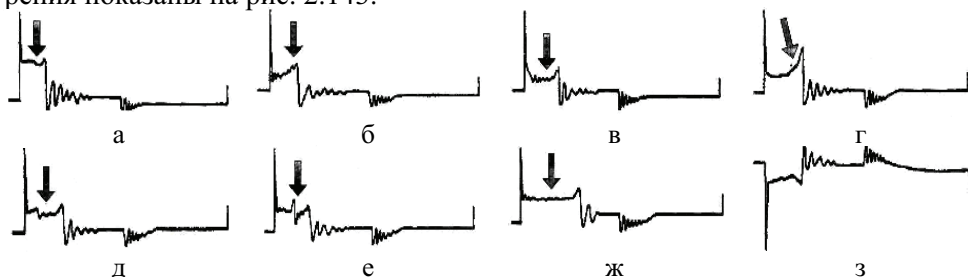


Рис. 2.143. Искривления осциллограммы вторичного напряжения на участке горения, связанные с потерями мощности

В соответствии с позициями рис. 2.143 можно указать на причины нарушения электрических процессов:

а) высокое сопротивление свечных колпачков, обедненная топливная смесь или подсасывание воздуха (повышенное напряжение горения искры);

б) обогащенная топливная смесь и увеличенный зазор между электродами свечей (повышение напряжения в конце горения искры);

в) обогащенная топливная смесь (напряжение горения ниже нормы, а длительность искры превышает норму);

г) слишком увеличенный зазор между электродами свечей (повышение напряжения в конце горения искры);

д) загрязнены контакты свечи, слишком низкая компрессия, обедненная топливная смесь;

е) неисправность крышки распределителя зажигания (переходные процессы во время горения искры);

ж) загрязненные контакты свечи зажигания, слишком малый зазор между ними (повышенная длительность искры) или пробивает на массу высоковольтный провод (дополнительно напряжение пробоя и искры ниже нормы);

з) неправильное подключение катушки зажигания (инвертированное изображение осциллограммы).

На промежуточном участке В, когда искра гаснет (рис. 2.140, поз. 7), происходит колебательный процесс, который со временем угасает. Недостаточное количество колебаний при этом указывает на неисправность катушки зажигания (наличие замкнутых витков первичной обмотки) или конденсатора (утрата емкости, плохой контакт). Типовые неисправности, которые могут быть выявлены на промежуточном участке осциллограммы вторичного напряжения показаны на рис. 2.144.

В соответствии с позициями рис. 2.144 можно указать на причины нарушения электрических процессов:

а – частично замкнутые витки катушки или неисправный конденсатор (нарушен колебательный процесс после прекращения искры);

б – понижено сопротивление изоляции вторичной обмотки катушки зажигания (неустойчивое напряжение во вторичной обмотке катушки).

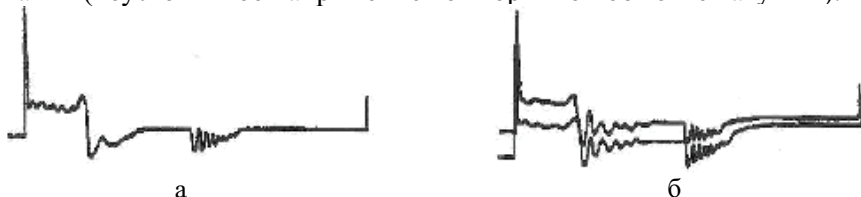


Рис. 2.144. Искривление осциллограммы вторичного напряжения на промежуточном участке

Если признаки наблюдаются для отдельных цилиндров, необходимо проверить свечные колпачки, распределительные высоковольтные провода и крышка распределителя зажигания. Если признаки общие для всех цилиндров, проверяют катушку и элементы первичной цепи системы зажигания,

центральный высоковольтный провод, бегунок и центральный контакт крышки распределителя.

2.11.7. Неисправности системы пуска двигателя

При диагностировании системы пуска определяют частоту оборотов коленчатого вала, значение крутящего момента на валу стартера, мощность, потребляемую стартером в режиме полного торможения, для чего в автомобиле включают прямую передачу и затормаживают машину. Прибором КИ-11140 измеряют ток $I_{СТ}$ в цепи стартера и напряжение $U_{СТ}$ на его клеммах в течение 10 с. Нормативные значения этих параметров для некоторых типов стартеров приведены в табл. 2.38.

По результатам проведенных измерений оценивают состояние системы пуска. Если $I_{СТ} < I_{ном}$ и $U_{СТ} < U_{ном}$, аккумуляторная батарея разряжена. Если $I_{СТ} < I_{ном}$, а $U_{СТ} > U_{ном}$, сопротивление в цепи стартера повышено. Причинами могут быть плохой контакт щеток с коллектором, ослабление крепления выводов обмоток стартера нарушение внешних и внутренних контактов тягового реле.

Таблица 2.38

Номинальные параметры стартерной цепи

Тип стартера	Напряжение на клеммах, $U_{ном}$, В	Потребляемый ток, $I_{ном}$, А
СТ 103 А	7,0	825
СТ 130	9,0	250
СТ 142	18	800
СТ 230 К	9	650
СТ 212 А	7	1450
СТ 353	8,5	230

Зависимость между перечисленными параметрами определяется рабочими характеристиками стартера. Измерения крутящего момента стартера на борту автомобиля без использования специальной измерительной системы невозможно, поэтому основным признаком при оценке состояния системы является частота проворачивания коленчатого вала двигателя. Перечислим характерные признаки, указывающие на наличие неисправности системы или ее элементов, определим причины и способы обнаружения неисправностей [11, 32, 39].

1. Стартер включается, потом самопроизвольно отключается, не набрав оборотов, может наблюдаться повторный цикл, при этом слышно срабатывание обоих реле стартера. Причины и способы обнаружения неисправности:

- неисправна или разряжена АКБ. Регистрируется по снижению напряжения на клеммах АКБ ниже 8 В при включении стартера. Если отсутствует вольтметр, снижение напряжения можно наблюдать по свету фар;

- ненадежный контакт в цепи «АКБ-тяговое реле-корпус автомобиля».

Для локализации места нарушения контакта измеряют падение напряжения

на переходных опорах контактных соединений при включенном стартере. Суммарное падение напряжения в соединениях элементов стартерной цепи не должно превышать 1,5 В;

- неисправно реле включения или тяговое реле стартера. Для проверки реле включения стартера на нем замыкают между собой выводы «С» и «Б». Если при этом срабатывает тяговое реле и происходит пуск стартера – неисправно реле включения стартера, если наоборот, - неисправно тяговое реле стартера.

2. Стартер не включается, яркость света фар при включении стартерного режима не изменяется). Причины неисправностей и способы их обнаружения:

- нарушен контакт на клеммах АКБ. Очистить и затянуть клеммы;
- нарушен контакт в цепи питания тягового реле. Произвести последовательное шунтирование участков цепи с помощью перемычки и локализовать неисправность;
- заедание якоря тягового реле во втулке электромагнита. Провести испытание принудительным введением шестерни привода стартера в зацепление с венцом маховика;
- неисправен замок зажигания. Выполнить шунтирование соответствующих выводов замка зажигания перемычкой и проверить;
- неисправен щеточно-коллекторный узел электродвигателя стартера. Диагноз подтверждают при частичной разборке стартера в снятом с автомобиля состоянии.

3. Стартер включается, но не проворачивает коленчатый вал или же прокручивание происходит с недостаточной частотой вращения, свет включенных фар при включении стартера ослабляется. Причины неисправностей и способы их обнаружения:

- нарушен контакт в цепи управления или в силовой цепи стартера. Локализуют неисправность последовательным шунтированием участков цепи с помощью перемычки;
- неисправен стартер. Возможные неисправности: короткое замыкание в обмотках возбуждения или якоря; заедание ротора за полюсные башмаки статора из-за повреждения подшипников; повреждение щеточно-коллекторного узла. Неисправности локализуются при разборке;
- разряжена АКБ. Определяется ранее описанным методом.

4. Вал стартера вращается, но не проворачивает коленчатый вал двигателя – слышен характерный шум вращения стартерного электродвигателя. Причины неисправностей и способы их обнаружения:

- пробуксовка муфты свободного хода из-за повреждения роликов или обоймы, заедание толкателей. Диагноз подтверждается при разборке стартера, снятого с автомобиля;
- разрушены зубцы венца маховика или шестерни. Определяется внешним осмотром на борту автомобиля;
- разрушение буферной пружины или засорение шлицевых пазов вала. Диагноз подтверждается после разборки стартера.

5. При вращении стартера слышен скрежет. Причины неисправностей и способы их обнаружения:

- забоины на зубцах венца маховика или шестерни, перекося стартера из-за плохого крепления его к картеру. Определяется внешним осмотром;
- неправильная регулировка хода шестерни привода и момента замыкания силовых контактов тягового реле, что подтверждается при проведении операций регулирования в снятом с автомобиля состоянии;
- ослабла или разрушена буферная пружина механизма привода. Диагноз подтверждается при разборке стартера.

6. После пуска двигателя стартер не выключается. Причины неисправностей и способы их обнаружения:

- перекося стартера. Определяется внешним осмотром;
- заедание привода на шлицевой части вала, спекание контактов тягового реле или реле блокирования, согнутый вал якоря, разрушена возвращающая пружина. Неисправность локализуется при разборке стартера;
- заедание фиксирующей части замка зажигания. Определяется отключением проводника питания обмотки дополнительного реле стартера от клеммы замка зажигания.

7. Чрезмерное нагревание средней части корпуса стартера. Такой признак свидетельствует о коротких замыканиях в обмотках статора или ротора.

2.11.8. Параметры, методы и средства диагностирования электрооборудования двигателя и автомобиля

Виды и средства диагностирования электрооборудования двигателя и автомобиля классифицируют на две основные группы: встроенные или бортовые средства и внешние устройства (рис. 2.145). В свою очередь встроенные средства подразделяются на информационные, сигнализирующие и программируемые (запоминающие). Внешние средства классифицируют на стационарные и переносные.

Применение микропроцессоров и микро-ЭВМ в системах автомобильного электрооборудования привело к его усложнению, а, следовательно, к необходимости использования специальных знаний для правильного его конструирования, эксплуатации и технического обслуживания.

Диагностические параметры электрических и электронных устройств можно поделить условно на несколько групп: параметры постоянных значений, параметры действующих значений, временные параметры, параметры формы.

К устройствам оценки параметров постоянных значений можно отнести измерители электрического сопротивления R (омметры), постоянного напряжения U (вольтметры) и тока I (амперметры).

Омметры используют для «холодной» проверки цепей и дискретных элементов схемы (проверяемый прибор выключен). Вольтметры и амперметры используют для оценки диагностических параметров при включенном объекте диагностики («горячая» проверка цепей).



Рис. 2.145. Классификация методов диагностики электрических систем автомобиля

Диагностические параметры действующих значений, к которым относят напряжение переменного тока и переменный ток, измеряются амперметрами и вольтметрами переменного тока (генераторы переменного тока, сигнальные цепи электронных блоков).

Временные параметры электрических сигналов (частота f , длительность импульса t и их скважность q) позволяют оценивать работу времязадающих, формирующих и релаксационных цепей и каскадов электронных устройств систем управления, измеряются с помощью частотомеров и осциллографов.

Параметры формы сигнала (амплитуда, крутизна фронтов, неровность вершины импульса) используются для оценки значений распределенных реактивных параметров импульсных цепей (электронные блоки, система зажигания) и измеряются с помощью осциллографов.

Фазовый сдвиг между периодическими гармоническими сигналами одинаковой частоты (напряжения и тока) характеризует реактивную составляющую сопротивления цепи переменного тока, измеряется с помощью осциллографов. В импульсных устройствах фазовый сдвиг периодических сигналов в общем рассматривается как функциональный параметр. Информация о фазовых сдвигах в рабочих процессах двигателя (углы опережения зажигания α , подачи топлива, выпуска газов) позволяет оценить оптимальность функционирования его систем (измеряют с помощью стробоскопов).

Информационные бортовые средства являются конструктивным элементом автомобиля и осуществляют контроль непрерывно или периодически

ски по определенной программе. Примером информационной системы является блок индикации бортовой системы контроля (рис. 2.146).

Блок индикации представляет собой электронную систему диагностирования, звуковой и светодиодной сигнализации о состоянии основных систем двигателя и автомобиля, например, об износе тормозных колодок, непристегнутых ремнях безопасности, уровне масла в картере двигателя, аварийном давлении масла, незакрытых дверях салона, неисправности ламп габаритных огней или сигнала торможения и т. п. (рис. 2.146).

Блок имеет пять режимов функционирования: выключено, ждущий режим, тестовый режим, предвыездной контроль и контроль параметров при работе двигателя. При открывании любой двери салона блок включает внутреннее освещение. Когда ключ не вставлен в выключатель зажигания, блок находится в режиме «выключено». После того как ключ вставляется в выключатель зажигания, блок переходит в «ждущий режим» и остается в нем, пока ключ находится в положении «выключено» или «0». Если в этом режиме открыта дверь водителя, то возникает неисправность «забытый ключ в выключателе зажигания» и сигнализатор подает прерывистый звуковой сигнал в течение 8 ± 2 с. Сигнал выключится, если дверь закрыта, ключ вынут из выключателя зажигания или повернут в положение «зажигание включено».

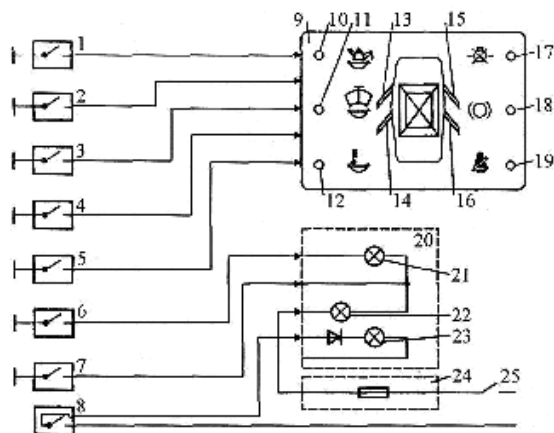


Рис. 2.146. Электрическая схема соединений встроенных сигнализаторов аварийных режимов

На рис. 2.146 приняты следующие обозначения: 1 – датчик износа тормозных колодок; 2 – датчик пристегнутых ремней безопасности; 3 – датчик уровня омывающей жидкости; 4 – датчик уровня охлаждающей жидкости; 5 – датчик уровня масла; 6 – датчик аварийного давления масла; 7 – датчик стояночного тормоза; 8 – датчик уровня тормозной жидкости; 9 – блок индикации бортовой системы контроля; 10 – сигнализатор уровня масла; 11 – сигнализатор уровня омывающей жидкости; 12 – сигнализатор уровня охлаждающей жидкости; 13, 14, 15, 16 – сигнализаторы незакрытых дверей; 17 – сигнализатор неисправности ламп габаритных огней и торможения; 18 – сигнализатор износа тормозных колодок; 19 – сигнализатор непристегнутых ремней безопасности; 20 – комбинация приборов; 21 – контрольная лампа аварийного давления масла; 22 – сигнализатор стояночного тормоза; 23 – сигнализатор уровня тормозной жидкости; 24 – монтажный блок; 25 – выключатель зажигания.

Режим «тестирование» включается после поворота ключа в выключателе зажигания в положение «1» или «зажигание». При этом в течение

4±2 с. подается звуковой сигнал и включаются все светодиодные сигнализаторы для проверки их исправности. Одновременно контролируется и запоминается состояние датчиков уровней охлаждающей, тормозной и омывающей жидкостей. До окончания тестирования сигнализация о состоянии датчиков не включается.

После окончания тестирования следует пауза и блок переходит в режим «предвыездной контроль параметров». В случае наличия неисправностей блок работает по следующему алгоритму:

- светодиодные сигнализаторы параметров, вышедших за пределы установленной нормы, начинают мигать в течение 8±2 с;
- после чего горят постоянно, пока замок зажигания не будет переведен в положение «0» или выключен;
- синхронно со светодиодами включается звуковой сигнализатор, который выключается через 8±2 с.

Если неисправность возникает в процессе движения автомобиля, то включается режим «контроль параметров при работе двигателя».

Если в течение 8±2 с после начала световой и звуковой сигнализации появится еще один или несколько сигналов «неисправность», то мигание преобразуется в постоянное горение и алгоритм индикации повторится.

Кроме рассмотренной системы встроенного диагностирования на автомобилях широко применяется набор сигнализаторов аварийных режимов, предупреждающих о возможном состоянии перед отказом или о возникновении скрытых отказов, как то: перегрев двигателя, аварийное давление масла, неисправность рабочих тормозов и стояночный тормоз включен, аккумуляторная батарея не заряжается и др.

2.11.9. Принципы диагностирования электронных устройств

К электронным блокам (ЭБ) автомобиля относятся: транзисторные коммутаторы тока катушек зажигания; электронные регуляторы напряжения бортовой сети; блоки управления экономайзером принудительного холостого хода (ЭПХХ); электронные тахометры; электронные реле блокировки стартера (РБС), реле указателей поворота (РУП), стеклоочистителей (РСО), защиты от превышения частоты оборотов; электронные сигнализаторы контроля исправности ламп и аварийного падения уровня масла и т. п.

Прежде чем приступить к локализации неисправности ЭБ в условиях участка восстановления, необходимо получить подтверждение диагноза (удостовериться, что блок действительно неработоспособен), чтобы исключить ошибочные и лишние вмешательства. Ошибочный диагноз о неисправности ЭБ, установленный на борту автомобиля, может быть из-за: нарушения проводки подключения ЭБ; неисправности других устройств, имеющих электрическую связь с проверяемым ЭБ (датчики, исполнительные устройства); неправильного режима измерений, неисправности (или несоответствия) диагностического прибора на основании которого поставлено диагноз, ошибки оператора [39].

Чтобы подтвердить или опровергнуть предварительный диагноз, необходимо испытать электронный блок, имитируя условия борта автомобиля (проверка блока по выходным диагностическим параметрам). Для этого к разъемам (выводам) проверяемого электронного блока подключают: источник питания с контролем уровня напряжения и тока потребления; эквивалент нагрузки блока; имитаторы входных влияний (генераторы электрических сигналов, коммутирующие устройства). В качестве выходных диагностических параметров ЭБ при этом рассматриваются: значения сопротивления на выводах разъема внешних подключений; сила тока потребления или в нагрузке; значения напряжения, подведенного к нагрузке; параметры формы и временные параметры управляющего сигнала. Если диагноз о неисправности ЭБ подтверждается, его выбраковывают или восстанавливают.

При локализации неисправности в ЭБ (пробоев элементов схемы или повреждения монтажа) в качестве диагностических выбирают структурные электрические параметры (напряжение или сопротивление), которые измеряют в контрольных точках схемы устройства.

Процесс диагностирования ЭБ сочетает «холодные» (без подключения питания) и «горячие» (с подключением питания) проверки. Во время «горячих» проверок устройство тестируют в режиме покоя (без подачи входных сигналов управления) или в активном режиме (с подачей входных сигналов). При этом нагрузка устройства обеспечивается (рабочий режим) или нет (холостой ход). По результатам проверок происходит структурная (работоспособное или неработоспособное) и параметрическая (удовлетворяет или не удовлетворяет нормированным значениям параметров) идентификация неисправности. Общий алгоритм процесса диагностирования ЭБ, независимо от назначения (типа) электронного блока, приведен на рис. 2.147.

Обычно сначала проверяют сопротивление на выводах разъема с помощью омметра. Низкое сопротивление на выводах разъема относительно массы во многих случаях свидетельствует о пробое транзисторов (входного или выходного) или замыкании монтажа, чрезмерное значение – об обрыве цепей.

При подаче питания с номинальным напряжением оценивают силу тока потребления ЭБ и сравнивают с номинальным значением по паспортным данным. В цепи нагрузки ЭБ также предусматривают амперметр и выключатель для ее отключения. Таким образом обеспечивается контроль токов в цепях ЭБ на холостом ходу и под нагрузкой.

Если сила тока потребления превышает номинальное значение, это свидетельствует о наличии замыканий (пробоев). Недостаточная сила тока или его отсутствие указывают на перегорание элементов или гальванические нарушения монтажа.

Если ток потребления ЭБ соответствует паспортным значениям в режиме покоя (без влияния входных сигналов), переходят к следующему этапу. На входы ЭБ подают информационные сигналы (от имитаторов сигналов датчиков) с контролем их параметров (амплитуды, частоты, скважности) и обеспечивают номинальный режим функционирования ЭБ. При этом наблюдают за реакцией амперметра в цепи нагрузки.

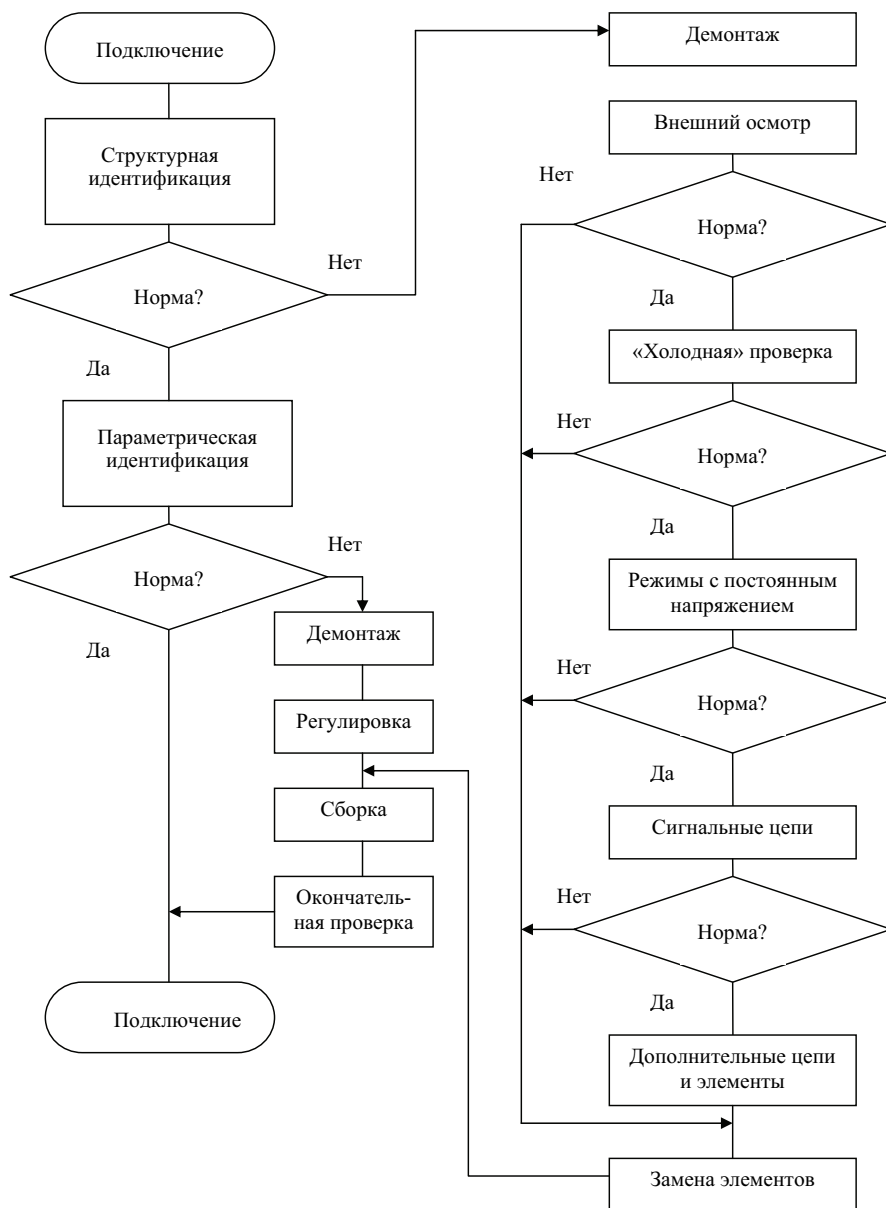


Рис. 2.147. Общий алгоритм процесса диагностирования электронных блоков на участке восстановления

Если алгоритм функционирования ЭБ соответствует его назначению, считают устройство работоспособным (структурная идентификация). В

этом случае проводят количественную оценку выходных параметров ЭБ (параметрическую идентификацию) и, если необходимо, выполняют его регулирование (настройку).

Для выполнения операции регулирования обеспечивают доступ к монтажному блоку ЭБ. Процесс регулирования (калибрования) состоит в наладке параметров элементов, определяющих режимы функционирования ЭБ. Во время регулирования ЭБ контролируют его выходные параметры. После регулировки ЭБ собирают и окончательно проверяют.

При отклонении значений тока потребления от нормы или если ЭБ не функционирует, подтверждается диагноз о его неисправности, и переходят ко второму этапу диагностирования по структурным параметрам. В этом случае выполняют частичную разборку блока и внешний осмотр его элементов и монтажа.

При наличии признаков неисправностей отдельных элементов или монтажа (обгорание, оплавление, изменение цвета, механические повреждения, разрушения) диагноз о неисправности элемента подтверждают путем «холодной» проверки (с помощью омметра) и в случае необходимости элемент заменяют. Затем повторяют проверку функционирования ЭБ в рабочем состоянии. Если ЭБ при этом не функционирует, его отключают от питания и проверяют схему устройства (в первую очередь полупроводниковых приборов) омметром с использованием карты сопротивлений. При необходимости выводы элементов выпаивают для измерения сопротивления отдельных участков.

Если «холодная» проверка не позволяет локализовать неисправность устройства, переходят к проверке ЭБ в «горячем» состоянии. Прежде всего, проверяют режимы активных элементов схемы с постоянным напряжением на их выводах с использованием карты потенциалов. Если такой информации не хватает, режимы транзисторов и их техническое состояние определяют по соотношению потенциалов между электродами (рис. 2.148 [39]).

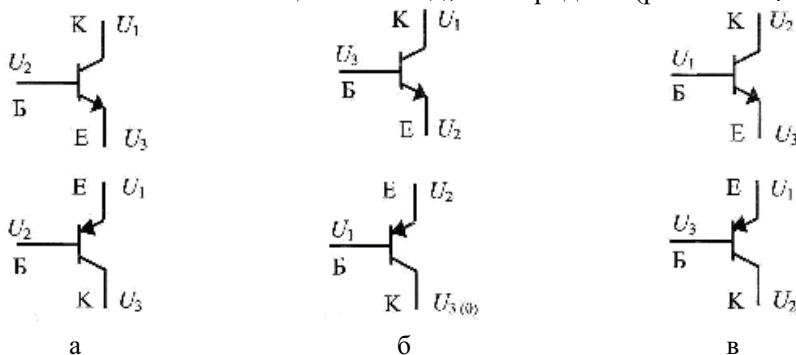


Рис. 2.148. Соотношение потенциалов на электродах исправного транзистора ($U_1 > U_2 > U_3$):

а – в линейном режиме; б – в состоянии отсечки; в – в состоянии насыщения

Для транзистора, функционирующего в линейном режиме (рис. 2.148, а), распределение потенциалов между электродами определяет

прямое смещение эмиттерного и обратное смещение коллекторного переходов (напряжение на выходе транзистора больше напряжения на его входе ($U_{ке} > U_{бе}$)). У транзистора, пребывающего в состоянии отсечки (рис. 2.148, б), оба перехода смещены в обратном, а в режиме насыщения (рис. 2.148, в) - в прямом направлении. При этом в состоянии насыщения напряжение на входе транзистора превышает напряжение на его выходе $U_{бе} > U_{ке}$ а в состоянии отсечки – наоборот.

Если напряжение на входе $U_{бе}$ или выходе $U_{ке}$ транзистора равно нулю (или потенциалы электродов одинаковые), - транзистор пробитый. Если эти напряжения значительно превышают нормированные значения (равны напряжению питания устройства U_n) - в транзисторе оборваны (перегорели) электроды подключения зон прибора. Если напряжение на электродах транзистора относительно общего вывода (массы) равно нулю, значит есть обрыв цепей питания (оборваны или перегорели пассивные элементы схемы или поврежден монтаж).

Следующим этапом диагностирования (если режимы с постоянным напряжением в норме) является проверка режимов схемы с переменным напряжением по сигнальным цепям. Для этого на блок подают входные сигналы (подключают имитаторы) и наблюдают прохождение сигнала по каскадам устройства с помощью вольтметра переменного напряжения или осциллографа. К неисправностям сигнальных цепей следует отнести: повреждения, обрывы, замыкания межкаскадные связи (элементов), входных фильтров, гальванических развязок; разрушение монтажа; обрывы электродов подключения в структуре транзисторов или микросхем.

В ряде случаев причиной неработоспособности ЭБ может быть неисправность дополнительных цепей и элементов схемы: защиты транзисторов, термостабилизации режимов, обратных связей (для приборов релаксационного типа эти связи являются основными), фильтры питания и др. Поиск таких неисправностей осуществляют в соответствии со схемами ЭБ конкретного назначения с учетом условий их функционирования. После локализации неисправности ее устраняют, ЭБ собирают и окончательно проверяют.

К списку методов проверок ЭБ следует добавить метод диагностирования по температурным потенциалам. Этот метод состоит в измерении температур поверхностей элементов схемы и сравнении их с картой температур исправного устройства в номинальном режиме, функционирования. Превышение температуры любого элемента схемы свидетельствует о наличии замыканий (пробоев, утечек), снижение – об обрыве цепей (перегорании элементов, разрушении монтажа). Метод позволяет оперативно локализовать неисправный элемент и исключает ошибочное вмешательство в монтаж устройства и неосторожные замыкания монтажа измерительными зажимами во время проверки структурных параметров. Эти предпосылки определяют эффективность метода при диагностировании ЭБ со значительным количеством активных элементов схемы. Для измерения температуры элементов используют специальные мультиметры, в которых предусмотрено использование температурного зонда.

Рабочее место участка восстановления комплектуется монтажным оборудованием и универсальными измерительными приборами:

- монтажный инструмент и расходные материалы;
- паяльники малой и средней мощности;
- коммутационная аппаратура для подключения приборов к ЭБ (коннекторы, штатные разъемы, выключатели, зажимы);
- источник питания стабилизированного постоянного напряжения, которое регулируется в диапазоне 4-20 В и обеспечивает ток в нагрузке до 10 А с контролем этих параметров и электронной защитой от перегрузок;
- два мультиметра (тестеры) или комплект измерительных приборов, их заменяющих (омметр, вольтметр и амперметр);
- генератор гармонических колебаний с выходным напряжением, которое регулируется по частоте в диапазоне 10-20000 Гц и по амплитуде в диапазоне 0,2-10 В и имеет выходное сопротивление не больше 600 Ом (измерительный генератор звукового диапазону типа ГЗ-102);
- генератор прямоугольных импульсов с регулированием частоты прохождения 5-50000 Гц, скважности формирования 5-95%, амплитуды сигнала 0,5-20 В и выходным сопротивлением не больше 600 Ом (измерительный генератор прямоугольных импульсов типа Г5-54);
- двухканальный осциллограф без особых требований к техническим характеристикам (универсальный осциллограф типа С1-93).

Для организации диагностирования также необходим комплект эквивалентов нагрузок или штатных нагрузок ЭБ и комплект нормативной и диагностической документации (технические паспорта, схемы, диагностические карты, справочники) по перечню ЭБ (назначение, тип, модификация), подлежащих восстановлению.

Электрооборудование двигателей с микропроцессорным управлением диагностируют с помощью современных мотор-тестеров, осциллографов, сканеров и других электронных систем, описанных в работе [40]. Эти средства имеют высокую разрешающую способность, а результаты измерений более достоверны, поскольку диагностирование может производиться комплексно, во взаимосвязи с другими системами и в большинстве случаев непосредственно на автомобиле.

Программируемые запоминающие встроенные средства диагностирования или самодиагностирования отслеживают и заносят в память информацию о неисправностях электронных систем для считывания ее с помощью диагностического разъема и контрольного табло (Check engine), звуковой или речевой индикации о предотказном состоянии систем двигателя. Диагностический разъем используется для подключения сканера и мотор-тестера.

Алгоритм работы программируемой диагностической системы заключается в следующем. При включении выключателя зажигания диагностическое табло загорается и, пока двигатель не работает, проверяется исправность элементов системы. После пуска двигателя табло должно погаснуть. Если же оно продолжает светиться, значит обнаружена неисправность и код неисправности заносится в память ЭБУ (контроллера). Причину включения табло необходимо выяснить при первой же возможности. Если неисправность исчезнет, то контрольное табло или лампа гаснет через 10 с, но код

неисправности будет храниться в памяти контроллера. При проведении диагностирования коды неисправностей высвечиваются каждый по три раза. Стирают коды из памяти ЭБУ по окончании ремонта, для чего на 10 с отключают питание контроллера путем отсоединения минусового вывода «-» АКБ или предохранителя контроллера.

К внешним переносным средствам диагностирования относят приборы контроля состава отработавших газов, сканеры, мультиметры, мотор-тестеры и другие приборы.

В практике диагностирования применяют два способа [3, 32, 41].

Первый способ. На объект диагностирования воздействуют имитатором сигналов датчиков исполнительных устройств в виде эталонных напряжений, токов или частот и фиксируют реакцию объекта в виде диагностического сигнала. В качестве примера можно привести компьютерный диагностический комплекс, который через диагностический разъем по стандарту ISO 9141 подключают к электронной системе и с помощью программы контролируют все параметры с выводом информации на дисплей компьютера. На дисплей выводятся как мнемосхема или конфигурация системы, так и числовые данные, хранящиеся в памяти процессора, а также переходные процессы в исполнительных механизмах, которые могут служить показателем исправности системы. На экране дисплея можно проанализировать неисправности системы, как имевшие место в процессе эксплуатации, так и выявленные в момент проверки.

Второй способ. Объект диагностирования выводят на заданный режим работы. С помощью датчиков средства диагностирования анализируют поступающие от объекта сигналы, характеризующие диагностические параметры, например, для системы зажигания – это процессы во вторичной цепи катушки зажигания, для генераторной установки – пульсации и форма выходного напряжения. Эти сигналы можно проанализировать визуально на экране осциллографа или дисплея в сравнении с эталонными, находящимися в памяти ЭБУ системы. В ряде случаев выдается прогноз технического состояния объекта и конкретные мероприятия с перечнем работ по устранению обнаруженных неисправностей.

В памяти самого диагностического устройства могут содержаться сведения о предыдущих проверках технического состояния объекта, об автомобиле и его пробеге, что позволяет определить динамику изменения диагностического параметра и дать прогноз наработки до предельного состояния технических параметров двигателя.

Главным критерием выбора метода диагностирования и оборудования являются затраты на диагностирование и обоснованность выбора диагностических параметров изделия или системы [3, 41].

2.11.10. Диагностирование и регулирование стартеров

В процессе эксплуатации в стартере возникают главным образом механические неисправности привода, связанные с пробуксовкой муфты свободного хода, износом или заклиниванием шестерни. Реже встречаются не-

исправности электрических цепей, обусловленные окислением силовых контактов и контактов реле, обрывом обмоток, замасливанием коллектора, износом щеток.

Осмотр и проверку стартера производят в следующем порядке.

1. Осмотр корпуса стартера, удаление грязи и медно-графитовой пыли с внутренней поверхности.

2. Проверка состояния изоляции катушек обмотки возбуждения, а также отсутствия в них обрывов и замыканий. Снятие и замену неисправностей катушек обмотки возбуждения производить в следующем порядке:

- отвернуть с помощью пресс-отвертки четыре полюсных винта и вынуть полюса, предварительно отметив на полюсах и корпусе места их расположения;

- вынуть катушки возбуждения из корпуса.

Установку новых катушек возбуждения необходимо производить в обратном порядке с учетом следующего:

- опустить полюсные винты перед установкой в натуральную олифу;
- установить полюса с катушками строго по меткам и, разведя их по диаметру, закрепить полюсными винтами;
- установить и зачеканить винты по шлицу после затяжки винтов.

3. Проверить состояние щеток и легкость их перемещения в щеткодержателях. Щетки, имеющие высоту 6-7 мм, заменить.

4. Осмотреть и проверить состояние обмотки якоря и рабочей поверхности коллектора.

Биеение коллектора по отношению к цапфам вала не должно превышать 0,05 мм.

5. Проверить усилие прижатия щеток пружинами. Усилие прижатия щеток проверять динамометром. Оно должно быть в пределах 10-14 Н (1,0-1,4 кгс). Регулировку производить закручиванием или раскручиванием пружины. Повышенное усилие приводит к преждевременному износу щеток, а пониженное – к зависанию щеток и потере мощности стартера.

6. Проверить состояние контактов тягового реле стартера. При значительном подгорании контактов зачистить их мелкой шлифовальной шкуркой. При износе в месте соприкосновения с контактным диском развернуть контакты на угол 180°.

7. Осмотреть привод и при наличии забоин на заходной части зубьев шестерни подшлифовать тонким шлифовальным кругом малого диаметра.

Выходными диагностическими параметрами стартера являются: потребляемый ток I_{xx} и частота вращения привода n_{xx} , которые измеряются на режиме холостого хода; ток якоря $I_{пт}$ и момент, $M_{пт}$ - на режиме полного торможения. Измерение этих параметров выполняют на стационарных испытательных стендах или стендах комплексных проверок. Процесс диагностирования стартера на стенде заключается в сравнении измеренных значений параметров (показания амперметра, тахометра, измерителя момента) с паспортными характеристиками стартера.

Увеличение силы тока I_{xx} и уменьшение частоты вращения n_{xx} по сравнению с паспортными данными свидетельствует о неисправности, свя-

занной с механическими и электрическими потерями: ослабление крепления крышек, что вызывает перекося вала якоря; выгибание вала; замыкание пластин коллектора угольной пылью изнашиваемых щеток. Подтверждение диагноза получают при разборке стартера, внешнем осмотре и испытании.

Чрезмерная сила тока $I_{\text{пт}}$ и меньший крутящий момент $M_{\text{пт}}$ наблюдаются при замыканиях в электрических цепях: проводников обмотки якоря между собой или на корпус, между витками в катушках обмотки возбуждения, пластин коллектора между собой, изолированных щеткодержателей на корпус.

Недостаточный момент $M_{\text{пт}}$ и недостаточная сила тока $I_{\text{пт}}$ свидетельствуют о повышении сопротивления электрических цепей и могут быть вызваны зависанием или износом щеток, окислением или замасливанием коллектора, ослаблением прижимных пружин щеткодержателей, окислением или коррозией поверхностей силовых контактов тягового реле.

На испытательном стенде также проверяют муфту свободного хода на пробуксовку при полном торможении шестерни стартера.

Неисправности, связанные с нарушением электрических цепей обмоток обнаруживаются (подтверждаются) с помощью диагностических приборов. Обрывы и замыкания на корпус обмоток стартера обнаруживают прозвонкой цепей пробником или омметром. Замыкание между витками обмоток тягового реле определяют измерением сопротивления обмоток и сравнением измеренных значений с паспортными данными (омметр). Чтобы обнаружить замыкания между проводниками якорной обмотки или пластинами коллектора используют специализированные дефектоскопы типа ППЯ.

После разборки стартера проверяются его структурные параметры. Износ щеток коллекторного узла не должен превышать 40% от начальных размеров, обусловленных нормативными документами. Давление прижимных пружин щеток определяют с помощью динамометра. Усилие отрыва щетки от поверхности коллектора для стартеров разных конструкций составляет 0,75–2,0 кгс. Осевой люфт вала якоря не должен превышать 0,7–1,0 мм (в зависимости от конструкции механизма привода). Чрезмерный люфт устраняют установкой шайб между передней крышкой и упорным кольцом. Ход шестерни привода и состояние пружины, возвращающей механизм привода в исходное положение, проверяют принудительным перемещением шестерни вдоль оси, наблюдая ее свободное возвращение (испытание).

Износ подшипников крепления вала определяют по радиальному люфту (испытанием). Внешним признаком значительного износа подшипников стартера в собранном состоянии является усложненное его проворачивание. После обнаружения и устранения перечисленных неисправностей стартер собирают и регулируют.

Регулировка стартера. При включении стартера привод должен перемещаться по резьбе вала якоря без заеданий и возвращаться в исходное положение под действием возвратной пружины. Шестерня привода должна свободно от руки проворачиваться по часовой стрелке на валу якоря, а при обратном вращении должна вращаться вместе с валом якоря.

Осовой зазор якоря устанавливают с помощью регулировочных шайб, расположенных на шейке вала со стороны коллектора, он должен быть не более 0,7 мм.

Регулировка стартера состоит в согласовании моментов зацепления шестерни с зубцами маховика и замыкания силовых контактов тягового реле. Положение шестерни нормируется двумя установочными размерами – в начальном положении (размер «А») и в конечном положении шестерни на момент замыкания силовых контактов (вылет шестерни, размер «В»). Установочные размеры и способы их регулировки для стартеров разной конструкции показаны на рис. 2.149.

Нормированные значения установочных размеров в зависимости от типа стартера составляют: А=32-45,9 мм, В=1-4,9 мм. Для отдельных типов стартеров (СТ 221) регулирование привода не предусмотрено.

Момент замыкания силовых контактов тягового реле по установочному размеру «В» регистрируется с помощью контрольной лампочки. После замыкания силовых контактов происходит дальнейшее движение шестерни в пределах сжатия пружины контактного диска (расстояние до упорной шайбы).

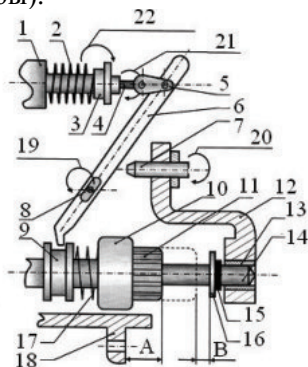


Рис. 2.149. Схема выполнения операций регулировки стартеров

установка А (СТ 130); 21 – установка В (СТ 130); 22 – установка В (СТ 230).

Возможные неисправности стартера, их причины и методы устранения приведены в табл. 2.39.

Таблица 2.39

Возможные неисправности стартера, их причины и методы устранения

Причина неисправности	Метод устранения
При включении стартера якорь не вращается, тяговое реле не срабатывает	
1. Неисправна или полностью разряжена аккумуляторная батарея	Зарядить батарею или заменить
2. Сильно окислены полюсные выводы аккумуляторной батареи и концевые провода; слабо затянуты концевые провода	Очистить полюсные выводы и концевые провода; смазать вазелином и затянуть

Причина неисправности	Метод устранения
3. Межвитковое замыкание в обмотке тягового реле стартера, замыкание ее на «массу» или обрыв	Заменить реле
4. Отсоединен наконечник провода от штекерного зажима включения тягового реле стартера с одной стороны и выключателя зажигания – с другой	Восстановить соединение
5. Неисправна контактная часть выключателя зажигания; не замыкаются контакты «30» и «2»	Заменить контактную часть выключателя зажигания
6. Заедание якоря тягового реле	Снять реле, проверить легкость перемещения якоря
При включении стартера якорь не вращается или вращается слишком медленно, тяговое реле стартера срабатывает	
1. Неисправна или разряжена аккумуляторная батарея	Зарядить батарею или заменить
2. Окислены полюсные выводы аккумуляторной батареи и наконечники проводов; слабо затянуты наконечники	Очистить полюсные выводы и наконечники проводов; смазать их техническим вазелином и затянуть
3. Окислены контактные болты тягового реле стартера	Зачистить контактные болты
4. Ослабли гайки крепления наконечников проводов на контактных болтах тягового реле стартера	Затянуть гайки
5. Подгорание коллектора, зависание щеток или их износ	Зачистить коллектор, заменить щетки
6. Обрыв в обмотке статора или якоря	Заменить катушки статора или якоря
7. Замыкание между пластинами коллектора, межвитковое замыкание в обмотках якоря или статора или их замыкание на «массу»	Заменить неисправные детали
8. Замыкание щеткодержателя «плюсовой» щетки на «массу»	Устранить замыкание или заменить крышку со стороны коллектора
При включении стартера якорь вращается, маховик не вращается	
1. Пробуксовка муфты свободного хода	Проверить стартер на стенде, заменить муфту
2. Поломка рычага выключения муфты или выскакивание его из оси	Заменить рычаг или установить на место его ось
3. Поломка поводкового кольца муфты или буферной пружины	Заменить муфту
Необычный шум стартера при вращении якоря	
1. Чрезмерный износ втулок подшипников или шеек вала якоря	Заменить изношенные детали
2. Ослабло крепление стартера или поломана его крышка со стороны привода	Подтянуть болты крепления или отремонтировать стартер
3. Стартер закреплен с перекосом	Проверить крепление стартера
4. Ослабло крепление полюса стартера (якорь задевает за полюс)	Затянуть винт крепления полюса
5. Повреждены зубья шестерни привода или венца маховика	Заменить неисправные детали

Причина неисправности	Метод устранения
6. Шестерня не выходит из зацепления с маховиком: - заедание рычага привода; - заедание обгонной муфты на шлицах вала якоря; - ослабли или поломаны пружины обгонной муфты или тягового реле стартера; - соскочило стопорное кольцо со ступицы обгонной муфты; - заедание якоря тягового реле стартера из-за перегрева;	Заменить рычаг. Очистить шлицы и смазать их моторным маслом. Заменить обгонную муфту или реле. Заменить поврежденные детали. Заменить реле.
- неисправна контактная часть выключателя зажигания; не размыкаются контакты «30» и «50»	Проверить правильность замыкания контактов при различных положениях ключа; неисправную контактную часть заменить

2.11.11. Диагностирование стартерных аккумуляторных батарей

На автомобиль устанавливаются различные типы аккумуляторных батарей, например, типа 6СТ-55 или 6СТ-55А3. Аккумуляторная батарея 6СТ-55А3, в отличие от батареи 6СТ-55, поставляется на завод залитая электролитом и полностью заряженная и в процессе эксплуатации не требует доливки дистиллированной воды.

Выходными диагностическими параметрами АКБ являются напряжение на ее клеммах под нагрузкой, стартовая мощность и разрядная емкость батареи. Для оценки технического состояния АКБ применяются различные методы диагностирования: внешний осмотр, измерение плотности и уровня электролита, измерение напряжения на банках аккумулятора, проведение контрольных разрядов, снятие разрядных характеристик. Перечисленные методы применяются в комплексе, уточняют и дополняют один другого.

Внешний осмотр позволяет обнаружить целый ряд неисправностей АКБ: окисление внешних выводов, трещины в мастике и крышках, сульфитацию и разрушение пластин, сниженный уровень электролита. При визуальном контроле во время заряда исправной АКБ должна наблюдаться одинаковая интенсивность газообразования во всех банках батареи. Если это не так, АКБ неисправна. Результаты внешнего осмотра и контроля заряда позволяют сделать качественную оценку состояния АКБ. Количественную оценку параметров производят аппаратными средствами. Состояние аккумуляторной батареи характеризуется степенью ее заряженности.

Измерение плотности электролита в банках АКБ контролируют с помощью денсиметра (ареометра) при температуре 15 °С. Такая проверка по-

зволяет непрямо оценить степень разряженности аккумуляторов (табл. 2.40).

Таблица 2.40

Нормативные значения плотности электролита

Климатическая зона эксплуатации	Пора года	Плотность номинальная, г/см ³	Разряженность, г/см ³	
			25%	50%
Холодные районы	Зимой	1,31	1,27	1,23
	Летом	1,27	1,23	1,19
Средняя полоса	На протяжении года	1,29	1,25	1,21
Южные районы	На протяжении года	1,25	1,21	1,17

Если при измерении плотности электролита его температура отличается от 15 °С, то в величину плотности необходимо внести поправки, связанные с изменением плотности электролита в зависимости от температуры.

При температуре электролита выше 15 °С поправку необходимо прибавлять к показаниям ареометра, а при температуре ниже 15 °С - вычитать. Плотность электролита в отдельных элементах исправной батареи не должна отличаться больше, чем на 0,01 г/см³.

При понижении уровня электролита доливают дистиллированную воду, так как она испаряется быстрее, чем кислота. Плотность электролита контролируют ареометром, помещенным в стеклянную трубку с резиновой грушей для всасывания электролита. Разница в плотности отдельных банок батареи не должна быть более 0,01 г/см³. Уменьшение плотности электролита на 0,01 г/см³ соответствует разряду аккумуляторной батареи примерно на 6%.

Возможные неисправности АКБ, их причины и методы устранения приведены в табл. 2.41.

Таблица 2.41

Возможные неисправности аккумуляторной батареи, их причины и методы устранения

Причина неисправности	Метод устранения
1. Проскальзывание ремня привода генератора	Отрегулировать натяжение ремня
2. Неисправен генератор	Проверить генератор
3. Повреждение изоляции в системе электрооборудования (сила тока разряда более 1 мА при отключенных потребителях)	Найти место утечки тока и устранить повреждение
4. Короткое замыкание между пластинами	Заменить батарею
5. Подключение новых потребителей сверх допустимых пределов	Отключить новые потребители электроэнергии
6. Чрезмерное загрязнение батареи	Очистить поверхность батарей
7. Уровень электролита ниже верхней кромки пластин	Восстановить нормальный уровень электролита

Причина неисправности	Метод устранения
8. Окисление выводных зажимов и наконечников проводов	Отсоединить наконечники проводов, очистить выводные зажимы и наконечники, смазать их техническим вазелином и установить на место
9. Недостаточно плотно затянуты наконечники проводов на выводных зажимах батареи	Затянуть болты крепления наконечников на выводных зажимах
Электролит на поверхности батареи	
1. Повышенный уровень электролита, приводящий к его выплескиванию	Установить нормальный уровень электролита
2. Просачивание электролита через трещины в корпусе	Заменить батарею
3. Кипение электролита вследствие очень высокого давления генератора	Проверить и при необходимости заменить регулятор напряжения
4. Кипение электролита и перегрев батареи из-за сульфитации пластин	Произвести заряд батареи малым током (не более 1 А), если кипение не прекратилось, заменить батарею
Батарея разряжена и плохо заряжается (резко повышается температура и обильно выделяются газы)	
Сульфитация пластин, которая происходит вследствие: - длительного воздействия батареи; - повышенной плотности; - пониженного уровня электролита; - систематической недозаряженности батареи	Если сульфитация незначительна, следует восстановить батарею. Для этого из разряженной батареи необходимо вылить электролит и залить новый плотностью 1,145 г/см ³ . После заливки электролита батарею зарядить током силой 2,5 А. К концу заряда плотность электролита довести до нормальной величины. При значительной сульфитации заменить батарею

По результатам измерения плотности АКБ автомобилей, разряженные более, чем на 25% зимой и на 50% летом, направляются на дозарядку. После заряда плотность электролита доводят до нормы доливкой дистиллированной воды или электролита плотностью 1,4 г/см³. Изменение плотности электролита является одним из основных показателей степени разряда аккумуляторной батарей.

Разряд исправной АКБ во время ее эксплуатации происходит вследствие нарушения зарядного баланса АКБ. При этом происходит глубокий разряд аккумуляторов, что может привести к необратимым процессам и разрушению АКБ.

Измеряется плотность с помощью специального прибора денсиметра (рис. 2.150, а) или плотномера КИ-13951 (рис. 2.150, б).

Денсиметр состоит из ареометра 3, помещенного в стеклянную пипетку 2, снабженную резиновой грушей 1 и пластмассовым наконечником 5. Ареометр имеет шкалу, проградуированную от 1,1 до 1,4 г/см³.

Плотномер предназначен для экспресс-оценки плотности электролита. В его прозрачном корпусе 6 находятся шесть цилиндрических поплавков 7

разной массы, рассчитанных на различные значения плотности: 1,19; 1,21; 1,23; 1,25; 1,27; 1,29 г/см³. Плотность электролита определяется по всплывшему поплавку с наибольшей массой.

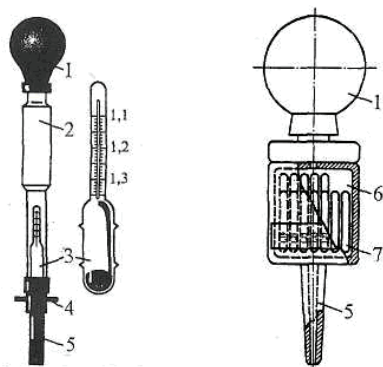


Рис. 2.150. Денсиметр (а) и плотномер КИ-13951 (б):

1 – резиновая груша; 2 – пипетка; 3 – ареометр; 4 – резиновая пробка; 5 – наконечник;
6 – прозрачный корпус; 7 – поплавок

ность электролита полностью заряженной и разряженной батареи, г/см³; $\rho_{изм}$ – измеренная плотность, г/см³.

По значениям плотности электролита γ можно непрямо определить величину электродвижущей силы (ЭДС), которая образуется каждой банкой батареи, по эмпирической формуле $E=0,84+\gamma$.

Если действительное напряжение АКБ, измеренное вольтметром, окажется ниже расчетного, это свидетельствует о неисправности АКБ (осыпание активной массы, коротко замкнутые пластины разной полярности).

В необслуживаемых АКБ на верхней крышке размещен встроенный ареометр индикаторного типа. Зеленый цвет индикатора свидетельствует о нормальном уровне электролита в банках батареи и о ее заряде выше 65%. Черный указывает на недозаряженность АКБ (ниже 65%) при нормальном уровне электролита в банках. Светлый – на низкий уровень электролита.

Измерение напряжения на банках АКБ под нагрузкой выполняют с помощью нагрузочной вилки. Напряжение на клеммах аккумуляторов заряженной батареи должно быть не меньше 1,8 В на протяжении 5 с процесса измерения. Для адекватной оценки состояния АКБ при таком диагностировании надо обеспечить определенное значение тока разряда (подобрать соответствующее сопротивление нагрузочной вилки). Разница напряжений на клеммах отдельных банок батареи не должна превышать 0,2 В. При большей разнице напряжений в эксплуатационных условиях происходит инверсный заряд отдельных банок и напряжение АКБ резко снижается.

Контрольный разряд АКБ производят с целью определения ее фактической емкости. Для этого полностью заряжают АКБ и разряжают ее током, составляющим 10% от номинальной емкости батареи. Разряд останавлива-

Полученное значение необходимо привести к значению плотности при 25 °С. Для этого на каждый градус разницы температур электролита вводится поправка 0,0007 г/см³. При температуре электролита выше 25 °С поправка прибавляется, а при температуре ниже 25 °С – вычитается.

Степень разряженности аккумуляторной батареи в процентах вычисляется по формуле

$$\Delta Q = \frac{\rho_{зар} - \rho_{изм}}{\rho_{зар} - \rho_{раз}} \cdot 100,$$

где $\rho_{зар}$, $\rho_{раз}$ – соответственно плот-

ют, когда на клеммах худшей банки напряжение снизится до 1,7 В (на всей АКБ до 10,2 В). По времени контрольного разряда судят о состоянии АКБ. Для исправных АКБ (имеющих емкость, близкую к номинальной) это время должно быть не меньше 7,5 час при плотности электролита $\gamma=1,29$ г/см³; 6,5 час при $\gamma=1,27$ г/см³; 5,5 час при $\gamma=1,25$ г/см³. Исправные АКБ после контрольного разряда заряжают и направляют в эксплуатацию или на хранение, а неисправные – в ремонт или на утилизацию.

Для точного определения фактической емкости АКБ производят двадцатичасовой их разряд (в соответствии со стандартом). Для этого заряженную АКБ номинальной емкости C_{20} разряжают стабильным током $I_p=C_{20}/20$, регистрируя при этом время разряда t_p (на момент снижения напряжения на банку до 1,7 В). Фактическая разрядная емкость АКБ по результатам измерений определяется по формуле $C=I_p t_p$.

Оперативное определение емкости и стартовой мощности АКБ при кратковременном разряде можно только при значительной ее нагрузке. При этом регистрируется динамика падения напряжения на клеммах АКБ. Для реализации таких методов экстренной диагностики используются микропроцессорные тестеры АКБ, которые базируются на мощных стабилизаторах тока с цифровыми измерителями текущих значений напряжения.

Уровень электролита должен быть на 10-15 мм выше предохранительного щитка, установленного над сепаратором. Для облегчения контроля уровня электролита заливные горловины батареи имеют специальные отверстия-тубусы, находящиеся ниже резьбового отверстия под пробки. Для определения уровня электролита в аккумуляторах вывернуть пробки заливных горловин.

Уровень электролита считается достаточным, если он касается нижнего торца тубуса горловины.

Если уровень электролита ниже указанного, то следует долить дистиллированную воду. Электролит необходимо доливать только в тех случаях, когда известно, что его уровень понизился в результате выплескивания.

Если уровень электролита выше нормы, его избыток можно уменьшить с помощью резиновой груши, так как чрезмерное количество электролита может привести к его выплескиванию и коррозии выводов и деталей крепления батареи.

Комплект аккумуляторщика Э-412 предназначен для обслуживания стартерных аккумуляторных батарей емкостью от 45 до 190 А·ч, плотностью электролита от 1,19 до 1,31 г/см³ и номинальным напряжением 12 В. Комплект переносного типа и состоит из аккумуляторного пробника Э-107, плотномера ПЭ-2 или ПЭ-1, полиэтиленовой емкости на 2,5 л, двух гаечных ключей, стеклянной трубки для определения уровня электролита, груши для отсоса электролита.

Комплект аккумуляторщика Э-412 предназначен для проведения следующих операций:

- измерение напряжения АКБ как без нагрузки, так и с нагрузкой;
- определение плотности электролита;
- корректировка уровня электролита;

- снятие наконечников проводов и выводов АКБ;
- установка и извлечение батареи из гнезда автомобиля.

Габаритные размеры 320×210×300 мм; масса – не более 6,5 кг.

Отечественные и зарубежные фирмы, например, «Автоэлектрика», BOSCH, АВЕСТА и др., выпускают целую гамму пускозарядных диагностических приборов, которые обеспечивают выполнение следующих операций:

- зарядку АКБ с автоматическим циклом заряда;
- поддержание работоспособности АКБ при хранении;
- контроль уровня заряда АКБ;
- контроль работоспособности генераторной установки, регулятора напряжения и стартера;
- запуск двигателя при разряженной АКБ.

У аналогичных приборов имеется возможность подключения принтера для документированной распечатки параметров АКБ при контроле.

Изготавливают батареи с плотностью электролита 1,26 г/см³ (при 25 °С). В табл. 2.42 приведена зависимость заряженности батареи от плотности электролита. Если температура электролита выше или ниже 15 °С, вводится соответствующая поправка, то есть плотность электролита приводится к его плотности при температуре +15 °С. При повышении температуры на каждые 15 °С плотность уменьшается приблизительно на 0,01 г/см³, а при понижении на каждые 15 °С – увеличивается на 0,01 г/см³. Далее приведены поправки к показаниям денсиметра при соответствующей температуре:

- температура, °С	45	30	15	0	-15	-30	-45
- поправка, г/см ³	+0,02	+0,01	0	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04

Таблица 2.42

Зависимость заряженности батареи от плотности электролита

Состояние батареи	Плотность, г/см ³				
Полностью заряжена	1,30	1,28	1,26	1,24	1,22
Разряжена на 25%	1,26	1,24	1,22	1,20	1,18
Разряжена на 50%	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14

При установке новых аккумуляторных батарей надо иметь в виду, что выпускаемые батареи могут быть сухозаряженные, в которые при вводе в эксплуатацию необходимо будет только залить электролит, и не заряженные, которые после заливки электролита требуют проведения цикла зарядки.

2.11.12. Диагностирование автомобильных генераторов

Автомобильные генераторы диагностируют несколькими методами. Выбор метода диагностирования определяется условиями проведения диагностических операций, наличием диагностического оборудования и глубиной локализации неисправности.

Постановка диагноза о состоянии генератора может осуществляться по выходным диагностическим параметрам. В этом случае генератор диагностируют в собранном рабочем состоянии. Как привод вращения при этом может использоваться двигатель автомобиля (бортовая диагностика) или электродвигатель диагностического стенда (агрегатная диагностика).

Диагностирование генератора в сборе выполняют на испытательных стендах, обеспечивающих (имитирующих) режимы и условия борта автомобиля. Обмотка возбуждения подключается к постоянному напряжению U_{AKB} с контролем тока через нее. Электропривод стенда обеспечивает необходимую частоту вращения ротора генератора (контролируется тахометром). Напряжение, вырабатываемое генератором U_G (выходной диагностический параметр), измеряется на оборотах холостого хода генератора $n_{ХХ}$ при отключенной нагрузке. Полученные значения сравнивают с паспортными данными.

Если напряжение, измеренное на режиме холостого хода, ниже паспортного значения или отсутствует – генератор неисправный. При удовлетворительном значении напряжения продолжают испытания на номинальном режиме. Для этого устанавливают номинальные обороты генератора $n_{НГ}$ и обеспечивают номинальный ток отдачи $I_{НГ}$ путем подключения реостатов нагрузки. Если напряжение, измеренное в номинальном режиме, ниже паспортного значения – генератор неисправен.

Поиск неисправностей электрических цепей (обрывы, замыкания) генератора в сборе осуществляют способом осциллографирования формы выходного напряжения на приводном стенде или безмоторным методом анализа круговых осциллограмм при последовательном проворачивании ротора генератора.

Возможные неисправности генератора, их причины и методы устранения приведены в табл. 2.43.

Таблица 2.43

**Возможные неисправности генератора,
их причины и методы устранения**

Причина неисправности	Метод устранения
<i>При движении автомобиля стрелка вольтметра комбинации приборов выходит за пределы белой зоны шкалы</i>	
1. Обрыв в цепи питания обмотки возбуждения	Восстановить соединение
2. Поврежден регулятор напряжения генератора	Заменить регулятор
3. Износ или зависание щеток генератора, окисление контактных колеи	Заменить щеткодержатель со щетками; протереть кольца тряпкой, смоченной в бензине
4. Обрыв или короткое замыкание на «массу» обмотки возбуждения ротора генератора	Заменить ротор
5. Короткое замыкание одного или нескольких положительных вентилях выпрямительного блока генератора	Заменить выпрямительный блок генератора
6. Обрыв на одном или нескольких вентилях выпрямительного блока генератора	Заменить выпрямительный блок генератора

Причина неисправности	Метод устранения
7. Обрыв или межвитковое замыкание в обмотке статора	Заменить статор
Генератор работает, аккумуляторная батарея слабо заряжается	
1. Слабое натяжение ремня: проскальзывание при высокой частоте вращения и при работе генератора под нагрузкой	Отрегулировать натяжение ремня
2. Ослаблено крепление наконечников проводов на генераторе и аккумуляторной батарее, окислены выводы аккумуляторной батареи, повреждены провода	Очистить выводы батареи от оксидов, затянуть выводы, заменить поврежденные провода
3. Неисправна аккумуляторная батарея	Заменить батарею
4. Поврежден регулятор напряжения	Заменить регулятор напряжения
Аккумуляторная батарея перезаряжается	
1. Неисправен регулятор напряжения	Заменить регулятор напряжения
2. Неисправна аккумуляторная батарея	Заменить батарею
Повышенная шумность генератора	
1. Ослаблена гайка шкива генератора	Подтянуть гайку
2. Повреждены шарикоподшипники генератора	Заменить шарикоподшипники
3. Межвитковое замыкание обмотки статора («вой» генератора)	Заменить статор
4. Скрип щеток	Протереть щетки и контактные кольца хлопчатобумажной салфеткой, смоченной в бензине

Конструкция большинства типов генераторов позволяет проверять состояние вентиля выпрямителя с помощью омметра, не разбирая генератора (через отверстия в задней крышке).

Во время проведения ТО-2 диагностирование генераторов выполняют при их частичной разборке. При этом проверяется состояние щеточного узла и контактных колец. Щетки должны свободно перемещаться в щеткодержателях. Допускается износ щеток до высоты не менее 8 мм. Нормативные значения давления щетки на кольцо указываются в технических характеристиках генератора и проверяются следующим образом. Извлекают из конструкции генератора блок щеткодержателя, вынимают из него одну щетку, а другой нажимают на весы таким образом, чтобы она выступала над уровнем держателя на 2 мм. Давление, регистрируемое при этом весами, составляет 140-440 гс в зависимости от типа генератора.

Обрывы и замыкания обмоток генератора на корпус выявляют с помощью пробника или омметра. Состояние обмотки возбуждения определяют путем измерения ее сопротивления и сравнения полученных значений с паспортными данными. Для разных типов генераторов сопротивление обмоток возбуждения составляет 2,7-16 Ом. Витки якорных обмоток, которые замкнуты между собой, выявляют с помощью дефектоскопов типа ПДО-1 при полном отключении выводов обмоток от внешних цепей (выпрямителя).

Проверка вентиля выпрямителя заключается в измерении их элек-

трического сопротивления в прямом и обратном направлениях с помощью омметра или пробника без извлечения их из моноблока радиатора.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют прямые и косвенные методы контроля электрооборудования двигателей?
2. Рассказать о составе общего электрооборудования двигателей и автомобилей.
3. Приведите классификацию видов и средств диагностирования общих цепей электрооборудования двигателей автомобилей.
4. Как контролируют цепь зарядки АКБ?
5. Какие основные неисправности систем электропитания двигателя и их диагностические параметры.
6. Какие признаки качественной оценки технического состояния двигателя органами чувств по изменению функциональных параметров?
7. Какие типовые неисправности катушек зажигания?
8. Как можно проверить исправность катушки зажигания на автомобиле?
9. Приведите внешние признаки, по которым можно оценить техническое состояние свечей зажигания двигателя.
10. Перечислите основные неисправности системы зажигания двигателя.
11. Какие диагностические параметры оценки технического состояния стартера?
12. Какие применяются методы диагностирования генераторов?
13. Какие неисправности АКБ можно выявить при внешнем осмотре?

Литература

1. Максименко А. Н. Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин [Текст]: учеб. пособие / А. Н. Максименко, Г. А. Антипенко, Г. С. Лягушев. – СПб.: БХВ–Петербург, 2008. – 302 с.
2. Малкин В. С. Техническая эксплуатация автомобилей: теоретические и практические аспекты [Текст]: учеб. пособие / В. С. Малкин. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 288 с.
3. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей [Текст]: справ. пособие в 6 т. Т. 3. Методы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 548 с.
4. Беднарский В. В. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей [Текст]: учебник / В. В. Беднарский. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 456 с.
5. Зенкін Є. Ю. Розробка методу прискореного діагностування автомобільних дизелів з акумуляторними системами паливоподачі [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.22.20 / Є. Ю. Зенкін. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 180 с.
6. Шмаков А. Г. Техническое состояние автомобилей [Текст]: монография / А. Г. Шмаков. – Челябинск: ЧВВАКиУ, 2006. – 208 с.
7. Губертус Гюнтер. Диагностика дизельных двигателей. [Текст] / Гюнтер Губертус: пер. с нем. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.
8. Гребенников А. С. Диагностирование автотракторных двигателей динамическими методами [Текст] / А. С. Гребенников. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2002. – 196 с.
9. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей [Текст]: справ. пособие в 6 т. Т. 5. Средства диагностирования (книга 2) / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 460 с.
10. Пойда А. М. Технічна експлуатація автомобілів з мікропроцесорними системами керування [Текст]: лабор. практикум / А. М. Пойда. – Х.: ХНАДУ, - 2012. – 172 с.
11. Слон Ю. М. Автомеханик [Текст]: учеб. пособие / Ю. М. Слон. – 3-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 305 с.
12. Мигаль В. Д. Средства информационных систем автомобиля [Текст]: справ. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 444 с.
13. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей [Текст]: справ. пособие в 6 т. Т. 4. Средства диагностирования (книга 1) / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 596 с.
14. Жерновий А. С. Вибір діагностичних параметрів для експрес-діагностування дизелів [Текст] / А. С. Жерновий, О. Д. Климпуш // Вісник нац. транспортного ун-ту. Вип. 25. – К.: НТУ, 2012. – С. 175-178.
15. Говорущенко Н. Я. Техническая кибернетика транспорта [Текст]: учеб. пособие / Н. Я. Говорущенко, В. Н. Варфоломеев. – Х.: ХГАДТУ, 2001. – 271 с.
16. Загальні принципи діагностування електронних систем керування автомобіля [Текст]: навч. посібник / О. Ф. Дашенко, В. Г. Максимов, О. Д. Ніцевич та ін.: за ред. М. Б. Копитчука. – О.: Наука і техніка, 2012. – 392 с.

17. Наглюк І. С. Концепція оцінки властивостей моторної та трансмісійної оливи транспортних машин за енергетичними параметрами [Текст]: дис. доктора техн. наук: 05.22.20 / І. С. Наглюк. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 295 с.
18. Барвинов В. И. Техническое диагностирование и неразрушающий контроль деталей и узлов локомотивов [Текст]: учеб. пособие / В. М. Барвинов, Е. Ю. Доронин, И. П. Зенин. – М., 2008. – 332 с.
19. Марков В. А. Токсичность отработавших газов дизелей [Текст]: / В. А. Марков, Р. М. Башкиров, И. И. Габитов. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 376 с.
20. Кульчинский А. С. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей [Текст]: учеб. пособие / А. С. Кульчинский. – М.: Академический проект, 2004. – 400 с.
21. Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт [Текст]: навч. посібник / Ю. Ф. Гутаревич, Д. В. Зеркалов, А. Г. Говорун. К.: Арістей, 2006. – 262 с.
22. Сарабаев В. И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Механизация и экологическая безопасность производственных процессов [Текст] / В. Н. Сарабаев, С. С. Селиванов, В. Н. Конопчев, Ю. Н. Демин. – 3-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 380 с..
23. Системы управления дизельным двигателем. [Текст] / Пер. с нем. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 480 с.
24. Система контроля отработавших газов [Текст]: учеб. пособие / Т. 4. Изд-во «Тойота мотор корпорейшен», 1995. – 82 с.
25. Борщенко Я. А. Электронные и микропроцессорные системы автомобилей [Текст]: учеб. пособие / Я. А. Борщенко, В. И. Васильев. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2007. – 207 с.
26. Ерохов В. И. Системы впрыска бензиновых двигателей. Конструкция, расчет, диагностика [Текст] : учебник / В. И. Ерохов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 551 с.
27. Электронный впрыск топлива [Текст]: учеб. пособие. Т. 5. ТОАМ – «Техническое обучение автомобильному мастерству». Этап 2. – TOYOTA SERVICE TRAINING, 2005. – 121 с.
28. Яковлев В. Ф. Диагностика электронных систем автомобиля [Текст]: учеб. пособие / В. Ф. Яковлев. – Самара: Самарский гос. техн. ун-т, 2009. – 122 с.
29. Чорний Г. П. Автоматизовані системи контролю літальних апаратів [Текст]: навч. посібник / Г. П. Чорний. – К.: НАУ, 2008. – 160 с.
30. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей [Текст]: учеб. пособие / В. М. Власов, С. В. Жалказиев, С. М. Круглов и др.: под ред. В. М. Власова. – 4-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 480 с.
31. Головобородько О. О. Мехатронні системи автомобільного транспорту [Текст]: навч. посібник / О. О. Головобородько, В. В. Редчиць, О. М. Коробочка. – Х.: ТОВ «Компанія СМІТ», - 2006. – 300 с.
32. Конструкция автомобиля – Том IV. Электрооборудование. Системы диагностики [Текст]: учебник / С. В. Акимов, В. И. Набоких,

Ю. П. Чижиков: под ред. А. Л. Карунина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 480 с.

33. Постолювський В. Методика для діагноста [Текст] / В. Постолювський // Автомобілі і сервіс. - № 12. – 2006. – С. 54-57.

34. Зенкін Е. Ю. Аналіз технічного стану топливної апаратури на основі коливань тиску палива в гідроаккумуляторі [Текст] / Е. Ю. Зенкін // Двигатели внутреннего сгорания. Научно-технический журнал. Х.: НТУ «ХПИ». № 1. – 2009. – С. 144-147.

35. Врублевський О. М. Обґрунтування методики діагностування компонентів паливної апаратури двигуна з примусовим запалюванням [Текст] / О. М. Врублевський, Е. Ю. Зенкін, О. В. Денісов, М. П. Булгаков // Вісник СевНТУ: Зб. наук. праць. Вип. 134/2012. Серія «Машиноприладобудування та транспорт» - Севастополь, 2012. – С. 109-112.

36. Туревський Н. С. Технічне обслуговування автомобілів: Книга 1. Техніка обслуговування і текущий ремонт автомобілів [Текст]: учеб. пособие / Н. С. Туревський. – М.: ИД «ФОРУМ»-ИНФРА-М, 2007. – 432 с.

37. Поиcк неиcправностей в cистемі вприску Common Rail [Текст] / Автостроение за рубежом. - № 4. – 2007. – С. 5-9.

38. Поиcк неиcправностей в двигателі FW FSI [Текст] / Автостроение за рубежом. - № 5. – 2008. – С. 9-12.

39. Бороденко Ю. М. Діагностика електрообладнання автомобілів [Текст]: навч. посібник / Ю. М. Бороденко, О. А. Дзюбенко, О. М. Биков. – Х.: ХНАДУ, 2014. – 225 с.

40. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей [Текст]: учеб. пособие в 3 т. Т. 2. Неисправности, диагностические параметры и средства / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2014. – 401 с.

41. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей [Текст]: справ. пособие в 6 т. Т. 2. Диагностические параметры и признаки / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 342 с.

Предметный указатель

Common Rail 100, 101, 285, 331, 368

блок управления 23, 68, 104, 126, 127, 130, 132, 133, 134, 135, 136, 162, 167, 169, 170, 171, 187, 200, 201, 202, 209, 210, 211, 213, 214, 215, 216, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 235, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 259, 263, 264, 269, 271, 284, 286, 287, 291, 292, 293, 296, 297, 298, 301, 302, 303, 309, 310, 316, 317, 318, 319, 320, 336, 338, 340, 341, 345, 348, 349, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 368, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 390, 394, 415
блок цилиндров 28, 38, 39, 45, 46, 49, 50, 51, 57, 60, 113, 115, 273, 301, 367, 395, 408

газоанализатор 25, 79, 158, 159, 160, 167, 177, 179, 181, 182, 183, 184, 185, 192, 252, 272, 358, 379

герметичность 26, 27, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 42, 45, 46, 47, 50, 53, 54, 62, 65, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 84, 90, 91, 94, 95, 104, 108, 113, 114, 115, 116, 117, 141, 151, 155, 162, 176, 181, 210, 220, 221, 267, 305, 335, 383, 402, 403

гидроаккумулятор 92, 93, 103, 276, 277, 278, 309, 310, 312, 313, 336, 371, 372, 373, 374, 378, 379

датчик:

- BARO 334
- BE-178A 69
- СКР 332, 334, 345, 346, 362, 363
- CMP 332, 345, 362
- CPP 335
- ECT 118, 119, 334, 348, 361
- FRP 332
- FTS 334
- JMC 301
- IAT 118, 119, 334, 361
- INLS 334
- MAF 334, 348, 350, 361, 362
- MAP 334, 340
- MLH 300PSB01A 279, 351
- PST-F 279, 280, 351
- PSS-260, 279, 280, 352
- TPS 344, 361
- VSS 335, 345, 346, 362
- абсолютного давления 169, 192, 196, 206, 247, 248, 249, 269, 271, 362

- атмосферного давления 133, 135, 206, 260, 352

- BMT 68, 148, 216, 238, 256, 257, 259, 264, 269, 271, 300, 317, 318, 338, 344, 345, 368, 369, 371, 374

- воспламенения 286

- давления 101, 134, 148, 216, 248, 256, 276, 278, 279, 280, 281, 290, 294, 295, 296, 301, 303, 306, 308, 309, 311, 312, 314, 315, 316, 323, 339, 341, 343, 351, 352, 371, 377

- давления впрыска 302

- давления масла 152, 383, 414

- давления наддува 127, 134, 135, 238, 257, 260, 286, 287, 352, 357

- движения иглы форсунки 256, 257, 260, 312, 345, 353

- детонации 166, 244, 269, 271, 350, 361, 367

- ДСГ 371, 372, 373

- зажимной 300, 301, 323, 329

- индуктивный 68, 69, 273, 317, 340, 344, 346, 361, 362, 365, 366, 374

- кислорода (кислородный) 160, 161, 175, 176, 192, 193, 194, 205, 206, 207, 208, 211, 212, 244, 271, 273, 339, 341, 346, 366, 380, 381

- компьютерных систем 165

- момента впрыска 335

- накладного типа 60, 87, 95, 304, 305

- начала отсчета 271

- оборотов 206, 277, 361, 362

- положения дроссельной заслонки 192, 196, 206, 212, 225, 244, 245, 246, 247, 248, 269, 271, 272, 273, 341, 342, 343, 344, 361

- положения коленчатого вала 55, 67, 68, 100, 174, 192, 205, 218, 220, 247, 248, 271, 289, 290, 331, 342, 345, 363, 367, 374, 376, 405

- положения педали подачи топлива (акселератора) 238, 256, 286, 287, 301, 302, 316, 317, 336, 352, 354, 361, 372, 374, 375

- положения поршня 69

- положения распределительного вала 52, 68, 100, 192, 238, 247, 272, 276, 277, 289, 290, 301, 302, 345, 362, 371, 374

- положения рейки насос-форсунок 286
- потока 165, 348, 350

- пульсаций давления 45, 54, 55, 307, 308

- разности давлений 244

- разрежения 274, 275

- распределителя 265, 266, 267

- расхода воздуха 25, 126, 127, 167, 169, 170, 192, 232, 234, 240, 244, 253, 271, 272, 273, 279, 301, 302, 318, 319, 340, 348, 350, 351

- регулятора 52, 169, 256, 333

- с коленчатого-рычажным замком 301

- синхронизации 244, 349

- состава отработавших газов 301, 302

- скорости автомобиля 204, 238, 247, 248, 342, 345, 362

- температуры 79, 110, 111, 112, 132, 169, 240, 241, 244, 256, 259, 260, 271, 309, 331, 332, 338, 348, 369, 380

- температуры всасываемого воздуха 118, 126, 127, 165, 192, 196, 206, 238, 244, 248, 258, 271, 272, 286, 287, 301, 302, 337, 338, 341, 342, 361

- температуры отработавших газов 380

- температуры охлаждающей жидкости 24, 117, 118, 165, 167, 187, 192, 205, 210, 211, 238, 241, 247, 248, 250, 256, 268, 269, 271, 272, 286, 287, 301, 302, 337, 338, 340, 341, 342, 348, 361, 383

- топлива 55, 126, 127

- угла поворота приводного вала ТНВД 263

- уровня топлива 383, 385

- фазы 244, 271, 276

- Холла 56, 68, 265, 267, 277, 317, 318, 340, 362, 369, 374, 390

- частоты вращения коленчатого вала 244, 253, 269, 271, 286, 287, 302, 317, 340, 344, 346

датчик-винт 274

двуокись углерода 162, 163, 166, 176, 179, 181

денсиметр 114, 426, 428, 429, 431

диагностика:

- VAG 226

- агрегатная 432

- блоков управления 201, 341, 345

- бортовая 159, 161, 182, 188, 189, 212, 223, 241, 432

- в системах OBD-II 191, 201, 357, 358

- двигателя 155, 159, 237, 274, 325, 398

- дизелей 95

- запаса топлива 263

- карбюраторов 76

- системы впрыска 372

- системы питания 74

- системы управления двигателем (СУД) 252, 275, 331, 333, 335, 336, 338, 358, 362

- состояния масла 154

- техническая 13, 120

- форсунок 101, 108

- электронная 100

- электронных систем 189, 236, 413

диагностирование 13, 15, 27, 31, 40, 65:

- аккумуляторных батарей 426

- аккумуляторных систем 329

- АСТП 243

- в автоматизированном режиме 331

- внешними средствами 269

- газораспределительного механизма 27, 39, 54, 64

- генераторов 431, 432, 433

- герметичности 42, 50, 80

- двигателя 24, 228, 358

- дизелей 119

- клапанов 301

- кривошипно-шатунного механизма 27, 39, 45

- микропроцессорных систем 187, 330

- неисправностей 23

- непрерывное 15

- общее 32

- отдельных цилиндров 123

- по индикаторным показателям 142

- по продуктам износа 155

- по составу ОГ 158, 159, 180

- по структурным параметрам 418

- по таблицам неисправностей 254

- по температурным потенциалам 419

- по функциональным параметрам 254

- поэлементное 32, 136

- пропусков сгорания 189

- процессов 58, 288

- регулятора давления топлива 276

- свечей зажигания 29

- систем зажигания 407

- систем питания 73, 74, 78, 80

- систем пуска 79, 410

- систем управления 189, 275

- системы впрыска 215

- системы охлаждения 109

- системы смазки 151

- стартеров 421, 422

- техническое 13, 15

- топливной аппаратуры 84

- топливной системы 95, 96, 301, 372

- топливного насоса 276, 278
- углубленное 38
- форсунок 54, 276, 307, 309, 310
- фильтров 80
- цилиндропоршневой группы 39, 47, 54
- через CAN шину 292
- экспресс 15
- электронных блоков 415, 416, 417, 419
- электронных систем 187, 272, 330
- электрооборудования 381, 412

диагностическая карта 203, 204, 205, 207, 208, 214, 215, 216, 217, 218, 220, 223, 224, 225, 420

дымность 35, 36, 37, 91, 94, 121, 123, 124, 125, 127, 130, 131, 132, 170, 171, 308

дымомер 123, 124, 125, 126, 129, 158, 240, 308, 320

жиклер 22, 27, 28, 76, 77, 78, 83, 90, 136, 141, 147, 169, 177, 305

индикатор 26, 51, 81, 82, 114, 116, 146, 152, 153, 162, 174, 176, 179, 180, 181, 188, 190, 196, 197, 198, 202, 203, 212, 227, 232, 299, 330, 382, 429

индикаторные показатели:

- давление 143, 146, 149
- КПД 142, 143, 144, 146, 147
- мощность 142, 143, 145, 146, 149, 288
- расход топлива 142, 146

инициализация 201, 227, 292

искрообразование 26, 59, 175, 267, 273, 380, 394, 402, 403

коды ошибок 100, 188, 189, 190, 191, 193, 194, 195, 196, 197, 200, 201, 204, 205, 212, 227, 228, 253, 334, 335, 339, 341

колодка диагностики 213, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 271

компрессия 26, 40, 41, 42, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 55, 57, 61, 63, 86, 94, 131, 139, 147, 165, 176, 178, 193, 216, 221, 237, 238, 239, 259, 260, 261, 264, 305, 320, 321, 369, 409

компрессометр 41, 47, 48, 49

компрессограф 47, 48

коэффициент:

- запаса на пробой 407
- избытка воздуха 125, 143, 144, 145, 147, 165, 180, 358, 379, 380
- коррекции подачи топлива 196, 216, 342, 343, 344
- наполнения 143

- неравномерности угловой скорости 73

- поглощения 124, 125, 130, 170, 308, 309, 320

- полезного действия (КПД) 90, 138, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 287

- поправочный 340

- смещения 216

- сопротивления 380

- температурный 79, 240, 348

- теплового расширения 57

лампа «Check Engine» 187, 190, 203, 205, 206, 211, 212, 213, 214, 215, 218, 219, 220, 221, 222, 237, 243, 252, 255, 262

лампа MI 191, 192, 193, 194, 196, 202

максиметр 84, 94

матрица 23, 33, 34, 35, 38, 121, 122, 123, 243

метод(ы):

- бестормозной 136, 138, 140, 141
- бестормозной динамический 140
- вибрационный 97
- виброакустический 40, 41, 95
- виброударный 97
- выключения из работы цилиндров 40, 91, 138, 139, 140, 149, 150
- динамический 64, 65, 67, 72
- дифференциальный 139, 140
- инструментальные 40
- инфракрасного излучения 165
- исключения 216, 241
- магистрально-модульный 228
- органолептические 40
- очистки форсунок 102, 103, 105
- парциальный 139, 140
- плазменно-ионизационный 166
- пневмоконтроля 78
- проб и ошибок 317, 336
- разметки 299
- спектрального анализа 26, 154, 156
- стендовых испытаний 74
- стробоскопический 60, 413
- тормозной 136, 138, 140
- хемилюминесцентный 166
- ходовых испытаний 74

микропроцессор 60, 69, 94, 117, 187, 228, 269, 271, 339, 412

микропроцессорная система 117, 187, 269, 271, 273, 274, 330, 381

моментоскоп 86, 87

мотор-тестер 51, 52, 59, 69, 158, 184, 204, 223, 249, 267, 272, 273, 275, 276, 289, 290, 382, 390, 404, 420, 421

нагар 25, 26, 49, 57, 105, 220, 249
наддув 126, 127, 150, 132, 133, 134, 135, 136, 143, 145, 170, 238, 240, 257, 258, 260, 262, 286, 287, 321, 331, 333, 352, 357, 369

накись 110, 113, 115

насос-форсунка 52, 93, 100, 129, 131, 136, 139, 238, 259, 284, 285, 286, 287, 301, 303, 316, 317, 319, 320, 321, 322, 329, 357

натяжение 22, 24, 93, 113, 114, 115, 116, 322, 381, 386, 387, 402, 427, 433

негерметичность:

- блока цилиндров 49
- в насосе 28
- в соединениях 28
- воздухоподающего тракта 268
- впускного тракта 174
- выпускного клапана 79
- головки блока цилиндров 115
- дроссельного патрубка 174
- карбюратора 174
- клапанов 165
- магистрали 222
- поплавковой камеры 21
- системы выпуска 167, 176, 179, 253, 268, 269
- системы высокого давления 373
- системы охлаждения 110, 111, 112
- системы питания 82, 264
- топливопроводов 83, 222
- форсунок 165, 220, 268, 373, 379

нейтрализатор 24, 116, 159, 160, 161, 163, 164, 169, 174, 177, 179, 180, 182, 188, 189, 190, 192, 193, 196, 198, 202, 232, 244, 249, 272, 379, 394

номинальное значение параметра 19

окись углерода 24, 79, 158, 162, 165, 166, 168, 181

окислы азота 158, 166, 181, 347

остаточный ресурс 16, 18, 21, 284

отказоустойчивость 16

отработавшие газы 21, 24, 25, 27, 28, 40, 58, 74, 79, 84, 85, 90, 100, 105, 119, 121, 123, 124, 130, 158, 159, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 190, 209, 210, 234, 237, 244, 253, 256, 268, 275, 285, 286, 287, 301, 304, 320, 331, 346, 347, 358, 359, 376, 377, 379, 421

перегрев 24, 26, 27, 28, 35, 36, 37, 74, 114, 116, 118, 181, 232, 261, 383, 389, 395, 397, 415, 426, 428

пневмоклапан 173

подергивание 25

подтекание:

- масла 27, 28
- охлаждающей жидкости 27, 28, 110, 115, 116
- топлива 27, 28, 82, 83, 93, 304

потенциометр 245, 246, 247, 248, 249, 260, 316, 317, 336, 344, 348, 353, 371, 375, 376, 377

предельное значение параметра 20, 21

прибор:

- 885 AVL 53
- AVL Discan 863 258
- FSA-720/740/750 53
- SUN 53
- Time Trac 300
- АСКАН-8 217
- ДСО-2 115
- ДСТ-2М 215, 217, 218, 219, 220, 221, 223, 225, 226
- ИНС-1 53
- «Испытатель сжатия 855 AVL» 52
- К-69М 50
- К-436 75, 78, 79
- К-437 113
- КАД-304.40.000 95
- КИ-13956 152
- КИ-13956 152
- КИ-13967 74
- КИ-15706 91
- КИ-3333А 91
- КИ-4801 88, 89
- КИ-4887-1 44
- КИ-562 91
- КИ-1404 91
- КИ-16301А 95
- КИ-11140 413
- М 1-3 60
- М 1-249 53
- НИИАТ-527Б 75, 76
- НИИАТ-362 78
- спектральный 156
- Э-203 390
- Э-204 383, 385
- Э-214 390
- Э-236 390

провал 24, 25, 28, 54, 90, 103, 224, 278, 280, 281, 282, 324, 325

прогнозирование 16, 17, 18, 20

пьезоакселерометр 97, 98
пьезодатчик 87, 294
работоспособность (работоспособный)
 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 24, 33, 34,
 38, 39, 46, 60, 75, 84, 98, 102, 106, 113,
 117, 120, 121, 123, 152, 153, 154, 213,
 223, 242, 245, 246, 249, 272, 273, 304,
 306, 307, 329, 330, 369, 384, 386, 389,
 391, 416, 417, 431
разгон 24, 25, 66, 138, 140, 141, 170, 171,
 183, 184, 209, 268, 287, 308
разрежение 39, 40, 42, 45, 46, 74, 75, 80,
 81, 82, 85, 121, 133, 135, 170, 171, 172,
 173, 174, 175, 192, 274, 295, 306, 343,
 377, 402
раскачивание 25
раскоксовывание 103
расходомер 43, 44, 45, 74, 134, 169, 211,
 250, 256, 262, 263, 268, 336, 338, 339,
 340, 349, 372, 375, 376
расход:
 - антифриза 112
 - в линиях обратного слива 290, 294,
 295, 305, 329
 - воздуха 25, 36, 126, 127, 130, 167, 169,
 170, 171, 192, 196, 210, 232, 234, 240,
 244, 253, 257, 262, 263, 271, 272, 273,
 280, 288, 301, 302, 318, 319, 320, 331,
 337, 339, 340, 343, 348, 349, 350, 351,
 355, 358, 361, 369, 375, 376
 - выхлопных газов 35
 - горюче-смазочных материалов 39
 - жидкости 18, 109, 287
 - картерных газов 42, 44
 - масла 23, 24, 26, 35, 42, 46, 125, 126,
 128, 129, 134, 153, 154, 178
 - топлива 21, 24, 25, 26, 31, 34, 35, 36,
 37, 42, 58, 74, 84, 90, 92, 110, 115, 118,
 133, 141, 142, 143, 145, 146, 147, 154,
 158, 163, 165, 166, 168, 177, 178, 179,
 204, 210, 224, 247, 261, 285, 288, 294,
 297, 304, 307, 308, 309, 310, 329, 359,
 380, 389, 390, 392
резервирование 16
ретрейн 227
рециркуляция 100, 125, 126, 127, 130,
 134, 169, 170, 171, 172, 173, 181, 182,
 188, 189, 190, 192, 198, 234, 239, 244,
 257, 262, 263, 286, 287, 318, 320, 331,
 333, 337, 338, 342, 349, 352, 353, 355,
 357, 362, 372, 376, 377
рывок 24, 25, 136, 170, 172, 224, 256,
 257, 346, 353

самоконтроль 15, 17, 19, 190, 215, 230
скважность 134, 135, 136, 169, 171, 257,
 258, 261, 262, 263, 264, 298, 306, 313,
 314, 316, 320, 321, 332, 336, 337, 354,
 355, 357, 360, 361, 366, 373, 413, 416, 420
снижение мощности 17, 24, 139, 371,
 390, 392, 397
стандарт:
 - CAN 198
 - EOBD 189, 195, 243, 293
 - ISO 1941 190, 194
 - ISO 9141-2 195, 197, 198, 200, 201,
 236, 421
 - ISO 14230-4 195, 198
 - ISO 15031-3 197
 - J1979 190
 - J1962 194, 199
 - OBD-I 187, 188, 291
 - OBD-II 189, 190, 195, 197, 198, 201,
 204, 243
 - PWM 198, 199
 - SAE J1850 190, 194, 195, 197
 - SAE J1930 198
 - SAE J1962 198
 - SAE J1978 198
 - SAE J1979 198
 - SAE J2012 198
 - VPW 198, 199
 - ГОСТ 27518-87 13
 - ГОСТР 51709-2001 13
 - ГОСТ 27.302-89 13
 - ГОСТ 19919-74 13, 18
 - ДСТУ 2389-94 13, 14
стенд:
 - 532-2M 390
 - EPS 815 99, 296, 297
 - LAUNCH CNC-602A 108, 109
 - Pump Tester 101
 - B-13м 92
 - ДД10-04А 85
 - ДД10-05Э 85
 - динамометрический 181, 183, 184,
 185
 - Е-204 387
 - КИ-15711 85, 88, 297
 - КИ-1609 91
 - КИ-22205 89
 - КИ-3333 92
 - КИ-921МТ 89
 - М-106 91
 - с беговыми барабанами 74, 133, 138,
 325
 - СПЗ-16 393

- СТДА-1 85, 86
- Триумф-4М 108, 109
- тяговых качеств 42, 137
- Э-240 390
- стоп-кадр** 196, 197
- термистор** 118, 119, 240, 348
- термоклапан** 172, 173
- технический осмотр** 16
- турбокомпрессор** 126, 130, 132, 133, 134, 135, 136, 318, 349, 352, 353, 376
- турбонаддув** 128, 136, 242, 262, 286, 334, 352
- токсичность** 74, 158, 159, 161, 162, 165, 166, 182, 183, 191, 192, 197, 202, 214, 223, 224, 285, 293, 358, 359, 379, 380
- углеводороды** 21, 158, 162, 163, 164, 165, 166, 176, 193, 237, 347
- ультразвук(овой)** 98, 102, 104, 105, 106, 108, 109, 148
- установка SMC-2001** 106, 107
- холостой ход** 21, 25, 28, 29, 35, 36, 37, 46, 48, 54, 71, 73, 81, 82, 96, 101, 103, 111, 113, 118, 124, 125, 127, 128, 130, 131, 132, 141, 145, 152, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 175, 177, 178, 179, 181, 182, 185, 206, 209, 210, 212, 216, 224, 225, 238, 242, 244, 245, 246, 247, 250, 255, 256, 257, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 268, 269, 271, 273, 278, 228, 285, 286, 287, 291, 297, 298, 303, 306, 306, 308, 311, 316, 317, 319, 320, 325, 327, 329, 331, 335, 336, 337, 342, 344, 349, 353, 354, 357, 358, 362, 363, 365, 366, 368, 369, 371, 372, 377, 379, 380, 392, 398, 399, 400, 406, 415, 416, 422, 432
- электроклапан** 100, 173, 277

Учебное издание
Мигаль Василий Дмитриевич
ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
Учебное пособие

В 3-х томах

Том 3

Практические основы диагностирования

В авторской редакции
Технический редактор Жадан А. И.
Компьютерная верстка и дизайн обложки Жадан А. И.

Підписано до друку 08.08.2014. Формат 70х100/16.
Папір офсетний. Гарнітура Таймс. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 27,75. Наклад 300 прим. Зам. № 14-67.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 1002 від 31.07.2002 р.

Видання і друк ТОВ «Майдан»
61002, Харків, вул. Чернишевська, 59
Тел.: (057) 700-37-30

