

В. Д. Мигаль

**ТЕХНИЧЕСКАЯ
ДИАГНОСТИКА
АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ**

Том 2

**Неисправности, параметры
и средства диагностики**

*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. 2. Неисправности, параметры и средства диагностики / В. Д. Мигаль. – Харьков: Майдан, 2014. – 403 с.

ISBN 978-966-372-551-2.

ISBN 978-966-372-553-6 (т. 2)

Том 1. Объекты и методы диагностирования.

Том 2. Неисправности, параметры и средства диагностики.

Том 3. Практические основы диагностирования.

Представлены технические характеристики автомобильных двигателей, дан их сравнительный анализ. Описаны состав и технические параметры объектов диагностирования механических, гидро-, газо-, аэродинамических и микропроцессорных систем двигателя.

Рассмотрены возможные неисправности и отказы технических систем двигателей, их причины и методы устранения. Приведена классификация неисправностей по системам двигателей.

Описаны правила выбора диагностических параметров, взаимосвязь структурных и диагностических параметров. Функциональные и структурные диагностические параметры механических, гидро-, газо-, аэродинамических систем и электрические параметры микропроцессорных систем управления двигателем.

Рассмотрены средства контроля и диагностирования двигателей с электромеханической и микропроцессорной системами управления рабочими процессами. Описаны средства малой диагностики, назначение и применение газоанализаторов, дымомеров, средств контроля и диагностики электрооборудования ранних и последних моделей выпуска: мотор-тестеров, осциллографов, сканеров, мультиметров, вычислительно-измерительных комплексов и систем

Для преподавателей, аспирантов и студентов автомобильных факультетов и кафедр двигателей внутреннего сгорания, подготовки специалистов по диагностированию двигателей, инженерно-технических работников, занятых проектированием диагностического обеспечения, эксплуатацией, обслуживанием и ремонтом автомобильных двигателей.

УДК 629.33
ББК 30

ISBN 978-966-372-551-2.

ISBN 978-966-372-553-6 (т. 2)

© В. Д. Мигаль, 2014

Содержание

Предисловие	7
1. Технические характеристики автомобильных двигателей	11
1.1. Назначение, типы и технические требования к двигателям	11
1.2. Внешняя скоростная характеристика двигателя	15
1.3. Технические характеристики автомобильных двигателей.....	16
1.3.1. Оценка существующих и перспективных систем диагностики и контроля технического состояния двигателей	16
1.3.2. Двигатели грузовых автомобилей	18
1.3.3. Двигатели автобусов и микроавтобусов	32
1.3.4. Двигатели легковых автомобилей	39
Контрольные вопросы	61
2. Неисправности и отказы двигателей	62
2.1. Термины и понятия.....	62
2.1.1. Понятия «дефект» и «неисправность»	62
2.1.2. Классификация дефектов и неисправностей	65
Контрольные вопросы	66
2.2. Общая характеристика неисправностей и отказов автотракторных двигателей с электромеханической системой управления	67
2.2.1. Виды и причины неисправностей и отказы механических систем двигателей	67
2.2.2. Распределение неисправностей двигателей.....	70
2.2.3. Неисправности и отказы цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма	73
2.2.4. Основные неисправности системы питания карбюраторных двигателей с электромеханической системой управления	75
Контрольные вопросы	89
2.3. Неисправности систем топливоподачи бензиновых двигателей с электронной системой управления	90
2.3.1. Неисправности системы топливоподачи и впрыска топлива	90
2.3.2. Неисправности топливной системы и зажигания бензиновых двигателей с электронной системой управления.....	102
Контрольные вопросы	106
2.4. Неисправности систем смазки и охлаждения двигателя.....	106
Контрольные вопросы	111
2.5. Неисправности систем питания и топливной аппаратуры дизелей с электронным управлением	111
2.5.1. Неисправности системы питания дизелей и их причины	111
2.5.2. Причины уменьшения подачи топлива и снижения давления при впрыске.....	114
2.5.3. Неисправности гидравлической аккумуляторной аппаратуры	119
2.5.4. Причины и виды неисправностей форсунок	125
Контрольные вопросы	129
2.6. Неисправности двигателей, повышающие токсичность отработавших газов	129
2.6.1. Загрязняющие газообразные вещества, создаваемые двигателями автомобилей	129
2.6.2. Причины повышения токсичности отработавших газов.....	133
Контрольные вопросы	152

3. Диагностические параметры двигателя	153
3.1. Выбор диагностических параметров	153
3.1.1. Измеряемые диагностические параметры и их выбор	153
3.1.2. Виды и области применения диагностических параметров	159
3.1.3. Взаимосвязь структурных и диагностических параметров	166
3.1.4. Зависимости изменения диагностического параметра от наработки.....	168
Контрольные вопросы	172
3.2. Изменение структурных и функциональных параметров двигателей в эксплуатации	173
3.2.1. Основные функциональные параметры двигателей	173
3.2.2. Причины и виды изнашивания деталей	179
3.2.3. Основные структурные параметры ЦПГ, КШМ, ГРМ и системы подачи топлива	184
3.2.4. Причины неравномерности изменения структурных параметров ЦПГ	188
3.2.5. Причины неравномерного изменения структурных параметров КШМ и механизмов топливных систем.....	190
Контрольные вопросы	192
3.3. Диагностические параметры расхода топлива двигателя	193
3.3.1. Основные конструктивные и эксплуатационные параметры, влияющие на расход топлива	193
3.3.2. Влияние технического состояния и эксплуатационных условий на расход топлива.....	197
Контрольные вопросы	198
3.4. Диагностические параметры механических и газогидроаэродинамических систем двигателей	198
3.4.1. Основные диагностические параметры систем двигателей.....	198
3.4.2. Диагностические параметры электромеханических систем двигателя	203
3.4.3. Диагностические параметры ЦПГ	207
3.4.4. Диагностические параметры КШМ.....	211
3.4.5. Диагностические параметры подшипников скольжения валов	214
3.4.6. Диагностические параметры системы смазки	219
3.4.7. Диагностические параметры клапанных механизмов	220
Контрольные вопросы	226
3.5. Диагностические параметры электрических и электронных систем двигателя.....	226
3.5.1. Объекты диагностирования электрических и электронных систем двигателя	226
3.5.2. Диагностические параметры системы зажигания.....	229
3.5.3. Диагностические параметры систем и механизмов двигателей с электронной системой управления впрыском топлива	238
3.5.4. Диагностические параметры систем двигателя	242
Контрольные вопросы	248
3.6. Виброакустические диагностические параметры двигателей	248
3.6.1. Виброакустические диагностические параметры	248
3.6.1.1. Основные характеристики акустических процессов	249

3.6.1.2. Выбор параметров измерения и количественная оценка вибрации	253
3.6.1.3. Соотношения между единицами измерения вибрации	258
3.6.2. Причины и источники вибрации двигателя.....	261
3.6.2.1. Общая характеристика источников вибрации механического, гидрогазоаэродинамического и электрического происхождения.....	261
3.6.2.2. Частотные диапазоны вибраций, возбуждаемых двигателем внутреннего сгорания	268
3.6.2.3. Источники вибрации механического происхождения в КШМ и ЦПГ	269
3.6.2.4. Источники и частоты вибрации газодинамического происхождения	274
3.6.2.5. Вибрации, возбуждаемые топливной системой двигателя	277
3.6.2.6. Вибрационные диагностические признаки дефектов и неисправностей аэродинамического происхождения клапанов и лопаточных аппаратов	278
3.6.2.7. Источники вибрации гидродинамического происхождения.....	281
Контрольные вопросы	287
4. Средства контроля и диагностирования двигателей	288
4.1. Средства диагностирования механических и газогидроаэро- динамических систем двигателей	288
Контрольные вопросы	297
4.2. Средства контроля токсичности отработавших газов двигателей	297
4.2.1. Методы и оборудование для определения вредных веществ в отработавших газах.....	298
4.2.2. Газоанализаторы	301
4.2.3. Дымомеры и системы анализа вредных веществ в ОГ.....	310
Контрольные вопросы	319
4.3. Средства раннего выпуска для контроля и диагностирования электрооборудования двигателя	319
Контрольные вопросы	330
4.4. Современные средства контроля и диагностирования двигателей с микропроцессорными системами управления.....	330
4.4.1. Общая характеристика применяемых средств	330
4.4.2. Мотор-тестеры, имитаторы сигналов и тестеры исполнительных механизмов	334
4.4.3. Принципы работы типового мотор-тестера.....	339
4.4.4. Компьютерные мотор-тестеры.....	343
4.4.4.1. Общая характеристика мотор-тестеров.....	343
4.4.4.2. Типы выпускаемых тестеров	347
Контрольные вопросы	352
4.5. Средства углубленного поиска неисправностей	352
4.5.1. Простые средства диагностирования	352
4.5.2. Автомобильные осциллографы, мультиметры.....	354
4.5.3. Измерительно-вычислительные комплексы	357
Контрольные вопросы	364
4.6. Характеристики современных диагностических средств, выпускаемых разными фирмами.....	364

4.6.1. Системы контроля и диагностирования фирмы Bosch.....	364
4.6.2. Системы контроля и диагностирования фирмы SUN.....	370
4.6.3. Системы контроля и диагностирования фирмы Nextech	372
4.6.4. Системы контроля и диагностирования фирмы Теха.....	374
4.6.5. Системы контроля и диагностирования фирмы Autologic.....	375
4.6.6. Диагностический прибор Snooper.....	375
Контрольные вопросы.....	377
4.7. Автомобильные сканеры.....	377
4.7.1. Применяемость сканеров.....	377
4.7.2. Типы выпускаемых автомобильных сканеров и тестеров для диагностирования блоков управления.....	382
4.7.3. Международные стандарты применения сканеров.....	389
4.7.4. Достоинства и ограниченные возможности сканеров.....	392
Контрольные вопросы.....	394
Литература	395
Предметный указатель	398

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 предоставляются 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 сопротивлению 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. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

1.1. Назначение, типы и технические требования к двигателям

Двигатель автомобиля представляет собой совокупность механизмов и систем, преобразующих тепловую энергию сгорающего в его цилиндрах топлива в механическую.

На современных автомобилях наибольшее распространение получили поршневые двигатели внутреннего сгорания, в которых расширяющиеся при сгорании топлива газы воздействуют на движущиеся в их цилиндрах поршни.

Применяемые на автомобилях двигатели подразделяются на типы по различным признакам (рис. 1.1). [1]

Бензиновые двигатели работают на легком жидком топливе – бензине, который получают из нефти.

Дизельные двигатели работают на тяжелом жидком топливе – дизельном, получаемом также из нефти.

Из указанных двигателей наиболее мощными являются бензиновые, наиболее экономичными и экологичными – дизели, имеющие более высокий коэффициент полезного действия. Так, при равных условиях расход топлива у дизелей на 25-30% меньше, чем у бензиновых двигателей.

У двигателей с внешним смесеобразованием горячая смесь готовится вне цилиндров, в специальном приборе – карбюраторе (карбюраторные двигатели) или во впускном трубопроводе (двигатели с впрыском бензина) и поступает в цилиндры в готовом виде.

У двигателей с внутренним смесеобразованием (дизели, двигатели с непосредственным впрыском бензина) приготовление горючей смеси производится непосредственно в цилиндрах путем впрыска в них топлива.

В двигателях без наддува наполнение цилиндров осуществляется за счет вакуума, создаваемого в цилиндрах при движении поршней из верхнего крайнего положения в нижнее.

В двигателях с наддувом горячая смесь поступает в цилиндры под давлением, которое создается компрессором.

Принудительное воспламенение горючей смеси от электрической искры, возникающей в свечах зажигания, производится в бензиновых двигателях, а воспламенение от сжатия (самовоспламенение) – в дизелях.

У четырехтактных двигателей полный рабочий процесс (цикл) совершается за четыре такта (впуск, сжатие, рабочий ход, выпуск), которые последовательно повторяются при работе двигателей.

Рядные двигатели имеют цилиндры, расположенные в один ряд вертикально или под углом 20-40° к вертикали.

V-образные двигатели имеют два ряда цилиндров, расположенных под углами 60, 75° и чаще 90°. V-образный двигатель с углом 180° между рядами цилиндров называется оппозитным.

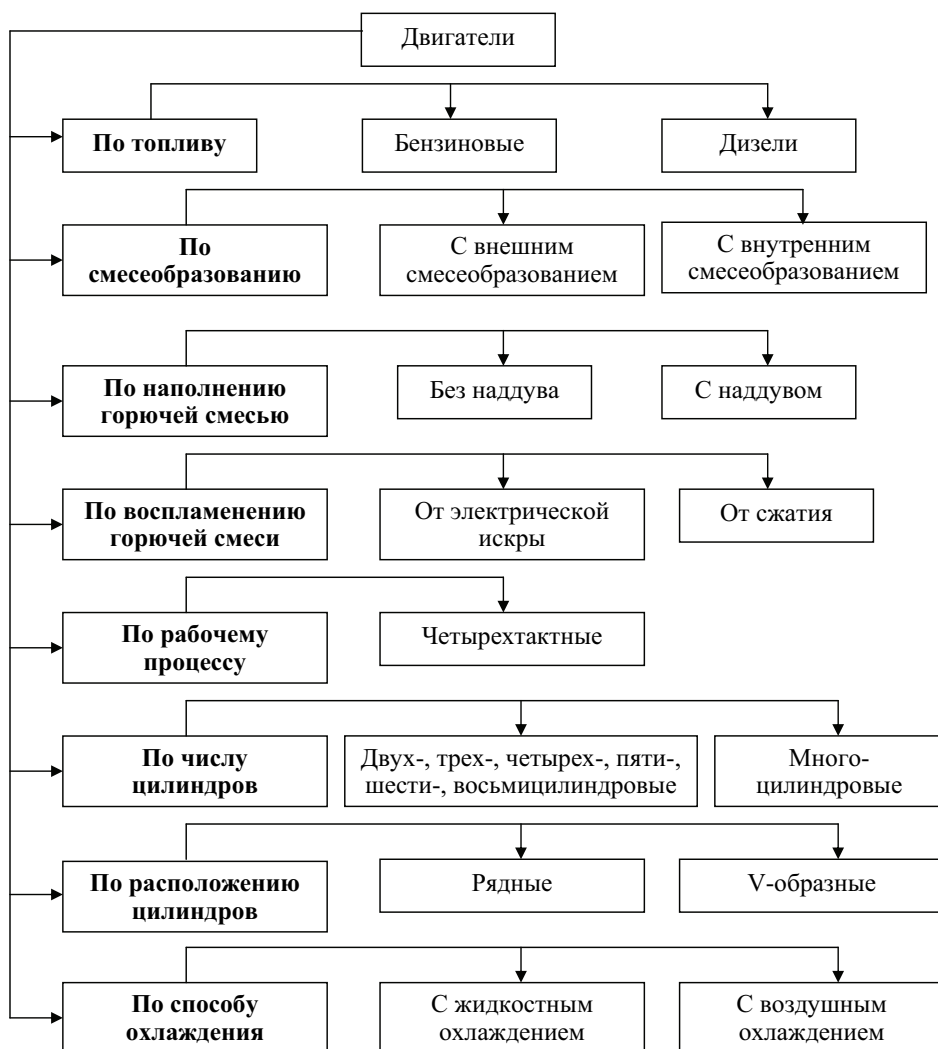


Рис. 1.1. Основные типы автомобильных двигателей, классифицированных по различным признакам

Двух-, трех-, четырех- и пятицилиндровые двигатели выполняются обычно рядными, а шести-, восьми- и многоцилиндровые – V-образными.

В двигателях с жидкостным охлаждением в качестве охлаждающего вещества используют антифризы (низкозамерзающие жидкости), температура замерзания которых -40°C и ниже.

В двигателях с воздушным охлаждением охлаждающим веществом является воздух.

Большинство двигателей имеет жидкостное охлаждение, так как оно наиболее эффективное.

Основными эксплуатационными свойствами двигателя являются: внешняя скоростная характеристика, топливная экономичность, экологичность и безопасность, управляемость, уровень диагностического обеспечения, надежность, ресурс и ремонтпригодность. Эти свойства двигателей во многом определяют эксплуатационные качества автомобилей.

В условиях эксплуатации режимы работы автомобильного двигателя определяются многими факторами, которые зависят от конструктивных особенностей автомобиля, дорожных, климатических и транспортных условий. Под действием этих факторов мощность двигателя, необходимая для движения автомобиля, изменяется в широких пределах. Из теории автомобиля известно, что необходимая для движения автомобиля тяговая мощность N_T на ведущих колесах без учета буксования определяется как сумма мощностей сопротивлений качению N_K , подъему N_P , воздуху N_W и разгону N_i .

В конструкции дизелей применяются как разделенные камеры сгорания (предкамерные/вихрекамерные дизели), так и неразделенные (дизели с непосредственным впрыском топлива).

Поскольку дизели с непосредственным впрыском (DI – direct injection) топлива имеют лучшие эффективные показатели, в том числе меньший расход топлива, они устанавливаются на все коммерческие автомобили и грузовики. С другой стороны, поскольку предкамерные дизели (IDI – indirect injection) являемся менее шумными, они являются предпочтительными для легковых автомобилей, где одним из приоритетов считается комфорт водителя. Более того, токсичность ОГ предкамерных дизелей (CH и NO_x) и стоимость их производства меньше, чем у дизелей с непосредственным впрыском топлива. Тем не менее, из-за более высокого эксплуатационного расхода топлива предкамерные дизели проигрывают дизелям с непосредственным впрыском топлива, при этом топливная экономичность обоих типов дизелей выше, чем у бензиновых двигателей, особенно на режимах частичных нагрузок.

Дизели хорошо приспособлены для использования турбонаддува, который не только увеличивает мощность двигателя и повышает топливную экономичность, но также снижает токсичность ОГ. Кроме того, дизели могут работать на альтернативном топливе, например, на спирте и рапсовом масле, однако при этом потребуются соответствующая перерегулировка топливной аппаратуры.

Дизели характеризуются низким эксплуатационным расходом топлива, низким уровнем токсичности ОГ, высоким ресурсом и относительно низкими требованиями для технического обслуживания. Эти факторы делают дизели идеальными для широкого применения:

- силовые установки дизель-генераторов (цилиндровой мощностью до 10 кВт/цилиндр);
- быстроходные двигатели для легковых и грузовых автомобилей (цилиндровой мощностью до 37 кВт/цилиндр);

- двигатели для строительных, сельскохозяйственных машин и машин лесозаготовительной промышленности (цилиндровой мощностью до 50 кВт/цилиндр);
- двигатели для тяжелых грузовиков, автобусов и тракторов (цилиндровой мощностью до 80 кВт/цилиндр);
- стационарные двигатели, используемые, например, в составе резервных дизель-генераторных установок (цилиндровой мощностью до 160 кВт/цилиндр);
- тепловозные и судовые двигатели (цилиндровой мощностью до 1000 кВт/цилиндр).

К современным двигателям предъявляют жесткие требования по эмиссии вредных веществ с ОГ и шумности. Это привело к высоким требованиям, предъявляемым к дизельным топливным системам и к их управлению:

- высокое давление впрыска;
- формирование требуемой характеристики впрыска;
- регулирование угла опережения впрыска;
- предварительный впрыск топлива (двухфазный впрыск);
- адаптация количества впрыскиваемого топлива (цикловой подачи), давления наддува и угла опережения впрыска к данному рабочему режиму;
- величина пусковой подачи в зависимости от температуры охлаждающей жидкости двигателя и окружающей среды;
- регулирование минимальной частоты вращения холостого хода;
- круиз-контроль;
- управление с обратной связью рециркуляции ОГ;
- жесткие допуски для цикловой подачи и угла опережения впрыска вместе с высокой точностью, которая должна поддерживаться в течение всего срока службы автомобиля.

Токсичность ОГ дизелей. При сгорании дизельного топлива образуется широкий спектр продуктов сгорания, которые зависят от конструкции двигателя, его мощности и рабочей нагрузки. Образование токсичных компонентов в значительной степени может быть лимитировано обеспечением полного сгорания топлива, что, в свою очередь, обеспечивается требуемым составом топливовоздушной смеси, точным дозированием цикловой подачи и оптимальной газодинамической структурой (турбулентный вихрь). Основными продуктами реакций горения являются вода (H_2O) и безвредный диоксид углерода (CO_2), а также далее перечисленные компоненты в относительно низких концентрациях:

- оксид углерода (CO);
- несгоревшие углеводороды (CH);
- оксид азота (NO_x);
- диоксид серы (SO_2) и серная кислота (H_2SO_4);
- частицы сажи.

На холодном двигателе в ОГ находятся такие составляющие, как отличающиеся сильным запахом альдегиды и неокисленные или только частично окисленные углеводороды в форме капель, которые покидают выпускную трубу в виде белого или черного дыма.

Снижение расхода топлива и эмиссии токсичных компонентов с ОГ может быть достигнуто точным выбором угла опережения впрыска, прецизионными форсунками и установкой такого ТНВД, которые будут обеспечивать точное дозирование подачи топлива. Дальнейшее снижение этих основных показателей ДВС может быть достигнуто посредством модифицирования камер сгорания, более точной геометрией факелов впрыскиваемого топлива и повышением давления впрыска.

1.2. Внешняя скоростная характеристика двигателя

Внешней скоростной характеристикой двигателя называется зависимость эффективной мощности N_e и крутящего момента M_e от частоты вращения коленчатого вала при полной подаче топлива.

Эффективной называется мощность, развиваемая на коленчатом валу двигателя.

Внешняя скоростная характеристика определяет возможности двигателя и характеризует его работу. По внешней скоростной характеристике определяют техническое состояние двигателя. Она позволяет сравнивать различные типы двигателей и судить о совершенстве новых двигателей.

На внешней скоростной характеристике (рис. 1.2 [1]) выделяют следующие точки, определяющие характерные режимы работы двигателя:

N_{max} – максимальная (номинальная) мощность;

n_N – частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности;

M_{max} – максимальный крутящий момент;

n_M – частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте;

n_{min} – минимальная частота вращения коленчатого вала, при которой двигатель работает устойчиво при полной подаче топлива;

n_{max} – максимальная частота вращения.

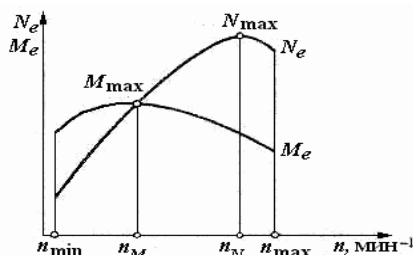


Рис. 1.2. Внешняя скоростная характеристика двигателя

Из характеристики видно, что двигатель развивает максимальный момент при меньшей частоте вращения, чем максимальная мощность. Это необходимо для автоматического приспособления двигателя к возрастающему сопротивлению движения. Например, автомобиль движется по горизонтальной дороге при максимальной мощности двигателя и начинает преодолевать подъем. Сопротивление дороги возрастает, скорость автомобиля и частота вращения коленчатого вала уменьшаются, а крутящий момент увеличивается, обеспечивая возрастание тяговой силы на ведущих колесах автомобиля. Чем больше увеличение крутящего момента при уменьшении частоты вращения, тем выше приспособляемость двигателя и тем меньше вероятность его остановки.

Для бензиновых двигателей увеличение (запас) крутящего момента достигает 30%, а у дизелей – 15%. [1]

В эксплуатации большую часть, времени двигателя работают в диапазоне частот вращения n_M-n_N , при которых развиваются соответственно максимальные крутящий момент и эффективная мощность.

Внешнюю скоростную характеристику двигателя строят по данным результатов его испытаний на специальном стенде. При испытаниях с двигателя

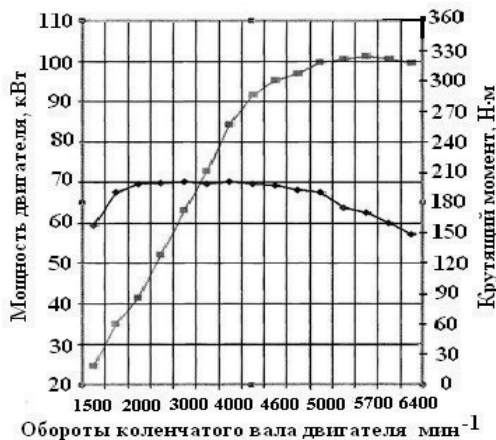


Рис. 1.3. Внешняя скоростная характеристика двигателя автомобиля Volkswagen Golf

снимают часть элементов систем охлаждения, питания и др. (вентилятор, радиатор, глушитель и др.), без которых обеспечивается его работа на стенде. Полученные при испытаниях мощность и крутящий момент приводят к нормальным условиям, соответствующим давлению окружающего воздуха 1 атм и температуре 15°C. Эти мощность и момент называются стендовыми, и они указываются в технических характеристиках, инструкциях, каталогах, проспектах и т. п. (рис. 1.3).

В действительности мощность и момент двигателя, установленного на автомобиле, на 5-10% меньше, чем стендовые. Это связано с установкой на двигатель элементов, которые были сняты при испытаниях (насос гидроусилителя, компрессор и др.). Кроме того, давление и температура при работе двигателя на автомобиле отличаются от нормальных.

При проектировании нового двигателя внешнюю скоростную характеристику получают расчетным способом, используя для этого специальные формулы. Однако действительную внешнюю скоростную характеристику получают только после изготовления и испытания двигателя.

1.3. Технические характеристики автомобильных двигателей

1.3.1. Оценка существующих и перспективных систем диагностики и контроля технического состояния двигателей

Работа автомобильного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) основана на процессах преобразования химической энергии топлива в механическую работу. От качества протекания этих процессов зависят такие эксплуатационные свойства двигателя как экономичность и токсичность отработавших газов.

Современные автомобильные двигатели являются наиболее дорогостоящими, энергоемкими и высоконагруженными элементами автомобиля, которые для обеспечения высоких экономических показателей работают в условиях повышенных тепловых и силовых нагрузок, что требует особого внимания к обеспечению надежности двигателя в эксплуатации.

В эксплуатационной практике наибольшее развитие находят системы, предусматривающие использование бортовых средств контроля и накопления информации о техническом состоянии двигателя, которые позволяют проводить оценку исправности, работоспособности, правильности функционирования и поиск неисправности.

Высокий уровень развития методов и средств контроля, обеспечивающий возможность не только оценки работоспособности или исправности элементов на момент контроля, но и более глубокого анализа их технического состояния и прогнозирования его изменения в предстоящем периоде эксплуатации, позволяет использовать в практике эксплуатации предельного состояния – предотказное состояние и стратегию обслуживания (эксплуатации) по состоянию с контролем параметров.

В конструкции современных двигателей предусмотрено наличие совершенных и развитых систем встроенного контроля, обнаружения и распознавания неисправностей в эксплуатации и при техническом обслуживании. Эти системы собирают информацию о работе двигателя, регистрируют ее и в случае необходимости выдают информацию о неисправностях на индикаторы мониторов.

Система параметрического контроля и диагностики двигателя предназначена для оценки его технического состояния в процессе эксплуатации, выявления и предупреждения отказов двигателя и основных функциональных систем и включает в себя автоматическую регистрацию параметров и сигналов, их экспресс-обработку, контроль и анализ информации методами параметрической диагностики. Она позволяет производить оперативную оценку текущего состояния двигателя, его функциональных систем (запуска, топливной, масляной, механизации компрессора, реверсирования тяги и др.), вибросостояния двигателя на всех режимах его работ и осуществлять анализ временных трендов параметров.

Для текущей оценки технического состояния применяют логический анализ параметров и сигналов, экспресс-анализ эксплуатационной информации, визуальный контроль параметров и сигналов.

Для среднесрочной оценки прогнозирования работоспособности двигателя используют трендовый анализ, где строят зависимости изменения параметров от наработки и определяют тенденции их выхода за предельные уровни.

Комплексный анализ информации в лаборатории диагностики позволяет классифицировать двигатели на «исправные» и «подозрительные на неисправные», выявлять нарушения в работе функциональных систем двигателя и отказы системы контроля и регистрации параметров, обоснованно принимать решения о техническом состоянии двигателя, необходимых за-

менах, осмотрах и регулировках, проводить автоматизированный поиск неисправностей.

Существующие автоматизированные системы диагностирования и контроля реализуются в виде распределенного вычислительного комплекса на основе локальной вычислительной сети, позволяющей организовать распределенную обработку данных.

Появление двигателей повышенной контролепригодности, развитие наземно-бортовых автоматизированных систем контроля и сбора информации о техническом состоянии двигателей позволяют контролировать и прогнозировать их предельное состояние.

1.3.2. Двигатели грузовых автомобилей

В грузовых автомобилях и тракторах нашли широкое применение дизельные двигатели ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238. Внешнескоростные характеристики двигателей приведены на рис. 1.4 и 1.5, а технические характеристики этих двигателей различной модификации – в табл. 1.1.

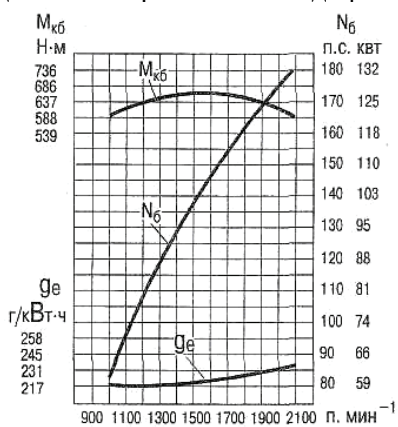


Рис. 1.4. Внешнескоростная характеристика двигателей модели 236М

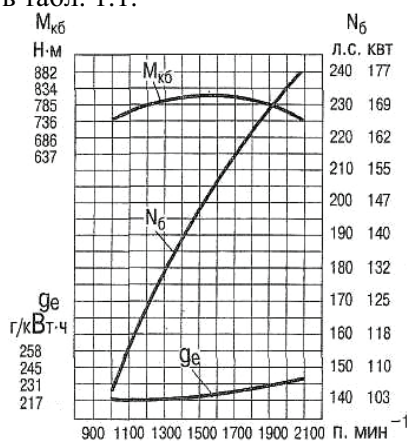


Рис. 1.5. Внешнескоростная характеристика двигателей модели 238М

Диагностические параметры дизелей, определяющие необходимость ремонта:

- эффективная мощность (брутто) на коленчатом валу, кВт, менее см. табл.1.1;
- удельный расход топлива, г/кВт·ч.....см. табл.1.1;
- давление масла в главной масляной магистрали двигателя, прогретого до температуры 75-100 °С, МПа, менее:
 - в режиме частоты вращения 2100 мин⁻¹ 0,4;
 - в режиме минимальной частоты вращения холостого хода..... 0,1;
- расход масла на угар, % от расхода топлива, более 0,2;
- минимальная устойчивая частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹, более 650;

Технические характеристики двигателей

Параметр	236M2	236Б	236БЕ2	236НЕ2	238М2	238Д	238ДЕ2
Тип	Дизель без турбонаддува	Дизель с турбонаддувом	Дизель с турбонаддувом и охладителем наддувочного воздуха	Дизель с турбонаддувом и охладителем наддувочного воздуха	Дизель без турбонаддува	Дизель с турбонаддувом	Дизель с турбонаддувом и охладителем наддувочного воздуха
Число тактов	4	4	4	4	4	4	4
Число цилиндров	6	6	6	6	8	8	8
Расположение цилиндров	V-образное под углом	V-образное под углом	V-образное под углом	V-образное под углом	V-образное под углом	V-образное под углом	V-образное под углом
Угол развала, град	90	90	90	90	90	90	90
Порядок работы цилиндров	1-4-2-5-3-6						
Направление вращения коленчатого вала	Правое	Правое	Правое	Правое	Правое	Правое	Правое
Диаметр цилиндра × ход поршня	130×140	130×140	130×140	130×140	130×140	130×140	130×140
Рабочий объем, л	11,15	11,15	11,15	11,15	14,86	14,86	14,86
Степень сжатия	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5

Параметр	236M2	236Б	236БЕ2	236НЕ2	238M2	238Д	238ДЕ2
Номинальная мощность брутто, кВт (л. с.)	132 (180)	184 (250)	185 (250)	171 (230)	176 (240)	242 (330)	243 (330)
Частота вращения коленчатого вала при номинальной мощности, мин ⁻¹	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
Максимальный крутящий момент, Н·м (кгс·м)	667 (68)	819 (84)	819 (84)	880 (87)	883 (90)	1078 (110)	1118 (114)
Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте, мин ⁻¹	1250-1450	1250-1450	1250-1450	1250-1450	1250-1450	1250-1450	1250-1450`
Минимальная частота вращения коленчатого вала в режиме холостого хода, мин ⁻¹	550-650	550-650	550-650	550-650	550-650	550-650	550-650
Минимальный удельный расход топлива (по скоростной характеристике), г/кВт·ч	214	214	214	214	217	217	217
Пусковое устройство	Электро-факельное	Электро-факельное	Свечи накаливания	Свечи накаливания	Электро-факельное	Свечи накаливания	Свечи накаливания

- установившаяся температура охлаждающей жидкости, °С, более. 100;
- прогиб ремней при усилии на середине ветви 40 Н, мм, более:
 - привод жидкостного насоса 7-12;
 - привод генератора 10-15;
 - привод компрессора 4-8.

На рабочие характеристики двигателя наибольшее влияние оказывает техническое состояние его деталей и систем, прежде всего, износ деталей цилиндропоршневой группы: цилиндров, поршневых колец и поршней. Неисправность этих деталей также определяет необходимость ремонта двигателя.

Диагностические параметры позволяют определить техническое состояние отдельных механизмов, систем и сборочных единиц, но не дают возможности оценить состояние двигателя в целом.

В настоящее время на смену моделям ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238 пришли двигатели ЯМЗ-650.

Дизельные двигатели ЯМЗ ОАО «Автодизель» последнего поколения ЯМЗ-650 устанавливаются приблизительно на 300 моделях транспортных средств, изготавливаемых в Белоруссии, России и Украине. Основными потребителями являются ОАО «Автомобильный завод «Урал», ОАО «МАЗ», ООО «ЛиАЗ», ХК «АвтоКрАЗ», РУП «БелАЗ», ОАО «Электроагрегат».

Основные модели силовых агрегатов, устанавливаемых на автомобилях КрАЗ, МАЗ, УРАЛ, представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

**Модели силовых агрегатов и автомобилей,
на которых устанавливаются двигатели ЯМЗ**

Модель силового агрегата и комплектация	Комплектность			Изделия, на которые устанавливаются силовые агрегаты, двигатели
	Модель двигателя, комплектация	Модель сцепления	Модель коробки передач	
ЯМЗ-650-111	ЯМЗ-650.10-11	MZF-430	ZF 16S 1820 TO	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 41 т ОАО «АЗ «Урал»
ЯМЗ-650-131	ЯМЗ-650.10-31	MZF-430	ZF 16S 1820 TO	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 41 т ОАО «АЗ «Урал»
ЯМЗ-6501-101	ЯМЗ-6501.10-01	MZF-430	ZF 16S 1820 TO	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 41 т ОАО «АЗ «Урал»
ЯМЗ-6501-111	ЯМЗ-6501.10-11	MZF-430	ZF 16S 1820 TO	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 41 т ОАО «АЗ «Урал»
ЯМЗ-6501-121	ЯМЗ-6501.10-21	MZF-430	ZF 16S 1820 TO	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 41 т ОАО «АЗ «Урал»

Модель силового агрегата и комплектация	Комплектность			Изделия, на которые устанавливаются силовые агрегаты, двигатели
	Модель двигателя, комплектация	Модель сцепления	Модель коробки передач	
ЯМЗ-6501-131	ЯМЗ-6501.10-31	MZF-430	ZF 16S 1820 TO	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 41 т ОАО «АЗ «Урал»
ЯМЗ-6501-211	ЯМЗ-6501.10-11	MZF-430*	ЯМЗ-1909	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 41 т ОАО «АЗ «Урал»
ЯМЗ-6501-231	ЯМЗ-6501.10-31	MZF-430	ЯМЗ-1909	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 41 т ОАО «АЗ «Урал»
-	ЯМЗ-651.10	-	-	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 52 т РУП «МАЗ»
-	ЯМЗ-651.10-02	-	-	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 52 т РУП «МАЗ»
-	ЯМЗ-651.10-12	-	-	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 52 т РУП «МАЗ»
-	ЯМЗ-6501.10	-	-	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 44 т РУП «МАЗ»
-	ЯМЗ-6501.10-02	-	-	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 44 т РУП «МАЗ»
-	ЯМЗ-6501.10-12	-	-	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 44 т РУП «МАЗ»
-	ЯМЗ-6502.10	-	-	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 36 т РУП «МАЗ»
-	ЯМЗ-6501.10-02	-	-	Грузовые автомобили; самосвалы; шасси; тягачи до 36 т РУП «МАЗ»

Примечание:

* - сцепление MZF-430 с муфтой выключения 343151000539

Параметры автомобилей КраЗ, на которые устанавливаются новые двигатели ЯМЗ, приведены в табл. 1.3. Основные параметры и характеристики последних моделей двигателей типа ЯМЗ приведены в табл. 1.4, а их скоростные характеристики и расход топлива – на рис. 1.6, 1.7, 1.8.

Силовые агрегаты и двигатели рассчитаны на эксплуатацию при температурах окружающего воздуха от минус 60 до плюс 50 °С, относительной влажности воздуха до 98% при плюс 25 °С, запыленности воздуха до

0,4 г/м³ и в районах, расположенных до 1500 м без снижения мощностных, экономичных и других показателей и до 4500 м над уровнем моря с преодолением перевалов высотой до 4650 м с соответствующим снижением мощностных, экономичных и других показателей.

Таблица 1.3

Параметры автомобиля типа КрАЗ-650-С20

Параметры	Значения
Колесная формула	6×4
Полная масса, кг	33200
Параметры	Значения
Максимальная мощность двигателя N_{emax} , кВт	266
Тип двигателя	Дизельный с непосредственным впрыском
Частота вращения вала двигателя при максимальной мощности n_N , мин ⁻¹	1900
Максимальный крутящий момент, M_{emax} , Н·м	1700
Частота вращения вала двигателя при максимальном крутящем моменте n_M , мин ⁻¹	1200
Передаточные числа коробки передач	
	$ik_1=$ 13,96
	$ik_2=$ 7,47
	$ik_3=$ 5,28
	$ik_4=$ 3,82
	$ik_5=$ 2,79
	$ik_6=$ 1,95
	$ik_7=$ 1,38
	$ik_8=$ 1,0
	$ik_9=$ 0,73
	$io=$ 6,731
Шины	315/80R22,5

Таблица 1.4

Основные параметры и характеристики двигателей типа ЯМЗ

Основные параметры и характеристики	ЯМЗ-650.10	ЯМЗ-6501.10	ЯМЗ-6502.10
Тип двигателя	Четырехтактный, с воспламенением от сжатия, турбонадувом, жидкостным охлаждением, промежуточным охлаждением наддувочного воздуха в теплообменнике типа «воздух-воздух», установленном на автомобиле, передним шестеренчатым приводом агрегатов		
Число цилиндров	6		
Расположение цилиндров	Рядное		
Порядок работы цилиндров	1 – 5 – 3 – 6 – 2 – 4		
Направление вращения двигателя	Правое		
Диаметр цилиндра, мм	123		
Ход поршня, мм	156		

Основные параметры и характеристики	ЯМЗ-650.10	ЯМЗ-6501.10	ЯМЗ-6502.10
Рабочий объем всех цилиндров, л	11,12		
Степень сжатия	16,4		
Допустимые углы кренов двигателя, град., не более: - продольные - поперечные	25 (35*) 25		
Скоростная характеристика	См. рис. 1.4	См. рис. 1.5	См. рис. 1.6
Номинальная мощность, кВт (л. с.), не менее	303 (412)	266 (362)	230 (311)
Частота вращения коленчатого вала при номинальной мощности, мин ⁻¹	1900±25		2000±25
Максимальный крутящий момент, Н·м (кгс·м), не менее	1870 (191)	1670 (170)	1215 (124)
Частота вращения коленчатого вала, соответствующая максимальному крутящему моменту, мин ⁻¹	1200±100		
Частота вращения холостого хода, мин ⁻¹ : - минимальная - максимальная, не более	700±50 2400±50		
Удельный расход топлива по скоростной характеристике, г/кВт·ч (г/л.с.ч.): - минимальный, при частоте вращения 1300±100 мин ⁻¹ - при номинальной мощности	194,5 (143) 217,5 (160)		
Часовой расход топлива при номинальной мощности, кг/ч, не более	67, 5	60	52
Относительный расход масла на угар в % к расходу топлива, не более	0,1		
Способ смесеобразования	Непосредственный впрыск		
Число клапанов на один цилиндр	Два впускных и два выпускных. Управление клапанами: одно коромысло на два клапана, привод клапанов через траверсы		
Зазор между траверсой и коромыслом, мм: - впускной - выпускной	0,4 0,7		
Механизм поворота коленчатого вала	На картере маховика в нижней части имеется отверстие, закрытое пробкой. Для проворачивания коленчатого вала необходимо вывернуть пробку и с помощью специального приспособления, вставляемого в это отверстие, проворачивать коленчатый вал		

Примечание:

* - выполняется для полноприводных автомобилей и других изделий по требованию предприятия-потребителя

Основные параметры и характеристики	ЯМЗ-650.10	ЯМЗ-6501.10	ЯМЗ-6502.10
Система смазки	Смешанная, с «мокрым картером»		
Насос масляный	Шестеренчатого типа, с шестеренчатым приводом, передаточное отношение привода 1,31:1		
Давление масла (в магистрали блока цилиндров) двигателя, прогретого до 80-95 °С, кПа (кгс/см ²): - при номинальной частоте вращения - при минимальной частоте вращения, не менее - при срабатывании датчика аварийного давления масла	400-650 (4,0-6,6) 100 (1,0) 60-80 (0,61-0,81)		
Система охлаждения масла	Жидкостно-масляный теплообменник трубчатого типа, выполненный в одном корпусе с фильтром очистки масла и трубой подвода охлаждающей жидкости к блоку цилиндров и установленный на блоке с правой стороны		
Масляные фильтры	Два: полнопоточный фильтр очистки с двумя сменными фильтрующими элементами и фильтр центробежной очистки со сменным патроном. Система смазки включает в себя защитные клапаны		
Система питания Топливная аппаратура	Common Rail System с электронным управлением подачей топлива, обеспечивает давление впрыска топлива до 140 МПа (1400 кг/см ²)		
Насос топливный	650.1111005 (0 445 020 086) с шестеренчатым топливоподкачивающим насосом и двумя плунжерными секциями высокого давления, с шестеренчатым приводом, передаточное отношение привода 0,5:1, модели CP 2.2+, фирмы BOSH		
Топливные фильтры: - грубой очистки топлива PreLine 420 (PL 420) - тонкой очистки топлива	Полнопоточный фильтр-отстойник с влагоотделителем, ручным топливоподкачивающим насосом и сменным фильтрующим элементом. Фильтр устанавливается на автомобиле. Полнопоточный фильтр с двумя сменными фильтрующими элементами и устройством для автоматического подогрева топлива в холодное время года		
Система управления подачей топлива – электронный блок управления (ЭБУ)	650.3763010 (0 281 020 111), микропроцессорный блок модели EDC7UC31 фирмы BOSH		
Жгут форсунок в сборе	650.3724010 фирмы BOSH		
Жгут датчиков двигателя в сборе	650.3724012 фирмы BOSH		
Жгут промежуточный в сборе	650.3724014 фирмы BOSH (МАЗ) 650.3724017 фирмы BOSH (Урал)		

Основные параметры и характеристики	ЯМЗ-650.10	ЯМЗ-6501.10	ЯМЗ-6502.10
Система наддува	Газотурбинная, с охлаждением наддувочного воздуха в теплообменнике типа «воздух-воздух», установленном на автомобиле		
Турбокомпрессор	С радиальной центростремительной турбиной и центробежным компрессором. На двигателях ЯМЗ-6501.10 и ЯМЗ-6502.10 применяется турбокомпрессор другой модели		
Система охлаждения двигателя	Жидкостная, закрытого типа, с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости, оборудована термостатическим устройством для поддержания постоянного теплового режима работы двигателя, рассчитана на всесезонное применение низкозамерзающих жидкостей		
Насос водяной	Центробежного типа, с встроенным термостатом, с шестеренчатым приводом, передаточное отношение привода 1,727:1		
Вентилятор с муфтой включения	Вентилятор Behr 680 с крыльчаткой из пластика и встроенной вискомуфтой Behr ER130 с управлением от ЭСУ двигателя, фирмы BEHR GMBH (Германия)		
Электрооборудование Генератор	Модели A004TR5091ZT, номинальным напряжением 28 В, максимальным током нагрузки 90 А, переменного тока. Привод поликлиновым ремнем, передаточное отношение привода 3,2:1, фирмы MITSUBISHI ELECTRIC CO		
Пусковое устройство	Электрический стартер модели M009T60471, номинальное напряжение 24 В, номинальная мощность 5,5 кВт, фирмы MITSUBISHI ELECTRIC CO, приводится в действие от аккумуляторной батареи общей емкостью не менее 190 А·ч		
Средство облегчения пуска	На двигателе устанавливаются четыре электрические свечи модели A 0 102 124 416 RVI фирмы BERU AKTIENGESELLSCHAFT (Германия)		
Реле включения средства облегчения пуска	Модели V23132-B2002-A100 фирмы Tuso Electronics		
Заслонка в системе выпуска отработавших газов	Модели 131K0646 или модели 131KS9316C2, модели 131K0648, фирмы Parker		
Система останова двигателя типа «J» (моторный тормоз)	Два механизма останова типа «J» с дистанционной деталью (проставкой), установленные под крышкой головки цилиндров с креплением болтами к головке цилиндров		
Компрессор пневмотормозов	Модели 0EB02615, двухцилиндровый, поршневой, с шестеренчатым приводом, передаточное отношение привода 1,31:1, производительностью 500 л/мин при противодавлении 0,7 МПа, фирмы KNORR BREMSE (Россия)		

Основные параметры и характеристики	ЯМЗ-650.10	ЯМЗ-6501.10	ЯМЗ-6502.10
Насос гидроусилителя руля	Модели LF78-25-20-150-R-MMB-78-11 или модели LF78-25-25-150-R-MMB-78-11 фирмы IXETIC		
Масса незаправленного двигателя, кг	970		

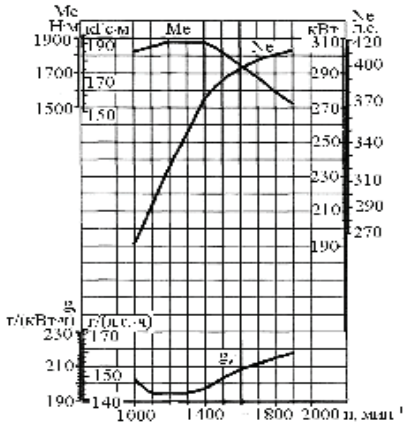


Рис. 1.6. Скоростная характеристика двигателя ЯМЗ-650.10:

M_e – крутящий момент брутто; N_e – номинальная мощность брутто; g_e – удельный расход топлива; n – частота вращения коленчатого вала

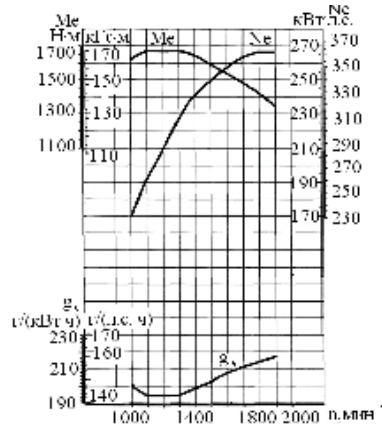


Рис. 1.7. Скоростная характеристика двигателя ЯМЗ-6501.10:

M_e – крутящий момент брутто; N_e – номинальная мощность брутто; g_e – удельный расход топлива; n – частота вращения коленчатого вала

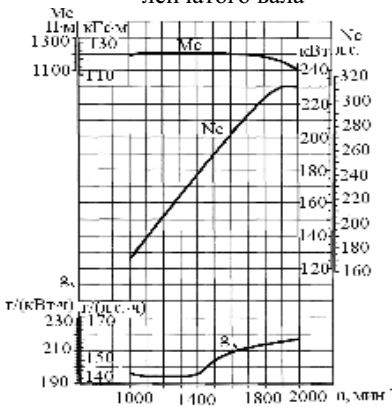


Рис. 1.7. Скоростная характеристика двигателя ЯМЗ-6502.10:

M_e – крутящий момент брутто; N_e – номинальная мощность брутто; g_e – удельный расход топлива; n – частота вращения коленчатого вала

Топливная система Common Rail System (CRS) двигателей типа ЯМЗ представлена на рис. 1.9. Топливная система аккумуляторного типа, с электронным управлением подачей топлива, производства фирмы Robert Bosch (Германия).

CRS BOSCH с электронным блоком управления обеспечивает:

- точную дозировку цикловой подачи топлива для каждого рабочего режима;

- регулировку углов опережения впрыска топлива в зависимости от оборотов, нагрузки, температуры;

- легкий пуск двигателя с минимальным выбросом вредных веществ в атмосферу при любых тем-

пературных условиях;

- корректировку процесса топливоподачи в зависимости от условий окружающей среды с целью снижения выбросов вредных веществ;
- совместимость с электронным блоком управления автомобиля (ABS, ASR, круиз-контроль и др.).

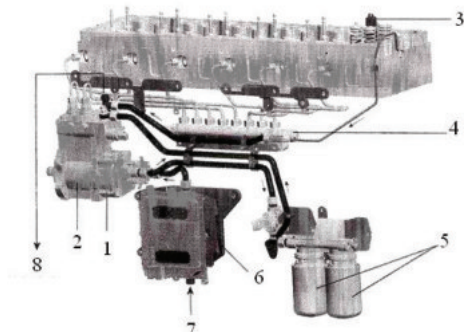


Рис. 1.9. Топливная система Common Rail:

1 – топливopодкачивающий насос; 2 – топливный насос; 3 – форсунка; 4 – гидравлический аккумулятор; 5 – фильтр тонкой очистки топлива; 6 – охладитель электронного блока управления; 7 – подвод топлива из топливного бака через фильтр грубой очистки топлива; 8 – слив топлива в топливный бак

поступает в общий топливопровод-накопитель (гидроаккумулятор или рампа) и далее по индивидуальному топливопроводу подводится к каждой форсунке.

Форсунки подают топливо под давлением в камеру сгорания, продолжительность впрыскивания определяется длительностью электрического импульса от электронного блока управления двигателем. Пиковый электроимпульс на форсунку характеризуется напряжением до 80 В и током 20 А. Впрыскивание топлива осуществляется ступенчато:

- пилотный впрыск (1-3%) при ранних углах опережения для снижения шума двигателя;
- основной впрыск (94-96%);
- дополнительный впрыск после основного для снижения дымности отработавших газов (1-5%).

Баланс впрыскиваемого топлива для указанных впрысков определяет режим работы двигателя.

Электроклапаны позволяют регулировать давление топлива, поступающего в надплунжерное пространство топливного насоса.

В штуцерах гидроаккумулятора на входе в трубопроводы высокого давления находятся гидравлические ограничители расхода топлива (по одному на каждый цилиндр), которые перекрывают подачу топлива в форсунку.

Топливная система работает следующим образом: топливо из топливного бака через фильтр-отстойник грубой очистки и охладитель электронного блока управления (см. рис. 1.9) засасывается топливopодкачивающим насосом и под давлением 700-800 кПа (7-8 кгс/см²) подается в фильтр тонкой очистки с очень высокой степенью очистки, так как система «Common Rail» более чувствительна к загрязнению, чем системы с обычным плунжерным топливным насосом. Далее топливо поступает в топливный насос высокого давления, который имеет две секции, каждая из которых запитывается через дозирующее устройство с электроклапаном. Из топливного насоса топливо под давлением

ки при превышении заданной длительности впрыска (например, засорение форсунок). После устранения отказа форсунки нормальная работоспособность ограничителя восстанавливается автоматически.

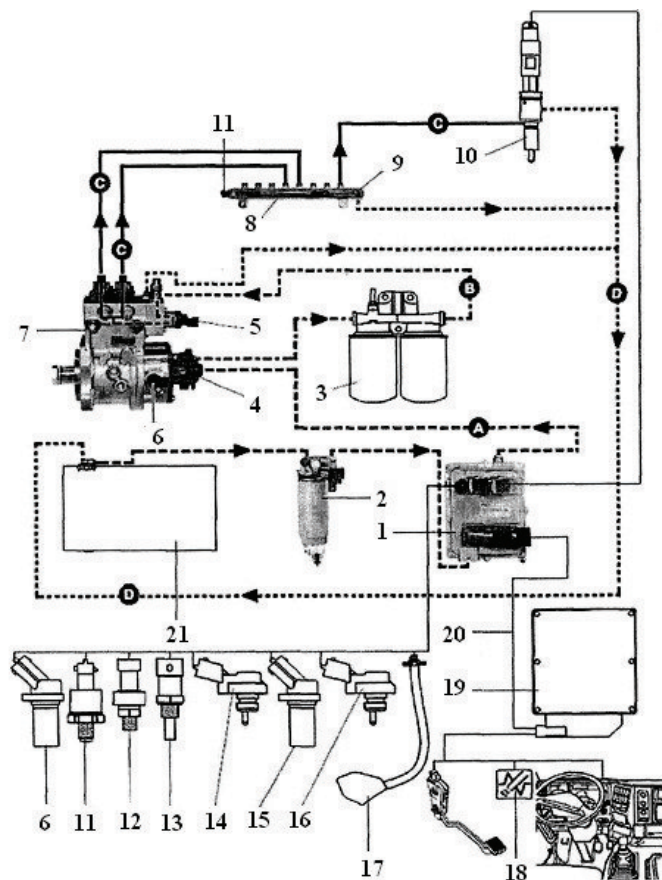


Рис. 1.10. Схема топливной системы двигателя типа ЯМЗ-650 грузового автомобиля КрАЗ:

1 – электронный блок управления двигателем с охладителем (ЭБУ); 2 – фильтр грубой очистки топлива; 3 – фильтр тонкой очистки топлива; 4 – насос топливоподкачивающий; 5 – электромагнитный клапан-дозатор топливного насоса; 6 – датчик частоты вращения вала топливного насоса (датчик фазы); 7 – топливный насос; 8 – гидравлический аккумулятор (рампа); 9 – перепускной клапан; 10 – форсунки; 11 – датчик давления в гидравлическом аккумуляторе; 12 – датчик давления масла; 13 – датчик температуры в контуре системы охлаждения; 14 – датчик давления и температуры воздуха во впускном коллекторе; 15 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя; 16 – датчик давления и температуры топлива; 17 – муфта отключения вентилятора; 18 – аварийный сигнализатор (CheckEngine); 19 – электронный блок управления автомобилем обменивается информацией с ЭБУ двигателя (1) с помощью шлейфа (20). Гидравлические контуры (рис. 1.9): А – система всасывания; В – система низкого давления; С – система высокого давления; D – система возврата в топливный бак (21).

Датчики (рис. 1.10), расположенные на двигателе, передают информацию на электронный блок управления о работе систем. Электронный блок управления использует эту информацию для управления впрыском и подачи сигнала о работе других систем на приборный щиток и управления исполнительными механизмами, обеспечивающими работу двигателя. Эта информация поступает от следующих датчиков:

- датчик давления топлива в гидравлическом аккумуляторе;
- датчик угла поворота кулачкового вала топливного насоса;
- датчик температуры и давления надувочного воздуха;
- датчик частоты вращения коленчатого вала (на картере маховика);
- датчик дозирующего устройства топливного насоса;
- датчик давления масла;
- датчик температуры охлаждающей жидкости;
- датчик температуры и давления топлива;
- датчик засорения фильтров тонкой очистки топлива;
- датчик режима работы вентилятора.

На рис. 1.11 [2] показана функциональная схема электронного управления дизелем грузового автомобиля Daimler Chrysler, оснащенного рядным ТНВД с дополнительной втулкой. Аналогичные двигатели, выпущенные фирмой MAN и ОАО «Автодизель» (Россия), отвечают нормам предельного содержания токсичных веществ в отработавших газах на уровне Евро-3.

В данной системе управления (рис. 1.11) используются два блока управления. Блок управления автомобилем и двигателем (блок управления FMR) воспринимает сигналы датчиков, контролирующих поведение автомобиля, - скорости движения, педали подачи топлива, включения моторного тормоза и т. д., - и передает управляющие сигналы соответствующим исполнительным механизмам и блокам управления. В блоке управления FMR заложены поля характеристик и номинальные значения параметров автомобиля, например ограничения по скорости движения, функции темпомата, способ регулирования частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода или при включении вспомогательных агрегатов.

В блоке электронной системы управления работой дизеля (блок управления EDC) сигналы датчиков перерабатываются в соответствующие управляющие сигналы для исполнительных механизмов двигателя. Этот блок управления является индивидуальным конструктивным элементом, характерным для конкретного двигателя.

Обмен параметрами между блоками управления происходит в цифровом формате по шине CAN (бортовой контроллер связи). Обмен всеми необходимыми параметрами по этим каналам связи происходит по двум проводникам.

Между топливным фильтром и контуром низкого давления ТНВД находится электромагнитный клапан останова двигателя (ELAB), который производит аварийный останов двигателя, например, при заклинивании рейки ТНВД. При включении выключателя стартера и свечей накаливания блок управления подает бортовое напряжение на клапан ELAB, который от-

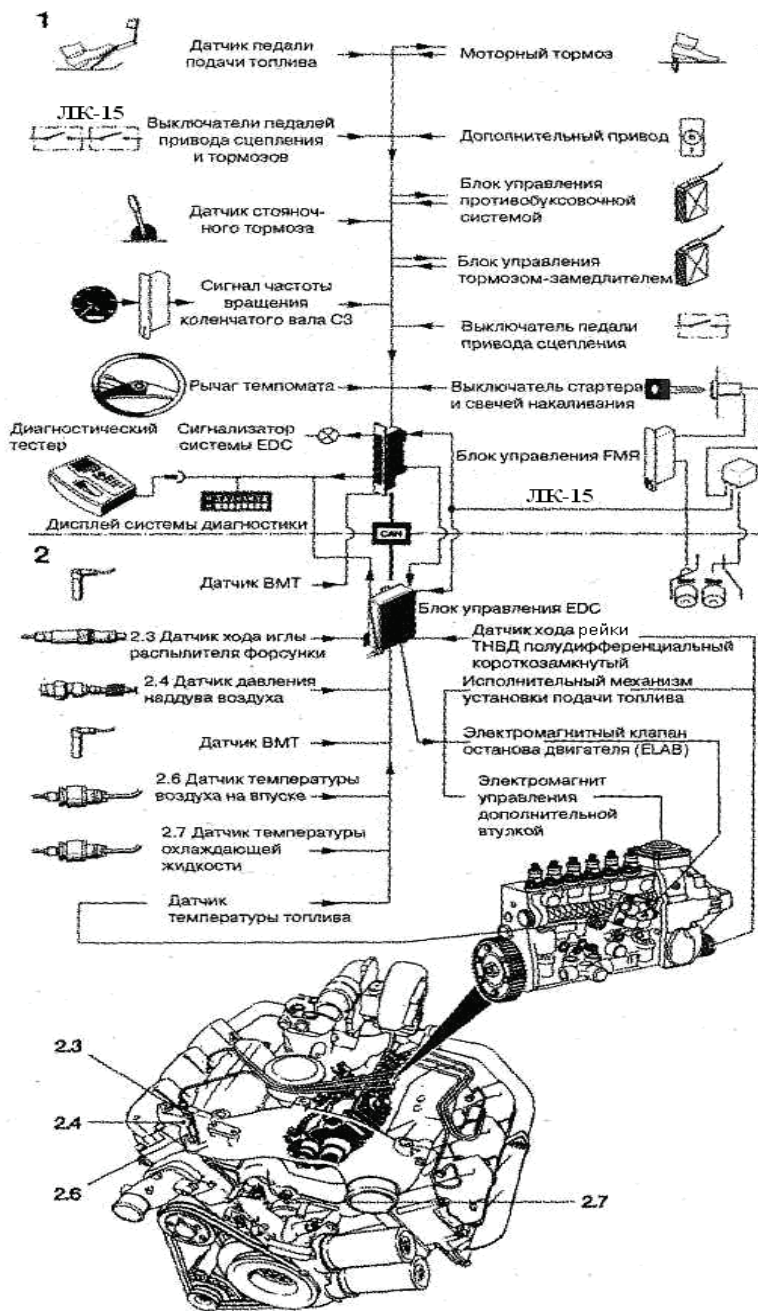


Рис. 1.11. Функциональная схема электронного управления дизельным двигателем, оснащенный рядным ТНВД с дополнительной втулкой:
 1 – блок управления FMR; 2 – блок управления EDC

крывает подвод топлива к контуру низкого давления ТНВД. При аварийном останове двигателя происходит не только закрытие клапана ELAB, но и торможение двигателем за счет приведения в действие заслонки на выпуске отработавших газов. При штатном останове двигателя рейка ТНВД устанавливается возвратной пружиной на нулевую подачу. Клапан ELAB закрывается примерно через семь секунд после выключения выключателя стартера и свечей накаливания.

1.3.3. Двигатели автобусов и микроавтобусов

Автобусы Львовского завода украинского производства (максимальная скорость 110 км/ч, пассажироместимость 51+1+1); Lemberg MB на шасси Mercedes-Benz DC 500 RF2A; Lemberg MAN (шасси MAN R33i); Lemberg DL (шасси MAN R33i); NeoLAZ-12 на шасси Mercedes-Benz или MAN, AeroLAZ – перонный автобус на перевозку 150 пассажиров комплектуются двигателями соответственно:

OM457 – Euro-5, 315 кВт;

MAN D2066 LOH 28 (EEV), 294 кВт;

Deutz TCD2013 LO 64V (EEV), 235 кВт;

Deutz BF6M1013FC, Euro-3, шестицилиндровый, 210 кВт;

Deutz BF6M1013FCP (Euro-2,3), 210 кВт.

Двигатели MAN, разработанные с учетом инновационных технологий чистого дизеля, делают свой вклад в защиту окружающей среды. Плавная работа и низкий уровень шума двигателей MAN обеспечивают комфорт для пассажиров во время длительных поездок. Двигатель MAN D2066 LOH (EEV), применяемый на автобусах Lemberg MAN (рис. 1.12), имеет такие

основные характеристики: шестицилиндровый, рядный, четырехтактный, с прямым впрыском. Система впрыска – Common Rail, двигатель с электронным управлением. Технология отработки отработавших газов – с внешней рециркуляцией (EGR) и системой катализации (SCR).

Двигатель Deutz (Германия) имеет аккумуляторную систему DEUTZ Common-Rail-System, комбинированную с системой нейтрализации отработавших газов. Двигатель Deutz – это высокотехнологичный продукт с высокой удельной мощностью до 33 кВт/л, который имеет компактные размеры и высокое значение соотношения мощности к массе (рис. 1.13).

Он имеет высокую экономичность эксплуатации благодаря малому расходу топлива, продолжительным межсервисным интервалам и легкому доступу ко всем элементам, требующим обслуживания. Его использование существенно увеличивает грузоподъемность автобуса. Высокий крутящий

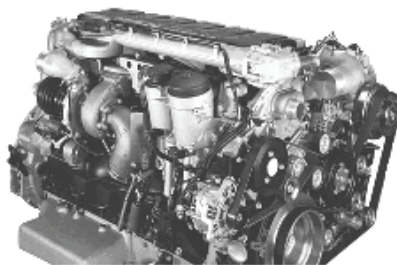


Рис. 1.12. Внешний вид двигателя MAN D2066 LOH (EEV)

момент и мощность дают возможность легкого старта и разгона даже при полной нагрузке. Низкий уровень шума благоприятен для водителя и окружающей среды. Специфические требования городских автобусов могут быть реализованы с минимальными затратами на базе стандартных опций двигателя.

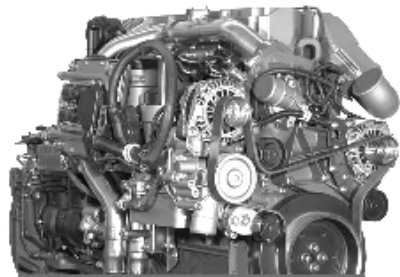


Рис. 1.13. Внешний вид двигателя Deutz

ния.

Двигатели автомобилей моделей «ГАЗель» и «Соболь» российского производства. Параметры двигателей, которые наиболее часто устанавливаются на автомобилях семейства «ГАЗель», «Соболь» и ПАЗ представлены в табл. 1.5. Это рядные четырехцилиндровые двигатели с карбюраторной системой или непосредственного впрыскивания.

Таблица 1.5

Основные параметры двигателей, устанавливаемых на автомобили семейства «ГАЗель» и «Соболь»

Двигатель	УМЗ-4215.10	ЗМЗ-402.10	ЗМЗ-406.1	ЗМЗ-406.2	ЗМЗ-406.3	«Форд»
Рабочий объем, дм ³	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,3
Степень сжатия	7,0	8,2	9,3	9,5	9,3	9,7
Номинальная мощность, кВт (л.с.) при частоте вращения, мин ⁻¹	75 (102) при 4250	73,5 (100) при 4500	77 (105) при 5000	106 (145) при 5200	83,5 (114) при 5000	106 (145) при 5500
Максимальный крутящий момент, Н·м (кгс·м) при частоте вращения, мин ⁻¹	210 (21,5) при 2300	182 (18,6) при 2500	180 (18,4) при 3500	201 (20,5) при 4000	186 (19) при 3500	203 (20,8) при 2500
Минимальный удельный расход топлива, г/кВт·ч	280	285	268	265	258	235
Система питания	карбюратор	карбюратор	карбюратор	впрыск	карбюратор	впрыск

Рядные четырех и восьмицилиндровые бензиновые и дизельные двигатели производят такие предприятия: Заволжский моторный завод, Минский моторный завод, Ульяновский моторный завод, завод моторов ОАО «ГАЗ», фирмы «Ивеко», «Штайр» и «Крайслер», концерны «Форд» и «Тойота». Рабочий объем двигателей автомобилей «ГАЗель» и «Соболь» находятся в пределах от 1,8 до 2,9 литров, эффективная номинальная мощность – от 100 до 280 л.с. (74-206 кВт), эффективный максимальный крутя-

щий момент – от 170 до 320 Н·м. Рабочий объем двигателей, устанавливаемых на автобусы ПАЗ, находятся в пределах от 4,25 до 4,75 литров, эффективная номинальная мощность – от 122 до 130 л.с. (90-96 кВт), эффективный максимальный крутящий момент – от 314 до 424 Н·м.

Микропроцессорные системы управления (МПСУ), которые широко применяются на автомобильном транспорте, позволяют существенно улучшить указанные эксплуатационные качества ДВС, обеспечивая оптимизацию процесса топливоподачи с учетом многих факторов.

Автомобиль УАЗ-31539 оснащен двигателем ЗМЗ-409.10 ($V_h=2,7$ л, мощность 95 кВт, 16 клапанов) производства ОАО «Заволжский моторный завод», с электронной системой управления двигателем (ЭСУД) и пятиступенчатой коробкой передач.

Сравнительные характеристики бензинового и дизельного двигателей, используемых в автомобилях «ГАЗель», приведены в табл. 1.6. [3]

Таблица 1.6

Сравнительный анализ бензинового и дизельного двигателей, используемых в автомобиле «ГАЗель»

Бензиновый двигатель УМЗ-4216	Дизельный двигатель Cummins ISF
Тип двигателя	
Бензиновый с комплексной микропроцессорной системой управления впрыском топлива и зажиганием, четырехтактный	Дизельный, четырехтактный, с турбонаддувом, охлаждением наддувочного воздуха, жидкостного охлаждения
Экологический класс	
Евро-3	Евро-3, Евро-4
Количество цилиндров	
4	4
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	
100/92	94/100
Рабочий объем, л	
2,89	2,781
Степень сжатия	
8,8	16,5
Номинальная мощность нетто, кВт (л.с.)	
78,5 (106,8)	88,3 (120)
Частота вращения при номинальной мощности	
4000	3200
Максимальный крутящий момент нетто, Н·м (кг·м)	
235 (24)	297 (30,3)
Частота вращения, отвечающая максимальному крутящему моменту, мин ⁻¹	
2200-2500	1600-2700
Расход топлива при городском цикле движения, л/100 км	
16,2	12,1
Расход топлива при магистральном цикле движения со средней скоростью 70 км/ч, л/100 км	
12,5	8,5

В Украине выпускаются новые автобусы Lemberg многих модификаций (Львовский завод), Богдан А144 многих модификаций, БА3 А11110 (Бориспольский завод), РУТА (Часовярский завод) многих модификаций, которые комплектуются зарубежными двигателями. Например, автобусы среднего класса Богдан А102 выпускаются на шасси FAW CAG780D226, Богдан А092 и его модификации построены на шасси и основных агрегатах японских автобусов Isuzu. Автобусы Богдан А091 оснащаются дизельными двигателями 4НГ1. Выборка технических характеристик существующих в мире шестицилиндровых рядных ВМД приведена в табл. 1.7 [3].

Таблица 1.7

Основные конструктивные и регулировочные параметры современных малолитражных высокооборотных дизелей в шестицилиндровом исполнении

Фирма/ год начала производства	D, мм	S, мм	$iVh, \text{см}^3$	$N_{\text{цном}}$ кВт/л.с.	$n_{\text{цном}}$ мин ⁻¹	$M_{\text{к.макс}}$ Н·М	$n_{\text{к.макс}}$ мин ⁻¹	ϵ	S/D	Количество клапанов на цилиндр
Toyota/ 1996	94	100	4164	125/170	3600	360	1800	18,6	1,06	2
Mercedes-Benz/ 2000	88	88,3	3222	145/197	4200	470	1800	18	1,00	4
BMW/ 2001	84	88	2926	142/193	4000	430	2000	18	1,05	4
Opel/ 2003	80	82,8	2496	110/150	4000	300	1750	17,5	1,04	4
Land Rover/ 2004	84	88	2926	130/177	4000	390	2000	18,1	1,05	4
BMW/ 2008	84	90	2993	210/286	4400	580	1750	17	1,07	4

Для малотоннажных грузовых автомобилей и автобусов в Украине разрабатывается семейство автомобильных дизелей 4ДТНА2, 6ДТНА1 и 6ДТНА2. Из них двигатели 4ДТНА1 и 4ДТНА2 приняты (в соответствии с техническим заданием) к производству. Технические характеристики этих двигателей приведены соответственно в табл. 1.8 и 1.9 [3].

Таблица 1.8

Технические характеристики дизельного двигателя 4ДТНА1

Наименование показателя и параметра	Размерность	Числовое значение
Заводской индекс		4ДТНА1
Обозначение		4 ЧНА-1 8,8/8,2
Количество цилиндров		4
Расположение цилиндров		Рядное, вертикальное

Наименование показателя и параметра	Размерность	Числовое значение
Диаметр цилиндра	мм	88
Ход поршня	мм	82
Рабочий объем	дм ³	1,99
Степень сжатия		18,5
Камера сгорания		Неразделенная, открытая
Номинальная мощность в соответствии с ГОСТ 14846-81	кВт (л.с.)	Брутто 73,5 (100) Нетто 67,6 (92)
Частота вращения коленчатого вала при номинальной мощности	мин ⁻¹	4200
Максимальный крутящий момент в условиях определения номинальной мощности	Н·м (кгс·м)	Брутто 191 (19,5) Нетто 175 (17,8)
Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте	мин ⁻¹	Брутто 2200-2600 Нетто 2100-2500
Частота вращения коленчатого вала в режиме холостого хода	мин ⁻¹	Минимальная 800 Максимальная 4500
Масса дизеля в комплекте в соответствии с ГОСТ 14846-81	кг	140
Габариты дизеля - длина - ширина - высота	мм	700 560 670
Минимальный удельный расход топлива	г/(кВт·ч) (г/(л.с.·ч))	245 (180)
Расход масла на выгорание	кг/ч	0,04
Экологические показатели		Еуро-3 при 13-ступенчатом цикле стендовых испытаний
Минимальная температура холодного пуска	°С	минус 20
Максимальный крен и дифферент	град.	Постоянно 20 Кратковременно 30

Таблица 1.9

Технические характеристики дизельного двигателя 4ДТНА2

Наименование показателя и параметра	Размерность	Числовое значение
Заводской индекс		4ДТНА2
Обозначение		4 ЧНА-2 8,8/8,2
Количество цилиндров		4
Расположение цилиндров		Рядное, вертикальное
Диаметр цилиндра	мм	88
Ход поршня	мм	82
Рабочий объем	дм ³	1,99
Степень сжатия		19

Наименование показателя и параметра	Размерность	Числовое значение
Камера сгорания		Неразделенная, открытая
Номинальная мощность в соответствии с ГОСТ 14846-81	кВт (л.с.)	Брутто 84,6 (115) Нетто 76,5 (104)
Частота вращения коленчатого вала при номинальной мощности	мин ⁻¹	4200
Максимальный крутящий момент в условиях определения номинальной мощности	Н·м (кгс·м)	Брутто 245 (25,0) Нетто 221 (22,6)
Частота вращения коленчатого вала при максимальном крутящем моменте	мин ⁻¹	Брутто 2200-2400 Нетто 2100-2300
Частота вращения коленчатого вала в режиме холостого хода	мин ⁻¹	Минимальная 600 Максимальная 4300
Масса дизеля в комплекте в соответствии с ГОСТ 14846-81	кг	150
Габариты дизеля - длина - ширина - высота	мм	700 580 700
Минимальный удельный расход топлива	г/(кВт·ч) (г.(л.с.·ч))	210 (150)
Расход масла на выгорание	кг/ч	0,04
Экологические показатели		Еуро-4 при 13-ступенчатом цикле стендовых испытаний
Минимальная температура холодного пуска	°С	минус 22
максимальный крен и дифферент	град.	Постоянно 20 Кратковременно 30

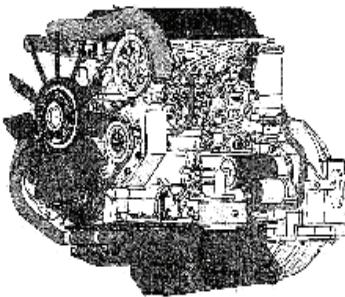


Рис. 1.14. 3D-модель дизеля 4ДТНА1 (вид со стороны топливно-регулирующей аппаратуры)

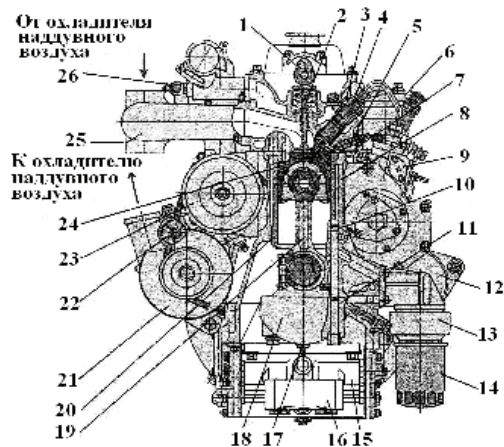


Рис. 1.15. Поперечное сечение дизеля 4ДТНА1

Внешний вид дизеля 4ДТНА1 иллюстрирует 3D-модель, представляющая вид со стороны топливно-регулирующей аппаратуры (рис. 1.14). При проектировании используется программный комплекс SolidWorks.

Приведенные иллюстрации дают представление об оригинальности базовых составляющих частей и систем дизеля.

На рис. 1.15 показано поперечное сечение этого дизеля. На рисунке приняты обозначения: 1 – распределительный вал; 2 – клапан; 3 – адаптер форсунки; 4 – форсунка; 5 – свеча накаливания; 6 – фильтр топливный; 7 – головка цилиндров; 8 – блок; 9 – топливный насос; 10 – шпилька силовая; 11 – коренная опора; 12 – стартер; 13, 15 – охладитель масла; 14 – фильтр масляный; 16 – маслозаборный отсек с подогревом; 17 – подогреватель коренной опоры; 18 – вал коленчатый; 19 – шатун; 20 – гильза; 21 – генератор; 22 – турбокомпрессор; 23 – насос водяной; 24 – поршень; 25 – коллектор впускной; 26 – датчик температуры охлаждающей жидкости.

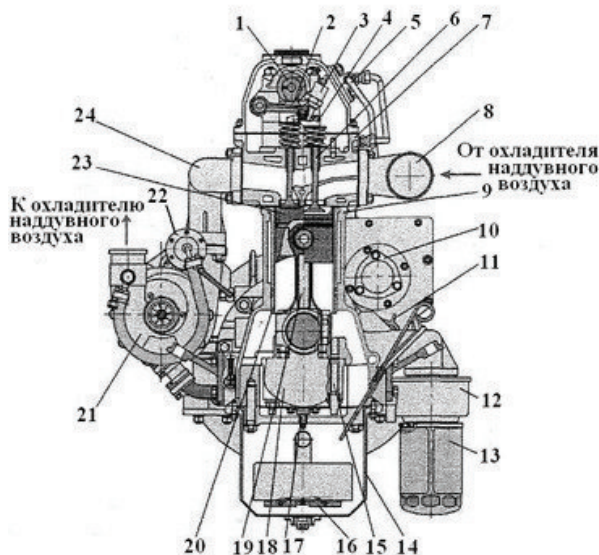


Рис. 1.16. Поперечное сечение дизеля 4ДТНА2

6 – клапан; 7 – головка блока; 8 – коллектор впускной; 9 – привод топливного насоса; 11 – стартер; 12 – охладитель масла; 13 – фильтр масляный; 14 – поддон; 15 – шпилька силовая; 16 – маслозаборный отсек с подогревом; 17 – подогреватель коренной опоры; 18 – вал коленчатый; 19 – шатун; 20 – гильза; 21 – турбокомпрессор; 22 – механизм перепуска газа; 23 – поршень; 24 – коллектор выпускной.

Сравнение основных технических характеристик, реализуемых в отечественных дизелях 4ДТНА1 и 4ДТНА2, с современными требованиями к перспективным дизелям, с требованиями российских производителей грузопассажирских автомобилей и микроавтобусов и фактическое состояние сегодняшнего решения вопросов приведено в табл. 1.10 [3].

Проанализировав данные табл. 1.10, можно сделать вывод, что тандем автомобильных двигателей 4ДТНА1 и 4ДТНА2 является вполне конкурентоспособным по топливно-экономичным и экологическим показателям и существенно превышает сегодняшний выбор потенциальных автопроизводителей по уровню форсирования (42,5 кВт/л против 31,8 кВт/л) и по удельной массе (1,8 кг/кВт против 2,85 кг/кВт).

Таблица 1.10

Сравнительный анализ основных технических характеристик дизелей мощностного ряда 4ДТНА

Наименование показателя и параметра	Дизель				
	Мировая перспектива	Требования российских производителей	4ДТНА1	4ДТНА2	Cummins ISF
Рабочий объем дизеля, дм ³	2,00	не более 2,5	1,99	1,99	2,781
Номинальная мощность, кВт (л.с.)	82,7 (112,5)	73,5 (100)	73,5 (100)	84,6 (115)	88,3 (120)
Частота вращения при номинальной мощности, мин ⁻¹	3900-4000	4000-4200	4200	4200	3200
Максимальный крутящий момент, Н·м	250	220	191	245	297
Частота вращения при максимальном крутящем моменте, мин ⁻¹	1800-2000	2000-2500	2200-2600	2200-2400	1600-2700
Минимальный удельный расход топлива, г/(кВт·ч) (г/(л.с.·ч))	230 (170)	218 (160)	245 (180)	210 (150)	245 (180)
Масса дизеля, кг	165	200	140	150	250
Экологические показатели	Euro-4	Euro-3	Euro-3	Euro-4	Euro-3

Таким образом, ожидаемая дорожная экономичность этих дизелей в составе транспортных средств будет значительно лучше, чем у зарубежных аналогов, что даст возможность не только развития их внутреннего, но и освоения внешних рынков, особенно в странах СНГ.

1.3.4. Двигатели легковых автомобилей

Технические характеристики ряда двигателей зарубежного производства представлены в табл. 1.11.

Технические характеристики двигателей зарубежного производства

Параметры	Тип двигателя							
	Toyota Corolla 1,6	Volkswagen Golf 1,8	Škoda Octavia 2,0	Hyundai Elantra 2,0	Honda Civic 1,8	Ford Focus 1,6	Citroen C4 1,6	Audi A3 1,6
Расположение двигателя	Спереди, поперечно	Спереди, поперечно	Спереди, поперечно	Спереди, поперечно	Спереди, поперечно	Спереди, поперечно	Спереди, поперечно	Спереди, поперечно
Объем двигателя, см ³	1598	1781	1984	1975	1797	1560	1587	1595
Тип расположения цилиндров	Рядный		Рядный	Рядный	Рядный	Рядный	Рядный	Рядный
Количество цилиндров	4	4	4	4	4	4	4	4
Ход поршня, мм	77		92,8	93,5	87,2	88	82	82
Диаметр цилиндра, мм	81		82,5	82	81	75	78,5	78,5
Степень сжатия	9,5	10,0	11,5	10,3	10	18,3	11,0	10,5
Количество клапанов на цилиндр	4	4	4	4	4	4	4	4
Система питания	Распредел. впрыск	Распредел. впрыск	Непосредст. впрыск	Распредел. впрыск	Распредел. впрыск	Дизель неп. впрыск	Распредел. впрыск	Распредел. впрыск
Мощность (л.с.) при оборотах, мин ⁻¹	110/6000	107/5500	150/6000	139/6000	169/7600	90/4000	110/5750	102/5600
Крутящий момент, Н·м	145/4800	168/3500	200/3500	182/4900	166/6300	204/1750	147/4000	147/4000
Тип топлива	АИ-95	АИ-95	АИ-95	АИ-95	АИ-95	Дизельное	АИ-95	АИ-95
Газораспределительный механизм	ДОНС	ОНС	ДОНС	ДОНС	ДОНС	ДОНС	ДОНС	ОНС
Турбонаддув	-	-	-	-	-	+	-	-

Бензиновый двигатель FSI концерна Volkswagen (рис. 1.17) с рабочим объемом 1,4 л был первым бензиновым двигателем с прямым впрыском. Несмотря на то, что конструкторам не удалось добиться выполнения первоначально обещанного снижения расхода топлива до 20%, на бензиновые двигатели с прямым впрыском возлагаются большие надежды в плане экономии топлива.

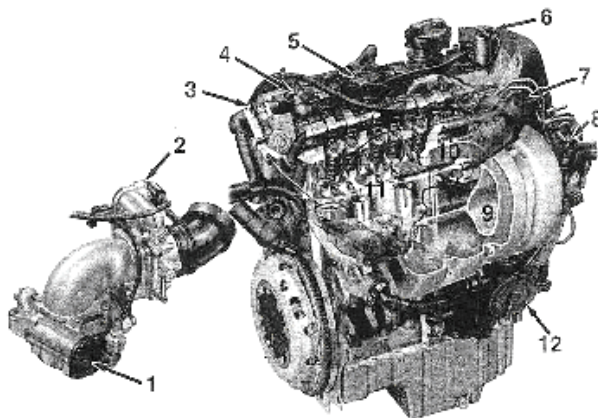


Рис. 1.17. Двигатель FSI концерна Volkswagen рабочим объемом 1,4 л

1 – клапан рециркуляции ОГ; 2 – электрическая дроссельная заслонка; 3 – насос высокого давления; 4 – датчик положения распределительного вала; 5 – катушка зажигания; 6 – магнитный клапан регулировки распределительного вала; 7 – вакуумная камера заслонки во впускном трубопроводе; 8 – магнитный клапан заслонки во впускных трубопроводах; 9 – вакуумный аккумулятор заслонки во впускном трубопроводе; 10 – заслонки во впускном трубопроводе; 11 – топливный гидроаккумулятор с форсунками; 12 – вакуумный клапан вентиляции картера двигателя.

На рис. 1.17 числами обозначены: 1 – клапан рециркуляции ОГ; 2 – электрическая дроссельная заслонка; 3 – насос высокого давления; 4 – датчик положения распределительного вала; 5 – катушка зажигания; 6 – магнитный клапан регулировки распределительного вала; 7 – вакуумная камера заслонки во впускном трубопроводе; 8 – магнитный клапан заслонки во впускных трубопроводах; 9 – вакуумный аккумуля-

Режимы работы FSI. Бензиновый двигатель с прямым впрыском топлива имеет два или три режима работы. При гомогенном режиме для достижения равномерного распределения смеси топливо впрыскивается в цилиндр во время такта впуска. Например, в двигателе Volkswagen Lupo FSI коэффициент избытка воздуха в гомогенном режиме работы $\lambda=1$. У более новых двигателей имеется еще один гомогенный режим работы на обедненной смеси с коэффициентом избытка воздуха $\lambda=1,5$. Регулировка мощности осуществляется через угол открытия дроссельной заслонки. В гомогенном режиме расход топлива, мощность и показатели отработавших газов (ОГ) двигателя с прямым впрыском в основном аналогичны соответствующим показателям двигателя с впрыском во впускной коллектор. При полной нагрузке более эффективное, благодаря впрыску топлива, охлаждение поршня снижает температуру в камере сгорания и повышает детонационную стойкость: двигатель может иметь более высокую степень сжатия (рис. 1.18, а).

В режиме работы с послойным смесеобразованием в цилиндре специально создается неравномерное распределение смеси (рис. 1.18, б). Дроссельная заслонка полностью открыта, что уменьшает потери при дросселировании в режиме частичных нагрузок. С помощью специальной заслонки,

расположенной во впускном трубопроводе, в камере сгорания создается спиралеобразное движение воздуха (завихрение).

Незадолго перед ВМТ в углубление днища поршня впрыскивается топливо. Благодаря выемке и спиралеобразному потоку воздуха струя топлива поднимается и направляется к свече зажигания. Таким образом, в области свечи зажигания находится способная к воспламенению смесь, окруженная оболочкой свежего воздуха и отработавших газов, которая при последующем сгорании уменьшает теплоотдачу на стенки камеры сгорания.

Удельный расход топлива уменьшается до 30%. Регулировка мощности в режиме послойного смесеобразования осуществляется путем изменения количества впрыскиваемого топлива. Коэффициент избытка воздуха λ , составляет от 1,5 до 3. Послойное смесеобразование может применяться только в нижнем диапазоне нагрузок и оборотов, поскольку в верхнем диапазоне оборотов нет времени для смесеобразования, и при полной нагрузке с коэффициентом избытка воздуха $\lambda=3$ двигатель не может развить достаточной мощности.

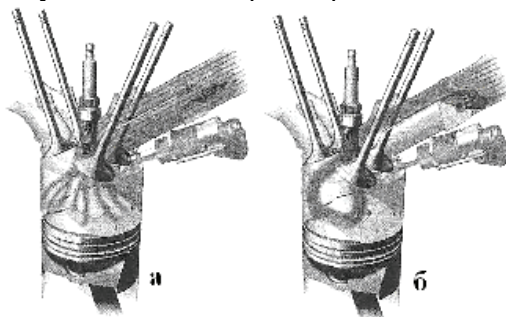


Рис. 1.18. Режимы работы двигателя FSI концерна Volkswagen с рабочим объемом 1,4 л:

а – в гомогенном режиме работы впрыск топлива осуществляется во время такта впуска; б – в режиме работы с послойным смесеобразованием впрыск топлива происходит незадолго перед ВМТ

Система питания бензинового двигателя FSI с прямым впрыском состоит из контуров низкого и высокого давления. Электронасос в контуре низкого давления через топливный фильтр подает топливо к насосу высокого давления. Регулятор поддерживает давление на постоянном уровне в 3 бар. При пуске прогретого двигателя магнитный клапан перекрывает возвратный трубопровод. Давление во избежание образования пузырьков пара повышается до 5,8 бар.

В зависимости от режима работы в насосе высокого давления создается давление от 50 бар на холостом ходу до 100 бар, начиная с оборотов 4000 мин⁻¹. Давление контролируется и регулируется блоком управления через соответствующий датчик и регулятор.

Форсунки открываются с помощью электромагнитов. В фазе пуска напряжение составляет 100 В, а сила тока 16 А. Перед фазой пуска магниты предварительно намагничиваются напряжением 12 В. У двигателей второго поколения предварительное намагничивание не требуется.

Дизели V6 модели OM 642, выпускаемый фирмой Mercedes-Benz, (рис. 1.19) оснащены системой впрыска Common Rail третьего поколения. Они предназначены для установки на легковые автомобили классов C, E, M, S и CLK.

В серийном исполнении двигатель V6 оснащают только одним турбокомпрессором при соответствующем ограничении мощности до 165 кВт при оборотах 3800 мин⁻¹ и крутящего момента до 510 Н·м при оборотах 1600-2800 мин⁻¹. Этот двигатель рабочим объемом 3 л пришел на смену рядным 5- и 6-цилиндровым дизелям, которых он превзошел практически по всем показателям. Несмотря на возможность выполнения норм Евро-4 без сажевого фильтра, продаваемые в Германии, Австрии, Швейцарии и Нидерландах автомобили оснащаются им в базовой комплектации.



Рис. 1.19. Дизель OM 642:
развивает 165 кВт при массе 208 кг, его удельная мощность 0,79 кВт/кг

Алюминиевый блок цилиндров с залитыми в него чугунными гильзами поставляется фирмой Hydro Aluminium, которая способна изготавливать его в количестве свыше 200 тыс. штук в год. При массе всего 41 кг алюминиевый блок оказался на 35 кг легче чугунного блока, выпускаемого ранее рядного двигателя. Благодаря новой технологии CPS все каналы для охлаждающей жидкости и масла формируются в блоке непосредственно при отливке. Угол развала между рядами цилиндров равен 72°. В развале расположен уравнивающий вал, который противодействует колебаниям, вызываемым моментами сил инерции первого порядка.

Фирма Mercedes-Benz предпочла четырехклапанную систему газораспределения двухклапанной. Четыре распределительных вала приводятся от коленчатого вала через двухрядные втулочно-роликовые цепи. Опоры распределительных валов расположены непосредственно в головках цилиндров, что способствует компактности конструкции и снижению шумности привода газораспределения. Привод клапанов осуществляется через роликовые толкатели с гидроопорами. Благодаря роликам существенно снижены потери на трение в механизме привода клапанов. Уменьшение угла развала клапанов позволило повысить компактность камеры сгорания.

Устанавливаемая на двигатель система Common Rail третьего поколения отличается повышенными до 1600 бар давлениями впрыска и применением пьезоэлектрических форсунок фирмы Bosch. Последние существенно меньше форсунок с электромагнитными клапанами и работают с задержками не более 0,1 мс, обеспечивая впрыск до пяти отдельных порций топлива за рабочий цикл. Для снижения скорости повышения давления в цилиндрах при сгорании топлива перед подачей основной его дозы дважды производится впрыск запальных порций. Для улучшения смесеобразования число сопловых отверстий распылителя повышено с семи до восьми. Максимальное давление в цилиндрах на некоторых режимах достигает 180 бар. Поми-

мо изменения параметров впрыска топлива для управления рабочим процессом используется регулируемый посредством электропривода направляющий аппарат турбины турбокомпрессора. Воздух поступает в каждый цилиндр двигателя через два впускных клапана. На определенных режимах работы двигателя один из каналов перекрывается, в результате чего увеличивается интенсивность воздушного вихря в цилиндре.

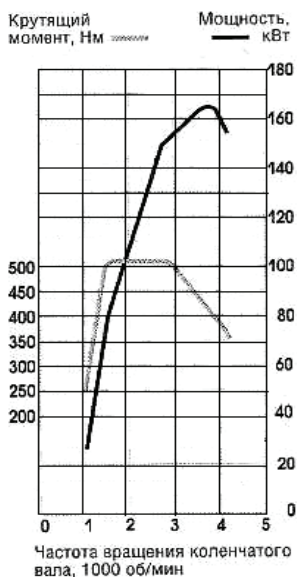


Рис. 1.20. Внешняя скоростная характеристика двигателя, устанавливаемого на автомобиль Mercedes-Benz C320 CDI

Отключение впускных каналов производится также посредством электропривода. Все приводы управления двигателем действуют по командам вновь разработанного контроллера.

Внешняя скоростная характеристика двигателя, устанавливаемого на автомобиль Mercedes-Benz C320 CDI, представлена на рис. 1.20.

Двигатели автомобиля Škoda Octavia. Различные модели автомобиля Škoda Octavia комплектуются силовыми агрегатами, отличающимися мощностью, крутящим моментом, типом коробки передач и т. д. При этом применяются дизели, бензиновые двигатели с впрыскиванием бензина во впускной коллектор или непосредственно в цилиндр, с наддувом или без наддува.

Технические характеристики автомобиля Škoda Octavia приведены в табл. 1.12. Внешняя скоростная характеристика двигателя представлена на рис. 1.21.

Таблица 1.12

Краткая техническая характеристика автомобиля Škoda Octavia

Параметры	Значения
Количество мест, включая место водителя	5
Снаряженная масса автомобиля с водителем, кг	1390
Технически допустимая полная масса автомобиля, кг	1845
Распределение полной массы между осями:	
на переднюю ось, кг	945
на заднюю ось, кг	900
Максимальная технически допустимая нагрузка на оси:	
на переднюю ось, кг	1000
на заднюю ось, кг	990
Минимальный радиус поворота, м	4,9
Габаритный диаметр поворота (наружный), м	10,8

Параметры	Значения
Максимальная скорость движения на четвертой передаче (водитель+пассажир), км/ч	211
Время разгона автомобиля с места до 100 км/ч, с	9,1
Преодолеваемый уклон, %	43
Шины (размер)	205/55 R16, 225/45 R17
Расход топлива при скорости движения 90 км/ч	6,2 л/100 км
при скорости движения 120 км/ч	7,9 л/100 км
по городскому циклу	10,8 л/100 км

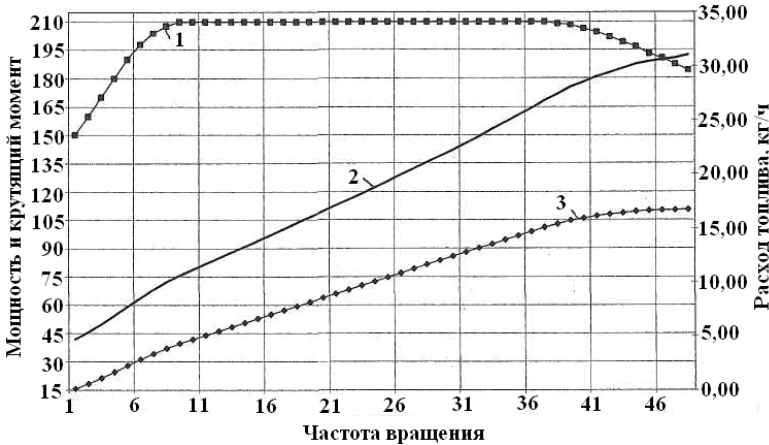


Рис. 1.21. Внешняя скоростная характеристика двигателя Škoda Octavia:

1 – крутящий момент; 2 – мощность; 3 – расход топлива

Автомобиль Škoda Octavia Elegance отличается от других моделей этой марки установкой силового агрегата AGU 1,8 20V Turbo с рабочим объемом 1,8 л, 5 клапанов на цилиндр, с повышенной степенью сжатия, снабженного системой газотурбинного наддува и микропроцессорной системой управления (МПСУ), составными частями которой являются система распределенного впрыска топлива (СРВТ) и программно управляемая система зажигания.

Например, модели двигателей APK, AQY и AZJ имеют одинаковые геометрические размеры, число цилиндров и мощность, в зависимости от типа системы управления (M 5.9.2 или ME 7.5) обеспечивают разные показатели токсичности. Интересно сравнить между собой двигатели моделей AZJ и AGU. Модель AGU имеет объем цилиндра на 200 см³ меньше, чем AZJ, но на этом двигателе применен газотурбинный наддув и система управления Motronic ME 7.5.1. В результате двигатель развивает мощность 110 кВт, удовлетворяет нормам токсичности Евро-4 и обеспечивает максимальный крутящий момент 210 Н·м в диапазоне частот 1750-4600 мин⁻¹.

Двигатель модели AGU 1,8 20V Turbo – четырехтактный четырехцилиндровый рядный двигатель жидкостного охлаждения с принудительным

зажиганием, с газотурбинным наддувом, внешним смесеобразованием путем фазированного распределенного впрыскивания бензина во впускной коллектор, имеет 5 клапанов на цилиндр (табл. 1.13).

Таблица 1.13

Техническая характеристика двигателя AGU 1,8 20V Turbo

Параметры	Значения
Диаметр цилиндра, мм	81,1
Ход поршня, мм	86,41
Рабочий объем цилиндра, см ³	1781
Степень сжатия	9,5
Мощность номинальная (нетто), кВт при частоте вращения, мин ⁻¹	110 5600-5700
Максимальный крутящий момент, Н·м при частоте вращения, мин ⁻¹	210 1750-4600
Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹ минимальная номинальная максимальная	800-940 5600-5700 5800
Порядок работы цилиндров	1-3-4-2
Топливный насос с электроприводом, форсунки	электромагнитные
Топливо, бензин	A95 TУ 38.001165-87
Плотность топлива, г/см ³	0,772
Моторное масло	SAE 10W-40

Система управления двигателем AGU 1,8 20V Turbo микропроцессорная Bosch Motronic ME 7.5.1. Она обеспечивает комплексное управление топливоподачей путем фазированного распределенного впрыскивания бензина во впускной коллектор, газотурбинным наддувом, высокоэнергетической системой зажигания с индивидуальными катушками для каждого цилиндра и системой снижения токсичности с трехкомпонентным нейтрализатором и двумя λ -зондами.

Топливный насос погружного типа, вихревой с электроприводом. Форсунки – электромагнитные клапанные. Способ включения их в работу – фазированный, что обозначает включение каждой из них один раз за два оборота коленчатого вала по очереди через 180 градусов поворота коленчатого вала в соответствии с порядком работы цилиндров, то есть один раз за полный рабочий цикл двигателя. На одном из распределительных валов установлен диск с выступами и впадинами, который модулирует магнитное поле датчика Холла, расположенного рядом. Сигнал, получаемый на выходе этого датчика, используется контроллером для идентификации номера цилиндра.

Используется так называемая электронная педаль, позволяющая управлять двигателем в зависимости от потребности автомобиля в крутящем моменте. Управляя наддувом и положением дроссельной заслонки, система обеспечивает постоянный максимальный крутящий момент 210 Н·м

в диапазоне частот вращения 1750-4600 мин⁻¹ при работе двигателя по внешней скоростной характеристике.

Силовой агрегат двигателя AGU 1,8 20V Turbo автомобиля Škoda Octavia состоит из сцепления, коробки переключения передач с главной передачей и дифференциалом. Дифференциал симметричный, конический, с двумя сателлитами. Передаточные числа КПП: 1-я передача – 3,78; 2 – 2,18; 3 – 1,43; 4 – 1,03; задний ход – 3,44; главная передача – 3,7; шины – 205/55 R16.

Силовые агрегаты автомобилей модельного ряда Škoda Octavia оснащаются системами управления «Motronic» концерна Bosch. В табл. 1.14 приведены основные характеристики бензиновых двигателей этого модельного ряда, позволяющие судить о комплектности и достигаемых показателях, например, по крутящему моменту. Приведены двигатели с наддувом и без наддува, с разными системами управления M 5.9 и ME 7.5, с разной комплектностью систем и разной стратегией управления.

Таблица 1.14

Характеристики двигателей автомобилей Škoda Octavia

Параметры	Модель двигателя			
	AGU	APK	AQY	AZJ
Диаметр цилиндра, мм	81,0	82,5	82,5	82,5
Ход поршня, мм	86,4	92,8	92,8	92,8
Степень сжатия	9,5	10,5	10,5	10,5
Рабочий объем всех цилиндров, см ³	1781	1984	1984	1984
Максимальная мощность, кВт	110	85	85	85
Номинальная частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	5700	5200	5200	5200
Максимальный крутящий момент, Н·м, при частоте мин ⁻¹	210/ 1750-4600	170/ 2400	170/ 2400	170/ 2400
Газотурбинный наддув	есть	нет	нет	нет
	AGU	APK	AQY	AZJ
Версия контроллера Motronic	ME 7.5.1	M 5.9.2	M 5.9.2	ME 7.5
Нормы токсичности	Евро-4	Евро-2	Евро-4	Евро-4
Количество λ-зондов	2	1	2	2
Система вторичного воздуха	есть	нет	есть	есть
Изменяемая длина впускного тракта	нет	нет	нет	есть
Количество датчиков детонации	2	2	2	2

Двигатель Audi TFSI V6 3,0 с нагнетателем «Roots» 2009 года выпуска, бензиновый с непосредственным впрыском. Технические характеристики систем двигателя:

- шестицилиндровый V-образный двигатель с механическим наддувом (техническая база: двигатель FSI V6 3,2 л);
- топливная система, фильтр с активированным углем, система выпуска отработавших газов (коллектор для селективного лямбда-регулирования)

и система охлаждения двигателя по геометрии и размещению идентичны двигателю FSI V6 3,2 л;

- вакуумная система с механическим вакуумным насосом (по конструкции идентичен насосу для двигателя FSI V6 3,2 л).

Внешний вид двигателя Audi TFSI V6 приведен на рис. 1.22, а внешняя скоростная характеристика – на рис. 1.23.

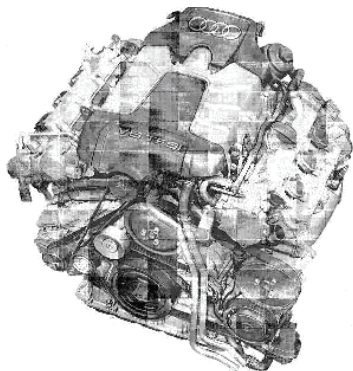


Рис. 1.22. Бензиновый двигатель Audi A6

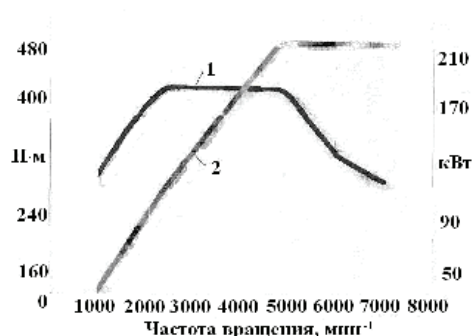


Рис. 1.23. Внешняя скоростная характеристика двигателя:
1 – крутящий момент; 2 – мощность

Технические характеристики двигателей V6, устанавливаемых на автомобили Audi A6 приведены табл. 1.15 и 1.16.

Таблица 1.15

Технические характеристики двигателей V6, устанавливаемых на автомобили Audi A6

Характеристика	Модели двигателей			
	2,4 л MPI	2,8 л FSI	3,2 л FSI	3,0 л TFSI
Рабочий объем, см ³	2393	2773	3123	2995
Ход поршня, мм	77,4	82,4	92,8	89
Диаметр цилиндра, мм	81	84,5	84,5	84,5
Ход поршня/диаметр цилиндра	0,96	0,98	1,10	1,05
Степень сжатия	10,3:1	12,0:1	12,5:1	10,5:1
Расстояние между цилиндрами, мм	90	90	90	90
Смещение ряда цилиндров, мм	18,5	18,5	18,5	18,5
Диаметр коренного подшипника, мм	58	58	65	65
Диаметр шатунного подшипника, мм	50	54	56	56
Длина шатуна, мм	159	159	154	153
Высота блока, мм	228	228	228	228

Характеристика	Модели двигателей			
	2,4 л MPI	2,8 л FSI	3,2 л FSI	3,0 л TFSI
Макс. мощность при частоте вращения, кВт при мин ⁻¹	130 при 6000	154 при 5250	188 при 6500	213 при 4800-7000
Макс. крутящий момент при частоте вращения, Н·м при мин ⁻¹	230 при 3000	280 при 3000-5000	330 при 3250	420 при 2500-4850
Октановое число топлива	95	95	95	95

Таблица 1.16

Ходовые характеристики в сравнении: двигатель V6 FSI 3,2 л и двигатель V6 TFSI 3,0 л, устанавливаемые на Audi A6

Характеристика	Модель двигателя	
	Audi A6 3,2 л FSI 188 кВт/330 Н·м tiptronic quattro 2008 модельный год	Audi A6 3,0 л TFSI 213 кВт/420 Н·м tiptronic quattro 2009 модельный год
0-100 км/ч, с	7,1	6,3
Эластичность в положении движения D, км/ч	80-120	80-120
Максимальная скорость, км/ч мин ⁻¹ /передача	250 6350/5	250 4500/6
Средний общий расход, л/100 км	10,9	9,6
Эмиссия CO ₂ , г/км	259	228

Технические характеристики двигателей новых универсальных Audi A6 Avant представлены в табл. 1.17. Четырехцилиндровый дизель оснащен насос-форсунками, а шестицилиндровые дизели оборудованы системой впрыска Common Rail с пьезоэлектрическими форсунками. Шестицилиндровый трехлитровый дизель TDI имеет установленный в развале цилиндров турбокомпрессор и два включенных параллельно охладителя наддувочного воздуха.

Таблица 1.17

Техническая характеристика двигателей Audi

Тип двигателя / рабочий объем, л	Мощность, кВт / при частоте вращения, мин ⁻¹	Крутящий момент, Н·м / при частоте вращения, мин ⁻¹
Бензиновый V6/2,4	130/6000	230/3000-5000
Бензиновый V6 FSI/3,2	188/6500	330/3250
Бензиновый V8/4,2	246/6600	420/3500
Четырехцилиндровый дизель TDI/2,0	103/4000	320/1750-2500
Дизель V6 TDI/2,7	132/3300-4250	380/1400-3300
Дизель V6 TDI/3,0	165/4000	450/1400-3250

Дизель V6 для легковых автомобилей Audi одноименного концерна с рабочим объемом 3 л, мощностью 171 кВт и максимальным крутящим моментом 450 Н·м является лидером среди 6-цилиндровых дизелей для легковых автомобилей. Высокие мощностные показатели достигнуты в результате тщательной отработки конструкции и применения системы впрыска Common Rail третьего поколения. (рис. 1.24).

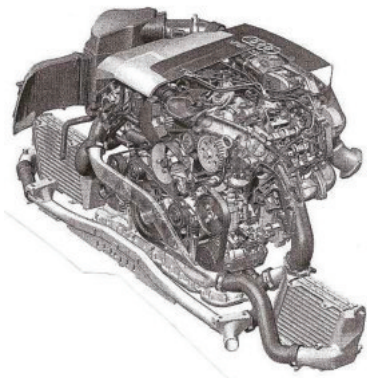


Рис. 1.24. Дизель V6 концерна Audi

Высокие мощность и динамика дизеля сочетаются с низкой шумностью и высокой плавностью хода. Особой заслугой разработчиков является снижение выброса вредных веществ с отработавшими газами до уровня норм Евро-4 без применения сажевого фильтра – и это для автомобилей высшего класса Audi A8 с автоматической трансмиссией и постоянным полным приводом.

Двигатель разработан на базе ранее выпускавшегося дизеля V6 рабочим объемом 2,5 л, от которого он отличается рядом конструктивных элементов. В частности, зубчатый ремень привода распределительных валов заменен расположенными со стороны маховика цепными передачами, используемыми также для привода уравновешивающего вала. Эта конструкция позволила существенно сократить длину двигателя. В каждой головке цилиндров расположены два распределительных вала, связанных между собой через безззорные зубчатые передачи. Блок цилиндров с углом 90° между рядами отливается из чугуна с добавлением графита, прочность которого вдвое выше, чем у серого чугуна. Благодаря этому удалось снизить массу блока на 7 кг.

Чтобы обеспечить снижение выброса вредных веществ до уровня норм Евро-4 без применения сажевого фильтра, пришлось провести ряд мероприятий по оптимизации рабочего процесса.

В приводе клапанов применены безззорные зубчатые передачи и роликовые рычаги, способствующие снижению шума двигателя.

Интенсивность воздушного вихря в цилиндре регулируется посредством заслонки на входе в один из впускных каналов. Поворотом заслонки может быть достигнуто снижение выброса вредных веществ или повышена мощность двигателя.

При применении четырехклапанной системы газораспределения воздух поступает в каждый цилиндр двигателя через два впускных канала, закручивающих его поток вокруг оси цилиндра. На входе в один из каналов установлена заслонка, по мере закрытия которой увеличивается скорость воздуха, поступающего через второй канал и соответственно возрастает интенсивность вращения воздуха в цилиндре. Усиление воздушного вихря способствует улучшению смесеобразования и снижению образования сажевых частиц. При работе двигателя при пониженных частотах и небольших

нагрузках заслонка полностью закрывается, обеспечивая максимальную интенсивность вихреобразования. По мере повышения нагрузки заслонка открывается, снижая интенсивность вращения воздуха в цилиндре. При работе двигателя с высокой частотой вращения вала и большой нагрузкой заслонка открывается полностью, так как на этих режимах в первую очередь требуется хорошее наполнение цилиндров двигателя воздухом.

В результате улучшения смесеобразования степень сжатия снизилась до 17 и тем самым уменьшился выброс оксидов азота.

Снижение выбросов было достигнуто также применением рециркуляции охлажденных отработавших газов. Необходимый для этого жидкостный охладитель установлен в развале блока цилиндров. Чтобы ускорить ввод в действие нейтрализатора при прогреве двигателя, рециркулируемые отработавшие газы перепускаются через байпас в обход охладителя.

Не менее важным было применение турбокомпрессора с регулируемым посредством электродвигателя направляющим аппаратом турбины. Такой привод применен на автомобилях Audi впервые. Это мероприятие, а также снижение потерь тепла газами на пути от цилиндров до турбокомпрессора посредством чехлов, установленных на выпускных коллекторах с зазором, позволил улучшить динамические характеристики двигателя. Максимальное давление воздуха после компрессора ограничено величиной 2,3 бар.

Устанавливаемая на новом двигателе система впрыска Common Rail третьего поколения с пьезоэлектрическими форсунками способствует повышению КПД системы, позволяет в зависимости от ее настройки снизить выброс частиц и оксидов азота (до 15-20%), увеличить мощность (до 5%), улучшить экономичность (до 3%) и снизить уровень шума (до 3 дБ). Эта примененная впервые на серийных двигателях система характеризуется встроенными в форсунки пьезоклапанами и повышенным (с 1400 до 1600 бар) рабочим давлением в аккумуляторе. Каждый пьезоэлемент собирается из нескольких сотен тончайших пластинок, которые расширяются при подаче напряжения на их обкладки. Перемещение конца пьезоэлемента непосредственно передается управляющему клапану форсунки. Эта концепция позволила фирме Bosch впервые реализовать все преимущества пьезопривода в полной мере. Массу подвижных частей привода удалось снизить с 16 до 4 г, а время открытия клапана сократить до 0,1 мс, т. е. вдвое меньше, чем у форсунок с электромагнитным клапаном. В результате этого удалось разделить подачу топлива на большее число отдельных впрысков с определенной последовательностью. Запальная доза топлива подается за два предварительных впрыска, а регенерации устанавливаемого по заказу сажевого фильтра способствует дополнительный впрыск, производимый после подачи основной дозы топлива. Новые форсунки отличаются уменьшенным сбросом топлива, что положительно сказывается на общем КПД топливной системы. Топливный насос высокого давления расположен в развале блока цилиндров и приводится от коленчатого вала посредством зубчатого ремня.

Помимо автомобилей А8 компания Audi предполагает оснащать подобным дизелем и другие модели.

Бензиновый двигатель компании Audi для модели Q7. В 2007 г. началась продажа Audi Q7 с новым V-образным шестицилиндровым двигателем рабочим объемом 3,6 л. Он обладает крутящим моментом в 360 Н·м при 2500-5000 мин⁻¹. Мощность двигателя составляет 206 кВт (280 л.с.) при 6200 мин⁻¹.

Благодаря тому что угол между цилиндрами составляет всего 10,6°, двигатель V6 необычайно компактен. Его блок цилиндров отливается из серого чугуна. Привод клапанов осуществляется роликовыми толкателями низкого трения с гидравлической регулировкой тепловых зазоров. Распределительные валы привода впускных и выпускных клапанов приводятся цепью. Фазы газораспределения регулируются, что снижает уровень вредных выбросов и расход топлива. В двигателе использована технология непосредственного впрыска топлива FSI, разработанная компанией Audi, позволяющая повысить мощность и КПД двигателя.

Показатели Audi Q7 с новым двигателем: разгон от 0 до 100 км/ч занимает 8,5 с; максимальная скорость 225 км/ч. Модификация, оснащенная адаптивной пневматической подвеской, может разогнаться до 230 км/ч благодаря уменьшению аэродинамического сопротивления при опускании кузова.

Двенадцатицилиндровый дизель. Представляя двигатель V12, компания Audi открывает новую страницу в дизелестроении (рис. 1.25). Двигатель рабочим объемом 6 л развивает мощность 500 л.с. и крутящий момент 1000 Н·м. Разгон от 0 до 100 км/ч занимает всего 5,5 с, а максимальная скорость ограничена электроникой на отметке 250 км/ч. Максимальный крутящий момент достигается при 1750 мин⁻¹.

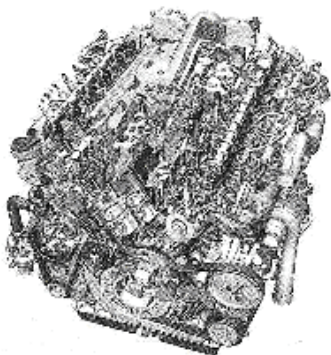


Рис. 1.25. Двенадцатицилиндровый дизель V12-TDI

Этот высокотехнологичный дизельный двигатель с системой Common Rail, впервые в мире развивающей давление впрыска 2000 бар, обеспечивает крупному внедорожнику немалый резерв мощности в любой ситуации. Благодаря современной технологии впрыска с использованием пьезофорсунок двигатель работает мягко с минимальным шумом. V12-TDI агрегируется с новой шестиступенчатой коробкой передач и постоянным полным приводом quattro.

Цилиндры двигателя расположены под углом 60° друг к другу. Помимо легкого и высокопрочного блока цилиндров следует отметить новую конструкцию цепной передачи, которая приводит в действие систему впрыска Common Rail.

Двенадцать пьезофорсунок выдерживают давление до 2000 бар. Такое высокое давление впрыска положительно влияет на величину мощности и КПД, одновременно обеспечивая плавность работы. Также следует отметить низкую токсичность отработавших газов. Серийный V12-TDI с двумя турбокомпрессорами соответствует требованиям стандарта Евро-5, который вступил в силу в 2010 г. Расход топлива укладывается в 11,9 л на 100 км.

Двигатель 2.8 TFSI (рис. 1.26). Компания Audi модели А6 оснащает новым бензиновым двигателем рабочим объемом 2,8 л, развивающим 154 кВт (210 л.с.) и максимальный крутящий момент 280 Н·м в диапазоне 3000-5000 мин⁻¹. Помимо технологии непосредственного впрыска бензина FSI этот V6 отличается впервые используемой высокоэффективной и в то же время весьма простой технологией управления клапанами – передовой системой Audi valvelift system.

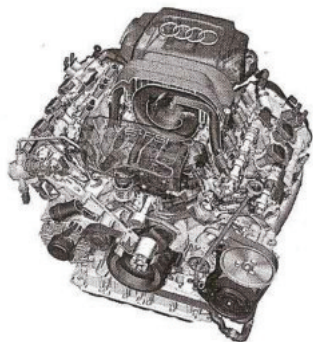


Рис. 1.26. Шестицилиндровый бензиновый двигатель 2.8 TFSI

Новая система предназначена для двухступенчатой регулировки высоты подъема клапанов. В отличие от обычных систем, требующих внедрения дополнительных деталей, которые должны переключаться или скользить, чтобы оказаться в рабочем положении, в данной системе используются исполнительные устройства, установленные непосредственно на распределительном валу. Такое решение имеет неоспоримые преимущества в отношении конфигурации кривых подъема клапанов. В системе Audi valvelift system используются основания кулачков, расположенные на распределительном валу впускных клапанов и способные

перемещаться в продольном направлении. На них установлены два кулачка, расположенные рядом друг с другом: один кулачок предназначен для малой высоты подъема клапана, второй – для большой. Таким образом, в зависимости от нагрузки на двигатель впускные клапаны открываются с помощью роликовых толкателей клапанов.

Совместно с целым рядом мер по уменьшению трения в различных узлах и деталях двигателя система управления клапанами Audi valvelift system улучшает топливную экономичность на 10%. Модель А6 с двигателем FSI рабочим объемом 2,8 л расходует всего лишь 8,7 л/100 км бензина в смешанном цикле движения.

Технология непосредственного впрыска топлива позволяет довести степень сжатия двигателя до 12:1, что делает процесс сгорания высоко эффективным. Такие решения, как отлитый из алюминия блок цилиндров массой всего лишь 33 кг и новый масляный насос с двумя ступенями давления, производительность которого изменяется по требованию, продолжают перечень высокотехнологичных новинок.

Двигатель 1.8 TFSI. В новом двигателе 1.8 TFSI (рис. 1.27) впрыск топлива производится непосредственно в камеру сгорания при максималь-

ном давлении, увеличенном до 150 бар. Вдобавок новые форсунки имеют шесть отверстий, а поток воздуха в камере сгорания управляется заслонками движения заряда. Все это обеспечивает однородность топливовоздушной смеси и эффективность процесса сгорания. Двигатель обладает высокими динамическими и мощностными показателями, а также низким расходом топлива.

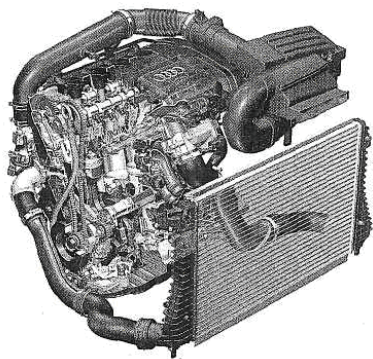


Рис. 1.27. Четырехцилиндровый бензиновый двигатель 1.8 TFSI с турбонаддувом

Насос высокого давления нового типа поддерживает необходимое давление впрыска. Он приводится в действие четырехсторонним кулачком распределительного вала выпускных клапанов. Такое решение снижает токсичность отработавших газов. Трубопроводы высокого давления, по которым топливо подается к форсункам под максимальным давлением, полностью изготовлены из нержавеющей стали. Новые форсунки с большей точностью распределяют сверхтонкие струи топлива по камере сгорания.

Двойной впрыск (распределение подаваемого топлива между тактом впрыска и тактом сжатия) также способствует образованию однородной топливовоздушной смеси и прогреву каталитического нейтрализатора после запуска холодного двигателя. Турбонагнетатель с жидкостным охлаждением K03 производства Borg Warner обеспечивает оптимальное наполнение цилиндров. Конструкция колеса турбины оптимизирована для улучшения обтекаемости внутри турбонагнетателя, что позволило облегчить управление двигателем на более низких оборотах. В системе впуска изменена конструкция заслонки движения заряда. При 1000^{-1} двигатель развивает крутящий момент 165 Нм, а максимальное значение достигается в диапазоне $1500-4200 \text{ мин}^{-1}$. Максимальная мощность 160 л. с. При степени сжатия 9,6:1 модель А3 с механической коробкой передач расходует в смешанном цикле движения всего 7,3 л топлива на 100 км.

Двигатель легкового автомобиля KIA Sephia и Daewoo Nexia. На автомобиле KIA Sephia установлен четырехцилиндровый восьмиклапанный двигатель с одним верхнерасположенным распределительным валом, сконструированный на базе силового агрегата Mazda.

Технические характеристики двигателя автомобиля KIA Sephia, регулировочные данные и характеристики систем смазки и охлаждения приведены в табл. 1.18.

Система смазки двигателя. Трохоидный (внутренние стенки выполнены по эпитрохоиде) масляный насос приводится в действие непосредственно от коленчатого вала. Для проверки давления масла в отверстие крепления датчика падения давления следует вернуть манометр. При температуре масла $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ давление составляет 1,95-2,95 бар при 1000 мин^{-1} и 2,95-

3,90 бар при 3000 мин⁻¹. Динамический зазор наружного ротора масляного насоса замеряется между наружным ротором и корпусом насоса с помощью пластинчатого щупа. Зазор должен составлять максимум 0,22 мм. Зазор на вершинах зубьев, замеренный между вершинами зубьев внутреннего и наружного роторов, не должен превышать 0,2 мм. Осевой зазор роторов замеряется с помощью пластинчатого щупа и линейки и не должен превышать 0,14 мм. Если замеренные при этих проверках параметры превышают предельные значения, необходимо заменить внутренний и наружный роторы комплектом, в случае необходимости – полностью масляный насос.

Таблица 1.18

Технические характеристики двигателя автомобиля KIA Sephia

Параметры	Значения
Тип	SOHC
Количество цилиндров / расположение у установка в двигателе	4 / в ряд / спереди, поперек
Рабочий объем, см ³	1597
Диаметр цилиндра, мм	78,0
Ход поршня, мм	83,6
Степень сжатия	9,3
Максимальная мощность, кВт/при мин ⁻¹	60/5000
Максимальный крутящий момент, Н·м/при мин ⁻¹	125/3500
Регулировочные данные и допуски головки блока цилиндров, мм	
Зазор в клапанах	Регулируется гидравлически
Впускной клапан открывается	14° перед ВМТ
Угол седла клапана тарелка/седло (впускные/ выпускные)	45°/45°
Диаметр стержня клапана: впускные	6,970-6,985
выпускные	6,965-6,980
Ширина седла клапана, впускные/ выпускные	0,7/0,7
Динамический зазор стержня клапана, впускные/ выпускные	0,025-0,060/0,030-0,065
Длина клапана, впускные/ выпускные	103,27-103,77/102,17-102,67
Характеристики систем смазки и охлаждения	
Система смазки	
Емкость системы смазки при замене масла, с фильтром/без фильтра, л	3,2/3,0
Давление масла, бар/при мин ⁻¹	1,96-2,94/1000
Осевой зазор шестерен масляного насоса в корпусе, мм	До 0,14
Зазор между внутренним и наружным роторами, мм	До 0,20
Зазор между наружным ротором и корпусом насоса, мм	До 0,22
Система охлаждения	
Емкость системы охлаждения, с системой отопления/ без системы отопления, л	6,0/5,5
Избыточное давление в радиаторе, бар	0,75/1,05

Параметры	Значения
Термостат открывается, главный клапан/ вспомогательный клапан, °С	86,5-89,5/83,5-86,5
Температура включения/выключения вентилятора, °С	91/90
Характеристика системы зажигания	
Свечи зажигания	NGK BPR 5 ES-11
Расстояние между электродами, мм	1,0-1,1
Угол опережения зажигания на холостом ходу	7°±1° перед ВМТ
Катушка зажигания: сопротивление первичной обмотки, Ом сопротивление вторичной обмотки, Ом	0,81-0,99 10000-16000
Последовательность зажигания	1-3-4-2
Метка угла опережения зажигания	Коленчатый вал/крышка зубчатого ремня
Первый цилиндр находится	Со стороны распределительных шестерен
Характеристика системы питания	
Тип системы впрыска	MPFI
Давление в системе, бар	2,65-3,15
Обороты холостого хода, мин ⁻¹	750±50
Токсичность ОГ: СО, % от объема СО ₂ , % от объема НС, ppm	До 0,5 Св. 14,0 До 100
Сопротивление форсунок, Ом	12-16
Моменты затяжки крепежных соединений двигателя, Н·м	
Головка блока цилиндров	76-81 (производится в три приема)
Коренные подшипники	54-59
Шатунные подшипники	47-50
Приводная шестерня распределительного вала	50-60
Впускной коллектор	19-25
Выпускной коллектор	16-23
Распределительная шестерня коленчатого вала	157-167
Маховик	96-103
Ролик натяжного устройства ремня	19-25
Свечи зажигания	15-23
Крышки клапанов	5-9
Ременный шкив коленчатого вала	12-17
Оси коромысел	22-28

Система охлаждения двигателя. Давление открытия клапана в крышке радиатора составляет 0,75-1,05 бар. Температура включения электровентилятора системы составляет 91 °С, а температура выключения – 90 °С. Термостат имеет главный и вспомогательный клапаны. Главный клапан начинает открываться при 86,5-89,5 °С и при 100 °С полностью открыт, минимальный ход открытия – 8 мм. Вспомогательный клапан открывается

при 83,5-86,5 °С и полностью открыт также при 100 °С. Минимальный ход клапана при этом составляет 1,5 мм.

Водяной насос имеет привод от клинового ремня. Он неразборный и поэтому при повреждении его необходимо заменять целиком.

Система управления двигателем. Двигатель оснащен многоточечной системой впрыска с электронным управлением и программой самодиагностики (рис. 1.28). Для подробной проверки системы имеются специальные тестеры. Однако основные проверки и регулировки можно произвести и с помощью универсальных приборов.

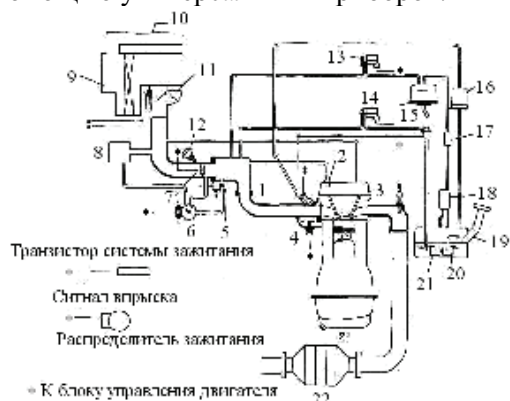


Рис. 1.28. Схема многоточечной системы впрыска с электронным управлением

закрытия дроссельной заслонки; 13 – магнитный клапан бачка с активированным углем; 14 – бачок с активированным углем; 15 – регулятор давления; 16 – топливный фильтр (контур высокого давления); 17 – запорный клапан (двухканальный); 18 – отделитель; 19 – топливный бак; 20 – топливный насос; 21 – топливный фильтр (контур низкого давления); 22 – катализаторный нейтрализатор ОГ.

Если в системе впрыска топлива возникают неисправности, в первую очередь следует проверить систему зажигания, герметичность впускного и выпускного коллекторов и воздушный фильтр. Давление в системе впрыска проверяется с помощью манометра, подключенного между топливным фильтром и распределительным трубопроводом, и составляет 2,65-3,15 бар. Если давление топлива слишком высокое, значит либо забит возвратный топливопровод от регулятора давления, либо неисправен сам регулятор давления. При слишком низком давлении возможно засорился топливный фильтр.

Обороты холостого хода составляют 700-800 мин⁻¹ и замеряются следующим образом. На диагностическом штекере (расположен на щите передка кузова) нужно накоротко соединить клеммы ENGINE TEST и GND. Регулировка оборотов холостого хода осуществляется посредством регулировочного винта. Сопротивление датчика температуры двигателя составляет: при -20 °С 16,2±1,6 кОм, при +20 °С 2,45±0,24 кОм и при +80 °С

На рис. 1.28 числами обозначены: 1 – форсунка; 2 – клапан принудительной вентиляции картера; 3 – кислородный датчик (лямбда-зонд); 4 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 5 – воздушный клапан; 6 – клапан управления частотой холостого хода; 7 – датчик положения дроссельной заслонки; 8 – резонансная камера; 9 – гаситель шумов от всасываемого воздуха; 10 – резонансная камера; 11 – расходомер воздуха (с датчиком температуры всасываемого воздуха); 12 – демпфер

320±30 Ом. Сопротивление датчика температуры впускного воздуха (находится в расходомере воздуха) замеряется между клеммами С и G и составляет: при -20 °С 16 ±2,4 кОм, при +20 °С 2,45 ±0,24 кОм и при +60 °С 580±87 Ом. Сопротивление между клеммами В и D датчика положения дроссельной заслонки при закрытой заслонке должно быть меньше 1000 Ом, в положении полного «газа» - около 5000 Ом. Сопротивление обмотки форсунок должно составлять 12-16 Ом. При проверке форсунок следует также проверить характер разбрызгивания. Струя у всех форсунок должна быть одинаковой и правильной формы.

Для проверки угла опережения зажигания нужно накоротко соединить клеммы ENGINE TEST и GND диагностического штекера. Угол опережения зажигания на холостых оборотах должен теперь составлять около 7°±1° перед положением ВМТ. Регулировка осуществляется, как обычно, поворотом распределителя зажигания.

Двигатель автомобиля Daewoo Nexia четырехцилиндровый установлен поперечно, имеет два верхнерасположенных распределительных вала и по четыре клапана на цилиндр. Благодаря большому ходу поршня обеспечивается благоприятная характеристика крутящего момента. Головка блока цилиндров из алюминиевого сплава. Блок цилиндров также отлит из алюминиевого сплава, гильзы цилиндров – из чугуна. Коленчатый вал и распределительные валы закреплены на пяти опорах.

Технические характеристики двигателя DOHC 16V автомобиля Daewoo Nexia приведена в табл. 1.19.

Таблица 1.19

Технические характеристики двигателя автомобиля Daewoo Nexia

Параметры	Значения
Тип	DOHC 16V
Количество цилиндров	4
Расположение цилиндров в двигателе	В ряд, спереди поперек
Рабочий объем, см ³	1498
Диаметр цилиндра/ход поршня, мм	76,5/81,5
Степень сжатия	9,2
Максимальная мощность, кВт/при мин ⁻¹	66/4800
Максимальный крутящий момент, Н·м/при мин ⁻¹	137/3600
Регулировочные данные и допуски головки блока цилиндров, мм	
Зазор в клапанах(впускные и выпускные)	Регулируется гидравлически
Угол седла клапана тарелка/седло (впускные/ выпускные)	45°/45°
Диаметр стержня клапана: впускные выпускные	5,935-5,950 5,955-5,970
Ширина седла клапана, впускные/ выпускные	1,2/1,6
Динамический зазор стержня клапана: впускные выпускные	0,030-0,065 0,050-0,085

Параметры	Значения
Моменты затяжки крепежных соединений двигателя, Н·м	
Головка блока цилиндров	20/+65°/+65°/+65°/прогреть на холостом ходу/(30-40)°
Подшипники: шатунные коренные	22/+35° 50/(45-60)°
Приводная шестерня распределительного вала	67
Коллекторы (впускной и выпускной)	22
Распределительная шестерня коленчатого вала	155
Маховик	35/(30-45)°
Натяжной ролик ремня	25
Свечи зажигания	25
Крышка клапанов	8
Характеристика системы питания	
Тип системы впрыска	MPFI
Давление в системе, бар	2,8-3,3
Частота вращения на холостом ходу, мин ⁻¹	700±50
Токсичность ОГ: СО, % от объема СО ₂ , % от объема НС, ppm	До 0,5 Св. 14,4 До 100
Характеристика системы зажигания	
Свечи зажигания	AC Delco R45×LS
Расстояние между электродами, мм	1,0-1,1
Угол опережения зажигания на холостом ходу, град	10 перед ВМТ
Последовательность зажигания	1-3-4-2
Примечания:	
1. Метка угла опережения зажигания находится на ременном шкиву коленчатого вала. 2. Первый цилиндр находится у приводных шестерен распределительных валов.	
Характеристики систем смазки и охлаждения	
Объем моторного масла при смене с фильтром, л	3,75
Осевой зазор между ротором масляного насоса и корпусом, мм	0,03-0,10
Емкость системы охлаждения, л	6,2
Избыточное давление в радиаторе, бар	1,2
Термостат открывается при, °С	87-102
Температура включения/выключения вентилятора, °С:	
I ступень	90/85
II ступень	105/102

Система смазки, охлаждения и управления двигателем Daewoo Nexia существенно не отличается от двигателя KIA Sephia.

Характеристики двигателей легковых автомобилей российского производства типа «Святогор», АЗЛК-214122 приведены в табл. 1.20 [4].

Техническая характеристика автомобилей АО «Москвич»

Параметр	Модель автомобиля (двигателя)	
	АЗЛК-214122 (УЗАМ-3317)	«Святогор» (Renault-F3R)
Число мест, включая водителя/ масса перевозимого груза, кг	5/50	5/50
Масса снаряженного автомобиля, кг	1080	1090
Полная масса автомобиля, кг	1480	1490
Максимальная скорость на 5-й передаче, км/ч	157,3	175,0
Время разгона с места с переключением передач до 100 км/ч, с	15,8	11,5
Время разгона с места, с: на пути 400 м на пути 1000 м	19,6 36,96	18,08 33,16
Разгон с 60 до 100 км/ч на 4-й передаче, с	14,99	10,90
Разгон с 80 до 120 км/ч на 5-й передаче, с	29,34	18,60
Выбег автомобиля со скорости 50 км/ч, м	581	569
Контрольный расход топлива (л/100 км) при скорости: 90 км/ч 120 км/ч Ездовой цикл	6,03 8,24 9,1	5,6-6,7 7,9-8,9 8,5

Автомобиль «Святогор» представляет собой базовую модель семейства легковых автомобилей АО «Москвич», соответствующей технической заводской документации «Москвич-214102». На базе автомобиля «Москвич-2141» разработаны его модификации «Юрий Долгорукий» и «Князь Владимир», выполненные с улучшенным оформлением передней части и увеличенной их базой на 200 мм.

Автомобиль «Святогор» и его модификации оснащены двигателем F3R-272 фирмы Renault. Блок цилиндров выполнен из чугуна, а головка блока цилиндров – из алюминиевого сплава. Маркировка двигателя F3R-272: F – чугунный блок цилиндров; 3 – параллельное расположение клапанов; R – рабочий объем цилиндров 1998 см³; индекс 272 - модификация для автомобиля «Москвич-214145».

Система подачи топлива выполнена распределенной и обеспечивает подачу топлива во впускные патрубки. Система зажигания бесконтактная, с автоматической корректировкой величины угла опережения зажигания по параметрам детонации.

Система управления двигателем снабжена ЭБУ S113717120 фирмы Siemens. Она содержит систему функциональных датчиков и исполнительных устройств. Величину расхода воздуха ЭБУ определяет по частоте вращения коленчатого вала, давлению в ВТ и положению дроссельной заслонки.

ки. Корректирующие датчики включают датчик температуры охлаждающей жидкости и температуры воздуха. Датчик положения коленчатого вала вырабатывает электрический сигнал частоты вращения и положения коленчатого вала.

Контрольные вопросы

1. Какие типы двигателей применяются в автомобилях?
2. Чем последние модели двигателей ЯМЗ ОАО «Автодизель» отличаются от их традиционной конструкции?
3. На каких типах автомобилей устанавливаются двигатели ЯМЗ современного производства?
4. На каких типах автомобилей КрАЗ устанавливают двигатели ЯМЗ-650?
5. Назвать основные характеристики двигателей ЯМЗ.
6. Какие двигатели устанавливаются на автомобили MAN?
7. Какие двигатели устанавливаются на автобусах производства Львовского завода?
8. Какими двигателями оснащены автомобили моделей «ГАЗель», «Соболь», «Святогор» и АЗЛК? Сравнить их расход топлива.
9. Какие новые двигатели разработаны в Украине?
10. Привести пример двигателей автомобиля Škoda Octavia, выпускаемых концерном Volkswagen.
11. Привести сравнительные данные экологических характеристик двигателей грузовых и легковых автомобилей.
12. Что определяет внешняя скоростная характеристика двигателя?
13. Почему фактические мощность двигателя и крутящий момент коленчатого вала автомобилей меньше указанных в технической характеристике, каталогах, проспектах и т. п.?

2. НЕИСПРАВНОСТИ И ОТКАЗЫ ДВИГАТЕЛЕЙ

2.1. Термины и понятия

2.1.1. Понятия «дефект» и «неисправность»

Основными понятиями технической диагностики являются: дефект, неисправность, объект диагностирования, техническое состояние, диагностическая задача, технические средства диагностирования; система диагностирования. Термины «объект диагностирования», «диагностическая задача», «технические средства диагностирования», «система диагностирования» определены стандартами. Классификация конструктивных и производственных дефектов и эксплуатационных неисправностей двигателей описана в работе [5].

Понятия «дефект» и «неисправность». Объективная реальность, отражаемая понятием «дефект», является основным предметом исследования технической диагностики. Это понятие используется в различных областях науки и практики.

В самом общем случае под дефектом (от лат. defectus – недостаток, изъян) понимают недопустимое отклонение от нормы. В содержании понятия «дефект» родовый признак – это понятие «отклонение», которое в данном случае является синонимом слову «изменение» и определяет объективную сущность дефекта.

В общем случае понятие «дефект» отражает внешние и внутренние признаки объективной реальности. В частности, в области контроля качества изделий принимают во внимание и внешние, и внутренние дефекты; в дефектологии дефект – это внутренний признак, в надежности неисправность и отказ – это внешнее явление.

В области управления надежностью технических объектов статус понятия «дефект» связан с жизненным циклом объекта и с особенностями задач этапов этого цикла.

С этапом проектирования связано понятие конструктивного дефекта (некорректное использование существующей системы знаний). Такие дефекты не являются собственным предметом исследования технической диагностики как науки. Однако, поскольку на этапе проектирования имеет место широкий круг задач, называемых задачами обеспечения надежности и контролепригодности, то техническая диагностика имеет и собственный объект исследования, с которым связано понятие возможной эксплуатационной неисправности и множества таких дефектов и неисправностей. Не выявленные на стадиях отладки и опытной эксплуатации конструктивные дефекты, конечно же, не могут остаться в стороне от практики технического диагностирования.

Этап производства в рассматриваемом отношении характеризуется технологическими дефектами (каждое отдельное несоответствие проекту). Такие дефекты также не составляют собственный объект исследования технической диагностики и относятся к области контроля качества продукции.

Практическая диагностика также включает в часть своих задач невыявленные технологические дефекты.

Эксплуатационные изменения, имеющие пространственно-временную границу в экземпляре машины, ведут к нарушению качественной границы и количественных значений параметров объекта диагностирования. В некоторой части целого результат деградационного процесса или другого явления становится таким, что появляется, недопустимо изменяется или исчезает существенное свойство(а) целого. Такое изменение нарушает систему свойств, то есть качественную границу объекта.

Уровень недопустимого изменения свойства – это характеристика субъективная и внешняя по отношению к объекту диагностирования.

В технической диагностике понятие «дефект» относится к одному из ключевых технических терминов и имеет широкую область использования в сфере обучения специалистов автомобильного хозяйства. Термин «дефект», по существу, неразрывно связан с термином «неисправность», но, как уже отмечалось, не является его синонимом. Вместе с тем следует признать, что стандартное требование к пониманию термина многими специалистами не выполняется, что вносит серьезную путаницу в сферу профессионального обучения специалистов двигателестроения и автомобилистов. Технические термины и их определения формируют смысловое понимание специалистами сущности своей деятельности и сферу их профессионального общения. И вряд ли при неправильном понимании терминов можно рассчитывать на успешное составление инструкции по эксплуатации или решения другой поставленной задачи диагностирования.

Основными причинами разного толкования термина «дефект» являются:

- незнание многими специалистами требований стандарта ГОСТ 154667-93, относящихся к термину «дефект», или пренебрежение ими. Следствием этого является также неразбериха и путаница в источниках учебной информации и в технической документации автомобильной техники (в части определения и использования термина «дефект»);

- отсутствие конкретных требований в государственных стандартах, относящихся к термину «дефектация», и ошибочность требований, содержащихся в ведомственной нормативно-технической документации.

Ключевой смысл понимания сущности дефекта заключается в том, что дефект относится только к продукции, а продукция рассматривается стандартом как материализованный результат процесса трудовой деятельности, полученный в определенном месте за определенный интервал времени, и предназначенный (а не использованный или используемый) для использования потребителем.

Согласно ГОСТ 154667-93, продукция может быть готовой или находиться в незавершенном производстве, а также в процессе ремонта (но не «до ремонта»).

Сущность дефекта заключается в том, что он обусловлен несоответствием хотя бы одному установленному требованию к продукции. Он относится только к процессу изготовления машины и производству ее ремонта и

зависит только от конструктивных или производственных факторов. К дефектам недопустимо относить эксплуатационные неисправности, обусловленные действием износа, коррозии, старения, усталости или действием случайных факторов. Трещина, появившаяся в процессе эксплуатации автомобиля, будет считаться не дефектом, а эксплуатационной неисправностью.

Любое отклонение (несоответствие) от требований нормативно-технической документации является неисправностью. Однозначному пониманию этого определения неисправности способствует пример трещины детали, которая является неисправностью этой детали.

Трещины могут быть на различных деталях автомобилей, различно и их влияние на исправность и работоспособность машин. Трещина детали может послужить причиной неисправности сборочной единицы, в которую конструктивно входит деталь.

Стандартом ГОСТ 154667-93 дефект определен как «...каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям». Тем же стандартом установлено, что термин «дефект» применяется только в производстве – при контроле качества продукции на стадии ее изготовления, а также при ее ремонте (при дефектации, составлении ведомостей дефектов и контроле качества отремонтированной продукции). Также этим документом установлено, что причины дефектов могут быть только конструктивные или производственные.

Однако вопреки отмеченным требованиям стандарта, большинство соответствующих учебников и технической документации к автомобилям искажают понимание смысла термина «дефект» и дезинформируют специалистов. В источниках технической информации к числу дефектов отнесли и эксплуатационные неисправности (износы, коррозия, старение и повреждения деталей), что с учетом отмеченных выше требований стандарта следует считать грубой ошибкой.

Примерами дефектов могут быть:

- в процессе изготовления машин: выход размера детали за пределы допуска, неправильный выбор материала детали и (или) нарушение режимов ее термообработки и т. д.;

- как в процессе изготовления, так и в процессе ремонта машин: неправильная сборка или регулировка (настройка) сопряжения, узла или агрегата, недопустимо высокое содержание вредных веществ в отработавших газах, наличие заусенцев на резьбе и т. д.

Понятие «дефект» неразрывно связано с понятием «брак», так как они относятся к одному объекту – к продукции. Понятие «брак» совпадает с понятием «забракованная продукция», если продукция состоит из одной единицы, оказавшейся дефектной, или из нескольких единиц, в каждой из которых имеется хотя бы один дефект.

По существу причиной брака продукции является наличие хотя бы одного дефекта.

Термин «дефект» применяют при контроле качества продукции на стадии изготовления, а также при ее ремонте (при дефектации на этапах

восстановления и сборки, составлении ведомостей дефектов и контроля качества отремонтированной продукции).

Причинами обнаруженной неисправности на практике могут быть несовершенство конструкции объекта диагностирования или технологии его изготовления, нарушение правил эксплуатации или естественное усталостное разрушение, старение, изнашивание, коррозия и другие деградиационные процессы. Указанные причины образуют множество возможных эксплуатационных неисправностей механических и электрических систем.

2.1.2. Классификация дефектов и неисправностей

Рассмотренные понятия конструктивных, технологических дефектов и эксплуатационных неисправностей образуют классификацию понятия «дефект» и «неисправность» по критерию «внешние причины дефекта», которая приведена на рис. 2.1. Причина каждого дефекта и неисправности машины обусловлена объективными (система знаний, технология, среда) или субъективными факторами.

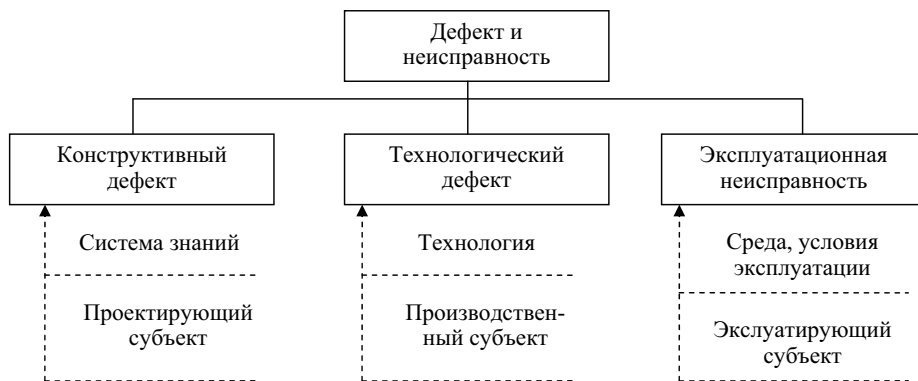


Рис. 2.1. Классификация дефектов и неисправностей по критерию «внешние причины»

Недопустимую величину количественного изменения или качественного изменения свойств можно оценивать относительно трех разновидностей нормы:

- верхняя граница – наличие дефекта фиксируется истинностью отношения $\delta > a$, где δ – текущая величина параметра, a – заданная верхняя граница параметра; становление дефекта происходит в результате возрастания интенсивности; такие дефекты называют прогрессивными;

- нижняя граница – наличие дефекта фиксируется истинностью отношения $\delta < b$, где b – заданная нижняя граница параметра, становление дефекта происходит в результате убывания интенсивности; такие дефекты называют регрессивными;

- коридор – наличие дефекта фиксируется истинностью отношения $\delta > a$ или $\delta < b$; становление дефекта может происходить и прогрессивно, и регрессивно; такие дефекты называют реверсивными.

С помощью введенных понятий прогрессивного и регрессивного дефектов можно очертить одну из основных проблем технической диагностики – проблему эквивалентности дефектов; понятие реверсивного дефекта позволяет говорить о проблеме адаптивного управления деградационными процессами.

При диагностировании машин необходимо знать:

- конструкцию и механизмы функционирования машины;
- причины образования дефектов, их классификацию, их влияние на надежность конструкции, пути предотвращения дефектов и способы устранения на каждом технологическом цикле получения материалов, изготовления из него деталей и их сборки;
- механизмы разрушения и их типы, как и почему происходит разрушение;
- иметь информацию о материалах, их свойствах и характеристиках, а также о влиянии условий изготовления, термообработки и эксплуатации на эти свойства.

Изучение видов дефектов, неисправностей и отказов – необходимый этап диагностического обеспечения машин. По результатам доводки машин в лабораторных, производственных условиях и серийного выпуска машин составляют карты неисправностей, виды дефектов, алгоритмы распознавания неисправностей, нормирование диагностических параметров и требования к назначению и разработке средств диагностирования. Знание видов дефектов, неисправностей и отказов позволяет диагносту выявлять и распознавать причины их появления. Изучение неисправностей и отказов машин – обязательный этап обучения диагностике.

Контрольные вопросы

1. Какие бывают дефекты?
2. Почему понятие «дефект» является основным предметом исследований технической диагностики?
3. Какая причина конструктивных дефектов?
4. Какая причина технологических дефектов?
5. Какая причина эксплуатационных неисправностей?
6. Зачем нужны знания эксплуатационных неисправностей?

2.2. Общая характеристика неисправностей и отказов автотракторных двигателей с электромеханической системой управления

2.2.1. Виды и причины неисправностей и отказы механических систем двигателей

Надежность двигателей часто разделяют на **отказную и эксплуатационную**. Полная или частичная потеря работоспособности двигателя называют **отказом**. Отказы машин являются следствием ошибок, допускаемых при проектировании, изготовлении или эксплуатации. В связи с этим отказы и, соответственно, виды надежности по вызывающим их причинам разделяются на конструкционные, технологические, износосвые и эксплуатационные.

Конструкционные отказы связаны с несовершенством конструкции двигателя: неудачно выбранная концепция машины, то есть ее конструкционная и компоновочная схемы, тип и конструкционные решения ее агрегатов, узлов и деталей, неточно заданы при проектировании условия эксплуатации.

Технологические отказы возникают вследствие неправильно назначенной технологии изготовления деталей, из-за некачественных материалов, плохой сборки узлов, агрегатов и машины в целом, низкой культуры производства. Качество доводки конструкции и технологических процессов изготовления можно определить лишь по результатам соответствующего диагностирования.

Вследствие неправильной эксплуатации автомобильных двигателей, а также их систем, подсистем и элементов, нарушения режимов технического обслуживания и других факторов, возникают эксплуатационные неисправности. Изнашивание и старение материалов, из которых изготавливаются двигатели и системы двигателя приводят к появлению износосвых отказов.

Причины отказов автотракторных двигателей по данным Одесского филиала НАТИ (ОФНАТИ), Научно-исследовательского конструкторского института двигателей (НИКТИД) и Харьковского национального автомобильно-дорожного университета (ХНАДУ) представлены в табл. 2.1 [6]. Показано в [6], что 42% неисправностей, выявляемых в транспортных машинах, приходится на двигатель.

Таблица 2.1

Причины отказов двигателей тракторов

Происхождение отказа	По данным, %		
	ОФНАТИ	НИКТИД	ХНАДУ
Качество изготовления и сборки	48	61	55
Конструктивное несовершенство	15	3	10
Нарушение правил эксплуатации	37	36	35

Распределение отказов автотракторных дизелей представлено в табл. 2.2.

Таблица 2.2

**Распределение количества отказов
отремонтированных двигателей по группам сложности**

Показатели	Марка дизеля	Значение показателя			
		По дизелю	I группы сложности	II группы сложности	III группы сложности
Среднее число отказов за 1000 м.-ч.	ЯМЗ-240Б	4,41	1,57	2,18	0,66
	ЯМЗ-238НБ	4,37	1,55	2,34	0,48
	Д-240	3,62	1,22	1,75	0,65
	А-41	4,69	2,43	1,56	0,7
Отношение фактически достигнутого значения параметра к нормативному	ЯМЗ-240Б	1,39	0,8	1,53	4,31
	ЯМЗ-238НБ	1,25	0,57	1,59	3,75
	Д-240	1,37	0,84	1,75	5,2
	А-41	1,25	0,96	1,62	1,86

Для отказов I группы сложности характерными являются течи топлива, масла, охлаждающей жидкости. Не устранив эти отказы при проведении предпродажной подготовки (ПП), дальнейшая эксплуатация машины может дать более сложные отказы, такие как задиры вкладышей, перегрев двигателя, разрушение ремня вентилятора, возгорание двигателя и др.

Для отказов II группы сложности характерными являются нарушения работоспособности узлов, сборочных единиц, таких как турбокомпрессор, пусковой двигатель, водяной, масляный или топливный насос, возникновение которых можно предотвратить, вводя дополнительные контрольно-регулирующие работы ПП.

Для отказов III группы сложности характерны высокие уровни вибрации двигателя. Причинами отказов являются непараллельность колец отжимных рычагов и выжимного подшипника, проворачивание вкладышей, обрывы поршней, задиры гильз и др. Эти отказы без ПП проявляются, как правило, при наработках 300-500 и более моточасов. Не все названные отказы можно предупредить проведением определенных операций ПП. Нарботку до появления этих отказов можно продлить за пределы гарантийного срока (в данном случае 2000 моточасов) за счет своевременного проведения профилактических работ по системам и агрегатам, дающим отказы этой группы сложности.

Причинами более трети отказов двигателей большой выборки после ремонта является низкое качество ремонта, неквалифицированное использование автотракторной техники. Это и отсутствие смазки, и непромытые вовремя центрифуга, воздухоочистители, и эксплуатация с различными неисправностями, вызывающими повышенный износ. К тем же последствиям ведет применение некачественных нефтепродуктов.

Ресурсные отказы в межремонтном периоде появляются уже в первые 500 моточасов наработки, а в доремонтном – только после 2000 моточасов.

По дизелям Д-240, А-41, ЯМЗ-240Б и ЯМЗ-238НБ показатели безотказности капитально отремонтированного дизеля в целом на 25-40% хуже нормативных, а по II и III группе сложности – ниже в 1,5-2,0 раза. Наибольшее рассеивание оказалось по дизелям ЯМЗ-240Б и ЯМЗ-238НБ. Количество отказов по III группе сложности у этих двигателей было в 7-8 раз больше нормативного.

Большинство отказов I и II группы сложности связаны с разгерметизацией двигателя: прогорание и разрушение прокладок головок цилиндров; течь масла, воды и топлива из-за трещин трубопроводов, корпусных деталей и потери эластичности, износ или разрушение сальников, уплотнительных колец и прокладок.

Основными ресурсными отказами являются износ, разрушение деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и выплавление антифрикционного слоя вкладышей подшипника коленчатого вала (табл. 2.3 [6]).

Таблица 2.3

Количественная оценка ресурсных отказов дизелей

Наименование	Количество, %				
	СМД-62	ЯМЗ-238НБ	ЯМЗ-240Б	Д-240	А-41
Износ ЦПГ	14	20	35	44	20
Выплавление коренных вкладышей коленчатого вала	50	45	35	15	50
Выплавление шатунных вкладышей коленчатого вала	15			10	
Излом коленчатого вала	2	10	10	15	8
Обрыв поршня	14	15	15	10	5
Обрыв шатуна и его болтов	1	10	5	6	12
Обрыв болтов крепления маховика					5

Межремонтный ресурс дизелей ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-238НБ, Д-240 и А-41 составил 0,42-0,65 от доремонтного и 0,22-0,55 от нормативного (табл. 2.4)

Причины ресурсных отказов распределяются описанным далее образом. Выход из строя вкладышей подшипников обусловлен следующими факторами: загрязненность моторного масла – 50%; недостаток масла – 25%; применение сортов масла, не предусмотренных инструкцией по эксплуатации, - 15%; несоосность и другие геометрические отклонения вкладышей, а также отклонения, связанные с малой жесткостью кривошипной головки шатуна – 10%. Преждевременный износ деталей ЦПГ связан с отказом систем воздухозабора и фильтрации воздуха: засорение фильтрующих элементов – 60%; разгерметизация впускных каналов – 40%.

Из-за недостаточной достоверности диагностирования в капитальный ремонт преждевременно поступает до 30% двигателей. Для восстановления работоспособности достаточно провести текущий ремонт.

Таблица 2.4

Соотношение ресурса новых и отремонтированных дизелей

Показатели	Значение показателя				
	СМД-62	Д-240	А-41	ЯМЗ-238НБ	ЯМЗ-240Б
80% гамма-ресурс отремонтированных двигателей, м.-ч.	1000	2200	950	1000	1000
Отношение достигнутого параметра к нормативному	0,25	0,55	0,24	0,25	0,23
Отношение достигнутого параметра к значению доремонтного	0,58	0,65	0,48	0,54	0,46

2.2.2. Распределение неисправностей двигателей

Уровень работоспособности двигателей внутреннего сгорания автомобилей КамАЗ, КраЗ, ЗИЛ и ГАЗ определяется эффективностью функционирования систем зажигания и питания, цилиндропоршневой группы, кривошипно-шатунного и газораспределительного механизма (табл. 2.5, данные по дизельным двигателям приведены в скобках). В своем составе они имеют одноименные звенья, определяющие их технико-эксплуатационные характеристики, а поэтому при их диагностировании требуется обязательная конкретизация детали или сопряжения, имеющего минимальный ресурс или отклонение регулировочного параметра. Основными причинами отказов названных двигателей является нарушение технологии производства их деталей.

Таблица 2.5

Распределение отказов и неисправностей элементов ДВС и трудоемкости их устранения

Наименование элемента ДВС	Вероятность отказа или неисправности	Распределение трудоемкости при ТО и ТР, %
Система зажигания и электрооборудования	0,45 (0,15)	40 (15)
Система питания	0,18 (0,30)	10 (23)
ЦПГ	0,13 (0,20)	23 (27)
КШМ	0,12 (0,17)	17 (23)
ГРМ	0,07 (0,09)	7
Система охлаждения	0,04 (0,08)	2 (4)
Система смазки	0,01	1

Из общего количества неисправностей двигателя большая часть приходится на системы зажигания и электрооборудования, систему питания,

цилиндропоршневую группу (ЦПГ), кривошипно-шатунный (КШМ) и газораспределительный механизмы (ГРМ).

Основные причины отказов, вызванных нарушением технологии производства деталей двигателей (КамАЗ, КрАЗ, ЗИЛ и ГАЗ), приведены на диаграммах (рис. 2.2).

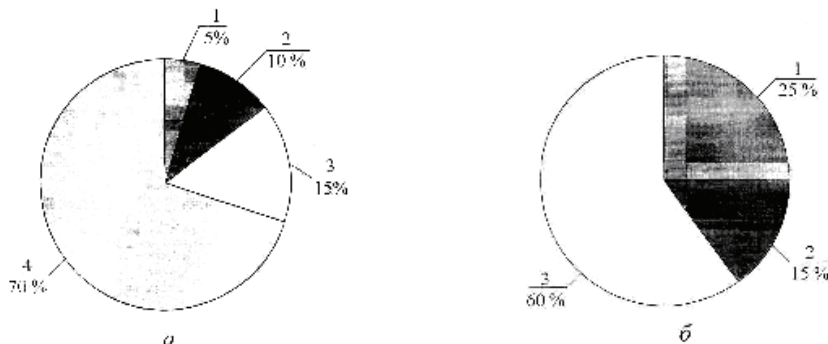


Рис. 2.2. Причины отказов и виды производственных дефектов:

а: 1 – нарушения монтажа, эксплуатации и др.; 2 – абразивный износ деталей; 3 – скрытые дефекты при восстановлении; 4 – дефекты механической обработки деталей; *б:* 1 – изменение физико-механических свойств материала деталей; 2 – механические повреждения; 3 – нарушение размеров и геометрии формы рабочих поверхностей

По статистическим данным на зажигание приходится более 40% всех отказов по двигателю и его системам. Неисправности системы зажигания в 80% случаев являются причиной повышенного расхода топлива (в среднем на 6-8%) и снижения мощности двигателя.

Износ поршневых колец, поршней и цилиндров, нарушение регулировки и повреждения приборов систем питания и зажигания, наличие смолистых отложений в системе питания и нагара на деталях двигателя, нарушение регулировки зазоров в газораспределительном механизме и т. д. приводит к повышенному расходу топлива.

К самым распространенным неисправностям относятся падение мощности, повышенный расход топлива и масла, появление стуков и вибраций. Основные неисправности двигателей грузовых автомобилей типа ЗИЛ, ГАЗ, влияющие на расход топлива, приведены в табл. 2.6.

Двигатели даже новых автомобилей, следует подвергать индивидуальной регулировке, поскольку разброс характеристик их карбюраторов и прерывателей может достигать 4-6%. В то же время индивидуальные регулировки систем питания и зажигания позволяют увеличить мощность двигателя на 13-17%, что обеспечивает соответствующее снижение удельного расхода топлива. Любая техническая неисправность автомобиля или отклонение в регулировке механизмов от оптимальных параметров прямо или косвенно увеличивают расход топлива. Очень важно, например, поддерживать нормальное давление воздуха в шинах: даже его незначительное снижение против нормы (на 0,05-0,1 МПа) увеличивает расход топлива на 5-10%. Наибольшее влияние на топливную экономичность двигателя оказывает ухудшение технического состояния системы питания и зажигания.

**Основные неисправности в агрегатах автомобиля,
влияющие на расход топлива**

Неисправность или нарушение режима эксплуатации	Увеличение расхода топлива, % нормы
Двигатель	
Уменьшение зазора между клапаном и коромыслом в системе газораспределения на 0,1 мм	2-3
Снижение степени сжатия в цилиндрах двигателя	3-4
Снижение температуры жидкости в системе охлаждения на 10 °С ниже нормы	5
Образование накали в двигателе толщиной в 1 мм	4-5
Образование нагара в камере сгорания, на поршнях, на свечах	до 15
Появление детонации вследствие применения топлива несоответствующих марок или нарушение регулировок октан-корректора	1-5
Система питания	
Засорение воздухоочистителя и впускного трубопровода	4-5
Увеличение пропускной способности главного жиклера карбюратора на 3-4%	4-5
Нарушение герметичности клапана-экономайзера	4-10
Завышенный уровень топлива в поплавковой камере карбюратора	6-8
Дефекты в ускорительном насосе	3-5
Неправильная регулировка системы холостого хода	3-4
Неисправность: - запорной иглы карбюратора - поплавка карбюратора - одной форсунки дизельного двигателя	2 2 25-30
Электрооборудование	
Неисправность регулятора опережения зажигания: - вакуумного - центробежного	6-10 до 20
Изменение угла опережения зажигания на 5° от оптимального (в сторону запаздывания)	5-7
Отклонение от нормы зазора между электродами свечи	2-3
Выход из строя свечей в 8-мицилиндровом двигателе: - одной - двух	15 30
Изменение величины зазора между контактами прерывателя-распределителя: - на 0,1 мм в сторону уменьшения - на 0,1 мм в сторону увеличения	4 2

Ухудшение технического состояния системы питания при эксплуатации связано с тем, что воздушные и топливные фильтры постепенно засоряются, в результате чего ухудшается очистка воздуха и топлива, изменяется состав горючей смеси на различных режимах работы двигателя. Это оказывает существенное влияние на его мощность и экономичность.

Состояние приборов системы зажигания влияет на рабочий процесс в цилиндрах двигателя.

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

2.2.3. Неисправности и отказы цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма

Количество отказов деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и кривошипно-шатунного механизма (КШМ) автомобилей типа КамАЗ, КраЗ, ЗИЛ и ГАЗ приведены на диаграммах (рис. 2.3).

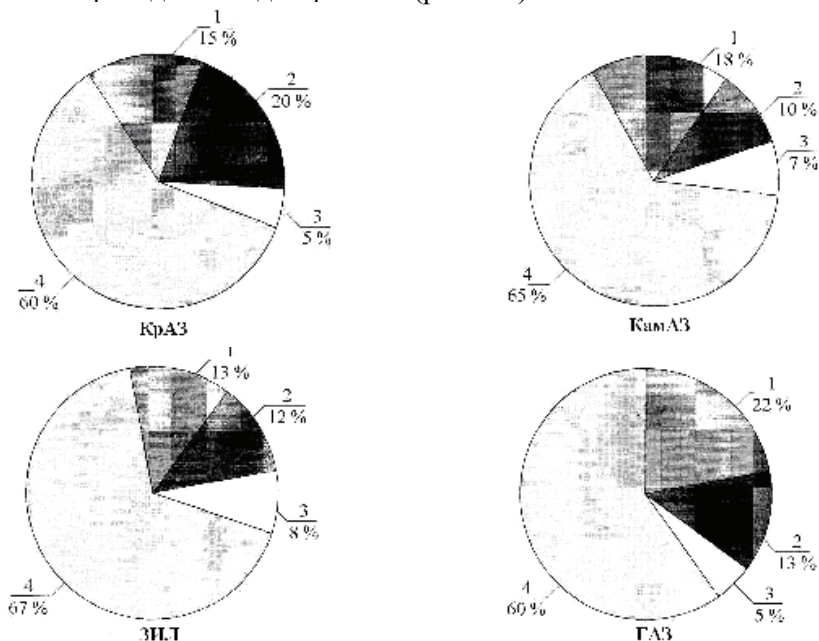


Рис. 2.3. Количество отказов деталей ЦПГ и КШМ автомобилей типа КамАЗ, КраЗ, ЗИЛ и ГАЗ:

1 – цилиндры; 2 – распределительный вал; 3 – поршневые кольца; 4 – коленчатый вал

ЦПГ включает в себя цилиндры, поршни и поршневые кольца. Функциональное назначение ЦПГ – обеспечение герметичности при выполнении тактов двигателя. Основными причинами изменения технического состояния ЦПГ являются: высокое давление 3-5 МПа у бензиновых двигателей и 7-9 МПа у дизелей, высокая температура газов до 2000-2500 °К внутри цилиндра и перекладка поршня в верхней мертвой точке (ВМТ) (рис. 2.4).

Основными неисправностями ЦПГ являются: деформация и разрушение поршневых канавок, залегание поршневых колец, коксование прорезей в маслосъемных поршневых кольцах, поломка и износ поршневых колец, поршня, цилиндра, задиры или царапины на юбке поршня и поверхности цилиндра, выпадение

фиксаторов поршневого пальца, прогар прокладки цилиндров и ряд различных производственных дефектов.

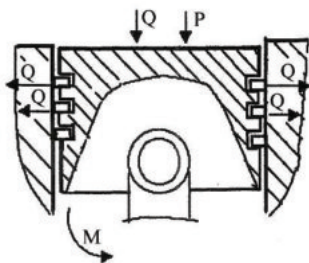


Рис. 2.4. Основные факторы, влияющие на износ деталей ЦПГ двигателя:

P – давление; Q – потоки тепловой нагрузки; M – момент, вызывающий перекадку поршня

между цилиндром и поршнем в верхнем поясе, зазор между клапаном и седлом (то есть герметичность клапана), нарушение регулировки зазоров в газораспределительном механизме (рис. 2.5, 2.6). При износе цилиндров на 0,25-0,30 мм двигатель можно считать исчерпавшим свой ресурс.

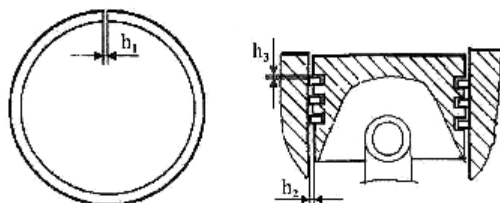


Рис. 2.5. Контролируемые структурные параметры ЦПГ:

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

5 – маслоъемное кольцо; 6 – цилиндр; 7 – выпускной клапан; 8 – седла клапанов.

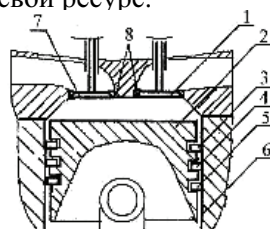


Рис. 2.6. Элементы, обеспечивающие герметичность камеры сгорания двигателя:

1 – впускной клапан; 2 – поршень; 3 – верхнее компрессионное кольцо; 4 – среднее компрессионное кольцо;

Неисправностями КШМ являются:

- изнашивание, заклинивание, разрушение вкладышей;
- деформация коленчатого вала;
- деформация и изнашивание отверстий нижней головки шатуна;
- деформация постелей в блоке;
- обрыв шатуна или шатунных болтов;
- изнашивание втулки верхней головки шатуна;
- изнашивание подшипников балансирных валов;
- заклинивание или разрушение подшипников балансирных валов;
- нарушение смазки подшипников скольжения;

- увеличение зазоров между подшипником и шейкой вала, а также между втулкой верхней головки шатуна с поршнем и пальцем поршня;
- пониженное давление масла в главной магистрали смазки подшипников.

Причинами падения давления масла в смазочной системе двигателя 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.

Повышенное давление масла может возникнуть в результате избыточной вязкости масла, загрязнения маслопроводов и заедания редукционного клапана.

2.2.4. Основные неисправности системы питания карбюраторных двигателей с электромеханической системой управления

Несмотря на резкое снижение производства карбюраторных двигателей, они еще находят применение в ряде выпускаемых автомобилей, например, приведенных в табл. 1.4, и в других. Многие карбюраторные двигатели продолжают эксплуатироваться, их необходимо диагностировать, производить ТО и ремонт.

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

Влияние режимов работы двигателя автомобиля на приготовление топливной смеси и процессы ее сгорания. Приготовление топливной смеси в карбюраторных двигателях начинается в карбюраторе, во впускном трубопроводе и заканчивается в цилиндре.

Состав смеси можно оценить количеством воздуха, который приходится на 1 кг топлива. Для полного сгорания 1 кг бензина необходимо 15 кг воздуха. Смесь с таким составом называется **нормальной**. **Обедненная топливная смесь** содержит на 1 кг бензина 15-17 кг воздуха. **Бедная топливная смесь** имеет в своем составе более 17 кг воздуха на 1 кг бензина. **Обогащенная топливная смесь** содержит 15-13 кг воздуха на 1 кг бензина. **Богатая топливная смесь** на 1 кг бензина имеет меньше 13 кг воздуха.

Для нормальной работы двигателя на разных режимах необходимо иметь разный состав топливной смеси.

Во время пуска холодного двигателя смесеобразование очень плохое, топливная смесь, приготавливаемая в карбюраторе, должна быть богатой,

чтобы компенсировать ту часть топлива, которая конденсируется на стенках цилиндров.

На холостом ходу для устойчивой работы двигателя необходима обогащенная топливная смесь.

На средних нагрузках, когда от двигателя не требуется полной мощности, для обеспечения его экономичной работы смесь должна быть обедненной.

На полных нагрузках, когда необходима самая большая скорость сгорания смеси, чтобы от двигателя получить максимальную мощность, смесь должна быть обогащенной.

В случае резкого увеличения нагрузки или частоты вращения коленчатого вала смесь должна быть резко обогащенной, иначе двигатель остановится.

Процесс приготовления топливной смеси определенного состава за пределами цилиндров двигателя называется карбюрацией, а устройство, в котором происходит этот процесс, - карбюратором.

При нормальном сгорании смеси пламя распространяется со скоростью 23-30 м/с, ненормальное явление процесса сгорания сопровождается быстрым сгоранием, похожим на взрыв, при котором скорость распространения пламени достигает 2000-2500 м/с. Внешними признаками такого детонационного сгорания являются резкий механический стук в цилиндре, перегрев двигателя, черный дым из глушителя, снижение мощности и экономичности.

Структуру процесса сгорания топлива в двигателе с искровым зажиганием можно изобразить в виде двух фаз (рис. 2.7): образование очага горения (участок *a*) и образование пламени (участок *b*).

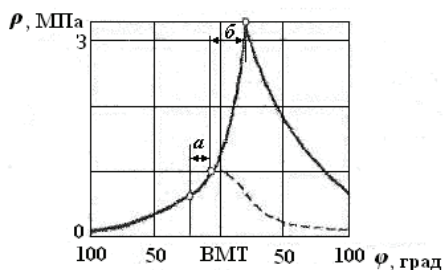


Рис. 2.7. Диаграмма процесса сгорания топлива в двигателе с искровым зажиганием:

ρ – давление в цилиндре; φ – угол поворота коленчатого вала

Первая фаза – период скрытого горения или период задержки воспламенения (12-15% общего времени задержки воспламенения). В этой фазе интенсифицируются окислительные процессы. Давление при сгорании топлива на этом участке повышается мало и практически не влияет на повышение давления благодаря его сжатию во время движения поршня до верхней мертвой точки (ВМТ).

Характерными неисправностями систем питания карбюраторного или дизельного двигателя являются:

нарушение герметичности и течь топлива из топливных баков и топливопроводов, загрязнение топливных и воздушных фильтров. Засорение фильтров карбюратора и топливопроводов приводит к прекращению подачи топлива. Возможно замерзание воды, попавшей вместе с бензином в топливный бак и трубопроводы, разрыв диа-

фрагмы топливного насоса, износ или загрязнение клапанов топливного насоса, подсос воздуха в полости над диафрагмой.

В системе управления карбюратора «Экотроник», показанного на рис. 2.8 [7], воздушная заслонка регулирует состав топлива и воздуха в смеси и служит для обеспечения пуска, прогрева двигателя и мощностных режимов. Электродвигатель под управлением электронного блока управления может устанавливать заслонку в закрытое и открытое положение. Воздушная заслонка кинематически (с помощью привода) соединена с клапаном экономайзера.

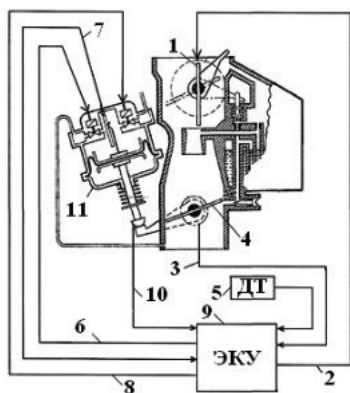


Рис. 2.8. Карбюратор «Экотроник»

мент дроссельной заслонки.

Дроссельная заслонка регулирует количество эмульсии – подаваемой топливной смеси. Работает на режимах пуска и рабочих режимах под управлением электронного блока. Привод при этом осуществляется от электропневмоклапанов, один из которых открывает подачу разрежения от задроссельного пространства на мембрану, которая в свою очередь соединена со штоком. Другой электропневмоклапан соединяет надмембранную полость с атмосферой. При подаче разрежения шток выдвигается, а при сбросе разрежения – выдвигается. Причем на текущее положение штока влияет время подачи или сброса разрежения. Датчик положения заслонки кинематически связан с ее осью. Имеется также датчик температуры. В состав электрооборудования других карбюраторов может входить электромагнитный клапан.

Характерными основными неисправностями системы питания карбюратора (рис. 2.8), кроме упомянутых ранее (нарушение герметичности, течь топлива из топливных баков, трубопроводов, загрязнение топливных и воздушных фильтров) являются и неплотности закрытия заслонки.

При проверке отсутствия неплотного закрытия заслонки необходимо изменить положение электродвигателя привода. Проверить функционирование электродвигателя привода, подав на него напряжение питания 5 вольт. Проверить функционирование клапана экономайзера. Проверить сопротивление обмоток электродвигателя, а также отсутствие замыкания их

на массу. Проверить отсутствие несоответствующего состояния электрических соединений и электрических проводов.

При проверке функционирования электропневматических клапанов необходимо подать на них напряжение питания 12 В. При этом надо подать на один из клапанов разрежение и проверить наличие движения установочного элемента дроссельной заслонки. Проверить функционирование второго клапана. При подаче напряжения питания на второй клапан в случае, если имелось над мембраной разрежение, то оно должно сбрасываться. Второй клапан, открываясь, соединяет полость над мембраной с атмосферой. Проверить сопротивление обмоток клапанов, а также отсутствие замыкания их на массу.

В процессе эксплуатации двигателей изменяется пропускная способность калиброванных отверстий и жиклеров карбюратора, происходит регулировка жиклеров холостого хода, нарушается герметичность игольчатого клапана поплавковой камеры карбюратора, изменяется упругость и длина пружины в ограничителях максимальной частоты вращения коленчатого вала. В топливном насосе бензинового двигателя возможны прорывы диафрагмы и уменьшение жесткости диафрагменной пружины.

Неисправности системы питания, как правило, проявляются в нарушении работы дозирующих систем карбюраторов, в результате чего он готовится чрезмерно богатую или чрезмерно бедную смесь, при сгорании которой двигатель не развивает полную мощность, перерасходует бензин и выбрасывает с отработавшими газами много токсичных веществ. От состояния системы зависят пусковые качества и устойчивость работы двигателя на малой частоте холостого хода, динамика автомобиля, токсичность отработавших газов. Неполное прикрытие воздушной заслонки при запуске холодного двигателя, засорение жиклеров или фильтров, заедание клапана подачи топлива в поплавковой камере в закрытом положении, неисправности топливного насоса, засорение топливных фильтров, подсос воздуха из-за негерметичности системы питания вызывают обеднение горючей смеси и приводят к «чиханию» в карбюраторе, плохой приемистости двигателя, детонационному сгоранию и перегреву двигателя.

Распространенной причиной неисправности карбюратора является установка жиклеров несоответствующей пропускной способности.

Причины переобеднения горючей смеси:

- заедание воздушного клапана в пробке бензобака, засорение шламом топливопроводов и осмоление фильтров;
- образование паровых пробок в системе подачи топлива (происходит обычно в жаркое время года при перегреве двигателя и бензонасоса);
- образование ледяных пробок в системе топливоподдачи (происходит при замерзании конденсата воды, причем при замерзании воды увеличивается объем, ледяные пробки могут полностью перекрыть трубопровод);
- подсос воздуха через неплотности с образованием воздушных пробок (происходит в штуцерных соединениях, через прокладки, из-под крышек фильтров и т. д.).

Причины переобогащения горючей смеси из-за неисправности бензонасоса:

- ослабление крепления – чрезмерная растянутость, коробление или разрыв эластичных пластин мембраны, при этом значительно ухудшается всасывающая способность;

- поломка или засорение клапанов;

- уменьшение упругости рабочей пружины бензонасоса – в результате снижается давление подаваемого к карбюратору топлива, что приводит к снижению уровня топлива в поплавковой камере;

- поломка или повышенное изнашивание деталей привода – уменьшается ход мембраны, ухудшается всасывающая способность и снижается количество подаваемого топлива;

- коробление стыковочных плоскостей крышки и корпуса бензонасоса происходит при ослаблении их крепления, особенно при перегреве двигателя и самого бензонасоса, изготовленного из легкого сплава, при этом бензонасос может полностью прекратить подачу топлива.

В то же время излишнее обогащение горючей смеси вызывает ускоренное изнашивание деталей ЦПГ; особенно ускоряет изнашивание двигателя плохая очистка воздуха воздушным фильтром.

Соотношение объемов воздуха и топлива при различных режимах работы двигателя имеет большое значение для процесса сгорания горючей (рабочей) смеси – даже незначительное отклонение этого соотношения от нормы приводит к целому ряду негативных явлений.

Переобогащение рабочей смеси приводит:

- к неполному сгоранию топлива;

- смыву смазочного материала с зеркала цилиндров;

- к неустойчивой работе и потере мощности двигателя, с одновременным его перегревом;

- к повышению расхода топлива и содержания СО и СН в отработавших газах, сопровождающееся выхлопами темно-бурого дыма.

Если уровень топлива в поплавковой камере превышает норму, то это связано, как правило, с неправильной регулировкой и потерей герметичности поплавка, с заеданием игольчатого клапана в гнезде или его изнашиванием.

Изнашивание топливных жиклеров приводит к увеличению их диаметра и к повышению их пропускной способностью. Причиной этого может стать неправильная регулировка дозирующих систем карбюратора. Например, для холостого хода установлен слишком ранний момент начала открытия клапана экономайзера или неисправность привода различных систем карбюратора – механического, пневматического, комбинированного или электронного типа, засорение воздушных фильтров, что приводит к засорению воздушных жиклеров, которые забиваются пылью или происходит их закоксование смолистыми веществами, попадающими через трубку вентиляции поддона картера.

Основными неисправностями карбюраторных двигателей, которые приведены в табл. 2.7, являются неправильная регулировка и работа двига-

теля, системы зажигания и всех вспомогательных механизмов, а также неправильное функционирование заслонки нагрева в воздушном фильтре. Система выхлопа и всасывающий патрубок должны быть герметичны. Кроме того, необходимо проверить, подается ли топливо к карбюратору с заданным давлением.

Таблица 2.7

Возможные неисправности топливной системы карбюраторных двигателей, их причины и методы устранения

Неисправность	Причина неисправности	Метод устранения
Холодный или прогретый двигатель не запускается	1. Воздушная заслонка закрывается не полностью: Автоматика запуска открыта (2ЕЗ)	Отрегулировать автоматику запуска
	Воздушная заслонка и предварительный дроссель имеют тяжелый ход	Устранить причины тяжелого хода
	Неисправность регулятора предварительного дросселя (2ЕЕ)	Заменить регулятор предварительного дросселя
	2. Нарушение в подаче топлива, загрязнение фильтра	Проверить подачу топлива, заменить фильтр
	3. Недостаточно открыта дроссельная заслонка	Проверить обороты быстрого холостого хода
	4. Клапан отключения холостого хода неисправен, имеет плохой контакт с массой или обрыв в электрическом проводе (2ЕЗ)	Проверить и в случае необходимости заменить клапан отключения холостого хода
	5. Кабель массы карбюратора плохо закреплен или имеет коррозию	Проверить контакт, очистить, подтянуть винт
	6. Неисправность подогревателя всасывающего патрубка (2ЕЗ)	Подогреватель заменить
	7. Неплотность поплавка или игольчатого клапана поплавковой камеры	Заменить
	8. Засорены жиклеры	Очистить, заменить
	9. Ступенчатая шайба заедает, ее положение неправильное. Неисправность возвратной пружины	Устранить заедание или отрегулировать. При необходимости заменить крышку карбюратора
10. Переходное сопротивление датчика температуры (2ЕЕ)	Очистить контакты	
11. Неисправность прибора управления (2ЕЕ)	Заменить прибор управления	
При холодном запуске двигатель останавливается	1. Тяжелый ход воздушной заслонки	Устранить причины тяжелого хода
	2. Зазор воздушной заслонки слишком мал	Отрегулировать
	3. Негерметичность вакуумного возврата устройства (Pulldown)	Устранить неплотность или заменить коробку Pulldown
	4. Недостаточное количество топлива в поплавковой камере вследствие испарения при остановке горячего двигателя	Несколько раз нажать до конца педаль акселератора. Затем при прижатой педали запустить двигатель

Неисправность	Причина неисправности	Метод устранения
При холодном запуске двигателя останавливается (<i>продолжение</i>)	5. Подогрев всасывающего патрубка. Неисправность перепускного подогрева (2ЕЕ)	Проверить подогрев всасывающего патрубка и перепускной подогрев
Перед достижением рабочей температуры двигатель останавливается	1. Неправильная регулировка холостого хода (2ЕЗ)	Отрегулировать число оборотов и содержание СО
	2. Неисправность контакта с тепловым реле подогревателя всасывающего патрубка	Заменить контактор с тепловым реле
	3. Деформация вала дроссельной заслонки	Заменить карбюратор
	4. Неисправность обогрева автоматики запуска (2ЕЗ)	Проверить обогрев и циркуляцию охлаждающей жидкости
	5. Засорены топливный и воздушный жиклеры холостого хода	Очистить. При необходимости заменить
	6. Неисправность клапана обогащения (2ЕЗ)	Заменить клапан
	7. Не отрегулировано количество впрыскиваемого топлива (2ЕЗ)	Отрегулировать
	8. Негерметичность вакуумного устройства вторичной камеры (2ЕЕ)	Заменить устройство
	9. Неисправность защиты электронного оборудования от помех	Проверить, заменить
Пуск двигателя в разогретом состоянии вызывает затруднения	1. Переобогащение горючей смеси в результате испарения топлива	Запустить двигатель на полный газ (выжать полностью педаль акселератора)
	2. Неправильная установка дроссельной заслонки	Отрегулировать управление дроссельной заслонкой
Работа двигателя на холостом ходу неравномерна, двигатель останавливается (двигатель теплый)	1. Регулировка числа оборотов холостого хода	
	Число оборотов слишком низкое (2ЕЗ)	Отрегулировать
	Значение СО слишком мало/ слишком высоко	Отрегулировать
	2. Отверстие жиклера холостого хода	слишком мало
	Жиклеры засорены	Очистить
	Жиклеры повреждены	Заменить
	3. Неплотности	
	На всасывающем патрубке	Заменить уплотнения или промежуточный фланец
	На промежуточном фланце	Заменить уплотнения или промежуточный фланец
	На карбюраторе	Заменить уплотнения или промежуточный фланец
	4. Уровень топлива слишком высок	
Неплотности игольчатого клапана поплавковой камеры	Очистить или заменить	
Поплавок слишком тяжел	Отрегулировать положение поплавка или заменить	

Неисправность	Причина неисправности	Метод устранения
Работа двигателя на холостом ходу неравномерна, двигатель останавливается (двигатель теплый) (продолжение)	5. Клапан отключения холостого хода периодически закрывается (2ЕЗ)	Проверить клапан, при необходимости заменить. Проверить электрические соединения
	6. Разрегулирована тяга газа	Отрегулировать
	7. Заедает демпфер дроссельной заслонки или неправильно отрегулирован	Отрегулировать или заменить
Рывки при разгоне	8. Разрегулировано устройство управления дроссельной заслонкой (2ЕЕ)	Отрегулировать
	Ускорительный насос	
	Количество впрыскиваемого топлива слишком велико или слишком мало	Отрегулировать
Плохая приемистость	Заедание поршня	Обеспечить легкий ход
	Неправильное направление впрыска	Отрегулировать
	Уровень топлива слишком низкий	Отрегулировать положение поплавка
	1. Негерметичность вакуумного устройства управления вторичной камеры, смещение приводной штанги	Отрегулировать приводную штангу, при необходимости заменить вакуумное устройство
Полная мощность не достигается. Перебои при работе на полной нагрузке	2. Неправильно установлены жиклеры	Жиклеры заменить
	1. Топливо-воздушная смесь слишком бедна или слишком богата	
	Загрязнение топливного фильтра	Заменить
	Перепутана подача топлива с возвратом	Изменить подсоединение
	Применены нештатные жиклеры	Применить штатные жиклеры
	Жиклеры загрязнены	Очистить
	Уровень топлива слишком низкий или высокий	Отрегулировать поплавков
	Засорено отверстие вентиляции бака	Продуть отверстие
	Неисправность клапана обогащения	Проверить ход клапана, заменить
	Дроссельная заслонка открывается неполностью	Отрегулировать привод заслонки
	Обледенение карбюратора	Проверить подогрев
	Деформация патрубка обогащения	Проверить патрубок
	Дроссельная заслонка первой камеры открывается и закрывается не полностью	Отрегулировать тягу карбюратора
	2. Недостаточный поток воздуха	
	Воздушная заслонка открывается не полностью	Проверить автоматику запуска и биметаллическую пружину

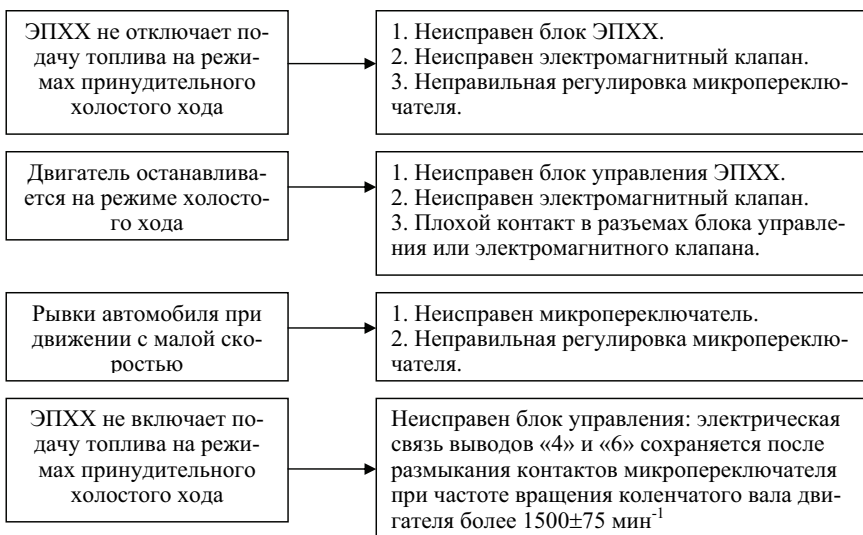
Неисправность	Причина неисправности	Метод устранения
Полная мощность не достигается. Перебои при работе на полной нагрузке (продолжение)	Не достигается положение полного газа	Отрегулировать тягу газа
	Засорен фильтрующий элемент	Фильтрующий элемент заменить
Двигатель продолжает работать после отключения	1. Неисправность клапана отключения холостого хода (2ЕЗ)	Заменить клапан
	2. Слишком большое открытие дроссельной заслонки (2ЕЗ)	Отрегулировать устройство управления дроссельной заслонкой
Выстрелы в выхлопе при движении на низкой скорости	1. Неправильное количество впрыскиваемого топлива. Патрубок впрыска засорен	Отрегулировать, очистить, клапан проверить. При необходимости заменить поршень насоса
	2. Неплотность в системе выпуска отработавших газов	Неплотность заварить или заменить соответствующие детали
	3. Неправильная установка дроссельной заслонки первой камеры (2ЕЗ)	Отрегулировать устройство управления дроссельной заслонкой
Слишком большое потребление топлива	Топливо-воздушная смесь холостого хода слишком богата	
	Неправильная регулировка содержания СО	Отрегулировать

Система управления экономайзера принудительного холостого хода (ЭПХХ) содержит блок управления ЭПХХ, микропереключатель, электромагнитный клапан и соединительные провода.

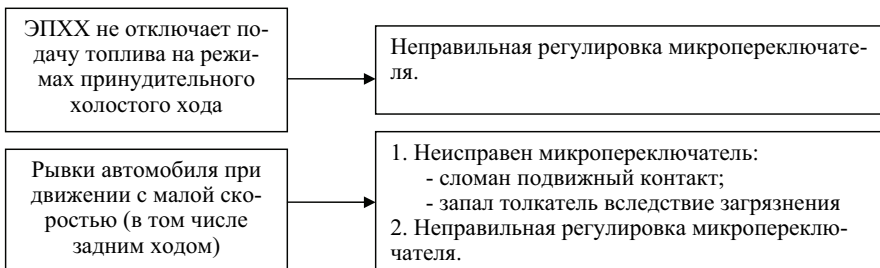
Принцип работы ЭПХХ заключается в том, что на режимах принудительного холостого хода отключается подача топлива в двигатель (в тех случаях, когда педаль управления дроссельной заслонкой отпущена, а частота вращения коленчатого вала повышена по сравнению со значением на режиме холостого хода). Отключение подачи топлива производит пневмоклапан ЭПХХ, входящий в состав карбюратора. Управление пневмоклапаном осуществляет электромагнитный клапан, на который воздействуют блок управления и микропереключатель.

Неисправности системы ЭПХХ, вызывающие нарушения работы автомобиля, приведены на рис. 2.9.

Нарушения работы двигателя, связанные с неисправностями карбюратора и неисправностями системы управления ЭПХХ карбюратором приведены на рис. 2.10. Перечень неисправностей, представленный на рис. 2.10, составлен по материалам работы [8].



Неисправности микропереключателя



Неисправности электромагнитного клапана

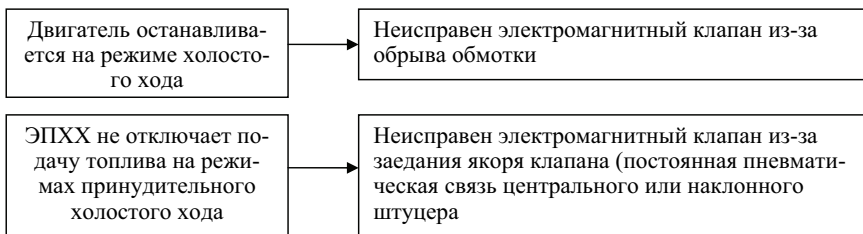


Рис. 2.9. Неисправности системы ЭПХХ и их причины

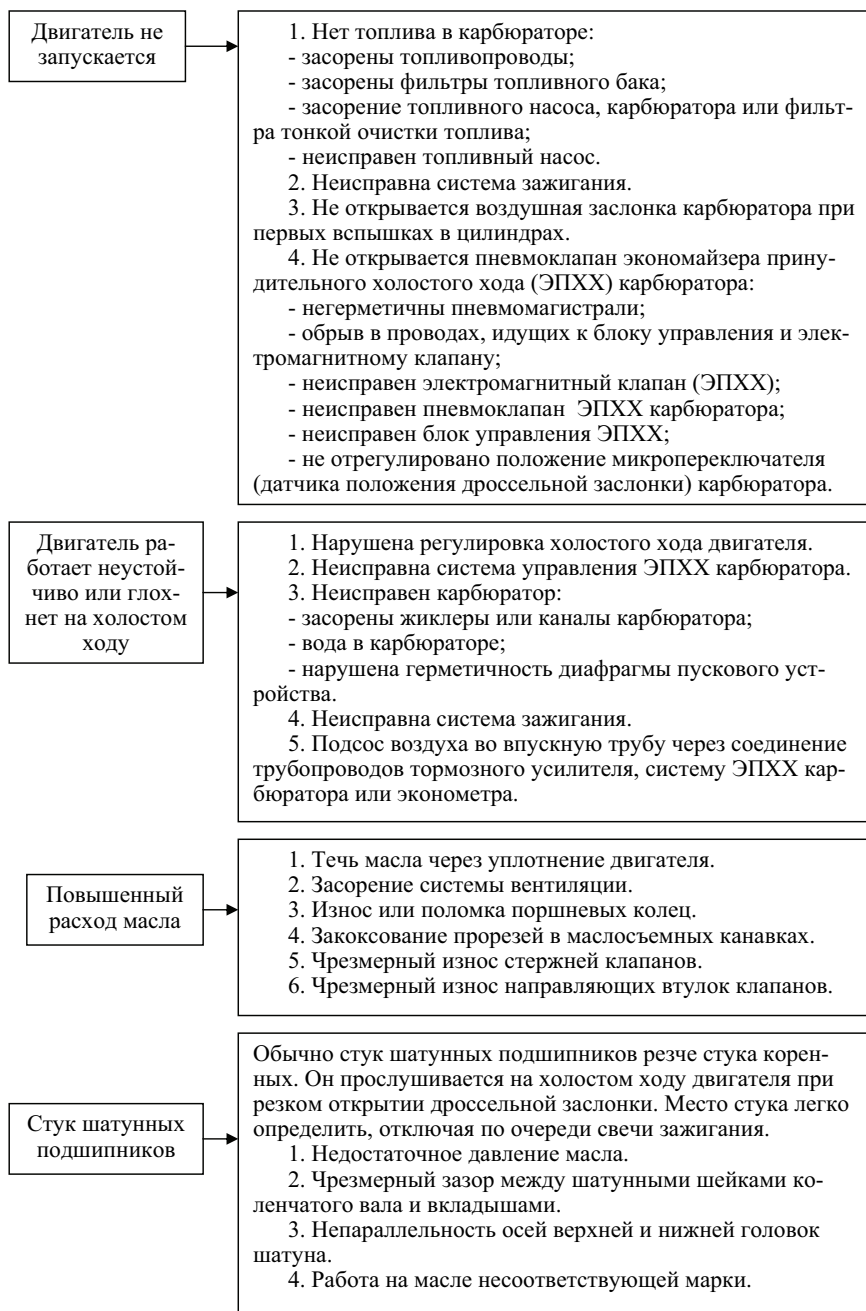
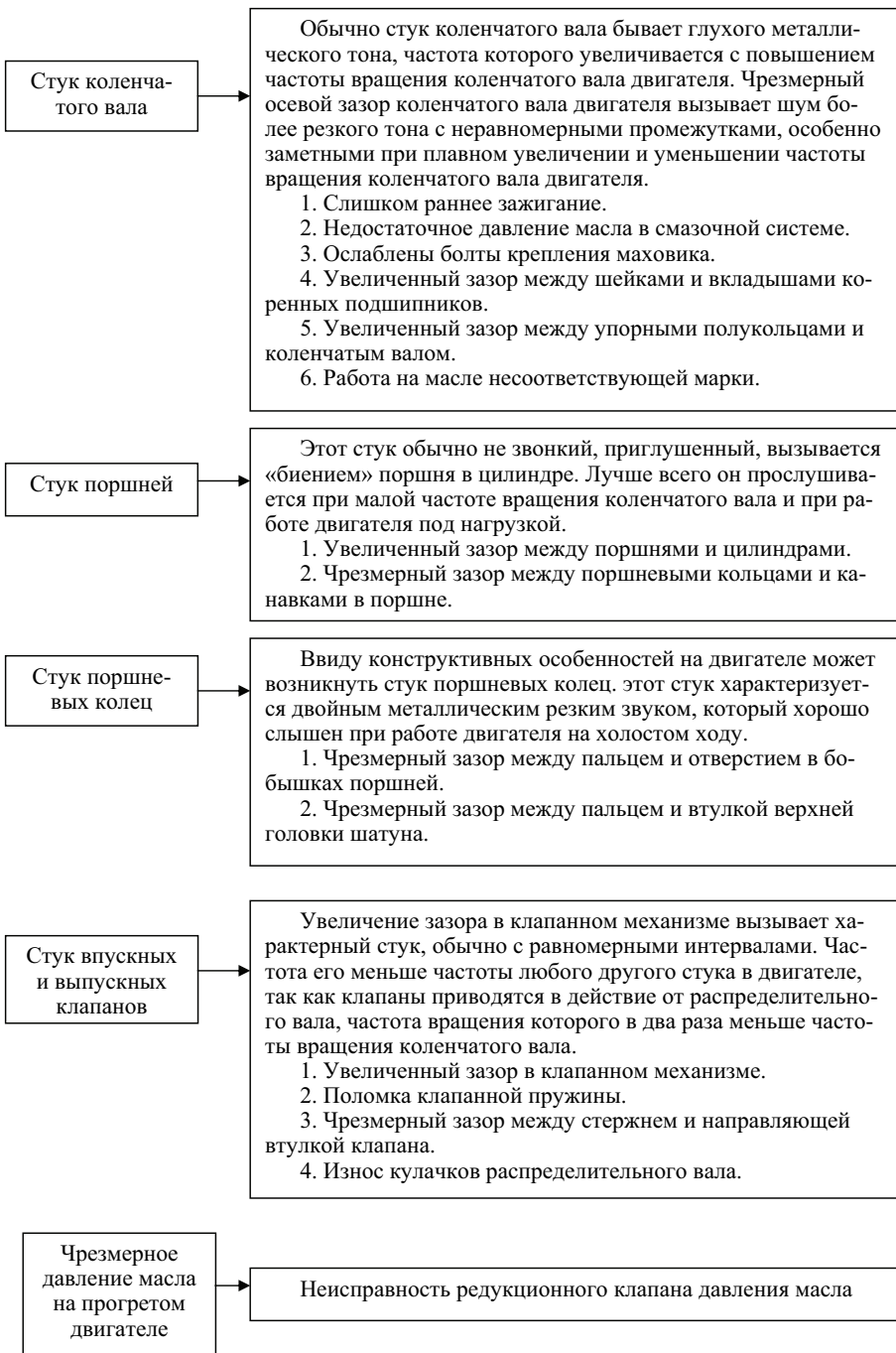
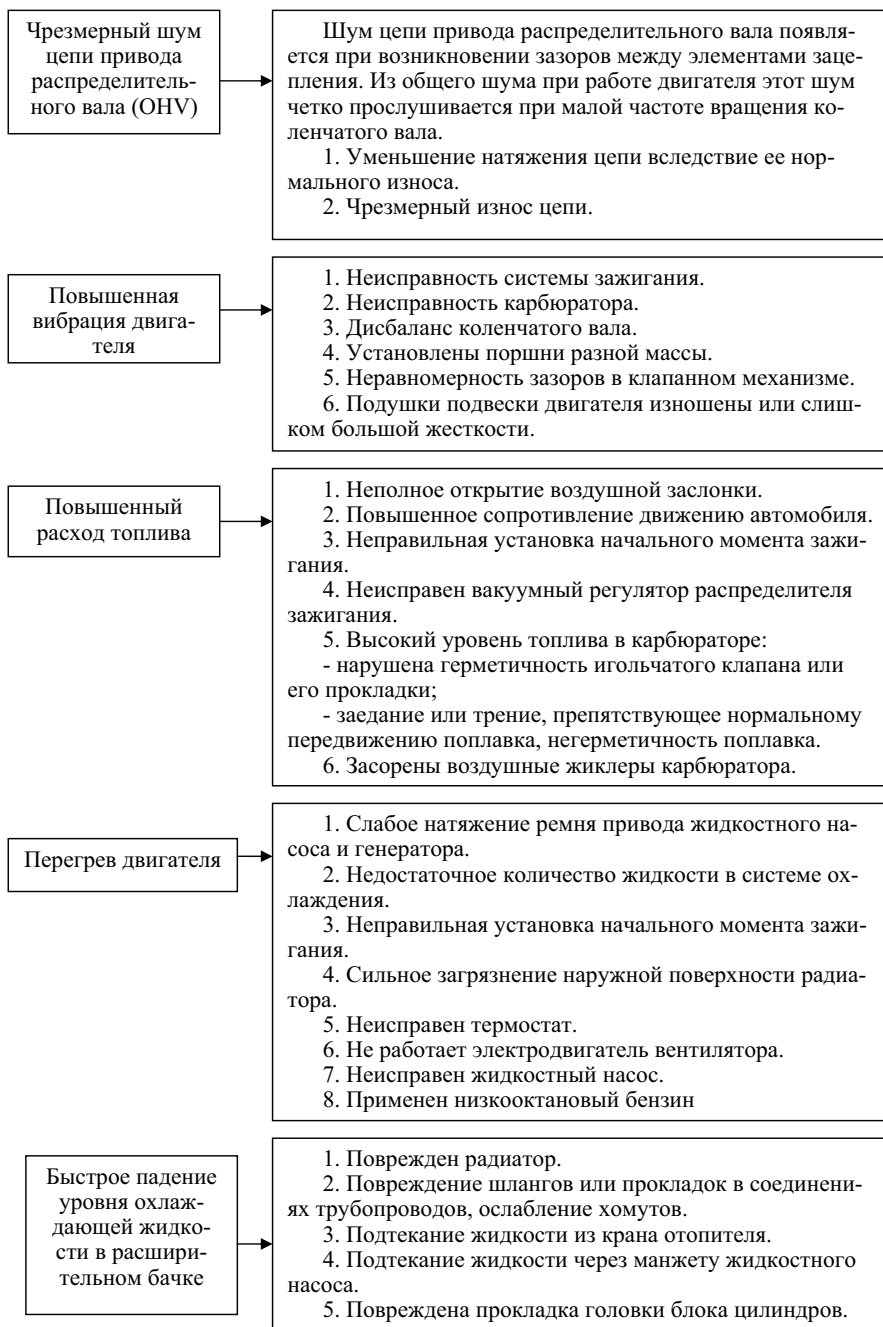


Рис. 2.10. Неисправности двигателей



Продолжение рис. 2.10



Продолжение рис. 2.10

Типовые, наиболее часто встречающиеся неисправности и отказы двигателей представлены на рис. 2.11.

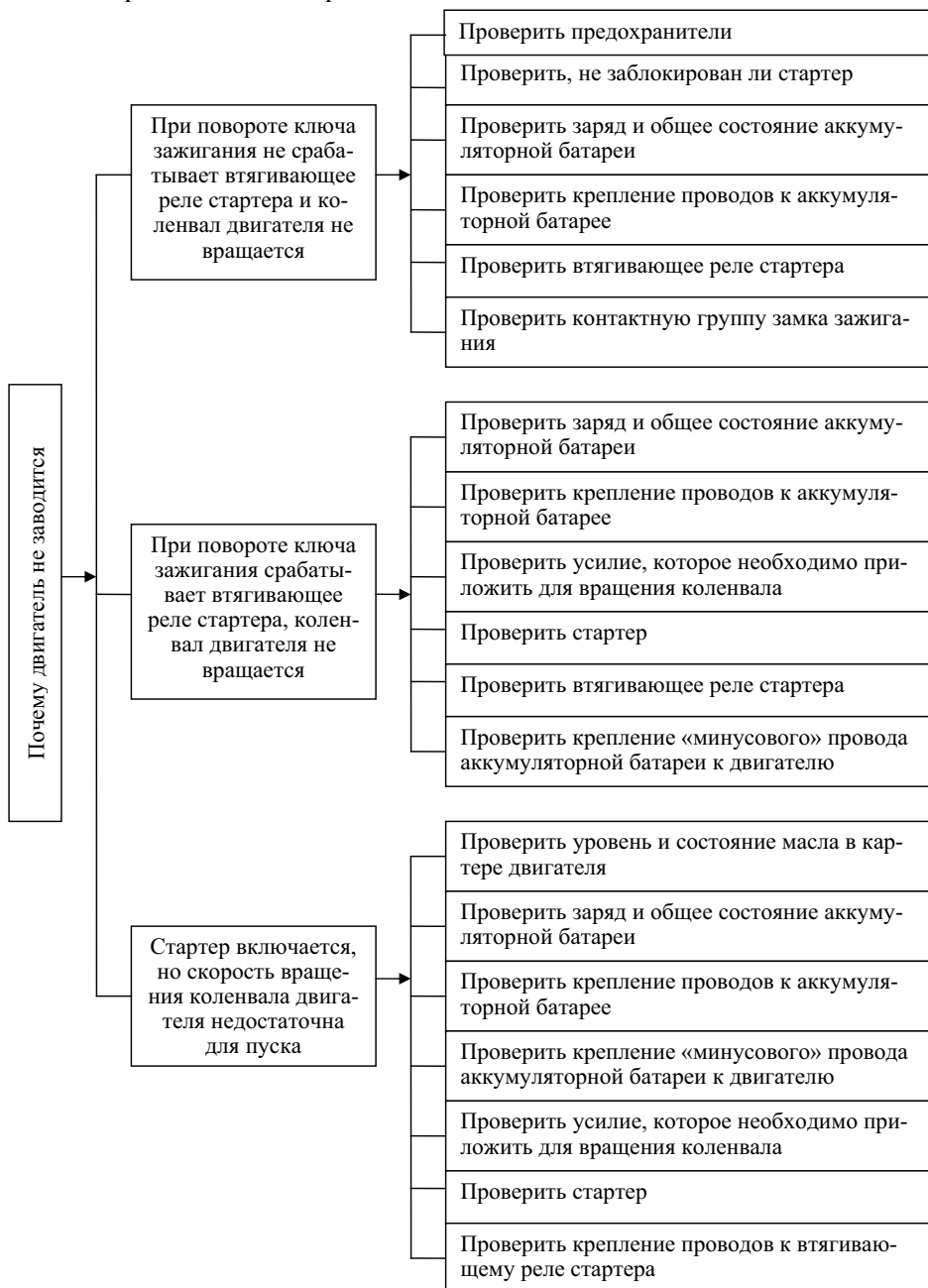
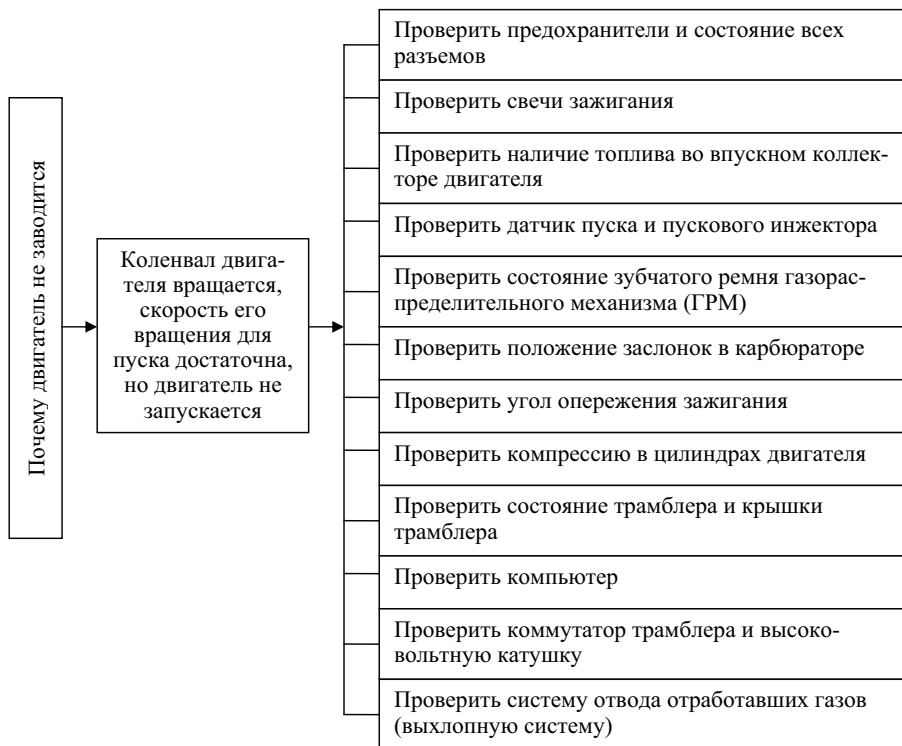


Рис. 2.11. Типовые, наиболее часто встречающиеся неисправности



Продолжение рис. 2.11

Контрольные вопросы

1. Какие существуют виды и причины дефектов и неисправностей двигателей?
2. Какие основные причины неисправностей и отказов элементов двигателей?
3. Какие неисправности в агрегатах автомобиля больше всего влияют на расход топлива?
4. Какие существуют неисправности и отказы ЦПП?
5. Назовите неисправности и отказы КШМ.
6. Как влияют режимы работы двигателя автомобиля на приготовление топливной смеси и процессы ее горения?
7. Какие характерные неисправности системы питания?
8. Какие причины переобеднения горючей смеси карбюраторного двигателя?
9. Какие причины переобогащения горючей смеси из-за неисправности бензонасоса карбюраторного двигателя?
10. Какие основные неисправности двигателя связаны с неисправностями карбюратора?

2.3. Неисправности систем топливоподачи бензиновых двигателей с электронной системой управления

2.3.1. Неисправности системы топливоподачи и впрыска топлива

К недостаткам систем впрыска следует отнести усложнение конструкции автомобиля, повышение его стоимости, повышение требований к бензину (чистота, октановое число), сложность в обслуживании и необходимость применения специального дорогостоящего оборудования.

Неисправности системы впрыска бензинового двигателя по объектам диагностирования приведены в табл. 2.8, 2.9 и на рис. 2.12.

Таблица 2.8

Возможные неисправности топливной системы карбюраторных двигателей, их причины и методы устранения

Причина неисправности	Диагностирование	Устранение неисправности
Двигатель не запускается		
Неисправны свечи зажигания	Проверяют по величине зазора между электродами и по цвету теплового конуса	При необходимости меняют свечи зажигания
Неисправна электромагнитная форсунка	Проверяют сопротивление обмоток мультиметром или тестером (15,5-16 Ом)	При необходимости меняют электромагнитные форсунки
Неисправен электрический бензонасос	Проверяют электрические цепи от вывода «+» АКБ до выводов реле насоса	Устраняют обнаруженные обрывы или меняют при необходимости насос и реле насоса
Неисправен один из датчиков системы управления	Проверяют сканером или мультиметром	При необходимости откалиброванные датчики меняют на новые
Двигатель работает с перебоями или не развивает мощности		
Неисправен датчик температуры охлаждающей жидкости, всасываемого воздуха, детонации, частоты вращения коленчатого вала и т. д. Неисправен контроллер или свечи зажигания, высоковольтные провода	Неисправности определяют с помощью сканера, мотор-тестера или диагностического разъема (колодки). Неисправности закодированы в количестве 48 числовых значений: от кода 12 до кода 182. Для каждого сканера имеется несколько диагностических карт или картриджей в зависимости от типа системы, двигателя и автомобиля. Сканер выводит диагностическую информацию на бумажный носитель (распечатка) или на экран осциллографа, дисплея персонального компьютера	После нахождения неисправностей и их устранения коды этих неисправностей стирают из памяти контроллера. Следует отметить, что перед диагностированием с помощью сканера или мотор-тестера целесообразно проверить мультиметром цепи, подводящие информацию от датчиков и электропитание, чтобы уточнить объем детального диагностирования

**Значение давления в системе впрыска топлива типа «К-Jetronic»
и возможные неисправности**

Давление (режим)	Значение, кПа	Неисправность
В системе	Меньше 47	Засорены топливопроводы, топливный фильтр. Негерметично подсоединен накопитель топлива. Низкая производительность топливного насоса. Неисправен регулятор давления топлива
	Больше 54	Засорена магистраль слива топлива в бак. Неисправен регулятор давления топлива.
Управляющее (двигатель прогрет, холостой ход)	Больше 38	Забит топливный фильтр. Неисправен регулятор управляющего давления
Остаточное (остановка двигателя)	Выше 26 при выключении двигателя	Неисправен регулятор давления топлива. Засорен демпфер в штуцере насоса
	Ниже 18 (спустя 10 мин)	Неисправен обратный клапан топливного насоса
	От 18 до 26 (спустя 10 мин); ниже 16 (спустя 20 мин)	Недостаточная герметичность дозатора-распределителя, рабочих форсунок, соединений топливопроводов

При комплектации двигателя форсунками необходимо обеспечить наличие в комплекте форсунок, которые по времени срабатывания (по опозданию) отличались бы не более, чем на 5%.

К неисправностям относится недостаточное давление топлива в системе, которое может быть вызвано следующими причинами:

- негерметичность топливопроводов и их соединений;
- сильное загрязнение фильтра тонкой очистки топлива;
- недостаточная производительность топливного насоса;
- нарушение настройки регулятора давления топлива в системе.

Для гарантированного прокачивания бензина через фильтр тонкой очистки насос должен обеспечивать давление в 1,3-2 раза больше необходимого рабочего давления в системе впрыскивания. При рабочем давлении в 200-400 кПа насос должен развивать максимальное давление 500-600 кПа и в зависимости от максимальной мощности (объема двигателя) составлять 1-2 л/мин.

Основные неисправности бензонасоса приведены в табл. 2.10.

Независимо от работы двигателя бензонасос постоянно включен. Поэтому электродвигатель бензонасоса потребляет от АКБ автомобиля одинаковую мощность (приблизительно 60 Вт) и перекачивает бензин при одинаковой частоте вращения коленчатого вала.

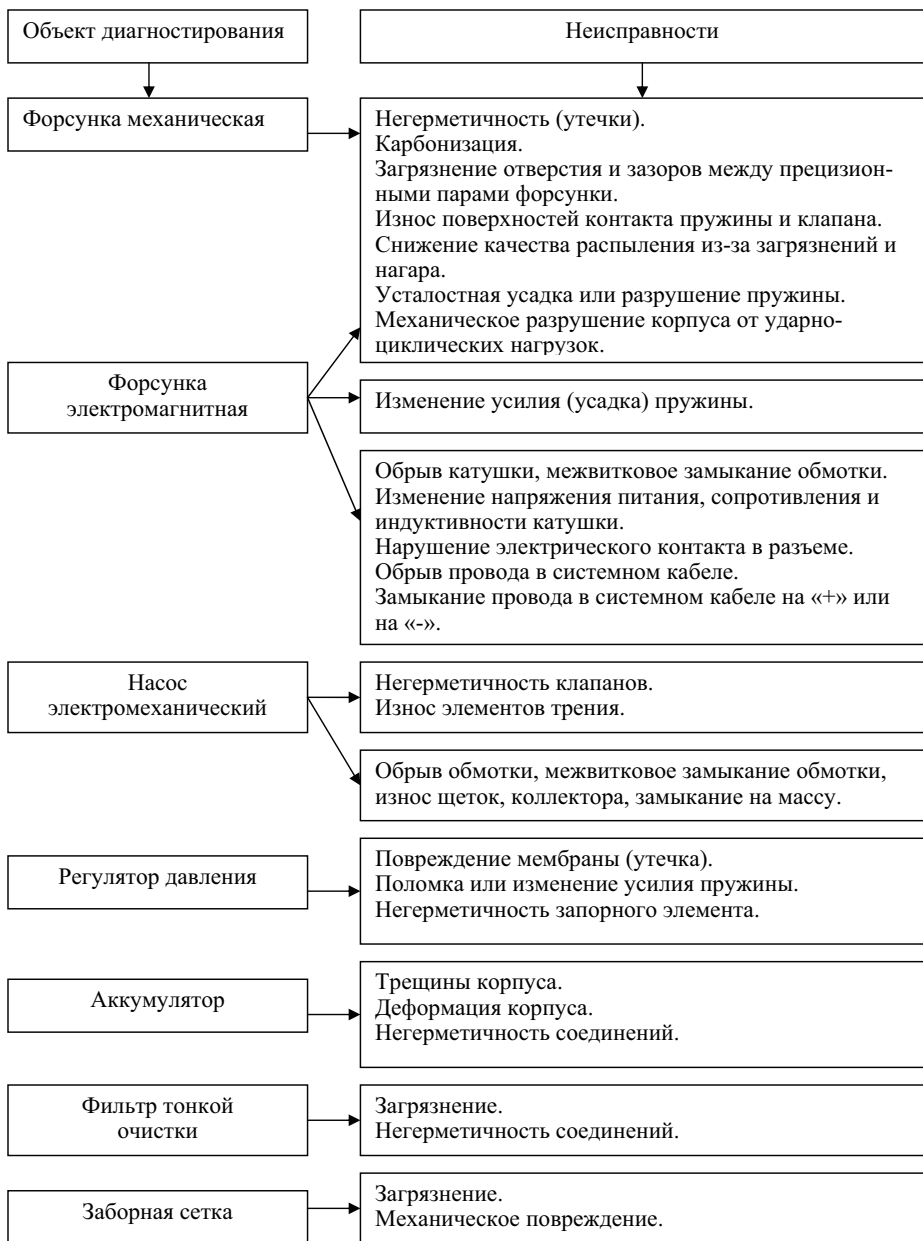


Рис. 2.12. Неисправности топливной системы впрыска бензинового двигателя

Основные неисправности бензонасосов

Неисправность	Внешнее проявление
Износ подшипников	Шум, периодическое подклинивание бензонасоса, сопровождающееся перегоранием предохранителя
Износ щеток или контактных колец ротора	Периодически бензонасос не включается
Износ нагнетающего элемента	Низкое давление топлива, малый расход топлива в линии обратного слива, давление падает по мере увеличения нагрузки и оборотов двигателя. Запуск двигателя автомобиля усложнен
Неисправность обратного клапана	Быстрое падение давления в системе после остановки двигателя
Негерметичность редукционного клапана	Низкое давление топлива, малый расход топлива в линии обратного слива, давление падает по мере увеличения нагрузки и оборотов двигателя. Запуск двигателя автомобиля усложнен
Обрыв цепи питания, обрыв обмотки, неисправность реле или предохранителя цепи питания бензонасоса	Насос не включается при повороте ключа зажигания
Двигатель глохнет при наклоне автомобиля и резких поворотах	Затруднено поступление топлива в камеру бензонасоса
Через некоторое время после начала движения автомобиль теряет мощность, глохнет	Загрязнена заборная сетка на насосе, грязь в топливной камере

Причинами повышенного давления подачи топлива являются:

- повышенное сопротивление в магистрали слива топлива;
- нарушение регулировки регулятора давления топлива в системе или заедание его поршня.

Давление подачи топлива регулируется подбором толщины регулировочных шайб, устанавливаемых под пружину поршня. Например, при изменении толщины регулировочных шайб на 0,1 мм давление подачи топлива изменится на 0,6 кПа, а при изменении на 0,5 мм – на 3 кПа.

Определение неисправностей всей системы впрыска топлива типа «K-Jetronic» и их устранение необходимо выполнять с нормальной компрессией в цилиндрах, отрегулированными тепловыми зазорами в механизме газораспределения, правильно установленным моментом зажигания, исправным электрооборудованием, с чистым воздушным фильтром.

Системы впрыска топлива типа «K-Jetronic» различных автомобилей имеют разные диапазоны давлений питания.

Фирма Bosch постоянно совершенствует системы впрыска, изменяя отдельные элементы. В результате неисправности систем впрыска, их причины и методы устранения могут иметь некоторые отличия. Поэтому для их устранения необходимо следовать требованиям инструкции.

В настоящее время системы впрыска оснащаются отдельным ЭБУ, функции которого заключаются в обработке информации, поступающей с различных датчиков, управлении исполнительными механизмами, системой зажигания (в современных двигателях системы впрыска топлива и зажигания перестают быть независимыми и становятся компонентами все более усложняющихся интегральных систем управления работой двигателя) и обеспечении требуемых характеристик подачи топлива на различных режимах работы двигателя.

Наиболее эффективными по характеристике расхода топлива и экологическим показателям, а значит, и наиболее перспективными являются двигатели с электронным управлением и непосредственными впрыском и распылением топлива. Однако характеристика работы большой группы деталей и элементов, формирующих топливную систему с впрыском, повышенные требования к качеству топлива и регулировкам – все это определяет значительный перечень признаков неисправностей этих систем, представленных в качестве примера в табл. 2.11, 2.12 [9].

Таблица 2.11

Возможные неисправности системы впрыска «К-Jetronic»

Неисправность	Проверяемые приборы и системы (табл. 2.12)
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, 12, 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, 11, 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
Стук в двигателе при увеличении частоты вращения коленчатого вала	5, 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

Неисправность	Проверяемые приборы и системы (табл. 2.12)
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 2.12

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

Повышение надежности элементов компьютерной системы, а также 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 микропроцессорной системы управления (МПСУ) и самодиагностики.

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 компьютерной системе отображаются загоранием специальной лампы диагностики 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), подключаемого к диагностическому разъему.

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 следующими функциями: самодиагностика, функциональные и контрольные испытания. 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.

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 от 3 до 5 неисправностей одновременно (общее число неисправностей, которые могут быть обнаружены, составляет 13-15).

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 «работы при полной нагрузке»; блока электронного управления системой зажигания; блока управления автоматической коробкой передач).

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 просмотра главного меню с кодами неисправностей используют сканеры. С помощью сканера Tech1 можно считывать сигналы с различных входных датчиков и выходных устройств, как при работающем, так и при неработающем двигателе. При работающем двигателе можно наблюдать сигналы как от входных, так и от выходных устройств, таких как муфта блокировки гидротрансформатора, соленоиды регулирования давления и переключения передач. При помощи Tech1 можно также производить сброс кодов.

Если электронный модуль управления обнаруживает неисправности (табл. 2.8, 2.9, 2.11, 2.12), он включает аварийный режим работы, кроме того, в памяти сохраняются соответствующие коды неисправностей. Неисправности LE/LU Jetronic, в системе впрыска Motronic приведены в табл. 2.13, 2.14 [8].

Таблица 2.13

Возможные неисправности LE/LU Jetronic

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения
Двигатель не запускается	Не работает электрический топливный насос (не слышно рабочего шума)	Снять разъем с реле, перемкнуть выводы «28» и «59» (на разъеме 2 и 5) проводом достаточного сечения. Насос должен заработать (рабочий шум). Установить разъем. Снять разъем с насоса, подключить контрольную лампочку и запустить двигатель. Если загорается контрольная лампочка, заменить насос
	Поврежден предохранитель	Проверить предохранитель (№ 10) в коробке предохранителей
	Повреждено реле	Проверить реле
	Нарушено питание электроэнергией впрыскивающих клапанов	Снять разъем, подключить контрольную лампочку и включить стартер. Лампочка должна слабо мигать. Если лампочка горит тускло – заменить управляющее устройство, если лампочка не горит – проверить реле и подключение вывода «1» к управляющему устройству

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения
Двигатель не запускается (продолжение)	Поврежден датчик температуры	Проверить датчик
	Поврежден измеритель количества всасываемого воздуха	Проверить измеритель количества всасываемого воздуха
	Отсутствует проявление импульса на выводе «1» управляющего устройства	Снять многоконтактный разъем управляющего устройства, подключить контрольную лампочку между выводами «1» и «5» (L-Jetronic). Включить зажигание, лампочка горит тускло, а примерно через 1 с – ярко, включить стартер, лампочка должна мигать. Если она не мигает, проверить электрическую цепь и катушку зажигания
Холодный двигатель плохо запускается	Неправильное содержание СО	Проверить содержание СО и режим холостого хода
	Низкое входное напряжение на выводе «15» катушки зажигания	Провести дополнительный провод от вывода «1» к «массе», подключить вольтметр к выводу «1» и «массе». Номинальное значение – минимум 9 В
Теплый двигатель не запускается	Неправильное содержание СО	Проверить содержание СО и режим холостого хода
	Слишком высокое давление в системе питания	Проверить давление, при необходимости заменить регулятор давления. Исправить или заменить трубку
	Забита либо согнута отводящая трубка между баком и регулятором давления	Исправить или заменить трубку
	Поврежден датчик температуры двигателя	Проверить датчик температуры
	Негерметичность впрыскивающих клапанов	Демонтировать клапаны, закрыть трубки, снять клемму «1» с катушки зажигания, включить на короткое время стартер, на протяжении следующей минуты не должно появиться больше двух капель на один клапан
	Поврежден измеритель количества всасываемого воздуха	Проверить измеритель количества всасываемого воздуха
	Негерметичность системы питания	Осмотреть все соединения в области двигателя и электрического топливного насоса, подтянуть все соединения, устранить утечки в системе или негерметичность впрыскивающих клапанов

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения
Теплый двигатель не запускается (продолжение)	Негерметичность системы всасывания воздуха	Проверить уплотнения и соединения в системе
Двигатель запускается, но через некоторое время глохнет	Плохо отрегулированное содержание СО или режим холостого хода	Проверить режим холостого хода и содержание СО
	Повреждено реле	Проверить реле
	Поврежден датчик температуры	Проверить датчик температуры
	Негерметичность системы всасывания воздуха	Проверить все воздухопроводы на герметичность, проверить надежность соединений
Неравномерный режим холостого хода, перерывы в работе двигателя, вспышки при добавлении газа	«Прилипание» впрыскивающих клапанов	Зажать отводящую трубку топлива, возрастает давление топлива, обогащается топливно-воздушная смесь, двигатель работает лучше
		Хорошо работающий двигатель позволяет достичь замыкания «прилипших» клапанов
		Устранение неисправности: слить топливо и залить другое марки Super по стандарту DIN 51600. Заменить все впрыскивающие клапаны

Таблица 2.14

Возможные неисправности системы впрыска Motronic

Этап проверки	Код неисправности	Условия проверки	Контрольные значения	Причина неисправности	Метод устранения
01	48 или 49	Включить зажигание	$U > 11,5 \text{ В}$	Разрядка аккумуляторной батареи или окисление наконечников проводов	Зарядить аккумуляторную батарею или зачистить наконечники проводов
		Запустить двигатель	$U > 8 \text{ В}$	Неисправен генератор или регулятор напряжения	Поврежденный генератор или регулятор напряжения отремонтировать или заменить

Этап проверки	Код неисправности	Условия проверки	Контрольные значения	Причина неисправности	Метод устранения
		Двигатель работает	$U > 13 \text{ В}$	1. Неисправен генератор или регулятор напряжения 2. Неисправен контроллер	Поврежденный генератор или регулятор напряжения отремонтировать или заменить Заменить контроллер
02	14 или 15	Включить зажигание и расстыковать разъем датчика температуры охлаждающей жидкости	$U = 4,9 \text{ В}$	1. Обрыв в проводах 2. Неисправен контроллер	Проверить провода и их соединения, поврежденные провода заменить Заменить контроллер
		Перемкнуть два вывода датчика	$U = 0,1 \text{ В}$	1. Замыкание на «массу» 2. Неисправен контроллер	Заменить датчик Заменить контроллер
	Измерить сопротивление датчика при температуре охлаждающей жидкости:	$R = 1,3\text{-}3,6 \text{ Ом}$	Неисправен датчик	Заменить датчик	
	30 °С 80 °С	$R = 250\text{-}360 \text{ Ом}$			
03	73 или 74	Расстыковать разъем измерителя расхода воздуха и переключить выводы «3» и «2»	$U > 4,2 \text{ В}$	1. Обрыв в проводах	Проверить провода и их соединения, поврежденные провода заменить
				2. Заедание или повреждение напорной заслонки измерителя	Заменить измеритель расхода воздуха
				3. Замыкание на «массу»	Заменить измеритель расхода воздуха
				4. Неисправен контроллер	Заменить контроллер
04	69 или 71	Расстыковать разъем измерителя расхода воздуха. Измерить напряжение между выводами «5» и «3» колодки	$U = 5 \text{ В}$	Обрыв в проводах, ослаблено крепление проводов или неисправен контроллер	Проверить провода и их соединения. Поврежденные провода заменить. Поврежденный контроллер заменить

Этап проверки	Код неисправности	Условия проверки	Контрольные значения	Причина неисправности	Метод устранения
04	69 или 71	Перемкнуть выводы «4» и «5» и измерить напряжение	U=0,1 В	1. Замыкание на «массу»	Заменить измеритель расхода воздуха
				2. Неисправен контроллер	Заменить контроллер
	Измерить сопротивление датчика температуры всасываемого воздуха: при 15-30 °С	R=1450-3300 Ом	Неисправен датчик температуры всасываемого воздуха	Заменить датчик	
					при 80 °С
05	65 или 66	Расстыковать разъем измерителя расхода воздуха. Измерить напряжение между выводами «1» и «3» колодки	U=0,1 В	Обрыв в проводах, ослаблено крепление проводов	Проверить провода и их соединения, крепление проводов, поврежденные провода заменить
		Перемкнуть выводы «3» и «1» колодки и измерить напряжение	U=4,9-5,0 В	1. Замыкание на «массу»	Заменить измеритель расхода воздуха
				2. Неисправен контроллер	Заменить контроллер
Проверить сопротивление между выводами «3» и «4» колодки и измерить напряжение между выводами «1» и «4» колодки	R=300-500 Ом R=270-520 Ом	Неисправен потенциометр содержания СО	Заменить измеритель расхода воздуха		
06	67	Расстыковать разъем выключателя дроссельной заслонки. Измерить напряжение между выводом «2» и средним выводом выключателя	U=5 В	Обрыв в проводах или неисправен контроллер	Проверить провода и их соединения, поврежденные провода заменить. Неисправный контроллер заменить
		Перемкнуть вывод «2» и средний вывод выключателя и измерить напряжение	U=0 В	1. Замыкание на «массу»	Заменить выключатель дроссельной заслонки

Этап проверки	Код неисправности	Условия проверки	Контрольные значения	Причина неисправности	Метод устранения
06	67			2. Неисправен контроллер	Заменить контроллер
		Измерить сопротивление между выводами «2» и «18» выключателя: - при закрытой дроссельной заслонке	$R=0 \text{ Ом}$	Неисправен выключатель дроссельной заслонки	Заменить выключатель
		- при открытой дроссельной заслонке	$R=\infty$		
07	72	Расстыковать разъем выключателя дроссельной заслонки. Измерить напряжение между выводом «3» и средним выводом выключателя	$U=5 \text{ В}$	Обрыв в проводах или неисправен контроллер	Проверить провода и их соединения, поврежденные провода заменить. Неисправный контроллер заменить
		Переключить вывод «3» и средний вывод выключателя и измерить напряжение	$U=5 \text{ В}$		
				2. Неисправен контроллер	Заменить контроллер
		Измерить сопротивление между выводами «3» и «18»: - при закрытой дроссельной заслонке	$R=0 \text{ Ом}$	Неисправен выключатель дроссельной заслонки	Заменить выключатель
		- при открытой дроссельной заслонке	$R=\infty$		

2.3.2. Неисправности топливной системы и зажигания бензиновых двигателей с электронной системой управления

Во время эксплуатации автомобиля вследствие износа изменяются зазоры в сопряжениях деталей клапанов форсунок. Из-за износа сопряжений деталей и старения материалов изменяется жесткость пружин, сопротивление и индуктивность катушек. Мелкие твердые частицы, которые не задерживаются фильтром, загрязняют внутренние объемы форсунок, а тяжелые фракции топлива оседают в виде пленки на поверхностях распыляющих от-

верстий, уменьшая их проходное сечение. Вследствие этих процессов ухудшается техническое состояние форсунок, результатом чего является нарушение выходных характеристик двигателя.

Отказы современных систем электронного управления двигателем для «L-Jetronic» приведены в табл. 2.15.

Большое разнообразие причин неисправностей и отказов двигателей типа «двигатель не запускается» сводится к отсутствию искры на свечах в необходимый момент и/или подачи топлива в цилиндры. При этом неисправность находится или в системе питания, или в системе зажигания, или в датчике поворота коленчатого вала, по сигналам которого синхронизируется работа систем.

В зависимости от поколения используемой ЭСУ состав и конструктивное оформление систем питания и зажигания может быть разным. В табл. 2.16 приведены общие характеристики типов ЭСУ автомобилей.

Таблица 2.15

Возможные отказы элементов систем бензинового двигателя

Элементы системы	Отказы, %
Электрическая цепь (окисление контактов и обрыв проводов)	35
Топливный насос	22
Клапан холостого хода	10
Система зажигания	9
Форсунки	8
Датчик кислорода	7
Датчик и реле	6
Электронный блок управления	3

Таблица 2.16

Сравнительные характеристики ЕСКД автомобилей

Автомобиль	Тип ЕСКД	Система питания	Система зажигания	Датчик поворота коленчатого вала
VW Golf 1994 г	Digifant	Многоточечное впрыскивание с пусковой форсункой	С распределенным зажиганием	Датчик Холла в распределителе зажигания
Škoda Octavia 2002 г	Motronic BOSCH	Многоточечное впрыскивание с двумя λ -зондами	С отдельными катушками	Электромагнитный (с диском в районе маховика)
BA3-21099	Motronic BOSCH MP 7.011	Многоточечное впрыскивание с λ -зондом	Двухискровое с модулем зажигания	Электромагнитный с диском в районе шкива коленчатого вала

В реальных условиях работы свечи зажигания всегда существуют факторы, способствующие снижению сопротивления изоляции. Это прежде всего нагар на изоляторе свечи, образующийся в результате отложения на нем частиц масла и топлива, а также водяной пар, который конденсируется

при остывании двигателя. Нагар и влага, будучи плохими изоляторами, шунтируют изолятор свечи, образуя дополнительную утечку тока. Это принято характеризовать шунтирующим сопротивлением $R_{ш}$.

Наличие нагара на изоляторе свечи способствует увеличению тока вытока в процессе нарастания вторичного напряжения, в результате чего амплитуда импульса снижается, а при $R_{ш}=0,25-0,5$ МОм вторичное напряжение может не достигать уровня пробивного напряжения. В таких условиях коэффициент запаса $K_3 < 1$ и зажигание рабочей смеси не происходит. Для катушек зажигания контактных систем коэффициент трансформации находится в пределах 56-100.

Влияние неисправностей системы зажигания на показатели автомобильного двигателя приведены на рис. 2.13, 2.14.

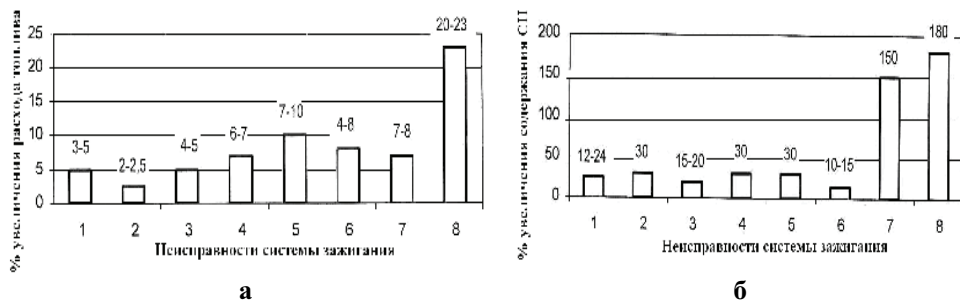


Рис. 2.13. Влияние неисправностей системы зажигания на показатели автомобильного двигателя:

а – на расход топлива; б – на содержание СН в отработавших газах;

1 – увеличенный зазор между электродами свечей зажигания; 2 – уменьшенный зазор между электродами свечей зажигания; 3 – увеличение угла опережения зажигания на 12° ; 4 – уменьшение угла опережения зажигания; 5 – не отрегулирован зазор между контактами прерывателя; 6 – неисправность центробежного регулятора опережения зажигания; 7 – одна свеча зажигания работает с перебоями; 8 – одна свеча зажигания не работает

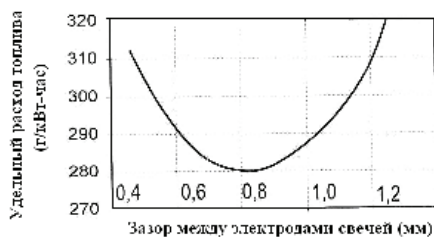


Рис. 2.14. Зависимость удельного расхода топлива от величины зазора в свечах зажигания

- электрические цепи – окисление контактов и обрыв проводов (35%);
- топливный насос (22%);
- клапан холостого хода (10%);
- элементы системы зажигания (9%);
- форсунки (8%);

В силу сложности компьютерных систем их отказы трудно диагностировать обычными методами, а их последствия (прекращение транспортного процесса, увеличение расхода топлива и токсичности отработавших газов) трудно устранить. Наиболее часто отказывающимися элементами системы управления работой бензиновых двигателей являются:

- датчик кислорода (7%);
- датчики и реле (6%);
- электронный блок управления (3%).

Основные неисправности микропроцессорной системы зажигания, способы их диагностирования и устранения представлены в табл. 2.17.

Компенсация падения напряжения питания. При падении напряжения питания система зажигания может давать слабую искру, а механическое движение открытия форсунки может занимать больше времени. При падении напряжения питания ниже 12 В ЭБУ компенсирует это путем увеличения времени накопления тока в катушке зажигания, а при падении напряжения ниже 8 В – путем увеличения оборотов системы холостого хода и длительности импульса впрыска.

Таблица 2.17

Основные неисправности микропроцессорной системы зажигания, способы их диагностирования и устранения

Причина неисправности	Диагностирование	Устранение неисправности
<i>Двигатель не запускается</i>		
Нарушение контактных соединений в цепи от вывода «+» АКБ до замка зажигания	Проверяют контрольной лампой или вольтметром последовательно все звенья цепи от вывода «+» АКБ	Восстанавливают нарушенные контакты, при необходимости меняют электрическую часть замка
Обрыв в первичной или короткое замыкание во вторичной обмотке катушки зажигания	Проверяют тестером или мультиметром сопротивление обмоток катушки зажигания	Неисправную катушку зажигания меняют на исправную
Неисправны свечи зажигания	Проверяют цвет теплового конуса свечи зажигания	Очищают свечи от нагара, регулируют зазор или ставят новые
Неисправен контроллер	Проверяют по кодам неисправности или сканером	При необходимости меняют контроллер
Обрывы в цепи от замка зажигания до разъема контроллера	Проверяют всю цепь последовательно от замка зажигания	Устраняют обрывы и восстанавливают контакт в разъеме контроллера
Неисправен электрический пневмоклапан ЭПХХ	Проверяют клапан, отключая и подключая его. Если слышен щелчок, значит клапан исправен	При необходимости клапан меняют на новый
<i>Двигатель не развивает полной мощности</i>		
Неисправен датчик температуры охлаждающей жидкости	Проверяют напряжение на клеммах датчика мультиметром (3,43-3,73 В)	При необходимости меняют датчик
Неисправен датчик угловых импульсов или он установлен неправильно	Проверяют установку датчика относительно венца маховика или мультиметром измеряют его сопротивление (350-450 Ом)	Регулируют датчик установочной зазора между ним и вершиной зуба маховика (0,3-1,2 мм)

Причина неисправности	Диагностирование	Устранение неисправности
Неисправен датчик абсолютного давления	Проверяют на выходных клеммах выходное напряжение (4,6-4,8 В)	При необходимости датчик меняют на новый
Сбои в программе работы контроллера	Проверяют Элементы системы, если они исправны, то сбои программы оценивают по кодам неисправностей или сканером и мотор-тестером	При необходимости меняют контроллер
Неисправны катушки зажигания	Проверяют искрообразование на игольчатом пробнике	При необходимости меняют катушки зажигания
Двигатель работает с перебоями		
Неисправны свечи зажигания	Проверяют состояние теплового конуса и зазор свечей	При необходимости меняют свечи зажигания
Неисправны высоковольтные провода или помехоподавительные наконечники свечей	Проверяют с помощью мотор-тестера по осциллограммам вторичной цепи	При необходимости меняют провода или наконечники свечей
Сбои в программе работы контроллера	Проверяют мотор-тестером, сканером или по кодам неисправностей	При необходимости меняют контроллер

Контрольные вопросы

1. Какие бывают неисправности системы топливоподдачи?
2. Какие неисправности бензонасоса встречаются чаще всего?
3. Какие могут быть неисправности системы впрыска топлива?
4. Какие средства электронной системы управления топливоподачей предупреждают о появлении неисправности?
5. Какие функции выполняет встроенная диагностическая система?
6. Как осуществляется доступ к диагностической системе самодиагностики?
7. Какие средства используются для просмотра меню с кодами неисправностей?
8. Какие причины неисправности типа «двигатель не запускается» и способы их устранения?
9. Как распределяются отказы элементов систем бензинового двигателя?
10. Какие неисправности свечей вызывают повышенное содержание СН в отработавших газах?

2.4. Неисправности систем смазки и охлаждения двигателя

Система смазки. Основными причинами ухудшения качества масла во время эксплуатации двигателя являются: разжижение его топливом, загрязнение механическими примесями и продуктами износа и окисления, срабатывание присадок, придающих маслу лучшие качества, старение моторного масла.

Разжижение топливом смазки 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 смазки возможно в результате нарушения герметичности прокладок головок цилиндров.

Виды неисправностей в системе смазки, причины и способы их устранения приведены в табл. 2.18. Причины снижения давления масла и повышенного расхода масла приведены на рис. 2.15, 2.16.

Таблица 2.18

Возможные неисправности системы смазки

Неисправность	Возможные причины	Способ устранения
После включения зажигания контрольная лампа не загорается	Неисправность датчика давления масла	Включить зажигание, отсоединить провод от датчика давления масла и приложить к «массе». Если при этом контрольная лампа загорается, заменить выключатель
	Обрыв питания датчика, коррозия контактов	Проверить проводку и контакты
После запуска двигателя контрольная лампа не гаснет	Перегорела контрольная лампа	Заменить контрольную лампу
	Слишком велика температура масла	Безусловно, если контрольная лампа гаснет при увеличении подачи топлива
Контрольная лампа не гаснет после увеличения подачи топлива или загорается во время движения	Мало давление масла	Проверить уровень масла, долить, если необходимо. Проверить давление масла по инструкции
	Провод к датчику давления масла замыкает на «массу»	Снять провод с датчика и, изолировав, отложить (не класть на «массу»). Включить зажигание, если контрольная лампа загорается, проверить проводку
Пониженное давление масла во всем диапазоне оборотов двигателя	Неисправность датчика давления масла	Заменить датчик
	Слишком мало масла в двигателе	Долить масло в двигатель
	Загрязнена сетка в маслозаборнике, сломана маслозаборная трубка	Снять масляный картер, прочистить сетку; если необходимо, заменить трубку
	Изношен масляный насос	Снять и проверить масляный насос, при необходимости заменить
Пониженное давление масла в нижнем диапазоне оборотов двигателя	Повреждение подшипников коленчатого вала	Снять двигатель
	Из-за загрязнения заклинило клапан регулятора давления масла в открытом состоянии	Снять и устранить неисправность клапана
Повышенное давление масла при оборотах двигателя свыше 3000 мин ⁻¹	Клапан регулятора давления не открывается из-за загрязнения	

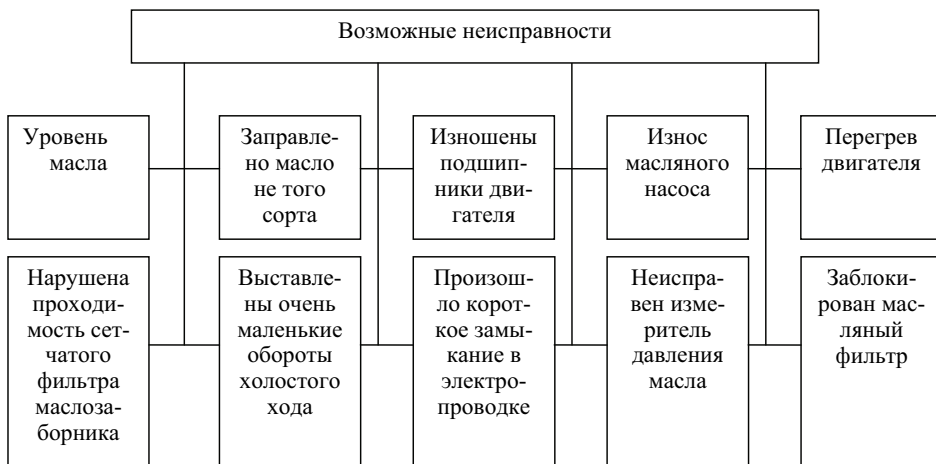


Рис. 2.15. Причины снижения давления масла

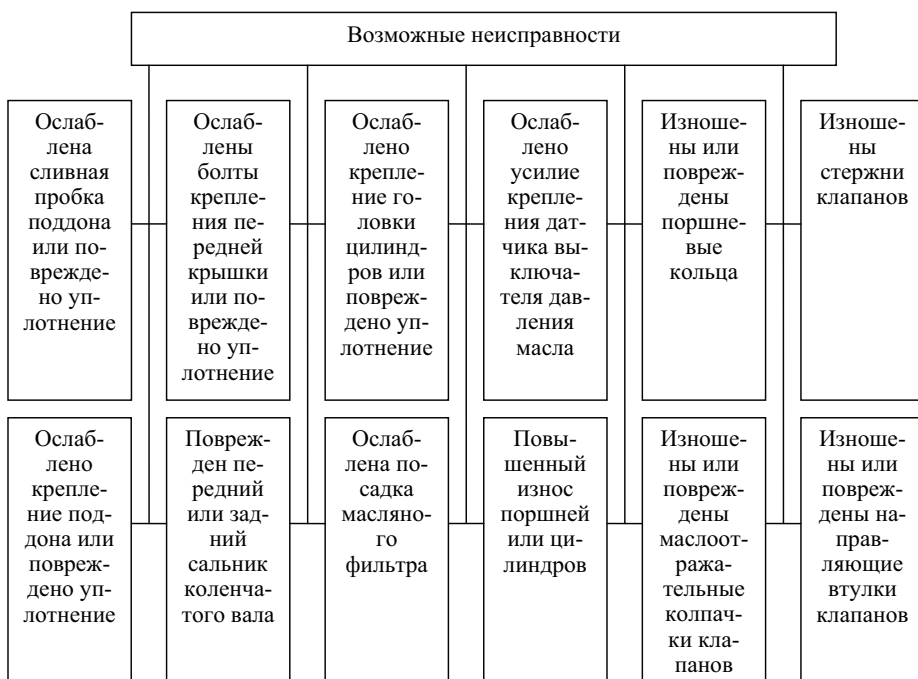


Рис. 2.16. Причины повышенного расхода масла

При работе двигателя на форсированном высокотемпературном режиме наблюдается повышение вязкости масла в результате испарения низкокипящих фракций масла, разложения присадок, накопления продуктов окисления масла. Большое насыщение масла воздухом ведет к увеличению

скорости окисления масла и увеличению количества продуктов износа в масле.

В изношенных двигателях масло окисляется значительно быстрее (особенно в двигателях, прошедших капитальный ремонт), чем в новых. Образующиеся агрессивные органические кислоты вызывают коррозионный износ вкладышей подшипников коленчатого вала.

На скорость окисления, образование шламов оказывает влияние техническое состояние двигателя. Так, в 1,35 раза увеличивается количество отложений при увеличении зазора в зоне поршневых колец от 0,6 до 1,2 мм. Это объясняется резким увеличением прорыва газов в картер.

На окисляемость масла каталитически влияет старое масло. Поэтому перед заправкой свежим маслом картер и всю масляную систему необходимо промыть. В присутствии старых продуктов окисления срок службы свежего масла уменьшается в 1,5-2 раза.

Прогнозируя срок смены масла в силовых агрегатах автомобиля необходимо рассматривать систему, работоспособность которой определяется выходными параметрами качества масла.

Параметры, характеризующие состояние масла, можно разделить на входные параметры (Z_1, Z_2, \dots, Z_n), характеризующие внешние условия, внутренние переменные состояния (X_1, X_2, \dots, X_n), характеризующие свойства масла, и выходные параметры (Y_1, Y_2, \dots, Y_n), характеризующие реакцию на внешние воздействия, в которые входят и показатели надежности агрегата.

К внешним условиям (входным параметрам) относятся: дорожные условия (тип и состояние покрытия, продольный профиль дороги, интенсивность движения и высота над уровнем моря), транспортные условия (вид и объем перевозимого груза, расстояние перевозок), атмосферно-климатические условия (температура, давление, влажность и запыленность воздуха), культура эксплуатации (система и качество ТО и ремонта, квалификация водителей, материально-техническая база).

К внутренним переменным состояниям относятся крутящий момент, эффективное давление, число оборотов, КПД агрегата, качество масла и др.

Система охлаждения. К неисправностям системы охлаждения относятся нарушения герметичности системы, давления открытия клапанов, пробок расширительного балка и действия термостата. Неисправности системы охлаждения приводят к перегреву двигателя и соответствующим отказам его деталей (табл. 2.19).

Признаками неисправности системы охлаждения являются перегрев или недостаточный прогрев двигателя, подтекание охлаждающей жидкости, или разгерметизация системы. Потеря герметичности, как правило, происходит при повреждении шлангов и патрубков или их соединений, появлении трещин, при изнашивании прокладок, уплотнительных манжет жидкостного насоса. Недостаточное охлаждение двигателя возникает также из-за повреждения и загрязнения сот радиатора как изнутри, так и снаружи, неисправности термостата.

Перегрев двигателя возможен даже при небольшом снижении уровня охлаждающей жидкости в системе. Особенно это проявляется при примене-

нии антифризов, которые могут вспениваться из-за наличия в системе воздуха и замедлять отвод теплоты.

Таблица 2.19

Возможные неисправности системы охлаждения

Неисправность	Возможные причины	Способ устранения
Двигатель перегревается	Снижение уровня охлаждающей жидкости	Долить охлаждающую жидкость
	Низкая концентрация антифриза в охлаждающей жидкости	Проверить концентрацию антифриза в охлаждающей жидкости
	Ослабление натяжения или выход из строя ремня водяного насоса	Отрегулировать натяжение или заменить ремень
	Трубки и ребра радиатора забиты снаружи насекомыми, листьями и т. п.	Прочистить радиатор
	Утечка охлаждающей жидкости через неплотности в соединениях шлангов, насосе, отопителе, корпусе термостата, радиаторе, сливном кране или через прокладку головки цилиндров	Устранить утечку, произвести необходимый ремонт
	Отказ термостата	Проверить исправность термостата, при необходимости заменить
	Шланги радиатора закупорены или изношены	Заменить шланги
	Отказ водяного насоса	Заменить насос
	Отказ крышки бачка	Заменить крышку
Снижение уровня охлаждающей жидкости	Трещины в головке или блоке цилиндров, закупорка каналов рубашки охлаждения	Отремонтировать
	Утечка в радиаторе	Осмотреть радиатор, устранить утечку
	Утечка в расширительном бачке или в шланге	Заменить бачок или шланг
	Ослабление креплений или повреждение шлангов радиатора или отопителя	Отремонтировать соединения шлангов. Заменить шланги или хомуты
	Отказ уплотнения водяного насоса	Заменить водяной насос
	Отказ прокладки водяного насоса	Заменить прокладку
	Неправильная затяжка болтов головки цилиндров	Затянуть болты головки цилиндров с требуемым моментом. Заменить при необходимости прокладку головки цилиндров.
Утечка через: впускной трубопровод; прокладку головки цилиндров; заглушку блока цилиндров; теплообменник отопителя; кран отопителя (если он не установлен)	Устранить утечку. Произвести ремонт или замену дефектных деталей и узлов	

Неисправность	Возможные причины	Способ устранения
Двигатель не прогревается до нормальной температуры	Клапан термостата завис в открытом положении или неподходящий тип термостата	Заменить термостат
Подача холодного воздуха из отопителя	Уровень охлаждающей жидкости ниже отметки min	Долить охлаждающую жидкость

Эффективность работы системы охлаждения снижается и при ослаблении натяжения ремня вентилятора. У двигателей с принудительным отключением-включением вентилятора может быть отказ предохранителя, датчика, управляющих его работой.

Характерными неисправностями системы охлаждения, определяемыми визуально, 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, поломок водяного насоса, неисправности термостата, пробуксовки ремня вентилятора или его обрыва.

Контрольные вопросы

1. Какие причины ухудшения качества моторных масел при эксплуатации двигателя?
2. Какие существуют виды неисправностей в системе смазки двигателя, их причины и способы устранения?
3. Какие бывают неисправности системы охлаждения двигателя?
4. Какие могут быть причины перегрева двигателя?

2.5. Неисправности систем питания и топливной аппаратуры дизелей с электронным управлением

2.5.1. Неисправности системы питания дизелей и их причины

Процессы сгорания в дизельных двигателях зависят в большой степени от того, как подготовлено топливо системой впрыска. Существенную роль в этом играет топливный насос высокого давления (ТНВД), создающий давление топлива, под которым оно нагнетается через магистрали высокого давления к форсункам и впрыскивается ими в камеры сгорания, где смешивается с воздухом.

Наиболее распространенными неисправностями систем питания дизельных двигателей любой конструкции являются износ и разрегулировка плунжерных пар насоса высокого давления и форсунок, потеря герметичности этих агрегатов. Возможны также износ выходных отверстий форсунок,

их закоксование и засорение. Эти неисправности приводят к изменению момента начала подачи топлива, неравномерности работы топливного насоса по углу и количеству подаваемого топлива, ухудшению качества распыливания топлива форсункой.

В результате перечисленных неисправностей повышается расход топлива и увеличивается токсичность отработавших газов.

Пусковые свойства и качество сгорания топлива в дизельном двигателе сильно зависят от достигаемого давления сжатия. Поэтому утечки из камеры сгорания должны проверяться при каждом более тщательном поиске неисправностей. К классическим методам такой проверки относятся проверка компрессии при пусковой частоте вращения коленчатого вала и тест падения давления. Однако количественная достоверность этих методов низкая.

Неисправности регулирования начала подачи топлива. Электрические отказы в системе регулирования начала впрыскивания топлива регистрируются в памяти неисправностей. Однако дефекты гидравлики или электрических переходных сопротивлений могут потребовать провести отдельные точные измерения. Неисправности часто обращают на себя внимание затруднениями пуска, стуками при низкой частоте вращения коленчатого вала, появлением черного дыма в отработавших газах (ОГ) и пониженной мощностью.

Установка начала подачи топлива влияет на шум сгорания, мощность двигателя, расход топлива и содержание вредных веществ в ОГ. Если подача топлива начинается слишком рано, двигатель работает жестко, с сильным шумом сгорания, низким расходом топлива, но повышенным содержанием оксидов азота в ОГ. При слишком ранней установке начала подачи увеличивается и дымность, потому что увеличенная задержка воспламенения приводит к низкой температуре цикла. Резкое нарастание давления сгорания может вызвать повреждение кривошипно-шатунного механизма, особенно поршня. На позднее начало подачи топлива двигатель реагирует потерей мощности, увеличенным расходом топлива и повышенным дымлением. При позднем завершении сгорания увеличивается температура ОГ, а следовательно, риск повреждения выпускных клапанов и турбокомпрессора. Таким образом, в данном случае большую роль играют проверка и точная установка начала подачи топлива.

Недостатками в системе подачи топлива при переходе от высокого давления к низкому является возникновение колебаний давления в аккумуляторе и крутящего момента в приводе насоса, что может вызвать потерю герметичности в топливной системе. Отключение плунжерных секций применяется на двигателях FIAT и Peugeot. ТНВД с отключением плунжерной секции внешне отличаются по наличию электромагнитного клапана на секции.

Неисправности расходомера воздуха могут быть вследствие загрязнения и износа термопленки датчика. Масляный слой на термопленке может действовать как изолятор, в результате чего показания расходомера воздуха ниже, чем действительный расход воздуха. Блок управления в этом

случае для ограничения дымности уменьшает количество впрыскиваемого топлива, что снижает мощность двигателя.

Распределение отказов топливной системы современных автомобилей с непосредственным впрыском представлены в табл. 2.20, из которой следует, что 63,4 % от общего числа отказов топливной системы вызваны неисправностями топливного насоса, форсунок или датчика кислорода [7].

Таблица 2.20

Основные неисправности топливной системы двигателей

Элементы топливной системы	Количество неисправностей	Относительная величина неисправностей, %
Топливный насос	29	45,31
Форсунка	19	29,68
Датчик кислорода	16	25
Электронный блок управления	12	18,75
Расходомер воздуха	10	15,62
Дозатор-распределитель топлива	4	6,25
Датчик температуры охлаждающей жидкости	4	6,25
Потенциометр дроссельной заслонки	3	4,68
Датчик абсолютного давления	9	3,12
Стабилизатор давления	2	3,12
Автомобилей всего		64

Диагностическим признаком неисправности системы питания является затруднение пуска двигателя (в исправном состоянии система питания должна обеспечивать работу двигателя на этом режиме и не допускать при этом резкого изменения частоты вращения коленчатого вала). Режим пуска и свободного ускорения является наиболее благоприятным для выявления многих неисправностей в аккумуляторной системе топливоподачи (АСТП). Даже незначительное изменение давления (отсутствие коррекции давления) топлива при пуске ухудшает «пусковые» характеристики двигателя за счет неисправностей ТНВД, например, плунжерных пар.

Система питания дизеля обеспечивает очистку топлива и равномерное распределение его по цилиндрам строго дозированными порциями. Она состоит из топливного насоса высокого давления, форсунок, фильтров грубой и тонкой очистки топлива, топливоподкачивающего насоса низкого давления, топливопроводов низкого и высокого давления, топливных баков, электромагнитного клапана и свечей электрофакельного устройства. На систему питания дизелей приходится до 9% всех неисправностей автомобилей.

Основными неисправностями системы питания дизеля являются следующие:

- нарушение герметичности и течь топлива, особенно топливопроводов высокого давления;
- загрязнение воздушных и топливных фильтров;
- попадание масла в турбонагнетатель;

- износ и неправильная разрегулировка плунжерных пар насоса высокого давления;
- потеря герметичности форсунками и снижение давления начала подъема иглы;

- износ выходных отверстий форсунок, их закоксование и засорение.

Эти неисправности приводят к изменению момента начала подачи топлива, неравномерности работы топливного насоса по углу поворота коленчатого вала и количеству подаваемого топлива, ухудшению качества распыливания топлива, что прежде всего вызывает повышение дымности отработавших газов и приводит к незначительному повышению расхода топлива и снижению мощности двигателя на 3-5%.

К неисправностям электрогидравлической форсунки можно отнести следующие:

- загрязнение внутренних каналов форсунки и закоксование распыливающих отверстий;
- загрязнение входного фильтра (снижение цикловой подачи форсунки);
- эрозия и размывание распыливающих отверстий;
- зависание иглы форсунки.

К неисправностям, присущим только аккумуляторным системам, можно отнести следующие:

- выход из строя электромагнита форсунки, обрыв цепи, неисправность высоковольтного конденсатора в блоке управления;
- износ седла клапана управляющей камеры;
- износ прецизионных поверхностей мультипликатора и иглы;
- овальность шарика клапана управляющей камеры;
- длительность управляющего сигнала блока управления, а, следовательно, исправность всех датчиков системы управления, непосредственно влияющих на цикловую подачу;
- нарушение (разброс) своевременного впрыскивания и качества распыления топлива по цилиндрам двигателя за счет разной жесткости пружин форсунок, разных зазоров в деталях клапанов, проходных и распыливающих отверстий, индуктивности и сопротивления катушек форсунок.

Структурным параметром является величина зазоров, через которые топливо вытесняется с выхода на вход. В результате уменьшается объемный коэффициент подачи и производительность насоса. Для шестеренчатых топливоподкачивающих насосов аккумуляторной системы топливоподдачи характерны неисправности:

- износ поверхностей между зубьями и корпусом;
- заклинивание шестерни или редукционного клапана.

2.5.2. Причины уменьшения подачи топлива и снижения давления при впрыске

Топливопроводы низкого и высокого давления в процессе эксплуатации из-за вибрации автомобиля могут потерять герметичность. Потеря герметичности в трубопроводе низкого давления (от бака до топливоподкачки

вающего насоса) приводит к течи и подсосу воздуха через неплотности, что ведет к нарушению работы топливоподкачивающей аппаратуры, а в трубопроводе высокого давления (от топливоподкачивающего насоса до форсунок) – к подтеканию и перерасходу топлива. Неисправности топливной системы дизельного двигателя по объектам диагностирования приведены на рис. 2.17.

Признаками неисправностей системы питания являются невозможность пуска или затрудненный пуск двигателя, падение мощности, дымление, стуки, неустойчивая работа двигателя, его «разнос», то есть когда двигатель трудно остановить.

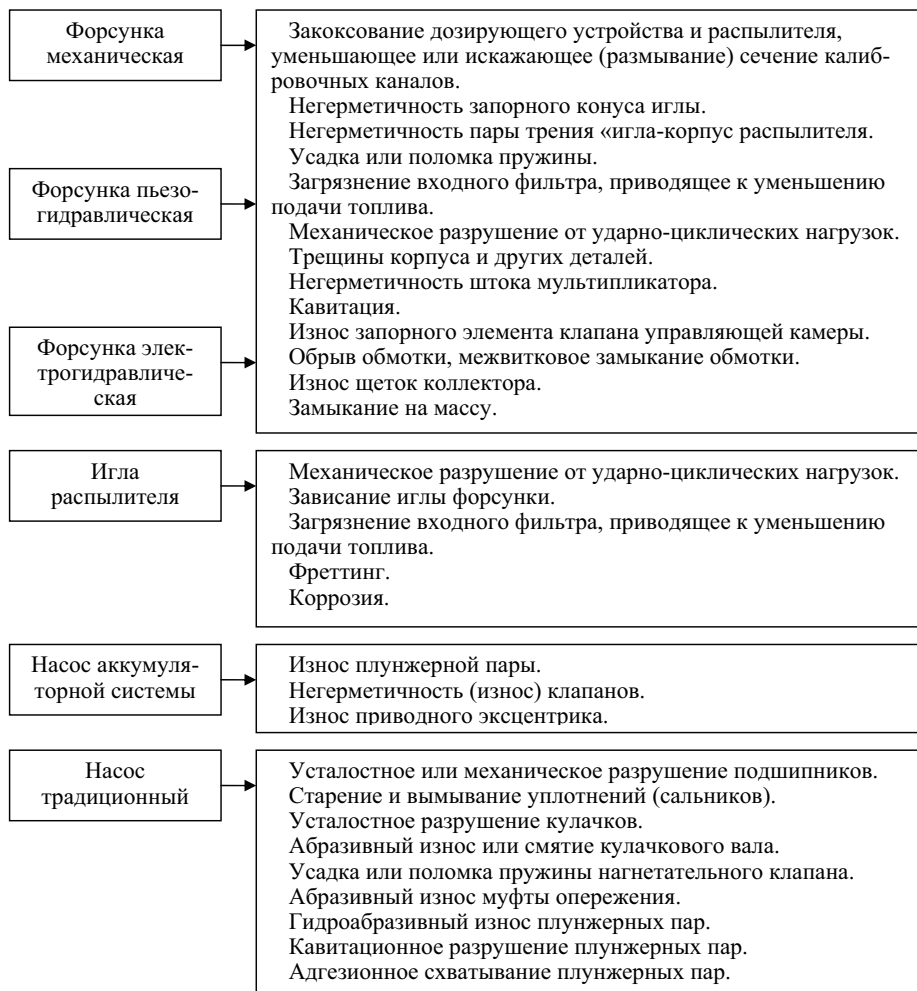


Рис. 2.17. Объекты диагностирования топливной системы дизельного двигателя и их неисправности



Продолжение рис. 2.17

Причины уменьшения подачи топлива:

- снижение давления при впрыске;
- засорение топливопроводов, заборника в топливном баке или фильтрующих элементов топливных фильтров;
- замерзание воды или загустение топлива в топливопроводах;
- наличие воздуха в топливной системе;
- нарушение угла опережения впрыска топлива, неисправности топливных насосов низкого и высокого давления;
- попадание масла в турбоагнетатель;
- износ и разрегулировка плунжерных пар насоса высокого давления;
- потеря герметичности, форсунок и снижение давления начала подъема иглы;
- износ выходных отверстий форсунок, их закоксование и засорение;
- засорение системы выпуска газов;

- неисправности привода рычага регулятора (при полном нажатии и педаль подачи топлива частота вращения коленчатого вала двигателя не увеличивается);

- избыток топлива, подаваемого в цилиндры (дым черного или серого цвета).

Причины неравномерной работы дизеля:

- ослабло крепление или лопнула трубка высокого давления;

- неудовлетворительно работают отдельные форсунки, нарушена равномерность подачи топлива секциями ТНВД;

- неисправен регулятор частоты вращения.

Причины работы дизеля «вразнос»:

- заедание рейки ТНВД;

- поломка пружины рычага ее привода;

- попадание лишнего количества масла в камеру сгорания из-за износа цилиндропоршневой группы.

Неисправности газораспределительного механизма (ГРМ) уменьшают мощность и ухудшают экономичность двигателя.

Основными причинами неисправности ГРМ являются:

- нарушение тепловых зазоров между стержнями клапанов и носками коромысел;

- подгорание рабочих фасок клапанов и седел;

- потеря упругости или поломка пружин клапанов;

- повышенный износ толкателей, штанг, коромысел, направляющих втулок клапанов, опорных шеек, втулок и кулачков распределительного вала, его упорного фланца и зубьев распределительного зубчатого колеса.

Нарушение тепловых зазоров между стержнями клапанов и носками коромысел приводит к снижению эффективной мощности двигателя. Тепловой зазор в клапанном механизме двигателя обеспечивает необходимую посадку клапана на седло и компенсирует тепловое расширение деталей механизма.

Характерным признаком при увеличенном тепловом зазоре при работе двигателя с малой частотой вращения коленчатого вала без нагрузки прослушивается резкий звонкий стук. При этом уменьшается высота подъема и проходное сечение клапана. Причинами увеличения теплового зазора являются изнашивание торцевой части деталей привода и кулачка, развальцовка от значительных знакопеременных нагрузок торцевой части привода и самого клапана.

Увеличение теплового зазора приводит к ухудшению очистки цилиндра от отработавших газов, в результате чего уменьшается наполнение цилиндра свежим зарядом воздуха горючей смеси, что ухудшает процесс сгорания.

При уменьшенном тепловом зазоре нарушается его посадка в седло, подгорают фаски клапанов и их седла, двигатель работает с перебоями.

Признаками уменьшенного теплового зазора являются периодические хлопки в впускном или выпускном трубопроводах. У карбюраторных дви-

гателей при уменьшенных тепловых зазорах впускных клапанов возникают хлопки в карбюраторе, а выпускных клапанов – в глушителе.

Поиск неисправностей системы впрыска дизельного двигателя (табл. 2.21) должен проводиться при следующих условиях: должны быть исключены ошибки водителя при запуске двигателя, бак заправлен топливом, механические системы двигателя исправны, аккумулятор заряжен, стартер вращается с достаточным числом оборотов, в топливной системе нет воздушных подушек.

Таблица 2.21

**Возможные неисправности системы впрыска
дизельного двигателя**

Неисправность	Возможные причины	Способ устранения
Двигатель не запускается или запускается плохо	1. Двигатель не разогрет	Проверить устройство предварительного разогрева
	2. На электромагнитный отключатель не подается напряжение	Подключить к отключателю пробник, включить зажигание. Светодиод должен загореться, в противном случае найти и устранить обрыв проводки
	3. Неисправность крепления или прилегания клапана останова двигателя или клапан отказал	Проверить надежность установки и контакт с «массой» клапана останова двигателя. Включить и выключить зажигание, при этом должны быть слышны щелчки клапана останова двигателя
	4. Нарушение в подаче топлива	Проверить подачу топлива
	а) топливные шланги перегнуты, засорены, негерметичны, имеют трещины	Очистить или заменить
	б) засорен топливный фильтр	Заменить топливный фильтр
	в) засорена вентиляция топливного бака, загрязнена сетка в баке	Очистить
	5. Неисправность форсунок	Проверить форсунки, последовательно отворачивая накидные гайки, и проверять, работают ли цилиндры
6. Неисправность топливного насоса высокого давления	Для пробы заменить насос	
Дерганье двигателя на холостом ходу, при трогании с места	Ослабление крепления шлангов между топливным насосом высокого давления и топливным фильтром	Закрепить хомуты шлангов
Повышенный расход топлива	1. Загрязнен воздушный фильтр	Заменить воздушный фильтр
	2. Негерметичность топливной системы	Произвести внешний осмотр шлангов и трубок, топливного фильтра и топливного насоса высокого давления

Неисправность	Возможные причины	Способ устранения
Повышенный расход топлива (<i>продолжение</i>)	3. Засорены трубки возврата топлива	Продуть воздухом трубопровод возврата топлива от топливного насоса высокого давления к топливному баку
	4. Механические неисправности	Негерметичны клапаны. Изношены цилиндры/поршни, негерметична головка цилиндров. Сужение проходного сечения труб глушителя. Проверить компрессию
	5. Повышенные обороты холостого хода	Отрегулировать обороты холостого хода
Не загорается контрольная лампа предварительного разогрева	1. Перегорела контрольная лампа на приборной доске	Заменить лампу
	2. Неисправности в системе предварительного разогрева свечей накаливания	Проверить свечи накаливания
	3. Неисправность одной или нескольких свечей накаливания	Проверить свечи накаливания. Неисправные свечи заменить

2.5.3. Неисправности гидравлической аккумуляторной аппаратуры

Основной причиной выхода из строя систем впрыска Common Rail, кроме естественного износа, является использование некачественного дизельного топлива. Хотя традиционные ТНВД с явными дефектами могут прослужить какое-то время, теряя мощность, с дымом и увеличенным расходом топлива.

Неисправности систем Common Rail приводят к тому, что автомобиль просто не заводится, причем причин этому может быть очень много: от неисправностей насоса низкого давления и топливоподающей системы, насоса высокого давления, CR-форсунок, управляющего клапана до выхода из строя блока управления двигателем.

Однако гораздо более неприятная неисправность Common Rail – это неспособность системы обеспечить максимальное давление в аккумуляторе давления топлива при нагрузке, когда автомобиль движется с большим ускорением, например, при обгоне. В таких случаях давление должно достигать пиковых величин, которые изношенный насос или потерявшие гидроплотность форсунок не могут обеспечить. Система управления двигателем фиксирует несоответствие фактического и требуемого давлений и «умная» электроника глушит двигатель.

Работоспособность системы управления двигателем и системы впрыска зависит от исправности механических и гидромеханических систем. Ряд отклонений вызывает неисправности, которые ошибочно могут быть приняты за неисправности электронной части системы управления

Система управления дизельным двигателем имеет устройство встроенного диагностирования, индикатором которой является диагностическая лампа. При появлении неисправности в системе диагностическая лампа начинает мигать. Чтобы определить конкретную неисправность, двигатель останавливают, переключают два вывода диагностической колодки, включают замок зажигания и по количеству вспышек диагностической лампы определяют неисправность и возможную ее причину (табл. 2.22).

Таблица 2.22

**Основные неисправности, их проявления и коды
электронной системы управления дизельным двигателем**

Код	Проявление неисправности	Возможная причина неисправности
13	Низкое давление наддува двигателя	Неисправность датчика наддува, короткое замыкание в цепи от датчика до разъема контроллера
14	Высокое давление наддува двигателя	Обрыв цепи от датчика наддува до разъема контроллера
18	Высокая температура воздуха на входе во всасывающий коллектор	Неисправность датчика температуры всасываемого воздуха, обрыв или короткое замыкание в цепи от датчика до разъема контроллера
21	Низкая температура охлаждающей жидкости	Неисправность датчика температуры охлаждающей жидкости, короткое замыкание в цепи датчика
22	Высокая температура охлаждающей жидкости	Обрыв в цепи датчика температуры охлаждающей жидкости до разъема контроллера
23	Низкий уровень сигнала датчика положения педали акселератора	Неисправность датчика положения педали акселератора, обрыв в цепи датчика
24	Высокий уровень сигнала датчика положения педали акселератора	Неисправность датчика положения педали акселератора
27	Низкое опорное напряжение	Обрыв в цепи от главного реле до разъема контроллера или сбой в алгоритме управления контроллером
28	Высокое опорное напряжение	
29	Ложный сигнал срабатывания датчика положения педали акселератора	Отказ датчика положения педали акселератора
35	Неправильное положение рейки (нестабильная подача топлива)	Неисправность датчика положения рейки насос-форсунок, обрыв в цепи от датчика до разъема контроллера
36	Неправильное положение рейки (очень большая подача топлива)	
56, 57	Отсутствует калибровка положения рейки насос-форсунок	
54	Нет сигнала отключения стартера	Обрыв в цепи от реле стартера до разъема контроллера
53	Сбой в работе датчика частоты вращения коленчатого вала	Плохой контакт в разъеме датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя (искрение внутри разъема)

Код	Проявление неисправности	Возможная причина неисправности
55	Отсутствует выходной сигнал от датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя	Неисправность датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя, обрыв в цепи от датчика до разъема контроллера
99	Не включается реле или сбои в работе контроллера	Обрывы, плохой контакт в разъеме электромагнита управления рейкой насос-форсунок
167	Большой ток, потребляемый системой управления	Короткие замыкания в цепи управления электрическим топливным насосом
168	Нет подачи топлива от электрического топливного насоса	Обрывы обмотки реле электрического топливного насоса и в цепи этого реле
171, 187	Большой ток, потребляемый клапаном рециркуляции отработавших газов (ОГ)	Короткое замыкание в цепи управления клапаном рециркуляции ОГ
172, 188	Небольшой ток, потребляемый клапаном рециркуляции ОГ	Обрыв в цепи управления клапаном рециркуляции ОГ
177	Перегрузка главного реле	Короткие замыкания в цепи главного реле
178	Главное реле не включается	Обрыв обмотки главного реле
191	Ошибки в алгоритме управления клапаном рециркуляции ОГ	Обрывы в цепи управления клапаном рециркуляции ОГ
194	Перегрузка реле свечей накаливания	Короткие замыкания в цепи реле свечей накаливания
195	Не работает реле свечей накаливания	Обрыв обмотки реле свечей накаливания, нарушение контактов разъема реле, обрыв в цепи управления реле
181, 182	Контрольная лампа не горит	Короткое замыкание в цепи контрольной лампы

На некоторых автомобилях с дизельным двигателем устанавливают электронную систему управления, которую диагностируют с помощью персонального компьютера и специальной сервисной программы, позволяющей определить неисправности системы управления и дающей рекомендации по их устранению.

По количеству возникающих неисправностей дизели, оснащенные аккумуляторной системой топливоподачи (АСТП), занимают второе место после традиционных рядных и распределительных ТНВД, оснащенных механическим регулятором или электронной системой управления. Доля неисправных аккумуляторных систем составляет 28% из всех находившихся в ремонте топливных систем дизелей различных конструкций (рис. 2.18, 2.19).

Довольно большой процент неисправностей, связанных с линией забора топлива из бака и в механических узлах обусловлен тем, что в эксплуатации находятся дизели с топливной аппаратурой, выпущенной в начале 1990-х годов. Для всех систем топливоподачи дизелей, кроме аккумуляторных, неисправности, возникающие в различных узлах, можно распределить в следующем порядке:

- неисправности форсунок - 25%;

- неисправности электронных и электромеханических компонентов системы управления – 15%;

- нарушения в линии низкого давления – 12%;

- примерно по 9% приходится на ТНВД, турбокомпрессор и механические неисправности двигателя;

- наименьшее количество (около 3% отказов) приходится на топливоподкачивающие насосы.

Общими неисправностями для всех видов датчиков являются: окисление контактов, обрыв в проводке, отсутствие питания, искажение сигнала вследствие возникновения помех при нарушении экранирующей оплетки информационного провода. Виды других неисправностей по каждому типу датчиков приведены в табл. 2.23. Неисправности датчиков приводят к считыванию из базовой или корректирующих матриц некорректных значений и к ошибкам в формировании управляющих импульсов.

Для АСТП на первом месте по числу отказов находятся форсунки – 31%, равномерно, примерно по 12% отказов, приходится на ТНВД, систему рециркуляции отработавших газов и датчики системы управления (рис. 2.20) [10]. Меньше всего отказов приходится на электронные блоки управления (4%). По сравнению с форсунками традиционной топливной аппаратуры в аккумуляторных системах на форсунки приходится большая доля неполадок. Это обусловлено тем, что электрогидравлические форсунки сложнее традиционных. Одновременно с этим они чувствительнее к содержанию в топливе воды и частиц размерами более 2 мкм.

Кроме того, существенное влияние на состояние распыливающих отверстий оказывает уровень давления впрыскивания, которое значительно выше по сравнению с традиционной топливной аппаратурой. Несмотря на значительное упрощение конструкции ТНВД в АСТП, а также вследствие повышенной чувствительности к качеству топлива и высоких развиваемых

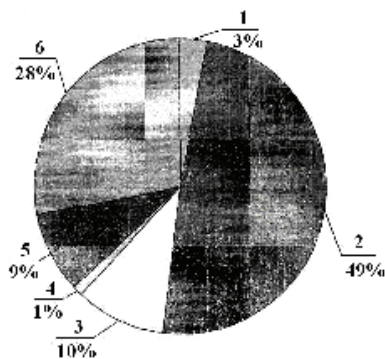


Рис. 2.18. Распределение неисправностей топливной аппаратуры:

1 – ТНВД рядный; 2 – ТНВД распределительный; 3 – ТНВД VP/VR/PSG; 4 – ТНВД индивидуальные; 5 – насос форсунки; 6 – аккумуляторная топливная аппаратура

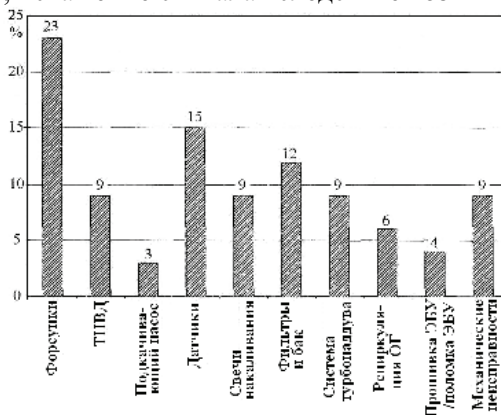


Рис. 2.19. Неисправности топливной аппаратуры дизелей

давлений количество отказов ТНВД аккумуляторных систем выше по сравнению с традиционной топливной аппаратурой.

Таблица 2.23

Неисправности элементов системы управления работой топливной аппаратуры

Элемент	Принцип действия	Неисправность	Изменение сигнала
Датчик положения коленчатого вала	Индукционный	Короткое замыкание обмотки	Ослабевание амплитуды сигнала
		Обрыв обмотки	Отсутствие сигнала
		Замыкание обмотки на корпус	Отсутствие сигнала
		Биение задающего диска	Волнообразный сигнал («рыба»)
Датчик положения распределительного вала	Элемент Холла	Неисправность согласующего транзистора	Отсутствие сигнала, постоянный сигнал, высокий нижний уровень сигнала
	Оптический	Деформация задающего диска (флажка)	Искажение отдельных участков осциллограммы
		Загрязнение оптопары	Пропуски импульсов
Датчик скорости автомобиля	Элемент Холла	Неисправность согласующего транзистора	Отсутствие сигнала, постоянный сигнал, высокий нижний уровень сигнала
		Износ посадочного места привода от коробки передач	Нестабильный сигнал на малой скорости. Отсутствие сигнала при увеличении скорости
Датчик температуры (охлаждающей жидкости, масла)	Полупроводниковый	Неисправность второго плеча делителя в блоке управления	Неверный уровень сигнала
		Изменение сопротивления полупроводникового элемента	
Датчик положения дроссельной заслонки (педали акселератора)	Элемент Холла	Отсутствие питания	Отсутствие сигнала, постоянный сигнал, высокий нижний уровень сигнала, «шумы сигнала» при изменении положения заслонки
	Потенциометрический	Неисправность согласующего транзистора	
Объемный расходомер воздуха с подвижной пластиной	Потенциометрический	Износ дорожки потенциометра	«Шумы сигнала» при изменении положения заслонки
		Подклинивание напорного диска (пластины)	Неравномерное изменение сигнала при открытии напорного диска

Элемент	Принцип действия	Неисправность	Изменение сигнала
Массовый расходомер воздуха	Термоанемометрический (нить)	Выход из строя электронной части	Отсутствие сигнала, завышенный уровень сигнала. Заниженный уровень сигнала
		Обрыв измерительной нити (резистора)	
	Загрязнение измерительной нити (резистора)		
	Термоанемометрический (пленочный)	Загрязнение измерительной пленки	
Датчик давления воздуха	Пьезоэлемент	Загрязнение подводящей трубки	Заниженный уровень сигнала и запаздывание реакции датчика на переходных режимах, сглаживание осциллограммы
		Надрыв, негерметичность подводящей трубки	Повышенный уровень сигнала
		Выход из строя усилителя	Отсутствие сигнала
Датчик давления топлива	Тензоэлемент	Разрушение мембраны	Отсутствие сигнала
		Деформация мембраны вследствие чрезмерной затяжки при установке датчика	Заниженный или завышенный уровень сигнала
		Выход из строя усилителя	Отсутствие сигнала
Датчик детонации	Пьезоэлемент	Недостаточная затяжка при установке датчика, ведущая к его вибрациям	Возникновение «ложных» сигналов о наличии детонации
Циркониевый λ -зонд	Твердый электролит ZrO_2	Обрыв цепи нагревателя	Сигнал равен опорному напряжению
		Загрязнение чувствительного элемента сажей и присадками к топливу	Уменьшение амплитуды и частоты сигнала
		Разгерметизация контрольной камеры	Отрицательные значения сигнала на бедных смесях
		Физическое разрушение датчика (при деформации от удара)	Отсутствие сигнала (постоянно низкий или высокий уровень сигнала)

Надежность компонентов электроники выше у аккумуляторных систем, поскольку отказались от изнашивающихся датчиков на основе потенциометров и заменили их датчиками перемещения на основе элементов Холла. Расширились пределы температурной устойчивости элементной базы контроллеров системы управления.

Большой процент неисправностей, связанных с системой рециркуляции отработавших газов, обусловлен следующими причинами:

- вследствие ужесточения норм токсичности отработавших газов система рециркуляции стала работать в более широком диапазоне режимов;

- специфика организации рабочего процесса с поздним (за ВМТ) впрыскиванием топлива и послевпрысками для обеспечения работы каталитического нейтрализатора ОГ приводит к образованию большого количества сажи, которая относительно быстро выводит из строя систему рециркуляции ОГ.

Приведенный анализ неисправностей свидетельствует о том, что в АСТП наиболее часто выходят из строя ТНВД и форсунки. Необходимо разрабатывать комплекс эффективных методов и средств, нацеленных на выявление неисправностей, возникающих в первую очередь именно в этих узлах.

Поскольку при эксплуатации транспортных машин происходит изменение структурных и функциональных параметров (количество работающих форсунок, проходное сечение распыляющих отверстий, давление в гидроаккумуляторе, 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 и экологической эффективности транспортных машин.

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.

Распределение неисправностей гидравлической системы аккумуляторной топливной аппаратуры представлено на рис. 2.20.

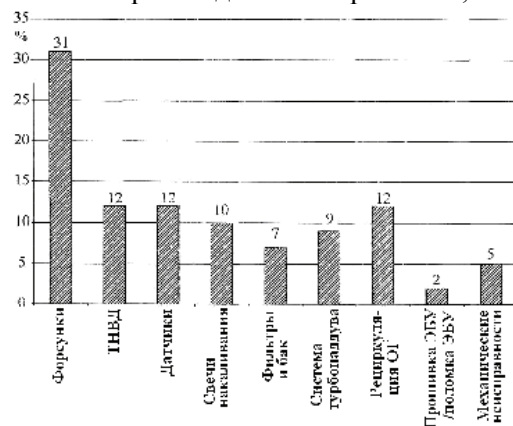


Рис. 2.20. Неисправности элементов аккумуляторной топливной аппаратуры и систем управления двигателем

2.5.4. Причины и виды неисправностей форсунок

Современная форсунка – сложная, но надежная деталь. За время ее работы среднее количество циклов открытие-закрытие составляет около миллиарда раз. Форсунка содержит тончайшие каналы, выполненные с высокой точностью и калиброванные отверстия с допусками в 1 мкм, от которых напрямую зависит ее работоспособность.

Неисправности форсунок опасны для двигателя внутреннего сгорания прежде всего тем, что приводят к его преждевременному износу, а иногда и

к разрушению таких дорогостоящих агрегатов, как цилиндропоршневая группа и каталитический нейтрализатор. Также страдают λ -зонды и система выпуска.

Основными неисправностями форсунки являются ухудшение качества распыливания вследствие снижения давления начала впрыска или подъема иглы, ее негерметичность или засорение, закоксование или засорение отверстий распылителя и попадание в него воды. Схема примерного процесса образования в дизеле (а) и в бензиновом двигателе (б) представлена на рис. 2.21.

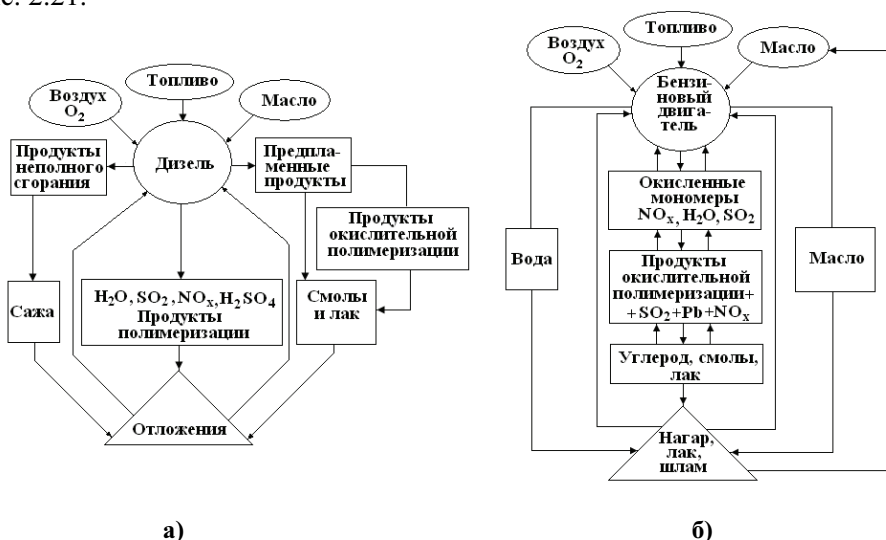


Рис. 2.21. Структурная схема процесса образования загрязнений в дизеле (а) и в бензиновом двигателе (б)

Для двигателей современных автомобилей (особенно в зимний период) при пробегах на короткое расстояние, частых пусках и остановках, продолжительной работе на холостом ходу характерной является работа в пониженном тепловом режиме. При этом условия работы масел могут быть не менее жесткими, чем при напряженном тепловом режиме: ухудшается процесс сгорания топлива, увеличивается попадание в картер углистых частиц и тяжелых фракций топлива. Вследствие этого интенсифицируются процессы старения и загрязнения масел, выпадения осадка (шламов). Во время работы в пониженном тепловом режиме образование шламов увеличивается в 20-30 раз по сравнению с повышенным тепловым режимом (рис. 2.21). В результате снижается мощность и экономичность двигателя, работа его на малой частоте вращения коленчатого вала становится неустойчивой, повышается дымность отработавших газов.

Признаки неисправностей форсунок выявляются при диагностике работы двигателя:

- затрудненный запуск и неустойчивая работа двигателя, вибрация как на переходных режимах, так и на холостом ходу;

- двигатель не развивает максимальную мощность, динамика автомобиля ухудшилась;
- склонность двигателя к детонации при разгоне или в режиме максимальной мощности;
- хлопки в глушителе, высокая температура выпускного коллектора, быстрый прогар труб выхлопной системы;
- повышенный расход топлива на всех режимах работы двигателя.

Неисправности форсунок связаны с закоксованием дозирующих элементов. На седлах и запорных элементах электромеханических форсунок (ЭМФ) со временем появляются твердые смолистые отложения (рис. 2.22). Засорение топливной ЭМФ сопровождается отложением слоя нагара 5 на штифте иглы 3 и днища 1. В этом случае уплотнительный поясок 4 не обеспечивает гер-

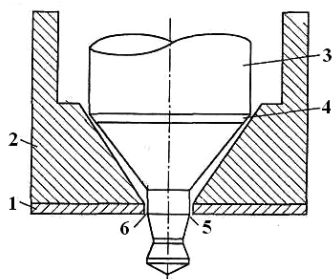


Рис. 2.22. Схема образования отложений на ЭМФ:

- 1 – днище; 2 – корпус; 3 – дозирующая игла; 4 – поясок; 5 – нагар; 6 – кольцевой зазор

метичности. В результате уменьшается кольцевой зазор 6, что сопровождается уменьшением расхода бензина через ЭМФ. После остановки горячего двигателя из пленки топлива, оставшейся на штифтах и внутренних поверхностях распылителей, испаряются легкие фракции. Остаточная величина давления топлива в топливном аккумуляторе после остановки двигателя еще некоторое время сохраняется. Бензин поступает через негерметичный клапан.

Наиболее интенсивное накопление отложений происходит сразу после остывания двигателя. При остановке двигателя температура корпуса форсунки возрастает за счет нагрева от горячего двигателя, а охлаждающее действие топлива отсутствует. Легкие фракции топлива в рабочей зоне форсунки испаряются, а тяжелые накапливаются в виде лаковых отложений, уменьшающих сечение калибровочного канала. Слой отложений толщиной 5 мкм может изменить пропускную способность этого канала на 25%. Загрязнение распылительных отверстий форсунок ухудшает образование горючей смеси, в регуляторе давления нарушается герметичность его запорного клапана, а в топливном канале образуются отложения.

Общее загрязнение элементов топливной системы приводит к засорению каналов и топливного фильтра форсунки частицами шлама. Топливные фильтры отсеивают частицы крупнее 10-20 мкм. Закоксование происходит также из-за наличия в топливе смол, отлагающихся на форсунке в виде твердых отложений, перекрывающих распылительные отверстия и нарушающие герметичность игольчатого клапана.

На рис. 2.23 представлены распределение неисправностей форсунок и интенсивность отказов для выборки из 58 автомобилей.

Потеря герметичности ЭМФ ухудшает отсечку впрыскиваемого топлива. Вместо резкого обрыва топливного факела происходит «затяжной» впрыск, изменение формы струи топлива.

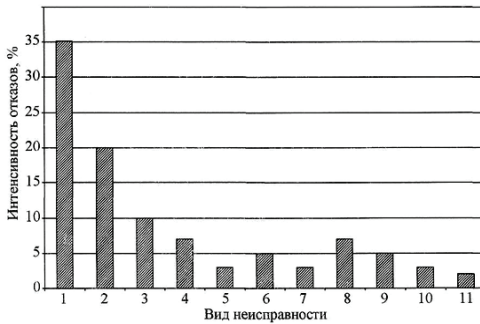


Рис. 2.23. Распределение характерных неисправностей форсунок и интенсивность отказов

Из всех форсунок (инжекторов) должны поступать равномерные струи топлива (рис. 2.24, а). Они должны иметь форму конуса и быть однородными без крупных капель. При наличии отложений струя отклоняется (см. рис. 2.24, б) или распыляется в виде капель (см. рис. 2.24, в).

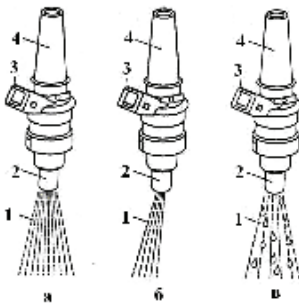


Рис. 2.24. Параметры и форма струи топлива:

1 – струя; 2 – распылитель; 3 – разъем; 4 – корпус

Эти размеры определяются по фотоизображениям факела в стробоскопическом освещении при различных (относительно начала управляющего импульса) моментах вспышки импульсной лампы при экспонировании. Таким образом можно проследить процесс формирования топливного факела во времени.

Неисправности ЭМФ приводят к появлению четырех типов неисправностей, при которых работоспособность еще сохраняется.

1. Закоксование выходных отверстий, приводящее к повышенному расходу топлива, плохому пуску, ухудшению динамики автомобиля. Диагностируется только потерей динамики и некоторым повышением расхода топлива. В остальном двигатель ведет себя нормально. Холостой ход устойчивый и двигатель заводится при положительной температуре нормально, при отрицательной температуре – пуск затруднен.

На рис. 2.23 обозначены виды неисправностей: 1 – карбонизация; 2 – загрязнение проточной части; 3 – подтекание в запирающем клапане; 4 – зависание клапана; 5 – усадка пружины; 6 – внутренний обрыв цепи; 7 – межвитковое замыкание в катушке; 8 – нарушение контакта в разъеме; 9 – обрыв провода в системном кабеле; 10 – замыкание провода в системном кабеле на «-»; 11 – замыкание провода в системном кабеле на «+».

Для проверки импульсных форсунок необходимо завести ДВС, снять воздушный фильтр и через горловину дросселя понаблюдать за струями ЭМФ. Струи должны иметь ровную конусообразную форму. Затем увеличить обороты и посмотреть, как увеличится мощность струи. Форма струи должна оставаться прежней.

Форма топливного факела характеризуется его мгновенными геометрическими параметрами (длиной, диаметром и корневым углом струи).

2. Негерметичное закрытие клапана форсунки приводит к повышенному расходу топлива, плохому пуску двигателя, троению или детонации на режиме холостого хода. Диагностируется путем замера СО. На нормально работающем автомобиле СО не должно превышать 0,3%. Одна негерметичная форсунка дает увеличение СО на 1,0-1,5%.

3. Зависание клапана. Приводит к такому явлению как троение двигателя. Диагностика заключается в отключении с последующим подключением электрического разъема форсунки на работающем двигателе. Этот процесс сопровождается временным падением частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу, если была отключена нормально работающая форсунка, и полным отсутствием реакции двигателя, если была отключена одна неработающая.

4. Нестабильное зависание клапана. Приводит к нестабильности холостого хода, вплоть до полной остановки двигателя. Нестабильное зависание клапана форсунки особенно заметно на холостом ходу. Данное явление сопровождается резким падением холостых оборотов с последующим повышением до 1000-1400 мин⁻¹ или полной остановкой двигателя.

Контрольные вопросы

1. Какие наиболее распространенные неисправности системы питания дизельного двигателя?
2. Как регулируется начало впрыска топлива?
3. От чего зависит качество сгорания топлива?
4. Что может вызвать разгерметизацию в топливной системе?
5. Какие неисправности приводят к отказам топливной системы?
6. Какие наиболее распространенные неисправности форсунок?
7. Какие неисправности форсунок приводят к ухудшению качества распыления топлива?
8. Какие основные неисправности шестеренчатых насосов?
9. Какие причины уменьшения давления при подаче топлива и при впрыске?
10. Какие причины неравномерной работы дизеля?
11. Как регулируются нарушения теплового зазора между стержнями клапанов и носками коромысел?
12. Какие неисправности гидравлической аккумуляторной аппаратуры встречаются чаще всего?
13. Какие есть виды неисправностей форсунок и как они влияют на работу двигателя?

2.6. Неисправности двигателей, повышающие токсичность отработавших газов

2.6.1. Загрязняющие газообразные вещества, создаваемые двигателями автомобилей

Загрязняющие вещества, создаваемые автомобилями, образуются в результате сгорания или испарения автомобильного топлива (бензина или дизельного топлива), рис. 2.21, 2.25. Они подразделяются на три основных вещества СО, НС, NO_x [11]. Эти газы вызывают неприятные ощущения при

вдыхании и во многих случаях вредны или даже опасны для людей, животных или растений (табл. 2.24 [12]).



Рис. 2.25. Загрязняющие вещества, создаваемые автомобилем

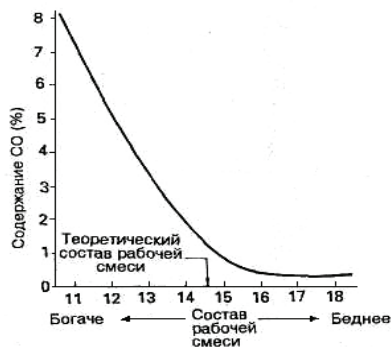


Рис. 2.26. Отношение между составом рабочей смеси и содержанием газа СО в отработавших газах

Таблица 2.24

Вредное действие веществ, загрязняющих воздух

Загрязняющее вещество	Основные источники в атмосфере	Основные вредные воздействия	Примечания
СО	Автомобили - 93%. Выработка электроэнергии и др. - 7%	Препятствует обмену кислорода в крови и вызывает отравление монооксидом углерода. (Содержание СО в атмосфере при концентрациях от 30 до 40 PPM ^{*1}	
		вызывает онемение или парализует автономную нервную систему; при концентрациях 550 PPM ^{*1} и выше он вызывает одышку или головную боль при попытках передвижения. При очень высоких концентрациях он может вызвать смерть)	
НС	Автомобили - 57%. Переработка нефти, пользование растворителями и т. п. - 43%	Раздражает оболочку органов дыхания	Причина фотохимического смога ^{*2}
NO _x	Автомобили - 39%. Заводы, выработка электроэнергии, переработка нефти и др. - 61%	Раздражает глаза, нос, горло; при сильном раздражении появляется кашель, головная боль и повреждение легких. Атмосферные NO _x : - создают раздражающий запах при 3-5 PPM; - раздражают глаза и нос при 10-30 PPM; - вызывают кашель, головную боль и головокружение при 30-50 PPM.	Основная причина фотохимического смога

Загрязняющее вещество	Основные источники в атмосфере	Основные вредные воздействия	Примечания
SO ₂	Автомобили (дизельные) – 1%. Заводы, выработка электроэнергии, отопительные системы и др. – 99%	Раздражает оболочки дыхательных органов и вызывает воспаление трахеи	

Примечание:

*1 – PPM – сокращение от «частей на миллион», используется как единица для указания концентрации или содержания примесей вещества;

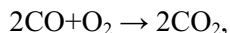
*2 – фотохимический смог: когда в атмосфере возрастает содержание HC и NO_x, на которые воздействуют солнечные лучи, имеет место фотохимическая реакция (свет+химреагенты), создающая различные типы химических соединений и окислителей (главным образом O₃, имеющий очень сильные окислительные свойства) и результатом чего создается явление, называемое «смогом». Фотохимический смог снижает видимость, раздражает глаза, и утверждают, что он канцерогенен и приносит вред лесным насаждениям.

Газ монооксида углерода (СО). Теоретический состав рабочей смеси играет существенную роль для понимания того, как сгорает рабочая смесь. Если состав отдельной рабочей смеси ниже, чем теоретический состав рабочей смеси для бензина (например, если он составляет 10:1), смесь будет очень богатой и будет недостаточно кислорода в смеси для сгорания всего топлива (рис. 2.26).

Газ СО создается при неполном сгорании топлива из-за недостаточной подачи кислорода в камеру сгорания (т. е. из-за переобогащения смеси).

Теоретически СО не создавался бы, если бы было больше кислорода, чем требуется теоретическим составом рабочей смеси (т. е. если бы смесь была переобедненной), но в действительности СО в этом случае также создается. Для этого есть три причины:

1. СО преобразуется в СО₂ последующим окислением:



но эта реакция сравнительно медленная и не может преобразовать весь оставшийся СО в СО₂. По этой причине СО образуется даже тогда, когда рабочая смесь очень бедная.

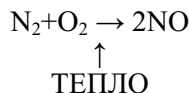
2. Неравномерное сгорание рабочей смеси имеет место из-за неравномерного распределения топлива в камере сгорания.

3. Температура около стенок цилиндра низкая, что ведет к «мгновенному охлаждению», а это означает, что температура слишком низкая для возникновения горения, поэтому пламя не достигает этих участков цилиндра.

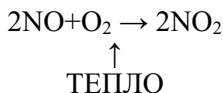
Содержание (объемное отношение) СО в отработавших газах в общем определяется составом рабочей смеси и будет, в принципе, изменяться с из-

менениями состава рабочей смеси. Это видно на графике (рис. 2.26), который показывает, как содержание CO в отработавших газах бензинового двигателя падает, когда состав топливно-воздушной смеси становится выше теоретического (т. е. когда смесь становится беднее). Этот график поясняет, что наилучший способ для снижения содержания CO в отработавших газах – поддерживать полное сгорание, обеспечивая на практике как можно более высокой (бедный) состав рабочей смеси.

Оксиды азота NO_x. 95% NO_x, обнаруживаемых в отработавших газах, являются оксидом азота (NO), образующимся в камере сгорания в соответствии со следующим уравнением:



Этот оксид азота затем дальше соединяется с кислородом в атмосфере, чтобы образовывать двуокись азота (NO₂):



Отметим, однако, что так как молекулярный азот (N₂), составляющий около 80% нашей атмосферы, стабилен при нормальных условиях, необходимы как высокая температура (примерно выше 1800 °C), так и высокое содержание кислорода, чтобы азот вступил в реакцию с кислородом; чтобы образовать NO. Таким образом, происходит скорее то, что **NO_x образуются во время полного сгорания**, чем во время неполного сгорания, как в случаях CO и HC, потому что именно только тогда температура достаточно высока, чтобы поддерживать химическую реакцию, при которой образуется NO.

Если температура не растет выше 1800 °C, то N₂ и O₂ будут выбрасываться такими, какими они есть, не соединяясь в форму NO. Это означает, что факторами, имеющими наибольшее влияние на содержание NO_x, образуемых во время сгорания, являются максимальная температура, достигну-

в камере сгорания, и состав рабочей смеси.

Поэтому наилучший способ для снижения выбрасываемых NO_x либо предотвращать достижения температуры в камере сгорания до 1800 °C, либо сокращать время, в течение которого достигаются высокие температуры. Другая возможность – снизить содержание кислорода.



Рис. 2.27. Зависимость между составом рабочей смеси и содержанием NO_x в отработавших газах

Состав рабочей смеси и температура в камере сгорания. Наибольшее содержание NO_x создается при составе топливно-воздушной смеси около 16:1 (рис. 4.27). Поскольку действительный состав поднимается выше или падает ниже этого значения, содержание NO_x резко падает. Причина падения содержания NO_x при обогащенной смеси – это низкое содержание кислорода; причина падения при обедненной смеси – слишком медленное сгорание, препятствующее росту температуры пламени в камере сгорания до ее максимального уровня.

2.6.2. Причины повышения токсичности отработавших газов

Поскольку система понижения токсичности выхлопа может рассматриваться как принадлежность двигателя, неисправность в системе может появиться, будучи неисправностью двигателя (табл. 2.25). Для того, чтобы точно и быстро отыскать такие неисправности, необходимо прежде всего знать, какие имеются составные части системы понижения токсичности отработавших газов и для чего они нужны, и понимать, как работает каждая составная часть.

В табл. 2.25 использованы следующие обозначения: ААР – вспомогательный ускорительный насос; АS – всасывание воздуха; ДР – демпфер; ЕVAP – система ограничения выброса испарившегося топлива; ЕBCV – электронный клапан управления подачей воздуха жиклерам; ПВК – принудительная вентиляция картера; РОГ – рециркуляция отработавших газов; SC – регулировка зажигания; TP – система плавного закрытия дроссельной заслонки; ЭВТ – электронный впрыск топлива.

Таблица 2.25

Обнаружение вероятной причины неисправности двигателя

Признак	Возможная причина	Способ устранения
Двигатель перегревается		
Двигатель перегревается	Неисправна система охлаждения	Отыскать и устранить неисправность в системе охлаждения
	Неправильный момент зажигания	Проверить и установить момент зажигания
Трудный запуск		
Коленчатый вал двигателя не проворачивается	Неисправна система пуска	Отыскать и устранить неисправность в системе пуска
Двигатель не запускается/трудно запускается (поворачивание коленчатого вала нормальное)	Нет подачи топлива к карбюратору или форсункам: - нет топлива в баке; - засорен топливный фильтр; - не работает топливный насос; - засорен топливопровод или в нем есть течь	Проверить указанные элементы и устранить неисправность

Признак	Возможная причина	Способ устранения
Двигатель не запускается/трудно запускается (проворачивание коленчатого вала нормальное) <i>(продолжение)</i>	Проблемы карбюратора: - работа воздушной заслонки; - переполнение; - заедание или засорение игольчатого клапана; - отсоединен или поврежден вакуумный шланг; - не открывается электромагнитный клапан отключения подачи топлива	Отремонтировать по необходимости
	Проблемы системы ЭВТ	Отремонтировать по необходимости
	Проблемы зажигания: - распределитель; - электронный прерыватель	Выполнить проверку системы зажигания разрядом на «массу»
	Неисправные свечи зажигания	Проверить свечи, заменить при необходимости
	Отсоединены или разрушены провода высокого напряжения	Проверить провода
	Утечки вакуума: - магистраль ПВК; - шланги карбюратора; - клапан РОГ; - корпус дроссельной заслонки; - впускной коллектор; - магистраль усилителя тормоза	Отремонтировать по необходимости
Низкая компрессия		Проверить компрессию
Грубый холостой ход		
Грубый холостой ход, двигатель глохнет или работает с перебоями	Неисправные свечи зажигания	Проверить свечи, заменить при необходимости
	Неисправные провода высокого напряжения	Проверить провода
	Проблемы зажигания: - распределитель; - электронный прерыватель.	Проверить и устранить проблемы
	Неправильный момент зажигания	Проверить и установить момент зажигания
	Неправильные клапанные зазоры	Проверить и отрегулировать зазоры
	Утечки вакуума: - магистраль ПВК; - шланги карбюратора; - клапан РОГ; - корпус дроссельной заслонки; - впускной коллектор; - магистраль усилителя.	Отремонтировать по необходимости

Признак	Возможная причина	Способ устранения
Грубый холостой ход, двигатель глохнет или работает с перебоями (<i>продолжение</i>)	Неправильное число оборотов холостого хода	Проверить и отрегулировать по необходимости
	Проблемы карбюратора: - засорен жиклер холостого хода; - неправильная смесь холостого хода; - неправильно установлены увеличенные обороты холостого хода (холодный двигатель); - не открывается электромагнитный клапан отключения подачи топлива; - дефектная система воздушной заслонки.	Отремонтировать по необходимости
	Проблемы системы ЭВТ	Отремонтировать по необходимости
	Неисправный EBCV	Проверить систему EBCV и отремонтировать по необходимости
	Двигатель перегревается	Проверить систему охлаждения
	Неисправный клапан РОГ	Проверить клапан РОГ
	Низкая компрессия	Проверить компрессию
Двигатель работает неустойчиво/плохой разгон		
Двигатель работает неустойчиво/плохой разгон	Неисправные свечи зажигания	Проверить свечи, заменить при необходимости
	Неисправные провода высокого напряжения	Проверить провода
	Утечки вакуума: - магистраль ПВК; - шланги карбюратора; - магистраль РОГ; - корпус дроссельной заслонки; - впускной коллектор; - магистраль усилителя тормоза.	Отремонтировать по необходимости
	Неправильный момент зажигания	Проверить и установить момент зажигания
	Неправильные клапанные зазоры	Проверить и отрегулировать зазоры
	Засорен воздухоочиститель	Очистить воздухоочиститель
	Засорен топливопровод	Прочистить топливопровод
	Проблемы карбюратора: - очень низкий уровень поплавка; - неправильная смесь холостого хода	Отремонтировать по необходимости

Признак	Возможная причина	Способ устранения
Двигатель работает неустойчиво/плохой разгон (<i>продолжение</i>)	Проблемы системы ЭВТ	Отремонтировать по необходимости
	Проблема системы понижения токсичности выхлопа: - всегда включена система РОГ (холодный двигатель); - неисправна система ААР (холодный двигатель)	Проверить и отремонтировать по необходимости
	Двигатель перегревается	Проверить систему охлаждения
	Низкая компрессия	Проверить компрессию
Двигатель продолжает работать после выключения зажигания		
Двигатель продолжает работать после выключения зажигания	Проблемы карбюратора: - заедание рычажного механизма; - разрегулирование числа оборотов холостого хода; - неисправный электромагнитный клапан отключения подачи питания.	Отремонтировать по необходимости
	Проблемы системы ЭВТ	Отремонтировать по необходимости
	Неправильный момент зажигания	Проверить и установить момент зажигания
	Неисправная система РОГ	Проверить систему РОГ
Догорание, обратные вспышки		
Вспышки в глушителе (догорание) только во время замедления	Неисправные системы TP или DP	Проверить системы TP или DP
	Неисправная система AS	Проверить систему AS
	Всегда включена система отключения подачи топлива при замедлении	Проверить систему отключения подачи
Все время вспышки в глушителе (догорание)	Засорен воздухоочиститель	Очистить воздухоочиститель
	Неправильный момент зажигания	Проверить и установить момент зажигания
	Неправильные клапанные зазоры	Проверить и отрегулировать зазоры
	Неисправная система воздушной заслонки	Проверить систему воздушной заслонки
	Неправильная смесь холостого хода	Проверить смесь холостого хода
	Проблема системы ЭВТ	Отремонтировать по необходимости
Обратные вспышки двигателя	Утечки вакуума: - шланги ПВК; - карбюратор; - клапан РОГ; - корпус дроссельной заслонки; - впускной коллектор; - магистраль усилителя тормоза.	Отремонтировать по необходимости

Признак	Возможная причина	Способ устранения
Обратные вспышки двигателя (<i>продолжение</i>)	Открыта воздушная заслонка (холодный двигатель)	Проверить систему воздушной заслонки
	Недостаточная подача топлива	Отыскать неисправность топливной системы
	Неправильный момент зажигания	Проверить и установить момент зажигания
	Неправильные клапанные зазоры	Проверить и отрегулировать зазоры
	Проблема системы ЭВТ	Отремонтировать по необходимости
	Отложение нагара в камерах сгорания	Проверить головку цилиндров, очистить нагар по необходимости
Чрезмерный расход масла		
Чрезмерный расход масла	Течь масла	Отыскать течь и отремонтировать
	Засорена магистраль	Проверить систему ПВК
	Изношены или повреждены поршневые кольца	Проверить кольца, отремонтировать по необходимости
	Изношены или повреждены уплотнения стержней клапанов	Проверить уплотнения
	Изношены стержни и направляющие клапанов	Проверить клапаны и направляющие
Чрезмерный расход топлива		
Чрезмерный расход топлива	Течь топлива	Отыскать течь и отремонтировать
	Засорен воздухоочиститель	Очистить воздухоочиститель
	Неправильный момент зажигания	Проверить и установить момент зажигания
	Проблемы карбюратора: - дефектная воздушная заслонка; - слишком высокое число оборотов холостого хода	Отремонтировать по необходимости
	Проблемы системы ЭВТ: - дефектные форсунки; - дефектная система отключения подачи топлива при замедлении	Отремонтировать по необходимости
	Дефектные свечи зажигания	Проверить свечи, заменить при необходимости
	Дефектная система SC	Проверить систему SC
	Всегда включена система POG	Проверить систему POG
	Проблемы системы EVAP	Проверить систему EVAP

Признак	Возможная причина	Способ устранения
Чрезмерный расход топлива (<i>продолжение</i>)	Низкая компрессия	Проверить компрессию
	Неправильно накачаны шины	Проверить давление в шинах
	Пробуксовывает сцепление	Отыскать неисправность сцепления
	Захватывание тормоза	Отыскать неисправность тормозов
Неприятный запах		
Неприятный запах	Неправильная смесь холостого хода	Проверить смесь холостого хода
	Неправильное число оборотов холостого хода	Проверить число оборотов холостого хода
	Неправильный момент зажигания	Проверить и установить момент зажигания
	Утечки вакуума: - шланги ПВК; - шланги карбюратора; - клапан РОГ; - корпус дроссельной заслонки; - впускной коллектор; - магистраль усилителя тормоза.	Отремонтировать по необходимости
	Дефектная система AS	Проверить систему AS
	Проблема системы ЭВТ	Отремонтировать по необходимости

В табл. 2.26 приведены часто встречающиеся неисправности двигателей, а на схеме (рис. 2.27) представлена методика отыскания неисправностей в двигателе и меры предосторожности при выполнении работ [12].

Таблица 2.26

Часто встречающиеся неисправности и отказы

Неисправность или отказ	Причины и функциональные признаки
1. Вал двигателя не проворачивается при попытке запуска	<ul style="list-style-type: none"> - окислены полюсные клеммы батареи или ослабло крепление на них наконечников проводов; - разряжена или неисправна батарея; - АТ не переведена в положение «Р» или «N». - оборвана или иным образом повреждена электропроводка цепи системы запуска, либо ослабло крепление клемм контактных соединений; - приводная шестерня стартера заклинена в зубчатом венце маховика; - вышло из строя тяговое реле стартера; - неисправен стартер; - неисправен выключатель зажигания; - обломаны или изношены зубцы приводной шестерни стартера или зубчатого венца маховика; - двигатель заклинен, - следует попытаться повернуть его вручную за болт шкива коленчатого вала.

Неисправность или отказ	Причины и функциональные признаки
2. Вал двигателя проворачивается, но двигатель не запускается	<p style="text-align: center;">Бензиновые модели</p> <ul style="list-style-type: none"> - неисправен или не отключен иммобилизатор двигателя; - разряжена батарея (коленчатый вал двигателя проворачивается чересчур медленно); - топливный бак пуст, либо заправлен некачественным топливом; - в топливо попала вода; - нарушена проходимость топливных линий, неисправен бензонасос, заблокированы вентиляционные патрубки топливного бака; - оборван ремень ГРМ или ослабло его натяжение; - неисправен предохранитель электрического топливного насоса или электронной системы впрыска; - сильно загрязнен воздушный фильтр; - утечки вакуума в элементах подачи воздуха, неисправности в системе управления впрыском топлива и зажиганием; - окислены клеммные соединения батареи или ослабло их крепление; - неисправен топливный насос или повреждено его реле, - следует на слух проверить исправность активации насоса при включении зажигания; - неисправен инжектор(ы); - повреждены или чрезмерно увлажнены компоненты системы зажигания; - изношены или неисправны свечи зажигания или неправильно выставлен зазор в свечах; - неисправна катушка зажигания; - оборвана или отсоединена электропроводка катушки зажигания или ослабло крепление проводов на клеммах катушки; - оборвана или отсоединена электропроводка системы запуска или ослабло крепление проводов на клеммах; - поврежден предохранитель блока управления двигателем, неисправен какой-либо из датчиков: Холла, импульсный датчик, датчик температуры охлаждающей жидкости (ECT) или всасываемого воздуха (IAT); - снизилось или неравномерно распределено между цилиндрами двигателя компрессионное давление; - нарушена регулировка зазоров клапанов. <p style="text-align: center;">Дизельные модели</p> <ul style="list-style-type: none"> - неправильно производится запуск; - неисправен иммобилизатор двигателя; - неисправен предохранитель электрического топливного насоса или системы преднакала. - двигатель не прогрет: проверить правильность функционирования устройства преднакала; - на электромагнитном запорном клапане отсутствует напряжение. Подключить к выключателю вольтметр или пробник на светодиоде. Включить зажигание, светодиод должен загореться, в противном случае необходимо найти обрыв электропроводки и устранить его;

Неисправность или отказ	Причины и функциональные признаки
2. Вал двигателя проворачивается, но двигатель не запускается (<i>продолжение</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - неисправен электромагнитный запорный клапан. Проверить надежность крепления электромагнитного выключателя, оценить состояние контактов. Включить и выключить зажигание, - в выключателе должен раздаваться щелчок; - повреждение в линии подачи топлива или воздух в линиях: <ul style="list-style-type: none"> а) трубопроводы или шланги механически повреждены или засорены, - следует очистить топливные трубопроводы и удалить воздух из линий и фильтра; б) засорен топливный фильтр, - заменить фильтрующий элемент; в) зимой следует проверить фильтр и трубопроводы на наличие льда или воска, - загнать автомобиль в отапливаемый гараж, добавить в систему бензина; г) засорена вентиляция бака или сетчатый фильтр топливозаборника, - необходимо прочистить; - нарушена регулировка момента начала подачи топлива; - неисправны форсунки, - при отпуске штуцерной гайки топливного провода исправной форсунки обороты двигателя не будут падать; - неисправен топливный насос высокого давления (ТНВД); - слишком низкое давление компрессии.
3. Затруднен запуск холодного двигателя	<ul style="list-style-type: none"> - разряжена батарея; - окислены полюсные клеммы батареи либо ослабло крепление на них наконечников проводов; - изношены или повреждены свечи зажигания или нарушена установка межэлектродных зазоров; - неисправна система подачи топлива; - утечку топлива через инжектор(ы); - снизилось компрессионное давление.
4. Затруднен запуск горячего двигателя	<ul style="list-style-type: none"> - загрязнен фильтрующий элемент воздухоочистителя либо иным образом нарушена его проходимость; - неисправна система питания (топливо не поступает в инжекторы); - окислены клеммные соединения батареи (особенно масса); - нарушено качество заземления силового агрегата; - чрезмерно высок поплавковый уровень топлива; - нарушение функционирования системы впрыска топлива или управления двигателем; - неисправна система улавливания топливных испарений (EVAP); - снизилось компрессионное давление.
5. Ввод стартера в зацепление затруднен или сопровождается посторонним шумом	<ul style="list-style-type: none"> - обломаны или изношены зубцы приводной шестерни стартера или зубчатого венца маховика; - ослабли или выпали болты крепления стартера; - изношены или повреждены внутренние компоненты стартера.

Неисправность или отказ	Причины и функциональные признаки
6. Двигатель запускается, но сразу глохнет	<ul style="list-style-type: none"> - оборвана или иным образом повреждена электропроводка цепи системы зажигания либо ослабло крепление клемм контактных соединений на катушке зажигания или генераторе; - топливное голодание форсунки (форсунок); - потеря разрежения; - нарушена установка оборотов холостого хода; - утечка всасываемого воздуха или повреждены вакуумные линии.
7. За время парковки под двигателем образуются потеки масла	<ul style="list-style-type: none"> - утечки через прокладку поддона картера или сливную пробку; - утечки через посадочное уплотнение датчика-выключателя давления масла; - утечки через прокладку головки цилиндров; - утечки через сальники валов двигателя; - утечки в масляном насосе.
8. Нарушена стабильность оборотов холостого хода	<p style="text-align: center;">Бензиновые модели</p> <ul style="list-style-type: none"> - потери разрежения. Следует удостовериться в надежности затяжки крепежных болтов/гаек, проверить факт и качество крепления на своих штуцерах на впускном трубопроводе всех вакуумных шлангов. Прослушать работающий двигатель при помощи стетоскопа или отрезка топливного шланга. Наличие шипящего звука позволит выявить источник утечки вакуума. Не менее эффективно можно воспользоваться для проверки раствором мыльной воды; - нарушение функционирования компонентов системы питания; - нарушение функционирования системы зажигания; - изношены или повреждены свечи зажигания либо нарушены межэлектродные зазоры; - неисправен клапан системы рециркуляции отработавших газов (EGR) - нарушена проходимость клапана PCV; - нарушена проходимость воздушного фильтра; - нарушение функционирования термостатического воздухоочистителя; - топливный насос не обеспечивает подачу достаточного количества топлива к инжекторам системы впрыска; - нарушена проходимость форсунки (форсунок); - наличие утечек через прокладку головки цилиндров, - следует измерить компрессионное давление в цилиндрах двигателя; - изношен ремень привода ГРМ; - изношены рабочие выступы кулачков распределительного вала; - нарушена регулировка зазоров клапанов; - клапаны прогорели или неплотно прижимаются к седлам; - нарушена установка угла опережения зажигания; - снизилось или неравномерно распределено между цилиндрами компрессионное давление; <p>нарушена установка оборотов холостого хода.</p> <p style="text-align: center;">Дизельные модели</p> <ul style="list-style-type: none"> - нарушено качество соединений топливных шлангов на ТНВД и топливном фильтре; - механически повреждено или ослабло крепление ТНВД; - перепутаны местами соединения возвратного трубопровода и трубопровода подачи топлива

Неисправность или отказ	Причины и функциональные признаки
8. Нарушена стабильность оборотов холостого хода (<i>продолжение</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - повреждение в линии подачи топлива: <ul style="list-style-type: none"> а) трубопроводы или шланги механически повреждены или засорены, - следует очистить топливные трубопроводы; б) засорен топливный фильтр, - заменить фильтрующий элемент; в) зимой следует проверить фильтр и трубопроводы на наличие льда или воска, - загнать автомобиль в отапливаемый гараж, добавить в систему бензина; г) засорена вентиляция бака или сетчатый фильтр топливозаборника, - необходимо прочистить; - нарушена регулировка момента начала подачи топлива; - неисправны форсунки, - при отпуске штуцерной гайки топливного провода неисправной форсунки обороты двигателя не будут падать; - неисправен топливный насос высокого давления (ТНВД). Установить для проверки новый либо заведомо исправный ТНВД.
9. Пропуски зажигания на холостых оборотах	<ul style="list-style-type: none"> - изношены или повреждены свечи зажигания либо нарушены межэлектродные зазоры; - увлажнены или повреждены компоненты системы зажигания; - короткое замыкание в цепи (катушка или свечи); - неисправны компоненты системы снижения токсичности или нарушена их проходимость; - нарушена проходимость топливного фильтра или загрязнено топливо; - потеря разрежения; - нарушены установки оборотов или качества смеси холостого хода; - нарушена установка угла опережения зажигания; - снизилось или неравномерно распределено между цилиндрами компрессионное давление; - нарушена проходимость форсунок.
10. Пропуски зажигания при движении на передаче	<ul style="list-style-type: none"> - нарушена проходимость топливного фильтра/соединительного тракта системы питания; - снизилось давление топлива; - изношены или повреждены свечи зажигания либо нарушены межэлектродные зазоры; - нарушена установка угла опережения зажигания; - неисправны компоненты систем снижения токсичности отработавших газов; - снизилось или неравномерно распределено между цилиндрами компрессионное давление; - неисправна система зажигания или ослабли контактные соединения ее электропроводки; - потеря разрежения; - неисправен топливный насос или снизился развиваемый им напор; - нарушена вентиляция топливного бака.
11. Чрезмерно высокие обороты холостого хода	<ul style="list-style-type: none"> - нарушена плавность хода привода дроссельной заслонки; - нарушена установка оборотов холостого хода; - утечки во впускном воздушном тракте; - нарушение функционирования системы управления двигателем.

Неисправность или отказ	Причины и функциональные признаки
12. Снижение емкости или недозарядка батареи	<ul style="list-style-type: none"> - изношен приводной ремень генератора либо нарушена регулировка усилия его натяжения; - окислены полюсные клеммы или ослабло крепление на них наконечников проводов; - снизился уровень электролита в банках; - генератор не выдает требуемый ток заряда; - оборвана или иным образом повреждена электропроводка цепи системы заряда либо ослабло крепление клемм контактных соединений; - происходит разрядка батареи вследствие короткого замыкания в бортовой электропроводке; - внутренний дефект батареи.
13. Контрольная лампа зажигания/заряда продолжает гореть при работающем двигателе	<ul style="list-style-type: none"> - внутренний дефект генератора или регулятора напряжения; - изношен или оборван приводной ремень генератора либо нарушена регулировка усилия его натяжения; - изношены, заклинены или загрязнены щетки генератора; - ослабли или сломаны щеточные пружины генератора; - оборвана электропроводка контура заряда или ослабло крепление клеммных соединений.
14. Контрольная лампа зажигания/заряда не загорается при повороте ключа в положение ON	<ul style="list-style-type: none"> - перегорела нить лампы накаливания; - неисправна печатная плата комбинации приборов или ламподержатель; неисправен генератор.
15. Пропуски зажигания во время движения	<ul style="list-style-type: none"> - нарушена проходимость топливного фильтра или загрязнено топливо; - изношены или повреждены свечи зажигания либо нарушены межэлектродные зазоры; - нарушена установка угла опережения зажигания; - нарушение функционирования компонентов системы снижения токсичности отработавших газов; - снизилось или неравномерно распределено между цилиндрами компрессорное давление; - неисправна катушка зажигания; - нарушение функционирования системы зажигания; - потери разрежения во впускном трубопроводе или через соединительные вакуумные шланги; - нарушена проходимость форсунок; - утечки в клапане EGR; - нарушена установка оборотов холостого хода.

Неисправность или отказ	Причины и функциональные признаки
16. Стабильность оборотов двигателя нарушается во время акселерации	<ul style="list-style-type: none"> - нарушена установка угла опережения зажигания; - нарушение функционирования системы зажигания; - нарушена проходимость форсунок; - снизилось давление топлива в результате неправильного функционирования бензонасоса или нарушения проходимости топливных линий; - нарушение функционирования форсунок или системы управления двигателем; - изношены или повреждены свечи зажигания либо нарушены межэлектродные зазоры; - ослабло крепление разъема (ов) электропроводки форсунки (нок); - нарушена проходимость топливного фильтра; - утечки воздуха во впускном тракте; - нарушение функционирования системы EGR.
17. Двигатель работает рывками при удерживаемой неподвижно педали акселератора	<ul style="list-style-type: none"> - утечки воздуха во впускном тракте; - неисправен бензонасос или регулятор давления топлива; - ослабло крепление разъема (ов) электропроводки форсунки (форсунок); - нарушение функционирования системы управления двигателем.
18. Двигатель самопроизвольно глохнет	<ul style="list-style-type: none"> - нарушена установка оборотов холостого хода; - нарушена проходимость топливного фильтра или в систему питания попала влага; - увлажнены или повреждены компоненты системы зажигания; - неисправны компоненты систем снижения токсичности отработавших газов; - изношены или повреждены свечи зажигания либо нарушены межэлектродные зазоры; - потери разрежения на корпусе дросселя, впускном трубопроводе или через соединительные шланги; - нарушена регулировка клапанных зазоров; - неисправен топливный насос или снизился развиваемый им напор; - нарушена вентиляция топливного бака или заблокированы бензопроводы; - нарушение функционирования системы впрыска топлива или управления двигателем.
19. Снизилась развиваемая двигателем мощность	<ul style="list-style-type: none"> - нарушена установка угла опережения зажигания; - неисправна катушка зажигания; - изношены или повреждены свечи зажигания либо нарушены межэлектродные зазоры; - неисправна система впрыска топлива; - заблокирован фильтрующий элемент воздухоочистителя; - заклинены тормоза; - снизился уровень ATF в АТ; - нарушена проходимость топливного фильтра либо в систему питания попала влага; - нарушение функционирования системы EGR;

Неисправность или отказ	Причины и функциональные признаки
19. Снизилась развиваемая двигателем мощность (<i>продолжение</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - автомобиль заправлен нестандартным топливом; - снизилось или неравномерно распределено между цилиндрами компрессионное давление; - заблокирована система выпуска отработавших газов; - неисправен топливный насос или снизился развиваемый им напор; - утечки во впускном воздушном тракте; - нарушение функционирования системы впрыска топлива или управления двигателем.
20. «Выстрелы» в впускном тракте	<ul style="list-style-type: none"> - нарушение функционирования системы EGR; - нарушена установка угла опережения зажигания; - нарушение функционирования термостата воздухоочистителя; - потери разрежения; - нарушена регулировка клапанных зазоров; - повреждены клапанные пружины или произошло «залипание» клапанов; - утечки во впускном воздушном тракте; - неисправность во вторичном (ВВ) контуре системы зажигания (свечные изоляторы и т. п.); - неисправна система впрыска топлива.
21. Во время акселерации или при повышении нагрузки на двигатель возникают стуки, вызываемые слишком ранним зажиганием или детонацией	<ul style="list-style-type: none"> - заправлено топливо нестандартного сорта; - нарушена установка угла опережения зажигания; - чрезмерное нагарообразование в камерах сгорания; - установлены нестандартные свечи зажигания; - неисправна система впрыска топлива; - нарушение функционирования клапана EGR; - потери разрежения; - неисправен датчик детонации.
22. Двигатель продолжает работать после выключения зажигания (дизель-эффект)	<ul style="list-style-type: none"> - утечки в форсунках; - установлены чрезмерно высокие обороты холостого хода; - чрезмерно высокая рабочая температура двигателя; - нарушена установка угла опережения зажигания; - чрезмерное нагарообразование на днищах поршней; - «залипание» клапанов; - неправильно установлены клапанные зазоры; - нарушение функционирования системы EGR; - нарушение функционирования системы отключения подачи топлива.

Неисправность или отказ	Причины и функциональные признаки
23. Падение давления моторного масла	<ul style="list-style-type: none"> - снизился уровень масла или заправлено масло нестандартного сорта; - изношены подшипники двигателя и/или масляный насос; - перегрев двигателя; - заблокирован масляный фильтр; - нарушена проходимость сетчатого фильтра маслозаборника; - установлены чрезмерно низкие обороты холостого хода; - короткое замыкание в жгутах электропроводки; - неисправен датчик давления масла
24. Чрезмерный расход моторного масла	<ul style="list-style-type: none"> - ослабла сливная пробка поддона картера; - ослабли болты крепления поддона или повреждена его уплотнительная прокладка; - ослабли болты крепления передней крышки или повреждена ее уплотнительная прокладка; - поврежден передний или задний сальник коленчатого вала; - ослабли болты крепления крышки головки цилиндров, либо повреждена ее уплотнительная прокладка; - ослабла посадка масляного фильтра; - слабо затянут датчик-выключатель давления масла; - чрезмерный износ поршней или цилиндров; - изношены или повреждены поршневые кольца; - изношены или повреждены маслоотражательные колпачки впускных и/или выпускных клапанов; - изношены стержни клапанов; - изношены или повреждены направляющие втулки клапанов.
25. Чрезмерный расход топлива	<p style="text-align: center;">Бензиновые модели</p> <ul style="list-style-type: none"> - загрязнен фильтрующий элемент воздухоочистителя или иным образом нарушена его проходимость; - утечки во впускном воздушном тракте; - нарушена установка угла опережения зажигания; - нарушена установка оборотов холостого хода; - утечки в топливном тракте; - нарушена проходимость форсунок; - нарушение функционирования системы впрыска топлива или управления двигателем; - нарушение функционирования систем снижения токсичности; - недостаточное давление в шинах или установлены колеса нестандартного типоразмера; - «прихвачены» тормоза. <p style="text-align: center;">Дизельные модели</p> <ul style="list-style-type: none"> - засорение возвратного трубопровода. Следует продуть воздухом возвратный трубопровод от ТНВД к топливному баку; - чрезмерно высокие обороты холостого хода и максимальные обороты; - двигатель имеет механические повреждения. Необходимо проверить компрессию, при необходимости отремонтировать двигатель.

Неисправность или отказ	Причины и функциональные признаки
26. Утечка топлива (в салоне и вблизи автомобиля пахнет бензином)	<ul style="list-style-type: none"> - повреждены механически или в результате развития коррозии топливный бак, бензопроводы либо их штуцерные соединения; - топливный бак переполнен; - заблокирован фильтр угольного адсорбера системы EVAP; - утечки в тракте системы EVAP; - повреждены или чрезмерно изношены внутренние компоненты инжекторов; - нарушение функционирования системы впрыска топлива.
27. Различного рода шумы, возникающие при работе двигателя	<ul style="list-style-type: none"> - громкий глухой стук, чаще возникающий при акселерации, может возникать при износе или повреждении коренных подшипников либо при неравномерном износе коленчатого вала; - аналогичный описанному, но несколько более высокочастотный звук, также чаще возникающий при акселерации, говорит о возможном износе шатунных подшипников; - перекрывающийся металлический стук, усиливающийся при повышении оборотов двигателя и ослабевающий по мере прогрета последнего, свидетельствует о чрезмерном износе поршней и стенок цилиндров; - частое шелканье, учащающееся при акселерации, говорит об износе поршневых пальцев или гнезд под их посадку в поршнях (звук возникает при каждом прохождении соответствующим поршнем ВМТ); - металлическое шелканье, издаваемое водяным насосом, указывает на износ подшипников и необходимость замены насоса; - причиной частого стука или шелканья, учащающихся с повышением оборотов, может являться нарушение регулировки клапанных зазоров, - следует прослушать клапанный механизм при помощи стетоскопа или отрезка вакуумного шланга. Если регулировка клапанов не приведет к исчезновению шума, следует проверить состояние гидравлических толкателей и прочих компонентов клапанного механизма. В некоторых случаях устранить описанный шум помогает заправка двигателя маслом с более высоким компонентом вязкости.
28. Перегрев двигателя	<ul style="list-style-type: none"> - снизился уровень охлаждающей жидкости; - поврежден приводной ремень или нарушена регулировка его натяжения; - нарушена проходимость радиатора или заблокирована его решетка; - неисправен водяной насос; - неисправен термостат; - неисправность в цепи вентилятора системы охлаждения; - механическое повреждение крыльчатки вентилятора системы охлаждения; - нарушена герметичность посадки крышки радиатора; - нарушена установка угла опережения зажигания; - тракт системы охлаждения перекрыт воздушной пробкой; - заправлено моторное масло нестандартного сорта; - неправильные показания датчика температуры.
29. Переохлаждение двигателя	<ul style="list-style-type: none"> - неисправен термостат; - неправильные показания датчика температуры; - неисправность в цепи вентилятора системы охлаждения.

Неисправность или отказ	Причины и функциональные признаки
30. Внешние утечки охлаждающей жидкости	<ul style="list-style-type: none"> - повреждены механически или разрушены в результате старения материала шланги охлаждающего тракта либо ослабли хомуты их крепления; - изношены или повреждены сальники водяного насоса (охлаждающая жидкость будет сочиться через контрольное отверстие); - утечки охлаждающей жидкости из радиатора или расширительного бачка; - повреждены сливные или выжимные пробки водяной рубашки блока двигателя; - нарушена герметичность посадки датчика-выключателя температуры охлаждающей жидкости; - повреждены уплотнительные прокладки блока или имеют место трещины в литье; - неисправна крышка радиатора; - произошло вскипание охлаждающей жидкости в результате перегрева.
31. Внутренние утечки охлаждающей жидкости	<ul style="list-style-type: none"> - пробита прокладка головки цилиндров; - треснута головка или блок цилиндров; - ослабли болты крепления головки цилиндров. <p>Наличие внутренних утечек подтверждается присутствием охлаждающей жидкости в двигательном масле, что вызывает его эмульгирование.</p>
32. Потери охлаждающей жидкости	<ul style="list-style-type: none"> - в систему залито чрезмерное количество охлаждающей жидкости; - охлаждающая жидкость выкипает в результате перегрева; - внешние или внутренние утечки охлаждающей жидкости (см. 30, 31). - неисправна крышка радиатора; - давление в системе охлаждения повышается за счет компрессии в цилиндрах в результате появления трещин в головке или блоке либо из-за нарушения целостности уплотнительной прокладки.
33. Нарушена циркуляция охлаждающей жидкости	<ul style="list-style-type: none"> - неисправен водяной насос, - надо проверить путем прощупывания верхнего радиаторного шланга; - нарушена проходимость охлаждающего тракта; - ослабло натяжение ремня привода водяного насоса; - заклинен термостат; - снизился уровень охлаждающей жидкости.
34. Развитие коррозии	<ul style="list-style-type: none"> - чрезмерно загрязнена охлаждающая жидкость, - необходимо доливать в систему только дистиллированную воду; - чрезмерно разбавлен антифриз; - недостаточно часто производится замена охлаждающей жидкости и промывка тракта.
35. Утечки ATF	<ul style="list-style-type: none"> - ATF обычно отличается темно-красным цветом, - не следует путать следы ее утечек с таковыми от моторного масла (последние могут сноситься на картер трансмиссии набегающим потоком воздуха); - для выявления источника утечки прежде всего следует очистить картер трансмиссии и окружающие его поверхности от грязи и смазки. Следует воспользоваться качественным обезжиривателем или выполнить паровую чистку агрегата. Совершить на автомобиле короткую поездку с невысокой скоростью движения (чтобы следы утечки не сносились далеко от ее источника).

Неисправность или отказ	Причины и функциональные признаки
35. Утечки ATF (<i>продолжение</i>)	<p>Поддомкратить автомобиль и установить его на подпорки. Осмотреть картер трансмиссии, визуально выявляя источники утечки ATF. Наиболее часто в качестве таковых выступают:</p> <ul style="list-style-type: none"> - поддон картера трансмиссии: подтянуть крепеж и/или заменить уплотнительную прокладку; - заднее удлинение трансмиссии: подтянуть крепеж и/или заменить сальник; - заливная горловина: заменить резиновую манжету в месте входа горловины в картер трансмиссии; - вентиляционная трубка: трансмиссия переполнена и/или в картер попала вода; - узел подключения спидометра: заменить уплотнительное кольцо в месте входа приводного троса в картер трансмиссии.
36. ATF имеет коричневый цвет или пахнет гарью	- снизился уровень ATF в трансмиссии или жидкость пригорела и ее необходимо заменить.
37. Нарушения в переключении передач	<p>Наиболее общие проблемы, которые могут оказаться связанными с нарушением регулировки привода:</p> <ul style="list-style-type: none"> - двигатель запускается в положении, отличном от «Р» или «N»; - высвечиваемое на индикаторной панели положение трансмиссии отличается от фактически выбранного; - автомобиль приводится в движение при трансмиссии, установленной в положение «Р».
38. Не происходит автоматического переключения трансмиссии на пониженную передачу при полном выжимании педали газа	Нарушена регулировка троса привода дроссельной заслонки при включении режима Kick-down.
39. Двигатель запускается в положении трансмиссии, отличном от «Р» или «N»	Неисправен датчик-выключатель разрешения запуска либо нарушена его регулировка.

Неисправность или отказ	Причины и функциональные признаки
40. Трансмиссия «со скакивает» с выбранного положения, переключается с трудом или с шумом либо не обеспечивает поступательное движение автомобиля вперед или назад	Существует множество возможных причин перечисленных отказов, однако в сферу компетенции механика (диагноста) попадает лишь одна из них – нарушение уровня ATF. Следует проверить, а в случае необходимости произвести корректировку уровня/замену жидкости и фильтра, параллельно проверить состояние ATF. Во всех остальных случаях автомобиль следует отправить на станцию техобслуживания для диагностики и восстановительного ремонта или замены трансмиссии.

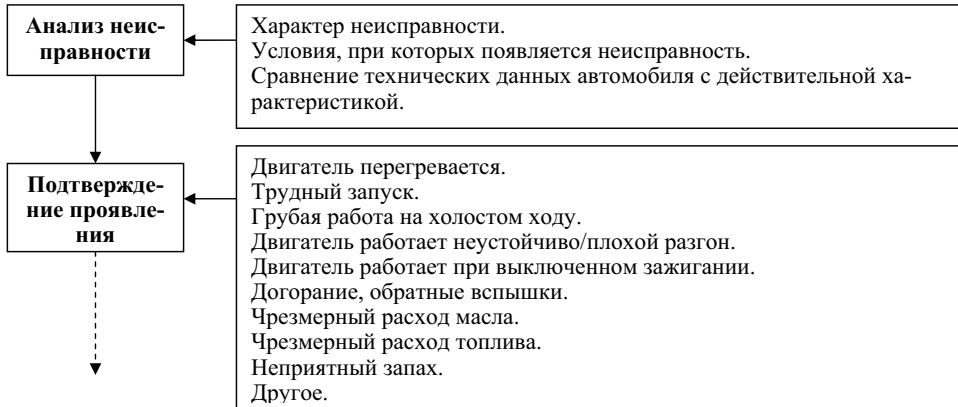
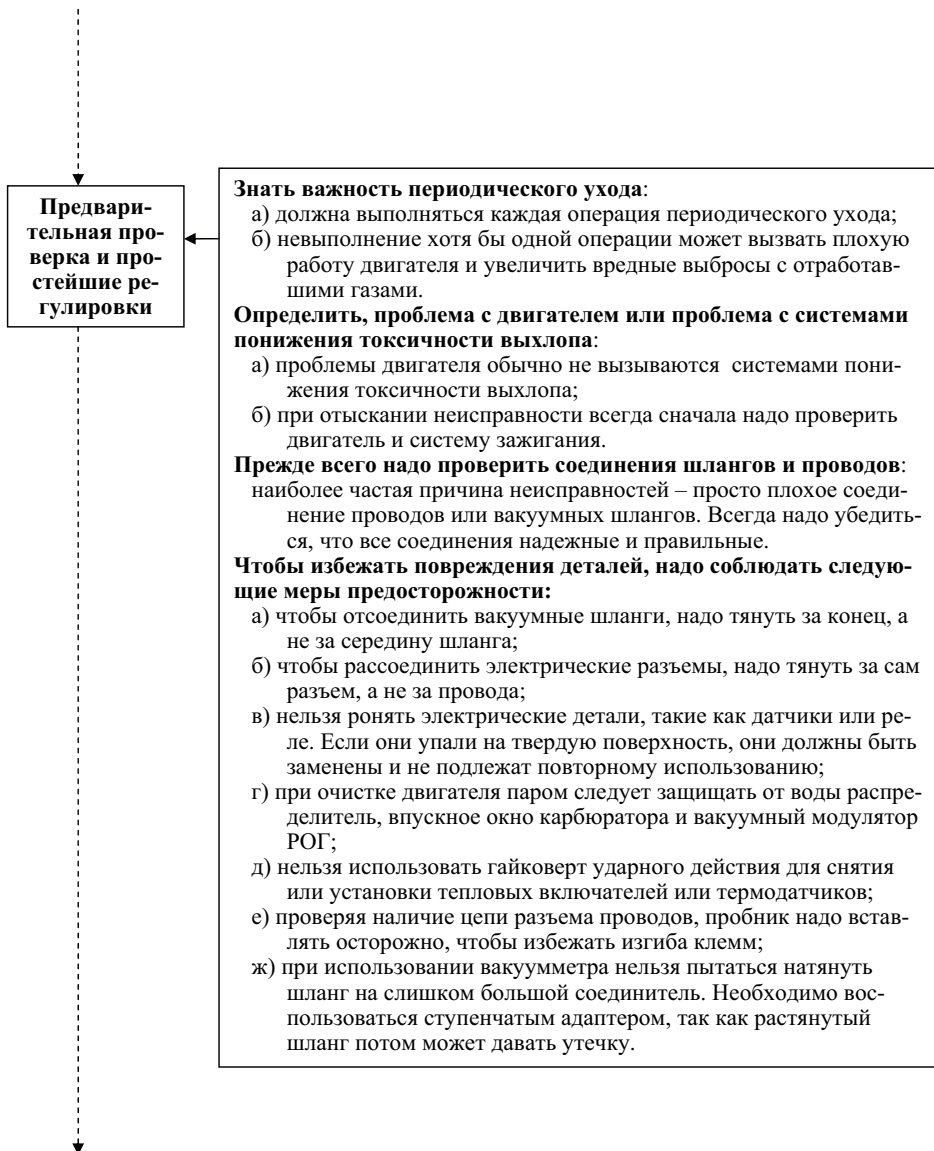
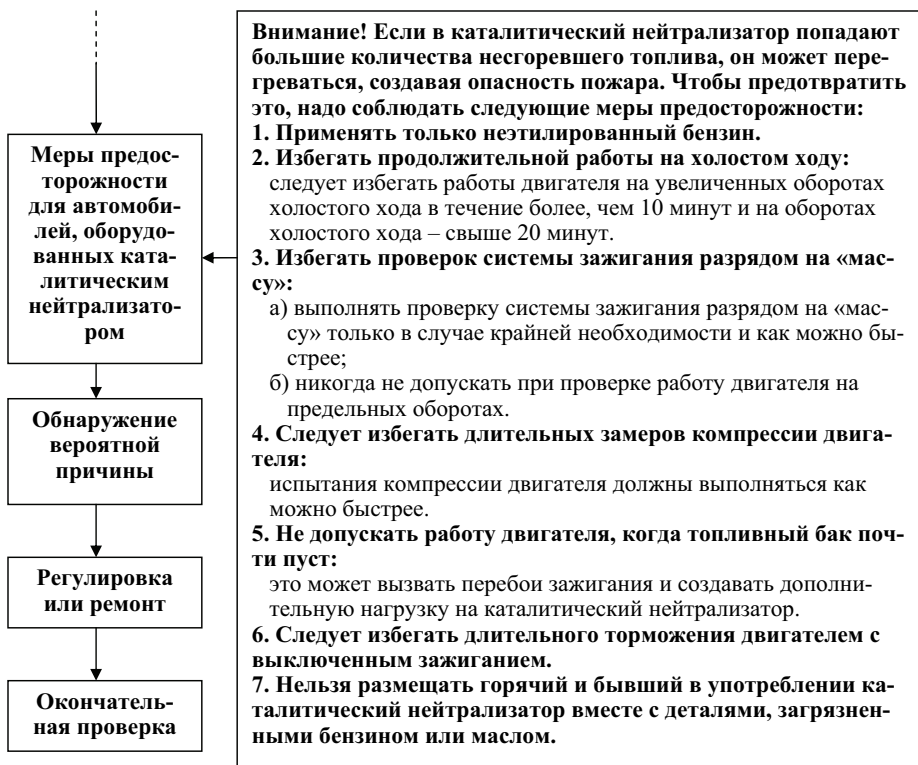


Рис. 2.28. Схема отыскания неисправностей



Продолжение рис. 2.28



Продолжение рис. 2.28

Контрольные вопросы

1. Какие загрязняющие атмосферу вещества создаются двигателями автомобилей?
2. Как влияют на человека и экологию окружающей среды отработавшие газы автомобилей?
3. Какие причины повышенного образования газа CO?
4. Какие причины повышения токсичности отработавших газов?
5. Привести примеры обнаружения неисправности по составу и цвету отработавших газов?

3 ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДВИГАТЕЛЯ

3.1. Выбор диагностических параметров

3.1.1. Измеряемые диагностические параметры и их выбор

Современную систему автоматизированного управления техническим состоянием двигателя можно представить упрощенной схемой (рис. 3.1). Для обеспечения надежности и безопасности двигателя необходим его постоянный и периодический контроль и проведение управляющих воздействий.

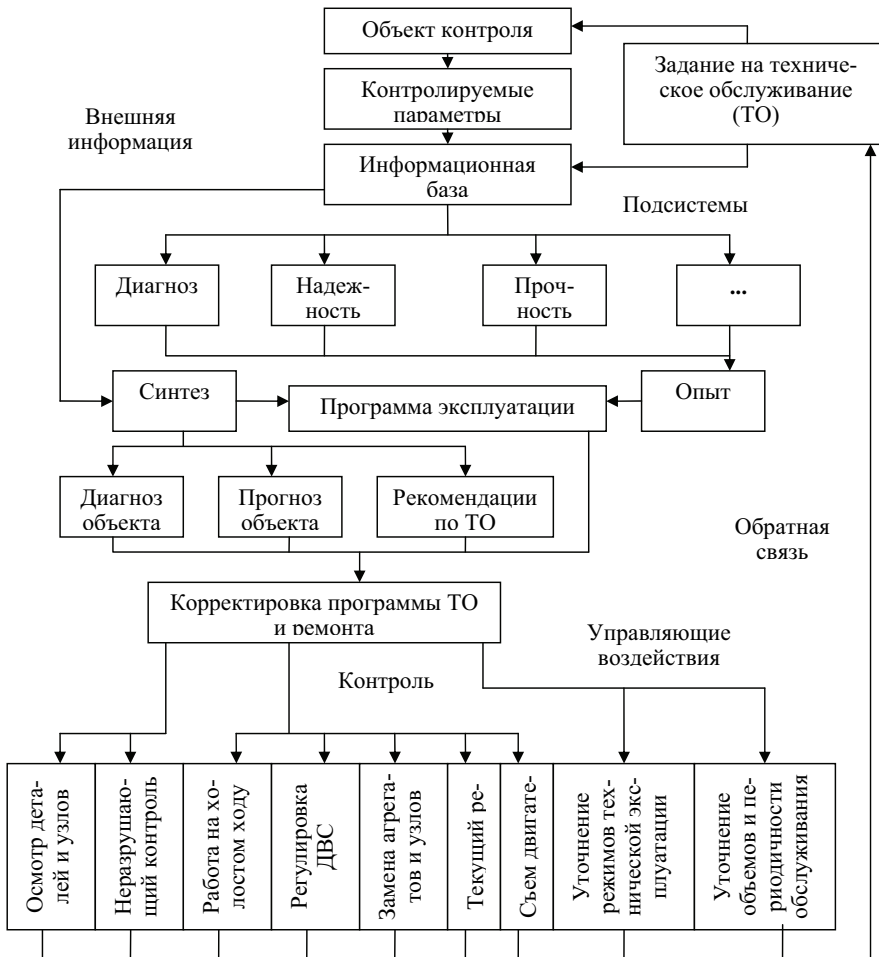


Рис. 3.1. Структурная схема автоматизированного управления техническим состоянием объектов двигателя в эксплуатации

Для определения работоспособности двигателя, поиска неисправностей и прогнозирования состояния необходимо измерять диагностические параметры. Минимальный перечень параметров, используемых при диагностировании механических и газогидроаэродинамических систем дизельного двигателя, представлен в табл. 3.1.

Таблица 3.1

**Перечень параметров, используемых при проведении
общего и углубленного диагностирования дизеля
с электромеханической системой управления**

Диагностируемые системы и механизмы	Диагностические параметры
Дизель	Частота вращения коленчатого вала. Мощность двигателя. Удельный расход топлива. Шумы и стуки.
Кривошипно-шатунный механизм	Шумы и стуки. Свободное перемещение поршня относительно шатунной шейки коленчатого вала. Давление масла в главной магистрали. Зазоры в сопряжении поршня и коленчатого вала
Цилиндропоршневая группа	Компрессия в отдельных цилиндрах Количество газов, прорвавшихся в картер. Зазор в сопряжении «гильза-поршень». Давление на такте сжатия. Давление сжатого воздуха, подаваемого в цилиндр. Неравномерность компрессии в цилиндрах. Разрежение в надпоршневом пространстве
Система воздухоподачи	Степень загрязненности воздухоочистителя. Герметичность впускного воздушного тракта
Система топливоподачи	Пропускная способность фильтрующих элементов грубой и тонкой очистки. Давление впрыска и качество распыления топлива форсунками. Производительность топливного насоса. Степень неравномерности подачи топлива элементами топливного насоса. Угол опережения впрыска топлива. Частота вращения кулачкового вала топливного насоса
Система смазки	Давление масла. Частота вращения центрифуги. Продолжительность вращения центрифуги
Механизм газораспределения	Плотность прилегания клапанов. Зазоры между элементами механизма. Угол начала открытия впускных клапанов. Стук и шумы
Система охлаждения	Напряжение ремня вентилятора. Температура охлаждающей жидкости. Герметичность сопряжений и корпуса

Задача выбора диагностического параметра состоит в определении из множества принципиально возможных физических параметров некоторого ограниченного их числа, содержащего достаточно полную информацию о состоянии конкретного элемента или узла объекта, диагностирования.

В качестве параметров диагностирования на основе физико-химических представлений о связи и взаимодействии между элементами двигателя и его функционирования в целом необходимо выбирать такое подмножество элементов из множества выходных характеристик машины, которое однозначно в любой момент времени могло бы определить техническое состояние контролируемого объекта. На множество диагностических параметров накладываются дополнительные ограничения: эти параметры

должны быть наиболее информативными и удобно измеряемыми или наблюдаемыми.

Очень важно при поиске неисправности подобрать такие признаки, которые бы полностью характеризовали состояние систем двигателя автомобиля, поддавались бы несложным замерам и были бы наиболее дешевыми. Разрабатывая систему диагностики, следует выполнять необходимые вычислительные и экспериментальные работы и устанавливать функциональные зависимости параметров сигналов и состояний системы.

При выборе диагностических параметров изделия или системы электрооборудования руководствуются описанными далее принципами [13].

Первый принцип заключается в том, что структурные и выходные диагностические параметры объекта должны обеспечивать оценку его технического состояния без разборки. А это означает, что диагностическим параметром становятся выходные рабочие процессы изделия или системы. К таким диагностическим параметрам можно отнести вторичное напряжение катушки зажигания, длительность искрового разряда на свечах зажигания, ток электростартера при полном торможении якоря и другие электрические характеристики.

Множество диагностических параметров, определенное на множестве вероятных состояний и дефектов (неисправностей), описывающих эти состояния, должны быть оптимизированы по какому-либо критерию информативности, обеспечивать оптимальную различимость дефектов (неисправностей) обладать хорошей алгоритмичностью.

Базу для логической процедуры диагностирования составляет совокупность физических параметров, через измерение которых можно определить номенклатуру для конкретного объекта.

Физические параметры разделяют на следующие группы: кинематические, геометрические, статические и динамические, тепловые, акустические, электрические и магнитные, механические и молекулярные, излучений и другие (рис. 3.2). Классификация физических параметров представлена на рис. 3.3.

Физические и нефизические величины. Физическая величина в общем случае может быть определена как величина, свойственная материальным объектам (процессам, явлениям), изучаемым в естественных (физика, химия) и технических науках. К нефизическим следует отнести величины, присущие общественным (нефизическим) наукам – философии, социологии, экономике и т. п.

Стандарт ГОСТ 16263-70 трактует физическую величину, как одно из свойств физического объекта, в качественном отношении общее для многих физических объектов, а в количественном – индивидуальное для каждого из них. Индивидуальность в количественном отношении понимают в том смысле, что свойство может быть для одного объекта в определенное число раз больше или меньше, чем для другого. Таким образом, физические величины – это измеренные свойства физических объектов или процессов, с помощью которых они могут быть изучены.

Измеряемые диагностические параметры (тип и название)	
Кинематические и механические	Время, скорость, ускорение, частота и фаза периодических процессов, объемный расход, путь, угол, уровень, наклон, частота оборотов, расход жидкости или газа, колебания, вибрация
Геометрические	Длина, зазор, площадь, кривизна линий и поверхностей и др.
Статистические и динамические	Время, скорость, ускорение, частота и фаза периодических процессов, объемный расход, путь, угол, уровень, наклон, частота оборотов, расход жидкости или газа, колебания, вибрация и др.
Механические и молекулярные	Путь, угол, уровень, наклон, частота вращения, ускорение, вибрация, расход жидкости или газа, сила, давление, частота, плотность, удельный вес, молярная масса, коэффициент продольного растяжения, кинематическая вязкость
Тепловые	Температура, тепловой поток, теплоемкость, теплота сгорания, теплопроводность, коэффициент теплоотдачи и др.
Акустические	Звуковое давление, объемная скорость, звуковая энергия, интенсивность звука, удельное акустическое сопротивление, коэффициент отражения, коэффициент поглощения и др.
Электрические и магнитные	Электрический заряд, напряжение электрического поля, потенциал, емкость, диэлектрическая проницаемость, сила электрического тока, электрическое сопротивление, индуктивность, магнитный поток, магнитная проницаемость и т. п.
Параметры излучений	Лучистый поток, сила света, освещенность, яркость, коэффициент преломления, спектральная плотность и т. п.
Параметры атомной физики	Радиоактивность, доза поглощенного излучения, момент диполя и т. д.
Химические	pH-значения, влажность, содержание пара, молекулы газа, молекулы жидкости, молекулы твердого тела, цвет и т. д.

Рис. 3.2. Измеряемые физические характеристики объектов диагностирования

Физические величины целесообразно разделить на измеряемые и оцениваемые. Измеряемые физические величины могут быть выражены количественно в виде определенного числа установленных единиц измерения. Возможность введения и использования последних является важным отличительным признаком измеряемых физических величин. Физические величины, для которых по тем или иным причинам не может быть введена единица измерения, могут быть только оценены. Под оцениванием в таком случае понимается операция приписывания данной величине определенного числа, проводимая по установленным правилам. Оценивание величины осуществляется при помощи шкал. Шкала величины – упорядоченная последовательность ее значений, принятая по соглашению на основании результатов точных измерений.

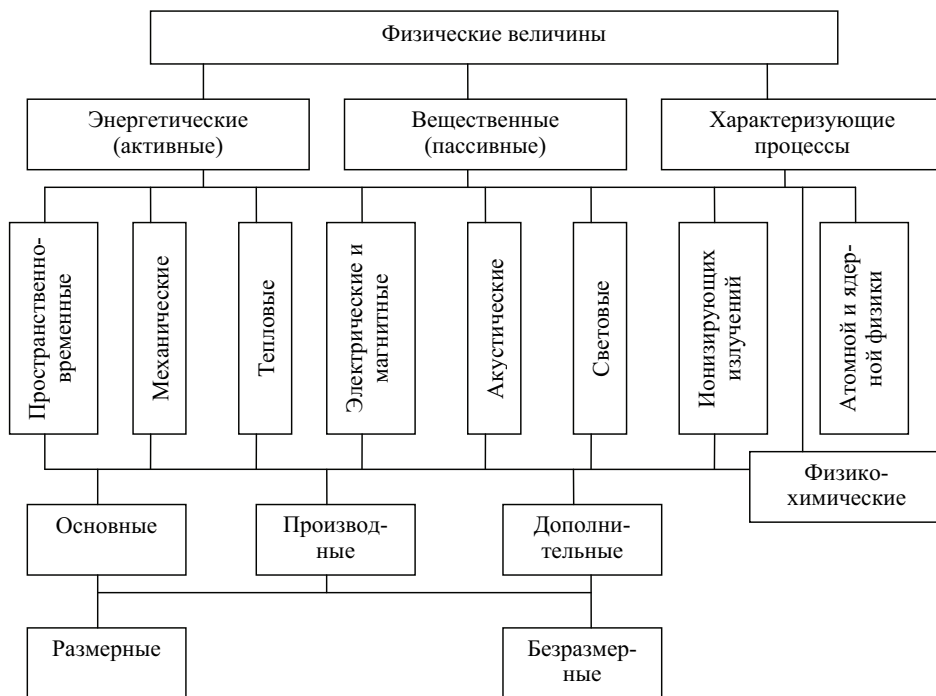


Рис. 3.3. Классификация физических величин

Нефизические величины, для которых единица измерения в принципе не может быть введена, могут быть только оценены. Следует отметить, что оценивание нефизических величин не входит в задачи теоретической метрологии.

На практике диагностические параметры всегда определяются теми или иными физическими параметрами. На измерении физических параметров основаны различные методы и средства контроля, с помощью которых анализируют и оценивают состояние объекта диагностирования (табл. 3.2). По характеру измерения диагностические параметры можно разделить на количественные и качественные, прямые и непрямые, абсолютные и относительные, совокупные и общие.

Таблица 3.2

Основные диагностические параметры бензинового двигателя с электромеханической системой управления

Наименование	Единица измерения
Двигатель и система электрооборудования	
Эффективность, мощность на коленчатом валу	кВт
Мощность, затрачиваемая на прокручивание двигателя	кВт
Удельный расход топлива	кг/с (или л/с)

Наименование	Единица измерения
Ускорение вращения коленчатого вала в режиме свободного разгона (выбега)	с ⁻²
Давление в конце такта сжатия в цилиндрах двигателя	кПа
Разность давления в конце такта сжатия между отдельными цилиндрами	кПа
Расход или падение давления сжатого воздуха, подаваемого в цилиндры	м ³ /с (или кПа)
Давление масла в главной масляной магистрали	кПа
Расход масла на угар	кг/ч
Уровень масла в картере двигателя	мм
Содержание продуктов изнашивания в масле (качественный и количественный состав)	по ГОСТ 20759-75
Содержание СО в отработавших газах	%
Содержание СН в отработавших газах	% (РРТ)
Минимально устойчивая частота вращения	мин ⁻¹
Изменение частоты вращения коленчатого вала при последовательном отключении каждого из цилиндров	(или %)
Разрежение во впускном трубопроводе	кПа
Давление, создаваемое топливным насосом	кПа
Количество газов, прорывающихся в картер двигателя	л/мин
Уровень вибрации	м/с ² (м/с, дБ)
Свободный ход поршня относительно оси коленчатого вала	мм
Скорость изменения температуры охлаждающей жидкости	°С/с
Установившаяся температура охлаждающей жидкости	°С
Скорость падения давления сжатого воздуха в системе охлаждения (при контроле герметичности)	кПа/с
Утечка охлаждающей жидкости	кг/ч
Перепад температур на входе и выходе теплообменника	°С
Давление (разрежение) срабатывания воздушного или парового клапана теплообменника	кПа
Начальный угол опережения зажигания	град
Угол опережения зажигания, создаваемый центробежным или вакуумным регулятором	град
Зазор между контактами прерывателя	мм
Угол замкнутого состояния контактов	град
Падение напряжения на контактах прерывателя	В
Напряжение аккумуляторной батареи	В
Напряжение, ограничиваемое реле-регулятором	В
Напряжение в сети электрооборудования	В
Напряжение в первичной цепи	В
Напряжение во вторичной цепи	кВ
Пробивное напряжение на свечах зажигания	кВ
Максимальное вторичное напряжение катушки зажигания	кВ
Сопротивление в цепи электрооборудования	Ом
Сила тока в цепи электрооборудования	А
Электрическая емкость конденсатора	мкФ
Мощность генератора (стартера)	Вт
Частота вращения коленчатого вала при запуске двигателя	мин ⁻¹
Сила тока, потребляемого стартером	А
Прогиб ремня вентилятора при задаваемом усилии	мм

Наименование	Единица измерения
Сцепление	
Свободный и рабочий ход педали сцепления	мм
Уровень жидкости в расширительном бачке	мм

3.1.2. Виды и области применения диагностических параметров

Области применения диагностических параметров для оценки технического состояния в жизненном цикле двигателя, конструкторская доработка и доводка, производство, эксплуатация, технологический процесс производства приведены на рис. 3.4, а на рис. 3.5 показан один из вариантов укрупненной классификации для оценки технического состояния двигателя.

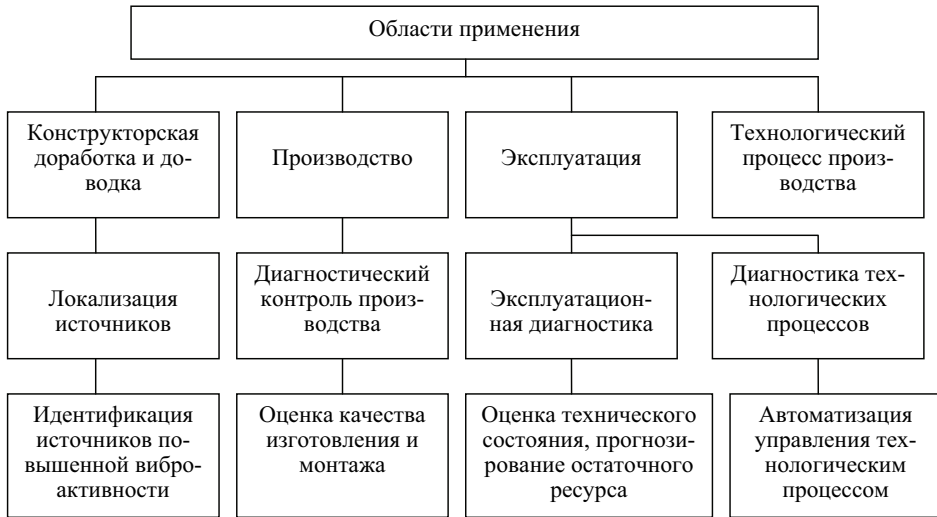


Рис. 3.4. Области применения диагностических параметров для оценки технического состояния двигателя

Каждой группе ресурсных испытаний соответствует свой набор классификационных признаков и параметров. Например, исследовательские испытания – определение предела усталости (повреждающее воздействие) детали (объект испытаний) – обычно проводятся на стендах (способ проведения), ускоренно (темп проведения), до поломки части или всех деталей опытной партии (план испытаний).

Как правило, стендовые и полигонные испытания являются ускоренными и при их проведении необходимую информацию о надежности изделий получают в более короткие сроки, чем при нормальных испытаниях.

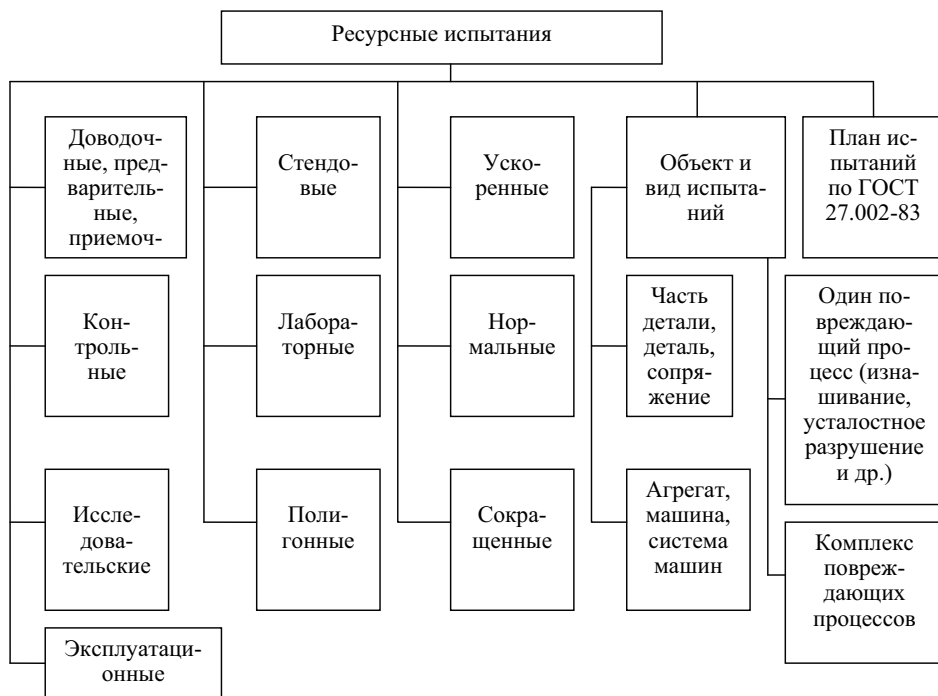


Рис. 3.5. Классификация, объекты и виды ресурсных испытаний

Назначение «эксплуатационных» диагностических параметров должно (вместе с методами и средствами) обеспечивать:

- контроль технического состояния объекта с целью установления соответствия объекта требованиям технической документации и определения работоспособности (годен или нет на текущий момент);
- поиск мест дефектов (неисправностей) и повреждений, определение причин неисправности и отказов с рекомендацией методов и средств восстановления работоспособности объекта двигателя;
- прогнозирование технического состояния объекта двигателя на предстоящий период эксплуатации с заданной вероятностью безотказной работы или определение с заданной вероятностью интервала времени, в течение которого сохраняется работоспособное состояние объекта.

Постановка диагноза неисправности или отказа сложного объекта двигателя, как правило, ставится не по одному, а по нескольким диагностическим параметрам.

Задача технического диагностирования формулируется как задача определения диагностических параметров, позволяющих определить неисправность в объекте. Множество диагностических параметров считается эффективным, если оно удовлетворяет следующим требованиям:

- полное описание всех классов неисправностей;

- наибольшая чувствительность к изменению значений структурных параметров;
- минимальность состава;
- доступность для контроля и измерения;
- минимум стоимости и времени контроля всех параметров;
- достаточная степень делимости при распознавании отдельных дефектов.

Принято выделять следующие задачи диагностирования на стадиях доводки объекта и эксплуатации:

- обнаружение дефекта (неисправности) – определение факта наличия дефекта и времени его проявления. Решение этой задачи осуществляется посредством контроля правильности функционирования системы, показателем качества решения является полнота контроля. Она может характеризоваться перечнем обнаруживаемых дефектов (неисправностей) и минимальной величиной дефекта, при которой гарантируется его обнаружение;

- диагностирование дефекта (неисправности) – определение вида, величины, места и времени возникновения дефекта. Следует за обнаружением дефекта и включает в себя локализацию и идентификацию дефекта;

- локализация (поиск) дефекта (неисправности) – определение вида, места и времени проявления дефекта; следует за обнаружением дефекта. Показателем качества решения этой задачи является глубина поиска дефектов. Она характеризуется перечнем дефектов, в отношении которых может быть обеспечена локализация, и минимальной величиной дефекта, при которой гарантируется его локализация. Часто в качестве косвенной характеристики глубины поиска дефектов приводится описание классов эквивалентных (не различимых в рамках данной процедуры диагностирования);

- идентификация дефекта (неисправности) – определение величины дефекта и его поведения во времени; следует за локализацией дефекта. Показателем качества решения этой задачи является точность определения величины дефекта.

Техническое диагностирование допускает измерение, контроль и испытание отдельных устройств и отдельных блоков управления технических двигателя машины. Измерение, контроль и проверка заложенных при проектировании функциональных и технических параметров, выполняется на макетных, опытных и серийных двигателях на лабораторных (заводских) испытательных стендах, полигонах, при дорожных и в эксплуатационных условиях с целью выявления и получения информации о техническом состоянии, слабых, потенциально ненадежных элементах и узлах, с целью их доработки, определения оптимальных структурных параметров двигателя машины, которые обеспечивают заданную функциональную, техническую и эксплуатационную надежность.

Испытания двигателя машины и диагностического обеспечения заключается в воссоздании в заданной последовательности определенных рабочих процессов режимов работы и других воздействий, в измерении реакции объекта контроля на эти воздействия и регистрацию этих воздействий. На следующих стадиях жизненного цикла машин измерение и контроль па-

раметров отдельных деталей, узлов и комплектных машин, выполняется для сохранения проектного качества на стадиях изготовления и ремонта, выполнения требований безопасности и эффективности эксплуатации.

Методики проведения измерений с целью контроля, диагностирования и испытания технических систем, при проведении предварительных, приемных и периодических испытаний и в эксплуатации должны включать:

- анализ измерительной информации с выяснением возможных источников погрешностей;
- выбор показателей точности измерений;
- выбор количества измерений, метода и средств измерений;
- формулировку выходных данных для расчета погрешности;
- расчет отдельных составляющих и общей погрешности;
- расчет показателей точности и сопоставления их с избранными показателями.

Надежность, объем и полнота этой информации, должны соответствовать требованиям к конкретному виду технического обслуживания, быть достаточными для принятия командной информации для управления состоянием двигателя машины.

Номенклатура диагностических параметров определяется на стадии проектирования.

Диагностическими параметрами могут быть параметры рабочих и сопутствующих процессов или их производные. Физическая характеристика диагностических признаков, диагностических параметров и область их использования применительно к диагностированию автомобилей приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Характеристика диагностических признаков и параметров

Диагностические признаки	Диагностические параметры	Объекты диагностирования
1. Снижение эффективности	Мощность, тормозной путь, сила тяги и скорость. Интенсивность разгона, снижение частоты вращения коленчатого вала при отключении цилиндров	Двигатель, тормозная система, коробка передач, сцепление, ведущий мост
2. Правильность геометрических сопряжений	Линейные и угловые зазоры (люфты), свободный и рабочий ход	Рулевое управление, механизмы приводов, подшипники колес
3. Степень герметичности рабочих объемов	Компрессия, расход картерных газов, давление топлива в системе, давление воздуха, давление охлаждающей жидкости	Двигатель, шины, компрессор пневмосистемы, топливная система, система охлаждения
4. Нарушение правильности циклических процессов	Изменение силы тока и напряжения в электрических цепях, изменение амплитуды колебания поддресоренных масс, изменение установки зажигания и угла опережения впрыска топлива	Система зажигания, система впрыска топлива, генератор, стартер, подвеска двигателя и автомобиля

Диагностические признаки	Диагностические параметры	Объекты диагностирования
5. Отклонение от нормы акустических процессов	Виброимпульсы, частота и фазы колебаний, амплитуда колебаний, звуковое давление	Двигатель, агрегаты, трансмиссия, топливная аппаратура дизелей
6. Изменение состава картерного масла	Показатели масла (вязкость, плотность, щелочность, наличие воды)	Двигатель, система охлаждения, топливная система, агрегаты трансмиссии автомобиля
7. Изменение состава отработавших газов	Содержание в выпускных газах сажи, окиси углерода, окиси азота и углеводов	Двигатель, система зажигания, система фильтрации воздуха, система подачи топлива
8. Тепловое состояние	Температура и скорость ее изменения	Система охлаждения, система смазки, агрегаты трансмиссии, подшипники колес
9. Изменение КПД агрегатов автомобиля	Выбег автомобиля, усилие на рулевом колесе, сопротивление качению колес	Трансмиссия, рулевое управление, подшипники колес
10. Изменение вида поверхностей агрегатов	Визуально наблюдаемые деформации, изменение окраски, следы подтекания жидкостей, топлива и масел, износ	Кузов, двигатель, агрегаты трансмиссии, системы автомобиля, шины

Структурный параметр – параметр, непосредственно характеризующий работоспособность или исправность объекта диагностирования (износ, размер детали).

По структурным (конструктивным геометрическим) параметрам определяют состояние сопряженных деталей и механизмов (износ, величина зазоров, люфтов, биений, свободного хода (например, педали), тепловой зазор в клапанных механизмах, размер и форма детали, натяг в сопряжениях деталей и др.).

На реальный процесс изменения структурных параметров оказывает ряд конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, определяющих их.

Связи между конструктивными (структурными) и диагностическими параметрами. Качественное техническое состояние двигателя можно определить совокупностью диагностических параметров. Различают следующие параметры: выходных рабочих процессов, сопутствующих процессов и структурные (геометрические).

Параметры выходных рабочих процессов определяют основные функциональные свойства двигателя автомобиля, например, мощность, расход топлива, тормозные свойства и т. д. По значениям этих параметров можно судить о состоянии двигателя в целом.

Параметры сопутствующих процессов сопровождают работу двигателя, агрегата, системы и косвенным образом свидетельствуют о состоянии двигателя при функционировании, например, температура агрегата, материала, уровень шума или вибрации, содержание продуктов износа в масле,

содержание вредных веществ в отработавших газах. Низкая компрессия и повышенный прорыв отработавших газов в картер двигателя свидетельствуют об износе цилиндропоршневой группы. Эти параметры дают более конкретную информацию о состоянии тех или иных узлов и механизмов двигателя.

Структурные параметры (геометрические) определяют состояние сопряженных деталей и механизмов по величине зазоров, люфтов, биений, свободных ходов (например, тепловой зазор в клапанах двигателя).

С точки зрения состояния машин и механизмов выделяют ресурсные и функциональные параметры (см. рис. 3.6, табл. 3.3). На реальный процесс изменения структурных параметров оказывает ряд конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов.

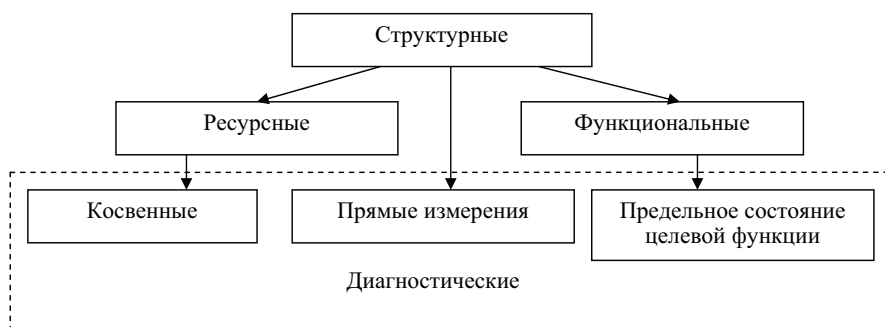


Рис. 3.6. Параметры состояния машин

Таблица 3.4

Структурные параметры и их диагностические параметры

Структурные параметры	Диагностические параметры
Зазоры в сопряжениях цилиндропоршневой группы	Количество газов, прорывающихся в картер, угар картерного масла
Зазоры в подшипниках коленчатого вала	Давление в масляной магистрали
Плотность электролита	Степень разряженности аккумуляторной батареи

Диагностический параметр – параметр объекта, используемый при его диагностировании (контроле) для определения технического состояния. Такими параметрами могут быть, например, температура, зазор, шум, вибрация, степень герметичности, давление, расход топлива, расход масла и др. Большинство измеряемых диагностических параметров косвенно характеризуют структурные параметры элементов машины (табл. 3.4, 3.5).

Характеристика диагностических признаков и параметров

Структурный параметр	Диагностический признак
Ранний угол опережения подачи топлива в цилиндры	Жесткая работа дизеля; дымный выхлоп (неполное сгорание топлива) при работе под нагрузкой
Износ фрикционных накладок муфты сцепления	Нагрев корпуса муфты при работе под нагрузкой
Отсутствие зазора в зацеплении шестерен (при нарушении регулировки после ремонта)	Чрезмерный нагрев корпуса

Ресурсный параметр – параметр, изменение которого выше предельного значения, обуславливает утрату работоспособности составной части (элемента) машин в силу исчерпания ресурса, восстанавливаемый посредством ремонта или замены элемента.

В качестве ресурсных параметров (отказов) в большинстве случаев выступают отдельные структурные или их совокупность, например, зазоры в сопряжениях вал-подшипник скольжения, в подшипнике качения, подшипник качения-корпус; износ подшипников, шестерен, шлицев, валов и др. (графики 1, 2, рис. 3.7).



Рис. 3.7. Параметры технического состояния

параметра; P'_2 – остаточный ресурс, $Д_С$, $Д_И$, $Д_У$ – достоверности определения параметров.

Функциональный параметр – параметр, изменение которого выше предельного значения обуславливает утрату работоспособности или неисправность составных частей, в результате изменения показателей технической характеристики объекта, восстанавливаемых при техническом обслуживании. Функциональные параметры являются техническими и рабочими характеристиками, интегрально отражающими состояние структурных параметров: снижение эффективной мощности двигателя или частоты вращения вала, производительности масляного насоса, давления открытия перепускного и предохранительного клапанов, напряжение на клеммах аккумуляторной батареи (см. рис. 3.7, график 3), тепловой зазор в клапанном механизме, зазор в масляном насосе, в сопряжении гильза-поршень (см. рис. 3.7,

На рис. 3.7 приняты следующие обозначения: 1, 2, 3 – линейные тренды диагностического параметра; P_1 , P_2 , P_3 – ресурсы отдельных элементов; $П_П$ – предельное увеличение диагностического параметра; $П_С$ – предельное снижение диагностического параметра; $Д_У$ – допустимое увеличение; $Д_СН$ – допустимое снижение; $П_И$ – исходное значение диагностического

графики 1, 2) [13]. Функциональные параметры характеризуют связи между элементами систем машин.

Параметр состояния – физическая величина, характеризующая работоспособность или исправность объекта диагностирования и изменяющаяся в процессе работы.

Исходный диагностический параметр – номинальное (расчетное) значение, определяемое для составных частей нового и отремонтированного двигателя, служит началом отсчета его отклонений в эксплуатации.

Допуск на изменение параметра в эксплуатации – разность между верхним и нижним предельно допустимым значением параметра.

Предельное значение диагностического параметра – наибольшее или наименьшее значение параметра, которое может иметь работоспособная часть.

Предельное состояние двигателя, узла, детали наступает в том случае, когда дальнейшее использование рассматриваемого объекта технически невозможно технико-экономически и технологически нецелесообразно или невозможно из-за нарушения требований безопасности.

Допустимое значение параметра – значение, при котором обеспечивается безотказная работа составной части, до очередного диагностирования (контроля), исходя из необходимости обеспечения надежной работы.

Реализация параметра – непрерывное изменение параметра состояния конкретного объекта диагностирования.

Ресурс – суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или его возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние (см. рис. 3.7, ресурсы P_1, P_2, P_3).

Остаточный ресурс – суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние (см. рис. 3.7, ресурс P'_2).

Обобщенный или комплексный диагностический параметр характеризует состояние нескольких составных частей двигателя или автомобиля в целом.

Локальный или частный диагностический параметр характеризует состояние одного отдельного элемента.

Отсюда возникают и следующие термины: общее и углубленное диагностирование, ресурсное и функциональное диагностирование.

3.1.3. Взаимосвязь структурных и диагностических параметров

Между диагностическими параметрами и структурными (конструктивными) параметрами существуют описанные далее виды связей [13].

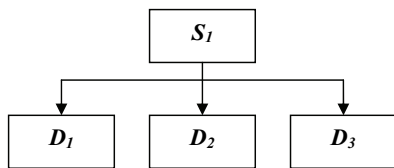
1. Единичная связь, при которой изменение одного структурного параметра S влечет за собой изменение только одного диагностического параметра D , и ее графическая интерпретация выглядит следующим образом:



Например, изменение зазора между тормозными колодками и барабаном S_i , приводит к увеличению тормозного пути D_i . По уменьше-

нию зазора между выжимным подшипником и выжимной шайбой сцепления можно точно определить величину износа фракционных накладок ведомого диска сцепления (по изменению свободного хода выжимного подшипника). Такие связи позволяют практически безошибочно оценить техническое состояние объекта.

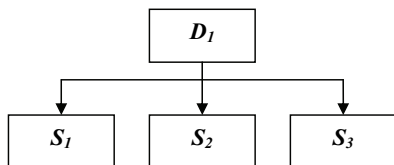
2. Множественная связь, при которой изменение одного S влечет за собой изменение сразу нескольких диагностических параметров D , то есть:



Например, изменение зазора в подшипниках коленчатого вала в сторону увеличения S_1 , приводит к снижению давления масла D_1 , стукам D_2 и повышенной концентрации продуктов износа в картерном масле D_3 . При этом каждая

из этих связей может составить самостоятельный метод диагностирования или дополнять друг друга, повышая тем самым достоверность диагноза объекта.

3. Неопределенная связь (интегральная), при которой изменение одного D является следствием изменения нескольких конструктивных параметров S :

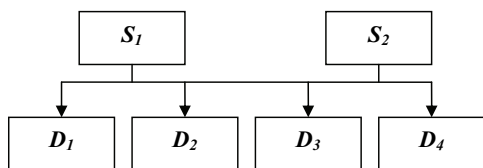


Например, падение мощности двигателя D_1 связано с износом деталей цилиндропоршневой группы S_1 , ГРМ S_2 и изменением зазора в свечах зажигания S_3 . Такие связи являются интегральными и дают возможность

резко сократить продолжительность диагностирования объектов.

При неопределенной связи изменение нескольких конструктивных параметров приводит к изменению одного диагностического. Например, нарушение момента впрыска топлива, увеличение зазоров в деталях цилиндропоршневой группы, изменение давления впрыска и другие отклонения в двигателе приводят к увеличению дымности выпускных газов. Такой диагностический параметр, имеющий неопределенные связи с конструктивными параметрами, является очень ценным, так как позволяет своевременно обнаружить отклонения любого из них от нормы. При данном диагностическом параметре может быть несколько неисправностей.

4. Комбинированные связи (смешанные) характеризуются наличием любого сочетания вышеуказанных связей, при котором изменение нескольких S влечет за собой изменение нескольких D :



При определении конкретной причины отказа объекта используют параметры первого и второго вида, а для общей оценки состояния объекта с минимальными затратами

времени – параметры третьего вида. Параметры четвертого вида из-за их неоднозначности для диагностирования используются редко.

Например, износ поршневых колец S_1 и зеркала цилиндра S_2 приводит к падению мощности D_1 , увеличению прорыва отработавших газов в картер D_2 , падению компрессии D_3 и повышенному угару масла двигателя D_4 . Комбинированные связи позволяют оценить комплексное влияние структурных и диагностических параметров друг на друга и построить логические алгоритмы контроля объектов.

3.1.4. Зависимости изменения диагностического параметра от наработки

К диагностическим параметрам как функциям конструктивных параметров и носителям информации о техническом состоянии объекта предъявляются перечисленные далее требования.

1. Диагностические параметры должны обладать однозначностью, то есть только одно значение структурного параметра S должно соответствовать только одному значению диагностического параметра D или наоборот (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Графическая интерпретация однозначности диагностического параметра

Однозначность диагностического параметра означает отсутствие экстремума, то есть отсутствие его перехода от возрастания к убыванию или наоборот, в диапазоне от начального до предельного значения конструктивного параметра. Например, износ деталей цилиндропоршневой группы S фиксировался двумя диагностическими параметрами D_1 и D_2 . Первый из них, D_1 изменялся в виде функции, которая имеет экстремум, то есть точку перегиба от возрастания к убыванию, и при этом одному текущему значению D_1 соответствуют две величины износа цилиндропоршневой группы — S'_1 и S''_1 , что противоречит логике вещей. Параметр D_2 изменяется плавно и прямолинейно, не имеет экстремума и его текущее значение соответствует только одной величине S_2 , что вполне естественно. Таким образом, диагностический параметр D_1 не является однозначным, и для целей диагностирования объекта может быть применен только параметр D_2 .

Если изменение диагностического параметра имеет сложную зависимость, то для диагностирования необходимо использовать участок однозначного изменения.

Например, по мере приработки деталей цилиндропоршневой группы двигателя однозначность расхода масла (G_M) не соблюдается. Однако эти закономерности исследованы и определены границы однозначного изменения диагностического параметра (A...B), что наглядно приведено на рис. 3.9.

2. Диагностический параметр должен быть стабильным. Его стабильность определяется отклонением его значения от среднего значения

при неизменных условиях измерения, то есть этот показатель обуславливает случайную погрешность измерения параметра. Заданная точность определения конструктивного параметра может быть достигнута многократным измерением диагностического параметра. Стабильность диагностического параметра определяется дисперсией (вариацией, разбросом) его величины при многократных замерах в неизменных условиях и при одном и том же значении структурного параметра. Эта дисперсия оценивается средне-квадратичным отклонением величины диагностического параметра σ_D по следующей зависимости:

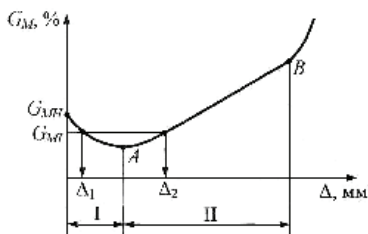


Рис. 3.9. Зависимость расхода масла на угар двигателей ЯМЗ от торцевого зазора «первое компрессионное кольцо-канавка поршня»:

I – зона приработки; II – зона установившегося износа

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n-1}}, \quad (3.1)$$

где D_i и \bar{D} - соответственно текущее и среднее значение диагностических параметров при многократных замерах n ($n=1, 2, 3, \dots, n$).

Чем меньше величина σ_D , тем стабильнее диагностический параметр. Разброс значений параметра может быть выражен средним квадратическим отклонением, которое следует рассчитывать для заведомо исправного и неисправного состояния диагностируемого объекта. Для оценки стабильности и информативности диагностического параметра можно использовать коэффициент K_i :

$$K_i = \frac{|\bar{D}_1 + \bar{D}_2|}{\sigma_1 + \sigma_2}, \quad (3.2)$$

где \bar{D}_1 и \bar{D}_2 - средние значения диагностических параметров для заведомо исправного и неисправного состояния объекта; σ_1 и σ_2 - средние квадратические отклонения параметров заведомо исправных и неисправных диагностируемых объектов.

3. Диагностические параметры должны быть чувствительными, то есть скорость изменения диагностического параметра в сторону увеличения или уменьшения при постоянной величине структурного параметра должна быть максимальной (рис. 3.10).

На рисунке использованы следующие обозначения: D – диагностический параметр; D_1 – прорыв газов в картер двигателя; D_2 – угар масла; S – износ цилиндропоршневой группы.

Например, контроль состояния деталей цилиндропоршневой группы двигателя выполняется по двум диагностическим параметрам: D_1 – по про-

рыву отработавших газов в картер и D_2 – по угару моторного масла. При интервале износа деталей цилиндропоршневой группы от S_1 до S_2 , равному ΔS , параметр D_1 изменяется на величину ΔD_1 , а параметр D_2 – на ΔD_2 . Тогда отношение

$$\frac{\Delta D_2}{\Delta S} \gg \frac{\Delta D_1}{\Delta S},$$

а это значит, что скорость изменения D_2 значительно выше, чем у D_1 при $\Delta S = \text{const}$. Следовательно, параметр D_2 более чувствителен, чем D_1 и диагностирование состояния деталей цилиндропоршневой группы следует проводить по угару моторного масла.

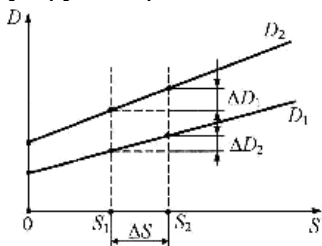


Рис. 3.10. Графическая интерпретация чувствительности диагностического параметра

ческий параметр. Если при этом разброс показаний относительно невелик, то данный диагностический параметр можно считать информативным и стабильным. Таким образом, при разработке системы диагностирования по величине $J(y_i)$ можно выбрать признаки, которые наилучшим образом подходят в качестве диагностических параметров.

4. Диагностический параметр должен быть информативным. Информативность является комплексным свойством, объединяющим все предыдущие, и характеризует снятие неопределенности при освидетельствовании технического состояния объекта диагностирования и сведение к минимуму возможности, используя принятый диагностический параметр, принять фактически неисправный по техническому параметру объект диагностирования за исправный (ошибки первого рода), и наоборот (ошибки второго рода). Информативность характеризуется достоверностью диагноза, получаемого в результате измерения значений параметров.

При общем диагностировании, когда выявляется неисправность агрегата автомобиля в целом, информативность определяют из совместного анализа плотностей распределения значений параметра и соответствующих исправному и неисправному состояниям объекта. Например, диагностируется состояние деталей цилиндропоршневой группы заведомо нового – I и изношенного двигателя – II по различным параметрам: спектральному анализу картерного масла D_1 , по угару масла D_2 , по прорыву газов в картер двигателя D_3 . Плотность значений этих параметров подчиняется нормальному закону распределения (рис. 3.11).

Очевидно, что чем меньше степень перекрытия распределений, тем меньше ошибок будет при использовании для постановки диагноза, то есть

Очевидно, если диагностический параметр выбирается из нескольких, то принимаются те, у которых при прочих равных условиях коэффициент чувствительности выше.

Очевидно также, что существенное отличие признаков исправного и неисправного состояния диагностируемого объекта может дать чувствительный диагностический

тем более информативен диагностический показатель. Вполне очевидно, что по распределению параметров на рис. 3.11 можно сказать, что параметр D_1 достаточно информативен, D_3 – неинформативен и D_2 занимает промежуточное положение.

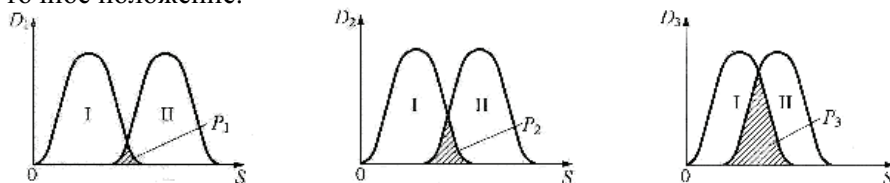


Рис. 3.11. Графическая интерпретация информативности диагностических параметров

На рис. 3.11 буквами обозначена информативность диагностических параметров: D_1 – параметр более информативный; D_2 – менее информативный; D_3 – плохо информативный.

По упомянутым ранее требованиям производится отбор тех или иных диагностических параметров, которые в дальнейшем определяют методы и процессы диагностирования, а также состав необходимого диагностического оборудования для оценки технического состояния машин.

Чем меньше площадь перекрытия значений диагностических параметров P при оценке технического состояния двигателей I и II, тем информативнее диагностический параметр, и наоборот.

Из рис. 3.11 следует, что наиболее информативным параметром при диагностировании цилиндропоршневой группы является спектральный анализ картерного масла D_1 , затем угар масла D_2 и плохо информативный – прорыв отработавших газов в картер двигателя D_3 , так как $P_1 < P_2 < P_3$.

5. Диагностические параметры должны иметь доступную стоимость и небольшое время замера, что предполагает их широкое внедрение в практику инструментального контроля автомобильной техники.

При наличии зависимости диагностического параметра D от пробега автомобиля l коэффициент информативности можно определить как

$$K_i = \frac{D_{пп} - D_H}{D_{пп}}, \quad (3.3)$$

где $D_{пп}$ – предельное значение параметра; D_H – номинальное значение.

Скорость диагностирования характеризует быстроту определения диагноза и определяется как

$$V_{ii} = \frac{K_i}{t_i}, \quad (3.4)$$

где K_i – коэффициент информативности i -го диагностического параметра; t_i – время определения состояния объекта по i -му диагностическому параметру.

Удельная стоимость диагностирования оценивается затратами в гривнах (C_3) на единицу полученной информации, то есть:

$$J = \frac{C_3}{K_i} \quad (3.5)$$

Для того чтобы определить техническое состояние автомобиля, необходимо текущие значения диагностических параметров, измеренных при помощи внешних и встроенных средств диагностирования, сопоставить с нормативными значениями.

Выбор и обоснование диагностических параметров базируется на частоте проявления неисправностей и отказов, анализе признаков и экономических факторах (удельные затраты на устранение неисправностей и невыявленных отказов).

При выборе диагностических параметров предусматривается определение предварительного перечня параметров и его минимизация. Это вызвано противоречивостью требований, предъявляемых к системе диагностирования: для получения большей информативности о техническом состоянии объекта желательно увеличение количества диагностических параметров, но увеличение их количества ведет к увеличению затрат на диагностирование.

Количество диагностических параметров минимизируется с учетом их информативности, однозначности, стабильности, доступности измерения, стоимости реализации.

Номенклатура и значения диагностических параметров должны соответствовать требованиям ГОСТ 25478-82, ГОСТ 23435-79, ГОСТ 26048-83, ГОСТ 21393-75, ГОСТ 17.2.2.03-87.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается задача выбора диагностического параметра?
2. На какой стадии жизненного цикла двигателя назначаются диагностические параметры для контроля его технического состояния?
3. Что должны обеспечивать назначенные «эксплуатационные» диагностические параметры?
4. Привести примеры ресурсных и функциональных параметров.
5. Что включает в себя диагностическое обеспечение двигателя?
6. Какие факторы влияют на изменение структурных параметров?
7. Привести примеры структурных параметров.
8. В чем суть предельного значения диагностического параметра?
9. Зачем необходимо определять исходный диагностический параметр?
10. Какая схема определения ресурса отдельного элемента и остаточного ресурса?
11. Какая схема взаимосвязей структурных и диагностических параметров (единичная, множественная, комбинированная и неопределенная связи)?
12. Привести схему графической интерпретации однозначности диагностического параметра.

13. Что значит, что диагностический параметр должен быть стабильным и чувствительным?

14. В чем заключается высокая информативность диагностического параметра?

3.2. Изменение структурных и функциональных параметров двигателей в эксплуатации

3.2.1. Основные функциональные параметры двигателей

Наиболее важные эксплуатационные качества автомобиля – экономичные и экологические показатели, тягово-скоростные свойства, приемистость, эффективность торможения, управляемость, курсовая устойчивость и т. п. Большинство этих качеств зависят от конструкции и характеристик двигателя.

Двигатель является основным источником энергии, необходимой для движения автомобиля. Характеристики двигателя служат для определения его мощностных и экономичных показателей. Наиболее важные характеристики – скоростные, нагрузочные и регулировочные – позволяют оценивать работу двигателей, эффективность их использования, техническое состояние и качество ремонта, сравнивать различные их типы и модели, а также судить о совершенстве конструкций новых двигателей.

Скоростные характеристики двигателей. Скоростной характеристикой называются зависимости эффективной мощности N_e и эффективного крутящего момента M_e двигателя от угловой скорости коленчатого вала ω_e .

У двигателя различают два типа скоростных характеристик: внешняя (предельная) и частичные.

Внешнюю скоростную характеристику получают при полной нагрузке двигателя, то есть при полной подаче топлива. Частичные скоростные характеристики получают при неполных нагрузках двигателя или при неполной подаче топлива.

Двигатель имеет только одну внешнюю скоростную характеристику и большое число частичных, среди которых и характеристика холостого хода.

На частичных скоростных характеристиках значения эффективной мощности и крутящего момента двигателя меньше, чем на внешней скоростной характеристике, но характер их изменения аналогичен.

Тягово-скоростные качества автомобиля определяют при работе двигателя только на внешней скоростной характеристике.

Внешние скоростные характеристики современных автомобильных двигателей представлены в первом разделе.

Рассмотрим внешние скоростные характеристики бензиновых двигателей и дизелей, которые имеют некоторые отличительные особенности.

Внешняя скоростная характеристика бензинового двигателя без ограничителя угловой скорости коленчатого вала представлена на рис. 3.12. Такие двигатели применяют главным образом на легковых автомобилях и иногда на автобусах.

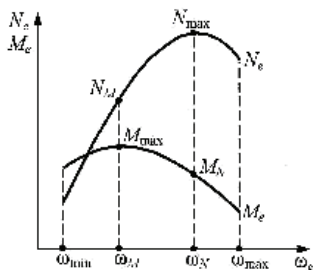


Рис. 3.12. Внешняя скоростная характеристика бензинового двигателя без ограничителя угловой скорости коленчатого вала

- N_M – мощность при максимальном крутящем моменте;
- M_N – крутящий момент при максимальной мощности;
- ω_{min} – минимальная устойчивая угловая скорость коленчатого вала при полной подаче топлива, для бензиновых двигателей $\omega_{min}=80-100$ рад/с;
- ω_{max} – максимальная угловая скорость коленчатого вала при полной подаче топлива, соответствующая максимальной скорости автомобиля при движении на высшей передаче, для бензиновых двигателей без ограничителей угловой скорости коленчатого вала $\omega_{max}=(1,05-1,1) \omega_N$ рад/с.

Из рис. 3.12 видно, что эффективная мощность и эффективный крутящий момент двигателя возрастают с увеличением угловой скорости коленчатого вала, достигают максимальных значений при соответствующих угловых скоростях ω_N и ω_M , а затем уменьшаются с ростом ω_e вследствие ухудшения наполнения цилиндров горючей смесью и увеличения трения. При этом возрастают динамические нагрузки, что приводит к ускоренному изнашиванию деталей двигателя. В условиях эксплуатации двигатель работает главным образом в интервале угловых скоростей от ω_M до ω_N , при которых развиваются соответственно максимальный крутящий момент и эффективная мощность.

Внешняя скоростная характеристика бензинового двигателя с ограничителем угловой скорости коленчатого вала приведена в разделе 1. Такие двигатели применяют на грузовых автомобилях и автобусах. По внешней скоростной характеристике определяют техническое состояние двигателя. Она позволяет сравнивать различные типы двигателей и судить о совершенстве новых двигателей.

У дизелей мощность не достигает максимального значения из-за неполного сгорания горючей (рабочей) смеси. Максимальной в этом случае считается мощность, которая соответствует моменту включения регулятора угловой скорости коленчатого вала, то есть N_{max} при угловой скорости ω_N . Для дизелей максимальная угловая скорость коленчатого вала практически совпадает с угловой скоростью при максимальной мощности ($\omega_{max}=\omega_N$).

Из рассмотренных внешних скоростных характеристик бензиновых двигателей и дизеля следует, что максимальные значения эффективного

Приведенные зависимости имеют следующие характерные точки:

- N_{max} – максимальная (номинальная) эффективная мощность;
- ω_N – угловая скорость коленчатого вала при максимальной мощности;
- M_{max} – максимальный крутящий момент;
- ω_M – угловая скорость коленчатого вала при максимальном крутящем моменте;
- N_M – мощность при максимальном крутящем моменте;

крутящего момента M_{max} и эффективной мощности N_{max} получают при различных угловых скоростях коленчатого вала. При этом значения M_{max} смещены влево относительно значений N_{max} , что необходимо для устойчивой работы двигателя, или, иначе говоря, для его способности автоматически приспосабливаться к изменению нагрузки на колеса автомобиля.

Например, автомобиль двигался по горизонтальной дороге при максимальной мощности двигателя и начал преодолевать подъем. В этом случае сопротивление дороги возрастает, скорость автомобиля и угловая скорость коленчатого вала уменьшаются, а крутящий момент двигателя увеличивается, обеспечивая возрастание тяговой силы на ведущих колесах автомобиля. Чем больше увеличение крутящего момента при уменьшении угловой скорости коленчатого вала, тем выше приспособляемость двигателя и меньше вероятность его останова.

Скоростные характеристики двигателей определяют экспериментально в процессе их испытаний на специальных стендах. При проведении испытаний с двигателя снимают часть элементов систем охлаждения, питания (вентилятор, радиатор, глушитель, компрессор, насос гидроусилителя и др.), без которых он может работать на стендах.

Мощность и крутящий момент, измеренные при испытаниях и приведенные к условиям, соответствующим давлению окружающего воздуха 1 атм. и температуре 15 °С, называют стендовыми. Их указывают в технических характеристиках, инструкциях, каталогах, проспектах и т. п.

В действительности мощность и момент двигателя, установленного на автомобиле, на 10-20% меньше, чем стендовые. Это связано с размещением на двигателе элементов различных систем, которые демонтируют при испытаниях. Кроме того, давление и температура наружного воздуха при работе двигателя на автомобиле отличаются от таковых при измерениях.

Реальную внешнюю скоростную характеристику двигателя можно получить только на основании экспериментальных данных после его создания. Если же такие данные отсутствуют, например, при проектировании нового двигателя, то внешнюю скоростную характеристику можно рассчитать, используя известные соотношения.

Для бензиновых двигателей

$$N_e = N_{max} \left[\frac{\omega_e}{\omega_{max}} + \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right]; M_{max} = 1250 \frac{N_{max}}{\omega_N} \quad (3.6)$$

Для четырехтактных дизелей

$$N_e = N_{max} \left[0,53 \frac{\omega_e}{\omega_{max}} + 1,56 \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - 1,09 \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right]; M_{max} = 1090 \frac{N_{max}}{\omega_N} \quad (3.7)$$

В указанных формулах мощность выражается в кВт, крутящий момент - в Н·м, угловая скорость - в рад/с.

Обычно мощностные качества двигателя определяются внешней скоростной характеристикой, показывающей изменение мощности в зависимости от частоты вращения вала двигателя при полном или частичном открытии дросселя.

Диагностировать техническое состояние двигателя можно по максимальной мощности (рис. 3.13), развиваемой двигателем при определенной частоте вращения коленчатого вала. Максимальная мощность N_{max} двигателя всегда меньше мощности, указываемой заводом-изготовителем, в среднем примерно на 5%. В зависимости от технического состояния двигателя его фактическая мощность N_{ϕ} в процессе нормальной эксплуатации может снижаться в среднем на 10-15%, а в отдельных случаях на 20-25% (рис. 3.13).

Часть мощности N_k теряется в агрегатах трансмиссии. Мощность, теряемая в трансмиссии, равна разности между мощностью двигателя и мощностью, подводимой к колесам. Эти потери мощности оцениваются механическим КПД трансмиссии η_{mp} , который не является постоянной величиной. По экспериментальным данным, потеря мощности в трансмиссии автомобиля ГАЗ-53А достигает 7-12 кВт, а в трансмиссии автомобиля ЗИЛ-431410 – 11-15 кВт.

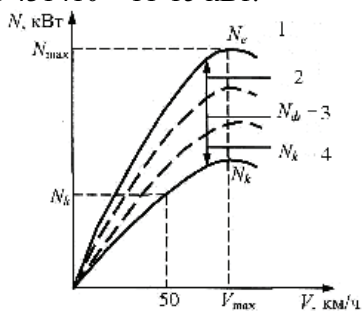


Рис. 3.13. Характеристики мощности двигателя:

1 — мощность, указанная заводом-изготовителем при частичном демонтаже деталей при испытаниях на стенде; 2 — 0-5% меньше указанной заводом-изготовителем; 3 — снижение на 10-15% (20-25%) в процессе нормальной эксплуатации; 4 — потери мощности в агрегатах трансмиссии $N_k = N_g - N$, подводимой к колесу

двигатель при максимальной частоте вращения коленчатого вала, так как в этом случае автоматически проверяется исправность ограничителя максимальных оборотов на карбюраторе.

Если установленную мощность двигатель развивает при частоте, большей n_{max} , когда вступает в действие ограничитель частоты вращения (грузовые автомобили), это свидетельствует не только о неисправности ог-

Таким образом, мощность, подведенная к колесам автомобиля, примерно равна 0,65-0,70 максимальной мощности, указываемой заводами-изготовителями (см. раздел 1), табл. 3.6. Такую мощность и следует учитывать при диагностировании технического состояния двигателей.

Наиболее полно техническое состояние двигателя можно оценить, построив по результатам испытаний кривые изменения мощности в зависимости от частоты вращения коленчатого вала. Однако, в целях снижения трудоемкости работ на практике вполне достаточно оценивать состояние двигателя по мощности, развиваемой им при определенной частоте. Логично диагностиро-

раничителя частоты вращения, но и о плохом общем техническом состоянии двигателя.

Таблица 3.6

Мощности автомобилей

Марка автомобиля	Максимальная мощность, кВт	Максимальная мощность на колесах, кВт	
		при V_{max}	при $V_a=50$ км/ч
ГАЗ-31029	75,0	48,7	32-34
ВАЗ-2109	47,0	30,5	20-21
ГАЗ-3302	73,5	47,7	31-33
ЗИЛ-431410	110,3	71,7	48-50
КамАЗ-5320	154,4	100,4	67-69

На стенде с беговыми барабанами мощность двигателя определяется путем суммирования мощности, подведенной к колесам, и мощности, потребляемой в трансмиссии. Последняя мощность определяется прокручиванием трансмиссии с определенной скоростью без нагрузки.

При испытании двигателя на максимальную мощность необходимо обеспечить надежное сцепление ведущих колес с беговыми барабанами. Это условие можно выразить так:

$$P_{сц} \geq P_{кmax}, \quad (3.9)$$

где $P_{сц}$ – сила сцепления; $P_{кmax}$ – максимальное тяговое усилие [14].

Так как $P_{сц}$ равно произведению коэффициента сцепления φ на вес, приходящийся на задние колеса, а

$$P_{к} = \frac{36 \cdot 10^3 N_{max} \cdot \eta_{mp}}{V_{max}} = 9,55 \cdot 10^3 \frac{N_{max} \cdot \eta_{mp} \cdot i_0 \cdot i_k}{r_k \cdot n_{max}}, \quad (3.10)$$

$$\text{то} \quad \varphi \geq 9,55 \cdot 10^3 \frac{N_{max} \cdot \eta_{mp} \cdot i_0 \cdot i_k}{r_k \cdot n_{max} \cdot G_{зк}}, \quad (3.11)$$

где $G_{зк}$ – вес автомобиля, приходящийся на заднее колесо, Н;

r_k – радиус колеса;

i – передаточное отношение;

φ – коэффициент сцепления шины с опорной поверхностью.

Нагрузочные характеристики двигателей. Нагрузочной характеристикой двигателя называются зависимости часового G_T и удельного эффективного g_e расходов топлива от эффективной мощности N_e или эффективного давления p_e газов на поршень при постоянной угловой скорости ω_e коленчатого вала. Нагрузочные характеристики служат для оценки топливной экономичности двигателя при различных режимах его работы.

На рис. 3.14 показана нагрузочная характеристика бензинового двигателя. Часовой расход топлива связан приблизительно линейной зависимостью с N_e и p_e . Удельный эффективный расход топлива значительно возрастает при уменьшении его подачи из-за ухудшения рабочего процесса и сни-

жения механического КПД двигателя. Экономичность двигателя тем выше, чем меньше g_e и чем более полого проходит его кривая в интервале нагрузок двигателя, типичных для условий эксплуатации.

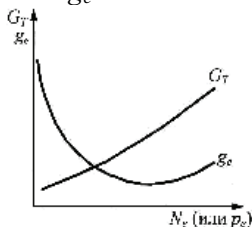


Рис. 3.14. Нагрузочная характеристика бензинового двигателя

эффективной мощности и удельного эффективного расхода топлива от его часового расхода, состава горючей смеси, угла опережения зажигания или впрыска топлива и т. д.

Регулировочные характеристики определяют оптимальные условия работы двигателя и оценивают качество его регулировки. Эти характеристики измеряют при полной и частичных нагрузках двигателя (при полной и частичной подаче топлива).

Обычно снимают регулировочные характеристики двигателя по расходу топлива, показывающие изменение эффективной мощности и удельного эффективного расхода топлива в зависимости от его часового расхода при постоянной угловой скорости коленчатого вала.

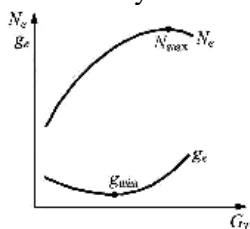


Рис. 3.15. Регулировочная характеристика бензинового двигателя по расходу топлива

Двигатель автомобиля работает в широком диапазоне значений угловой скорости коленчатого вала, поэтому измеряют не одну, а несколько его нагрузочных характеристик.

Регулировочные характеристики двигателей.

Регулировочной характеристикой двигателя называются зависимости от его часового расхода, состава горючей смеси, угла опережения зажигания или впрыска топлива и т. д.

На рис. 3.15 приведена регулировочная характеристика бензинового двигателя по расходу топлива. Она имеет две характерные точки, одна из которых соответствует максимальной мощности, а другая – минимальному удельному эффективному расходу топлива.

Двигатель развивает максимальную мощность при часовом расходе топлива, соответствующем обогащенной горючей смеси (коэффициент избытка воздуха

$\alpha_{ii}=0,8-0,9$), которая быстро горит.

При обеднении горючей смеси мощность двигателя уменьшается из-за снижения скорости сгорания смеси. Наибольшую топливную экономичность двигателя обеспечивает часовой расход топлива, отвечающий обедненной горючей смеси ($\alpha_{ii}=1,1-1,2$). При большем обеднении горючей смеси значительно уменьшается скорость ее горения, двигатель работает неустойчиво, резко падает его мощность и снижается топливная экономичность.

Следовательно, наиболее благоприятный для работы двигателя диапазон значений часового расхода топлива заключен между G_T , соответствующими минимальному удельному эффективному расходу топлива и максимальной мощности двигателя.

Эксплуатация двигателя вне указанных пределов нежелательна вследствие снижения его мощности и топливной экономичности.

Степень использования мощности двигателя. График мощностного баланса автомобиля строится при работе двигателя на внешней скоростной характеристике, то есть при полной подаче топлива (при полной нагрузке двигателя). В этом случае скорость движения автомобиля будет возрастать до некоторого максимального значения.

Для равномерного движения автомобиля с меньшей скоростью на той же передаче необходимо уменьшить подачу топлива, чтобы тяговая мощность N_T изменялась по кривой N'_T (при уменьшении подачи топлива) то есть нужно изменить степень использования мощности двигателя. Мощность двигателя зависит от среднего эффективного давления и частоты вращения.

Степенью использования мощности двигателя называется отношение мощности, необходимой для равномерного движения автомобиля, к мощности, развиваемой двигателем при той же скорости и полной подаче топлива.

Степень использования мощности двигателя определяется по формуле

$$И = \frac{N_d + N_B}{N_e \eta_{mp}} = \frac{N_d + N_B}{N_T}, \quad (3.12)$$

где η_{mp} – потери мощности в трансмиссии (КПД);

N_T – тяговая мощность;

N_B – мощность сопротивления воздуха движению автомобиля;

N_d – мощность, теряемая на преодоление сопротивления дороги (кВт);

N_e – эффективная мощность.

Данная величина зависит от дорожных условий, скорости движения и передаточного числа трансмиссии. Так, чем лучше дорога, меньше скорость движения и больше передаточное число трансмиссии, тем меньше степень использования мощности двигателя. Это приводит к увеличению расхода топлива и снижению топливной экономичности автомобиля.

Эффективный КПД зависит от коэффициента избытка воздуха, угла опережения зажигания и частоты вращения вала, а коэффициент избытка воздуха зависит от цикловых подач воздуха и топлива.

Следовательно контроль технического состояния двигателя по основному показателю функционирования – эффективной мощности – можно осуществлять, контролируя частоту вращения вала, расход воздуха и топлива, температуру и давление наддувочного воздуха, продолжительность впрыскивания топлива, параметры искрообразования.

3.2.2. Причины и виды изнашивания деталей

Теоретическим и экспериментальным вопросам изнашивания деталей двигателей посвящено много работ. Их обобщению посвящена работа [14], результаты которой приведены далее в этом разделе.

Результаты анализа многочисленных исследований выделены в восемь типовых зависимостей изнашивания автотракторных деталей в процессе эксплуатации (рис. 3.16) [14].

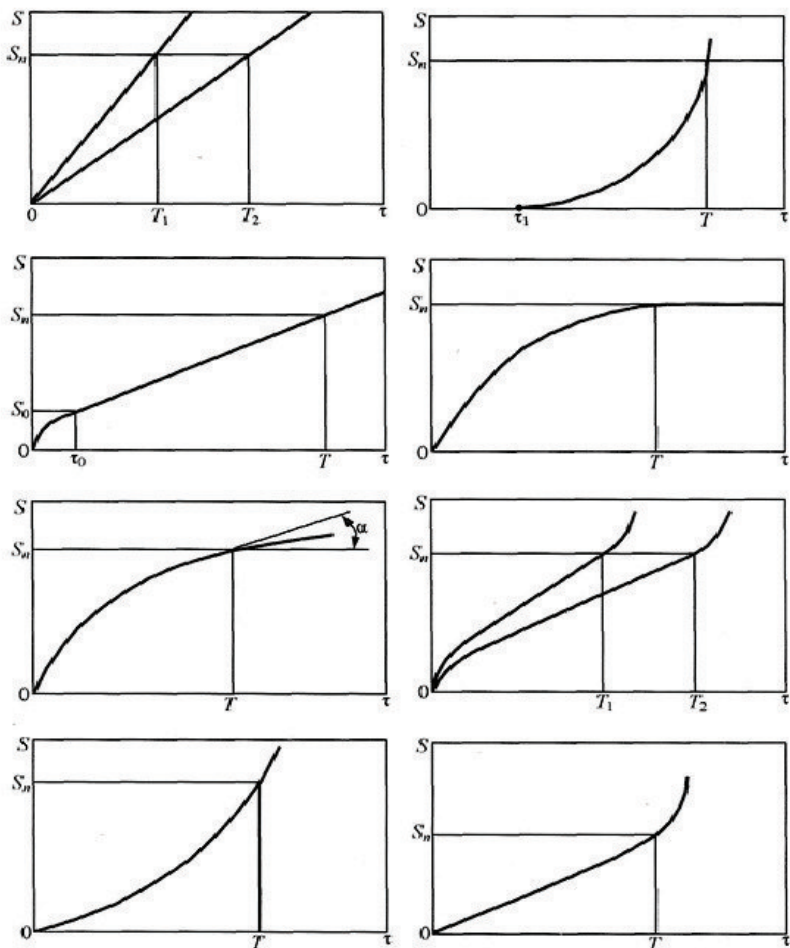


Рис. 3.16. Типовые зависимости изнашивания S деталей от наработки τ :

S_n – предельно допустимый износ; T – наработка на отказ; τ_0 – длительность этапа приработки; τ_1 – период отсутствия износа

Такое многообразие типовых видов изменения структурных и диагностических параметров объясняется многочисленными конструктивными, технологическими и эксплуатационными факторами, а также качеством применяемых материалов (рис. 3.17) [14]. Эти причины приводят к неравномерному изнашиванию сопряжений и пар трения ЦПГ, КШМ, ГРМ, ТНВД, форсунок и других элементов систем топливоподачи и зажигания, а

значит к неравномерности параметров, рабочих процессов, угловой скорости коленчатого вала и эффективной мощности двигателя.

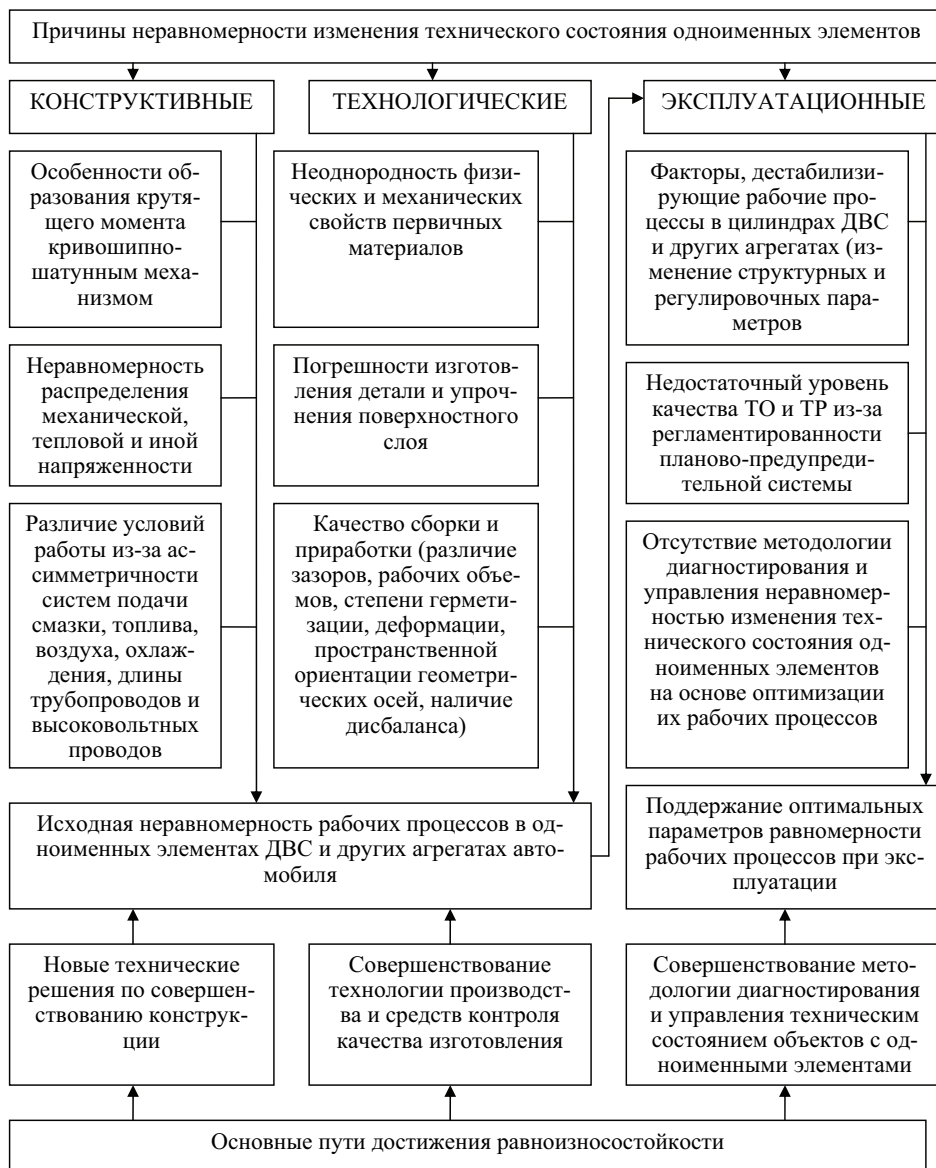


Рис. 3.17. Причинно-следственные связи изменения технического состояния одноименных элементов ДВС

При эксплуатации, кроме этого, неравномерности (рассеивание) изнашивания сопряжений в значительной мере зависят также от качества регулировки, например, «тепловых» зазоров ГРМ. Поэтому, помимо конструк-

тивных и технологических факторов производства ДВС, определяющих исходную неравномерность технического состояния его одноименных сопряжений, на дальнейшее развитие этой неравномерности оказывает влияние сфера технической эксплуатации, главным образом через качество выполнения работ по ТО и ТР.

Любая деталь в силу специфики взаимодействия с другой изнашивается неравномерно по поверхности контакта. Однако каждая из них имеет характерную только для данного типа одноименных сопряжений форму естественного изнашивания, в которой выделяется зона преобладающего износа, лимитирующая их износостойкость и ресурс. Хорошо известны типичные эпюры износа (например, гильз цилиндров, шеек коленчатого вала и зубьев шестерен) по окружности и образующей, из которых видно, что максимальный износ гильз цилиндров находится в месте остановки первого компрессионного кольца при положении поршня в ВМТ в плоскости, перпендикулярной к оси коленчатого вала; шейки коленчатого вала имеют овальность, а величина износа верхних вкладышей больше чем нижних в шатунных подшипниках и наоборот, износ верхних вкладышей меньше, чем нижних – в коренных; у ведущих конических и цилиндрических шестерен редуктора увеличенный износ головок зубьев, а у ведомых – ножек зубьев.

Проблема исходной и эксплуатационной неравномерности параметров компрессионных свойств ЦПГ, КШМ, ТНВД и угловых перемещений коленчатого вала настолько важна для надежной работы систем, что уже на стадии проектирования необходимо закладывать электронные адаптивные системы управления двигателем.

Для некоторых элементов автомобиля нормативно-технической документацией предусмотрены допустимые показатели технического состояния (табл. 3.7, 3.8) [14].

Таблица 3.7

Параметры неравномерности технического состояния одноименных элементов ДВС

Параметр	Единица измерения	Допустимое значение
Неравномерность значений компрессии по цилиндрам двигателя: - карбюраторный - дизельный	МПа/м ²	0,1 0,2
Отличие частоты вращения коленчатого вала при последовательном отключении цилиндров	мин ⁻¹	75
Неравномерность цикловой подачи топлива ТНВД	%	4-5
Асинхронизм искрообразования	град	3
Разность пробивного напряжения по свечам зажигания	кВ	2
Отличие плотности электролита по АКБ	г/см ³	0,01
Разность тормозных усилий на колесах одной оси	%	18-20
Неравномерность износа шин спаренных колес (по высоте протектора)	мм	3

Допустимые отклонения размеров и параметров элементов двигателей ЗМЗ при изготовлении и эксплуатации

Наименование параметра	Единица измерения	Значение	
		номинальное	предельное в эксплуатации
Диаметр цилиндров (5 групп через 0,012 мм)	мм	92,0 ^{+0,084} _{-0,024}	92,15
Диаметр поршней (5 групп)	мм	92,0 ^{+0,084} _{-0,024}	91,9
Радиус кривошипа, r	мм	46±0,050	
Длина шатуна, $L_{ш}$	мм	168±0,050	
Зазоры в коренных подшипниках, S_k	мм	0,026-0,083	0,230
Зазоры в шатунных подшипниках, $S_{ш}$	мм	0,026-0,077	0,260
Зазор в сопряжении «палец-верхняя втулка шатуна», $S_{тш}$	мм	0,0045-0,0095	0,03
Зазор в сопряжении «поршневой палец-поршень»	мм	0	0,015
Разность: - высоты гильз - выступание гильзы над плоскостью блока цилиндров	мм	0,66 0,08	- -
Объем камеры сгорания V_c : ЗМЗ 402.10, -24Д ЗМЗ4021.10, -2401, -53	см ³	75,5±1,5 96±2,0	- -
Разность объемов V_c , не более	см ³	2,0	-
Отклонение угла между кривошипами коленчатого вала, γ	мин	±15	-
Неравномерность распределения топливоздушной смеси по цилиндрам: - количественная - качественная	%	15 40	- -
Пропускная способность жиклеров карбюратора	%	±1,5±4,5	-
Допуск по расходу топлива на эталонных режимах	%	6-8	12-15

Первопричиной флуктуации изнашивания одноименных деталей является неизбежная неоднородность их материалов и несовершенство технологии изготовления. В агрегатах и узлах сложных механических систем типа ДВС и трансмиссия, имеющих одноименные элементы, на неравномерность изнашивания влияют не только погрешности изготовления деталей (отклонение размеров и геометрической формы в пределах допуска), но и качество сборки.

Различные сочетания величин исходных зазоров, деформаций несущих элементов (головок блока, гильз цилиндров, коренных опор коленчатого вала), массы подвижных деталей или смещения геометрических осей одноименных сопряжений по-разному сказываются на условиях работы, а

следовательно, на долговечности и технико-экономических показателях агрегата.

3.2.3. Основные структурные параметры ЦПГ, КШМ, ГРМ и системы подачи топлива

Основные структурные параметры ДВС, связанные с его функционированием приведены на рис. 3.18.

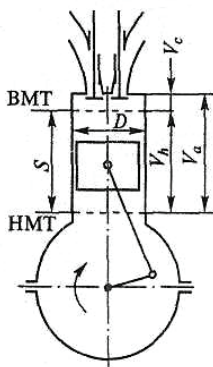


Рис. 3.18. Основные параметры двигателя:
S, D, V_h, V_c, V_a – структурные параметры

Верхняя мертвая точка (ВМТ) – крайнее верхнее положение поршня. В этой точке поршень наиболее удален от оси коленчатого вала.

Нижняя мертвая точка (НМТ) – крайнее нижнее положение поршня. Поршень наиболее приближен к оси коленчатого вала.

В мертвых точках поршень меняет направление движения, и его скорость равна нулю.

Ход поршня (S) – расстояние между мертвыми точками, проходимое поршнем в течение одного такта рабочего цикла двигателя.

Каждому ходу поршня соответствует поворот коленчатого вала на угол 180° (пол-оборота).

Такт – часть рабочего цикла двигателя, происходящего при движении поршня из одного крайнего положения в другое.

Рабочий объем цилиндра (V_h) – объем, освобождаемый поршнем при его перемещении от ВМТ до НМТ.

Объем камеры сгорания (V_c) – объем пространства над поршнем, находящимся в ВМТ.

Полный объем цилиндра (V_a) – объем пространства над поршнем, находящимся в НМТ:

$$V_a = V_h + V_c$$

Рабочий объем (литраж) двигателя – сумма рабочих объемов всех цилиндров двигателя, выраженная в литрах (см³).

Степень сжатия (ε) – отношение полного объема цилиндра V_a к объему камеры сгорания V_c, т. е.

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

Степень сжатия показывает, во сколько раз сжимается смесь в цилиндре двигателя при ходе поршня из НМТ в ВМТ.

При повышении степени сжатия увеличивается мощность двигателя и улучшается его экономичность.

Однако повышение степени сжатия ограничено качеством применяемого топлива и увеличивает нагрузки на детали двигателя.

Основными структурными параметрами ЦПГ являются (рис. 3.19): зазоры «поршень-цилиндр» (S_4), зазор между поршнем и кольцом по высоте канавки (S_5), зазор в стыках поршневых колец или соответствующие им функциональные зависимости. Для снижения трения предусмотрен выбор материалов, марганцево-фосфатное покрытие и технологии изготовления, позволяющие повысить давление газов в цилиндре до 220-250 бар.

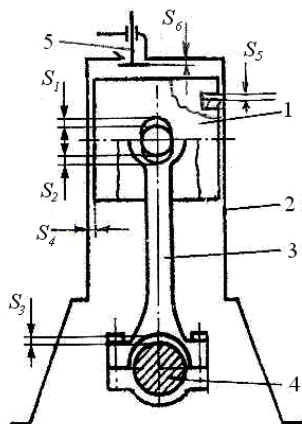


Рис. 3.19. Схема перемещений нижней головки шатуна и поршня:
1 – поршень; 2 – цилиндр корпуса двигателя (блок цилиндров); 3 – шатун; 4 – подшипниковый узел скольжения коленчатого вала; 5 – клапаны (впускные и выпускные); $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ – структурные диагностические параметры

зазоры в подшипниковых узлах двигателя и трущиеся поверхности деталей насоса, системы смазки.

Основными методами диагностирования КШМ являются компрессия, цвет отработавших газов (ОГ), падение мощности, продукты износа в масле, состав ОГ, уровни вибрации.

Структурными параметрами ГРМ являются: разрегулирование механизмов газораспределительной системы, нарушение зазоров между рычагами и кулачками распределительного вала (1, рис. 3.20; 1, 10, рис. 3.21); обгорание, засорение или деформация (износ) клапанов (параметр S_6 на рис. 3.19; клапан 3, 4, рис. 3.21); ослабление (усадка), поломка клапанных пружин (2, рис. 3.20; 5, 7, рис. 3.22); износ распределительных шестерен, рабочих поверхностей привода клапанов и кулачков; износ клапанов, седла клапанов; уменьшение натяжения ремней, цепи и их износ (16, рис. 3.20); температурные изменения размеров толкателей, штанг и коромысел (1, рис. 3.22, а; 6, рис. 3.22, б), которые приводят к неплотному прилеганию клапанов, характерному металлическому стуку и повышенному износу деталей ГРМ. Пределы регулировки тепловых зазоров для впускных клапанов – от 0,15 до 0,25 мм, для выпускных – от 0,20 до 0,35 мм и более. Гид-

равлические компенсаторы зазоров в системе ГРМ обеспечивают его безударную работу и полное закрытие клапанов.

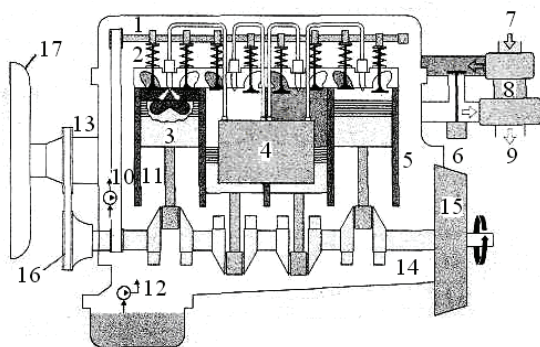


Рис. 3.20. Четырехтактный дизельный двигатель без вспомогательных агрегатов с микропроцессорным управлением

15 – маховик; 16 – привод (ремень, цепь); 17 – вентилятор.

На рис. 3.20 приняты следующие обозначения: 1 – распределительный вал; 2 – клапан с пружиной; 3 – поршень; 4 – система впрыска; 5 – цилиндр; 6 – система рециркуляции ОГ; 7 – впускной трубопровод; 8 – нагнетатель воздуха (турбонагнетатель); 9 – выпускной коллектор; 10 – система охлаждения; 11 – шатун; 12 – система смазки; 13 – блок цилиндров; 14 – коленчатый вал; 15 – маховик; 16 – привод (ремень, цепь); 17 – вентилятор.

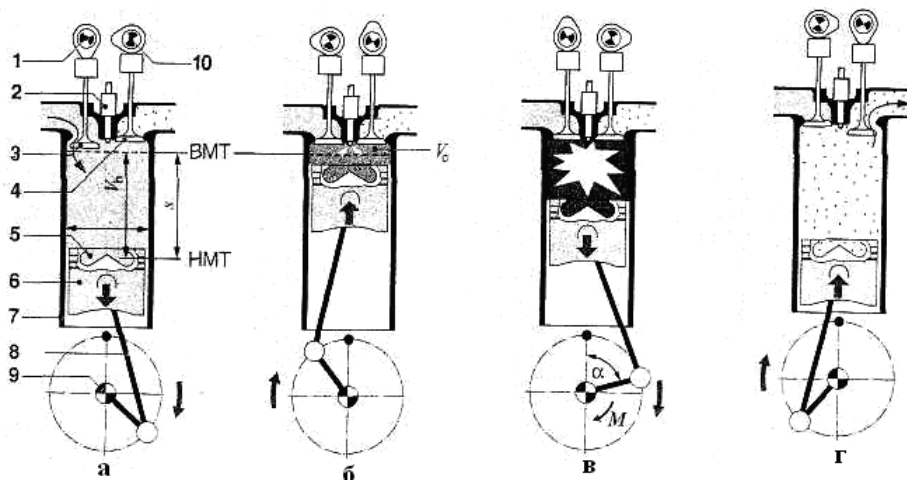


Рис. 3.21. Рабочий цикл четырехтактного дизеля:

1 – впускной распределительный вал; 2 – форсунка; 3 – впускной клапан; 4 – выпускной клапан; 5 – выемка в днище поршня; 6 – поршень; 7 – стенка цилиндра; 8 – шатун; 9 – коленчатый вал; 10 – выпускной распределительный вал; α – угол поворота коленчатого вала; d – диаметр цилиндра; M – крутящий момент; s – ход поршня; V_c – объем камеры сгорания; V_h – рабочий объем; ВМТ – верхняя мертвая точка поршня; НМТ – нижняя мертвая точка поршня

Основными структурными параметрами топливной системы, системы охлаждения двигателя и нагнетания воздуха являются: износ трущихся поверхностей вентилятора, топливного насоса, насосов системы охлаждения и

смазки; засорение и загрязнение проходных отверстий фильтров (8, рис. 3.20; 4, рис. 3.23), форсунок подачи и распыления топлива (2, рис. 3.21); износ прецизионных плунжерных пар насосов и форсунок (рис. 3.22).

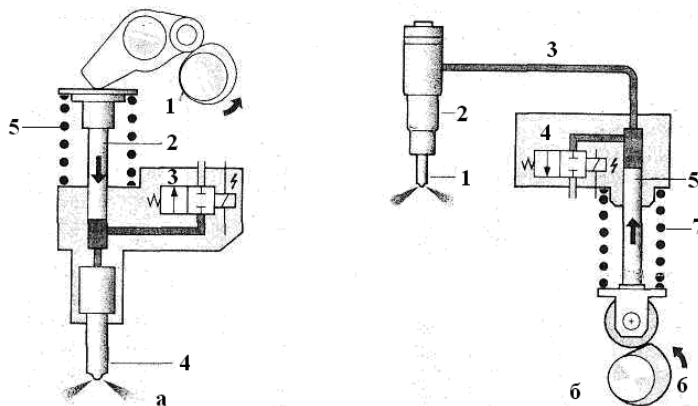


Рис. 3.22. Насос-форсунка (а) и индивидуальный ТНВД с электромагнитным клапаном:

а: 1 – кулачок привода ТНВД; 2 – плунжер; 3 – электромагнитный клапан высокого давления; 4 – распылитель форсунки; 5 – пружина; **б:** 1 – распылитель форсунки; 2 – форсунка; 3 – магистраль высокого давления; 4 – электромагнитный клапан высокого давления; 5 – плунжер; 6 – кулачок привода; 7 – пружина

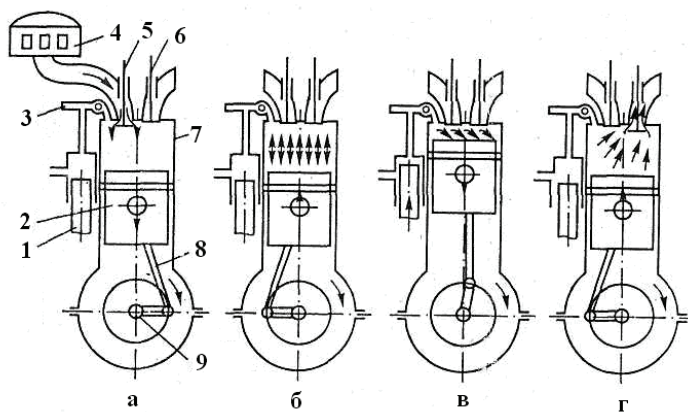


Рис. 3.23. Схема рабочего процесса четырехтактного дизеля:

а – впуск; б – сжатие; в – рабочий ход; г – выпуск; 1 – топливный насос; 2 – поршень; 3 – форсунка; 4 – воздушный фильтр; 5 – впускной клапан; 6 – выпускной клапан; 7 – цилиндр; 8 – шатун; 9 – коленчатый вал

3.2.4. Причины неравномерности изменения структурных параметров ЦПГ

Измерения мощности механических потерь двигателей и трансмиссии у партии новых автомобилей «Волга» ГАЗ-2410 показали, что их отличия достигают 70%. Вариация величины потерь на трение в двигателях сопоставима с вариацией износов одноименных элементов их ЦПГ и КШМ. В начальный после приработки период (8-20 тыс. км) различия средних величин износа по каждому из двигателей составляли от 10 до 40 %, а в некоторых ДВС неравномерность изнашивания одноименных элементов КШМ достигала 10-55%, ЦПГ – 29-100%. Подобные отклонения характерны для других моделей автотракторных двигателей, а также одноименных элементов ТНВД, свечей зажигания, ходовой части, шин и АКБ [14].

Исходная неравномерность структурных и рабочих параметров ДВС определяется случайными величинами размеров (в пределах допусков) деталей, зазоров в сопряжениях КШМ, ЦПГ и объемов камер сгорания в головке блока цилиндров.

Суммирование накопленных погрешностей изготовления и сборки элементов КШМ показывает, что разность возможных величин зазоров между головкой блока и днищем поршня по отдельным цилиндрам двигателей составляет от 0 до 0,41 мм, что соответствует рассеянию степени сжатия ΔE по цилиндрам двигателя ЗМЗ 402.10, -24Д на 0,4 ед. ($\pm 0,2$ ед.), для ЗМЗ 4021.10, -2401, -53 $\Delta E=0,3$ ед. В двигателях ВАЗ-2108 поле допуска ΔE оказалось равным 0,6 ед. ($\pm 0,3$ ед.). Зависимость интенсивности изнашивания цилиндров ДВС от степени сжатия близка к линейной, разность степени сжатия на 0,1 единицы вызывает различия в значениях интенсивности износа цилиндров на 2-3 %. В дизельных и мощных карбюраторных двигателях отклонения степени сжатия по отдельным цилиндрам могут быть выше 0,6 ед. Реальная геометрическая степень сжатия в новых ДВС находится в пределах 15,5-17,6, причем только у 60% дизелей она составляет наиболее желаемую величину 16,5-17,0 [5].

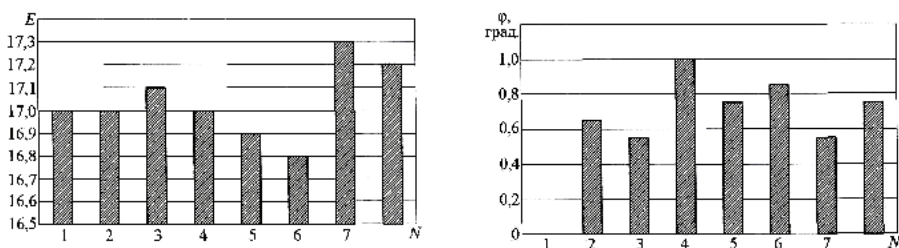


Рис. 3.24. Геометрические показатели степени сжатия E и смещение углов поворота коленчатого вала ϕ между ВМТ в цилиндрах двигателя 8ЧН 12/12

Применительно к двигателю 8ЧН 12/12 (КамАЗ-7403), у которого технические условия на изготовление деталей КШМ более жесткие, фактические различия геометрических параметров по объемам камер сгорания и степени сжатия между цилиндрами превысили 3%, а по углам поворота ко-

ленчатого вала между ВМТ – 1% (рис. 3.24) [14]. Разброс между индикаторными показателями отдельных цилиндров достигает 20% и более. В табл. 3.9 приведены параметры рабочих процессов (с абсолютной погрешностью не более 0,05%) по результатам сравнения 100 индикаторных диаграмм последовательных циклов при одновременном индицировании всех цилиндров дизельного двигателя 8ЧВН-15/16.

Таблица 3.9

Значения максимального давления сгорания P_{zmax} , насосных ходов $P_{н.х}$, индикаторного P_i (МПа) и их неравномерности по цилиндрам двигателя 8ЧВН 15/16

Параметр	Номер цилиндра двигателя								Относительная неравномерность, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	
P_{zmax}	9,87	10,09	9,51	10,10	9,61	11,00	8,75	9,45	23,0
$P_{н.х}$	-0,059	-0,082	-0,076	-0,065	-0,084	-0,042	-0,079	-0,087	62,5
P_i	1,120	1,169	1,146	1,237	1,051	1,175	1,086	1,143	16,3

У двигателей, прошедших капитальный ремонт, неравномерность структурных и рабочих параметров, как правило, больше, что подтверждается данными, представленными в табл. 3.10 [14]. Только у одного (№ 4) надпоршневой зазор во всех цилиндрах не превышал допустимых 0,3 мм. В этом двигателе максимальная разность степени сжатия между 2 и 6 цилиндрами составила $\Delta E=0,07$ ед.; в первом и третьем двигателях $\Delta E=0,45$, а во втором (между 1 и 6 цилиндрами) неравномерность ΔE превысила 0,5. В соответствии с показателями степени сжатия у представленных двигателей изменялся и расход топлива. По остальным шести ДВС, не указанным в таблице, результаты замеров были аналогичными и свидетельствуют о широком диапазоне изменения степени сжатия по цилиндрам [33].

Помимо технологических причин, другим существенным фактором неравномерного изнашивания одноименных деталей ДВС являются различия условий работы каждой из них из-за несовершенства конструкции систем смазки, охлаждения, воздухо- и топливоподачи. При одинаковых технологических погрешностях интенсивность изнашивания ЦПГ автотракторных двигателей в крайних цилиндрах выше, чем в средних, из-за более контрастного режима охлаждения поверхности гильз, по сравнению со средними цилиндрами, и значительной доли проникающих в них абразивных частиц, находящихся в воздушно-топливной смеси.

Значения износа одноименных элементов ЦПГ других ДВС также отличаются высокой неравномерностью, а коэффициент их вариации превышает 0,6. В качестве примера на рис. 3.25 представлены графики износа цилиндров и поршневых колец тракторного дизеля иностранного производства мощностью $N_e=27,7$ кВт при $n=1900$ мин⁻¹. Как видно из рисунка, неравномерность изнашивания (разность между максимальной и минимальной

величинами износов одноименных деталей) элементов ЦПГ двигателя в процессе эксплуатации увеличивается. При этом каждый элемент сохраняет свою позицию по интенсивности изнашивания, установившуюся после приработки.

Таблица 3.10

Неравномерность структурных и рабочих параметров цилиндров двигателей ЯМЗ-236, прошедших капитальный ремонт

Зазор между днищем поршня и плоскостью блока, мм								Высота прокладки, мм	Зазор, мм	Средняя степень сжатия, E	Расход топлива, г/кВт·час
Номера цилиндров											
Номер ДВС	1	2	3	4	5	6	средний				
1	0,40	0,42	0,64	0,35	0,60	0,64	0,5	1,3	1,8	15,7	273
2	0,58	0,38	0,37	0,42	0,35	0,28	0,4	1,3	1,7	15,84	252
3	0,14	0,22	0,34	0,41	0,28	0,18	0,26	1,3	1,56	16,07	249
4	0,16	0,13	0,25	0,23	0,18	0,27	0,2	1,3	1,5	16,16	241

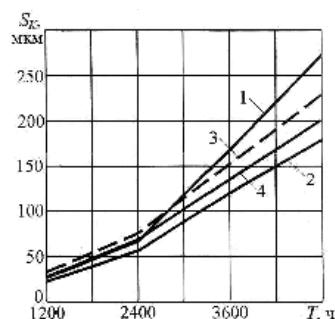
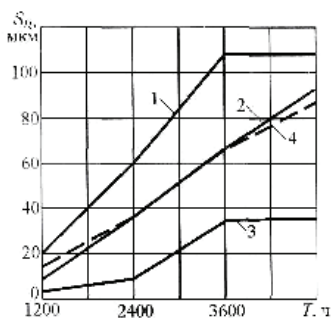


Рис. 3.25. Зависимость износа цилиндров S_n и поршневых колец S_k двигателя от наработки T :
1-4 – номера цилиндров

Существует тенденция к уменьшению неравномерности изнашивания гильз цилиндров на заключительном этапе эксплуатации, то есть индивидуальные отличия каждого цилиндра по качеству изготовления и величине деформации при сборке двигателя несколько сглаживаются.

3.2.5. Причины неравномерного изменения структурных параметров КШМ и механизмов топливных систем

Расположение и порядок работы цилиндров двигателя, особенности размещения маслоподводящих каналов системы смазки являются конструктивными факторами, определяющими неравномерность изнашивания под-

шипников коленчатого вала. Известно, что нагруженность шатунных подшипников рядных двигателей выше, чем коренных. Для V-образных, наоборот, коренные опоры являются более нагруженными. Учитывая, что износ шатунных подшипников равномернее (рис. 3.26) [14], а допустимые зазоры в них выше, чем в коренных, то для большинства автотракторных двигателей ресурс коленчатого вала до ремонта определяется износом коренных подшипников.

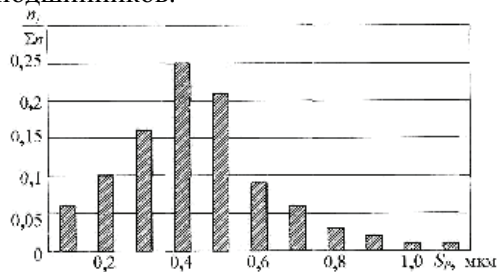


Рис. 3.26. Неравномерность скорости износа коренных и шатунных подшипников двигателя 4Ч 12/10,5

передаваемых на кривошип коленчатого вала в соответствии с порядком работы цилиндров. Для V-образных восьмицилиндровых двигателей со смещенным левым рядом цилиндров уменьшение неравномерности распределения усилий на коренные подшипники может быть достигнуто изменением порядка работы цилиндров с традиционного 1-5-4-2-6-3-7-8 на 1-5-7-2-6-3-4-8 или 1-3-7-2-6-5-4-8 на 1-5-4-8-6-3-7-2 для двигателей со смещенным вперед правым рядом цилиндров. Это позволит разгрузить максимально нагруженный четвертый коренной подшипник на 8-10%.

Однако в большинстве случаев интенсивно изнашивающийся элемент в цепи одноименных звеньев занимает разные места из-за стохастичности уровня воздействия и взаимодействия факторов, влияющих на изменение технического состояния конкретного сопряжения. С равной вероятностью отказа работают плунжерные пары ТНВД, форсунки и многие другие одноименные детали. Так, например, выводы по результатам статистического анализа неравномерности изнашивания кулачков распределительных валов, отличающихся по конструкции двигателей ЗМЗ, ЗИЛ, КамАЗ, ВАЗ с пробегом свыше 80 тыс. км оказались примерно одинаковыми. По каждой модели двигателя были микрометрированы 70-120 распределительных валов. Лишь 1/6 часть из них отвечала техническим требованиям. Основная причина выбраковки – повышенный износ одного, двух, реже трех кулачков. Для всех двигателей характерен повышенный износ кулачков выпускных клапанов, работающих в более напряженных нагрузочном и тепловом режимах. Из 110 обследованных распределительных валов двигателей ЗМЗ 4Ч 9,2/9,2 с пробегом около 100 тыс. км максимальные износы приходились на кулачки выпускных клапанов – 59%, впускных клапанов – 23%. Чаще максимальный износ имели кулачки выпускных клапанов IV (22%) и I (14%) цилиндров. У других шести кулачков вероятность максимального изнашивания была

Отмеченный многими исследователями преобладающий износ средних коренных подшипников коленчатого вала двигателей ЗИЛ-120, ЗИЛ-130, ЗМЗ-53, ЗМЗ-24, УАЗ-450, Д-37Е, СМД-14, КамАЗ-740 вызван тем, что они имеют наибольшую нагруженность. Отличия нагрузок на коренные опоры достигают 40% и определяются сочетанием газовых и инерционных сил, пе-

практически равной ($P \approx 0,1$), а 16 распределительных валов (15%) имели допустимые износы менее 0,6 мм по высоте по всем кулачкам, что указывает на реальность достижения равностойкости изнашивания данной номенклатуры деталей.

Дестабилизация рабочих процессов, связанная с несовершенством систем питания, зажигания, газораспределительного механизма и несоответствием их регулировочных параметров оптимальным, приводят к тому, что мощность отдельных цилиндров может отличаться на 20%.

Из 132 двигателей Д-50, СМД-14, обследованных с индицированием всех цилиндров, у 60% ДВС неравномерность индикаторного давления в цилиндрах составляла 15-25%, максимального давления сгорания – 15-30%, средней температуры за такт расширения – 17-30%. Около 30% двигателей имели неравномерность скорости нарастания давления по цилиндрам от 20 до 60% [14].

Повышенные значения средней скорости нарастания давления, температуры сгорания, пониженные значения максимального давления сгорания, как правило, вызваны неэффективным процессом сгорания топлива в связи с ранними или поздними углами опережения начала подачи топлива, неудовлетворительным качеством его распыливания или нарушенной герметичностью камер сгорания. Эти причины вызывают форсированный износ цилиндропоршневой группы (рис. 3.27) [14] и кривошипно-шатунного механизма. Наибольшее влияние на интенсивность изнашивания оказывает комплексное нарушение регулировочных параметров.

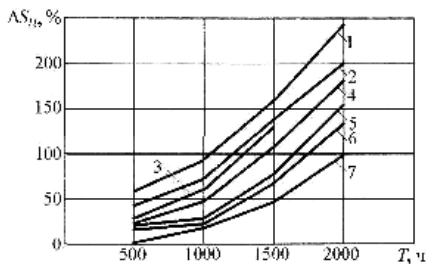


Рис. 3.25. Зависимость относительной величины износа $\Delta S_{и}$ двигателя Д-50 от наработки T и значений отклонений регулируемых параметров

1 – угол начала подачи топлива уменьшен на 29%; 2 – угол начала подачи топлива увеличен на 21%; 3 – угол начала подачи топлива увеличен на 21%; 4 – угол начала подачи топлива уменьшен на 29%; 5 – цикловая подача топлива увеличена на 22,5%; 6 – давление впрыска топлива уменьшено на 40%; 7 – при номинальных значениях всех регулируемых параметров.

На рис. 3.27 линии графика обозначены: 1, 2 – соответственно при уменьшенном на 29% и увеличенном на 21% углах начала подачи топлива при одинаковых других нарушениях увеличенной цикловой подачи топлива на 22,5% и уменьшенном давлении впрыска на 40%; 3 – угол начала подачи топлива увеличен на 21%; 4 – угол начала подачи топлива уменьшен на 29%; 5 – цикловая подача топлива увеличена на 22,5%; 6 – давление впрыска топлива уменьшено на 40%; 7 – при номинальных значениях всех регулируемых параметров.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается скоростная характеристика двигателя?
2. Как получают внешнюю скоростную характеристику двигателя?
3. При каком режиме работы двигателя получают его тягово-скоростную характеристику?
4. Зачем диагностику нужны значения внешней скоростной характеристики конкретного двигателя?

5. Как выражается графически заводская характеристика мощности двигателя и какие допустимые значения ее снижения?

6. Какие виды неисправностей может определить диагност по полученной частотной скоростной характеристике?

7. Какой типовый вид имеет износная характеристика пары трения в жизненном цикле?

8. Какие причины неравномерного изнашивания одноименных деталей ЦПГ, КШМ, ГРМ, форсунок?

9. Как влияет неравномерное изнашивание одноименных деталей двигателя на неравномерность рабочих процессов, угловую скорость коленчатого вала, систему подачи топлива и работу форсунок?

10. Какие конструктивные, технологические и эксплуатационные причины неравномерности изменения технического состояния одноименных элементов топливной системы?

11. Какая цель преследуется при назначении допустимых значений параметров в нормативно-технической документации?

12. Какая необходимость уже на стадии проектирования закладывать электронные адаптивные системы управления двигателем?

13. Какие причины неравномерности структурных параметров ЦПГ, КШМ, ГРМ?

3.3. Диагностические параметры расхода топлива двигателя

3.3.1. Основные конструктивные и эксплуатационные параметры, влияющие на расход топлива

Расход топлива определяет топливную экономичность автомобиля и является диагностическим параметром технического состояния автомобиля. Расход топлива автомобиля зависит от его конструктивного совершенства, технического состояния, КПД автомобиля, квалификации водителя, дорожно-климатических условий эксплуатации и организации транспортного процесса. В общем случае на расход топлива оказывают влияние 30 различных конструктивных и более 10 эксплуатационных параметров. Некоторые из этих параметров приведены на рис. 3.28.

Рассмотрим влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на топливную экономичность автомобиля.

Тип двигателя. Автомобили с дизелями экономичнее, чем с бензиновыми двигателями: расход топлива у автомобилей с дизелями на 25-30% меньше.

Бензиновый двигатель обеспечивает лучшие тягово-скоростные свойства автомобиля, чем дизель, при аналогичных условиях и режимах движения. Это связано с формой внешней скоростной характеристики указанных двигателей.

На рис. 3.29 представлен график мощностного баланса одного и того же автомобиля с различными двигателями: с бензиновым (кривая N'_T) и дизелем (кривая N''_T). Значения максимальной мощности N_{max} и скорости v_N при максимальной мощности для обоих двигателей одинаковы.

Из рис. 3.30 [1] видно, что бензиновый двигатель имеет более выпуклую внешнюю скоростную характеристику, чем дизель. Это обеспечивает ему больший запас мощности ($N'_3 > N''_3$) при одной и той же скорости, на-

пример при скорости v_1 . Следовательно, автомобиль с бензиновым двигателем может развивать большие ускорения, преодолевать более крутые подъемы и буксировать прицепы большей массы, чем автомобиль с дизелем. У бензиновых двигателей увеличение (запас) крутящего момента достигает 30%, а у дизеля – 15%.



Рис. 3.28. Конструктивные и эксплуатационные параметры автомобиля, оказывающие влияние на расход топлива

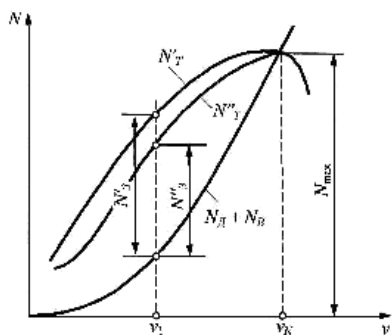


Рис. 3.29. График мощностного баланса автомобилей с разными двигателями:

N'_T — бензиновый двигатель; N''_T — дизель; N'_3, N''_3 — соответствующие значения запаса мощности при скорости автомобиля

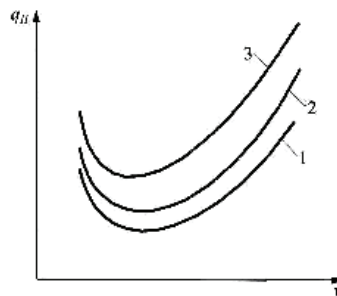


Рис. 3.30. Зависимости расхода топлива от скорости движения автомобиля при различной температуре охлаждающей жидкости в системе охлаждения автомобиля:
1 — 95 °C; 2 — 75 °C; 3 — 65 °C

Техническое состояние двигателя. Ухудшение технического состояния двигателя приводит к повышению расхода топлива. Неисправности в системах питания и зажигания двигателя также вызывают перерасход топлива. Так, например, неисправность карбюратора увеличивает расход топлива на 10-15%, неправильная регулировка холостого хода — на 15-20%, подгорание или замасливание свечей — на 1-10%, а наличие одной неработающей свечи зажигания — на 20-25%.

Тепловой режим двигателя. При чрезмерном охлаждении двигателя топливная экономичность автомобиля снижается, так как часть топлива поступает в цилиндры не в газообразном состоянии и не сгорает при рабочем ходе. Так, при снижении температуры охлаждающей жидкости с 95 °C, при которой двигатель имеет наилучшие показатели по экономичности, до 65 °C путевой расход топлива увеличивается на 15-25% (рис. 3.30).

Техническое состояние шасси. Ухудшение технического состояния шасси вызывает увеличение расхода топлива. Например, неправильная регулировка тормозных механизмов, главной передачи и затяжки подшипников ступиц колес приводит к перерасходу топлива на 10-20%, нарушения в установке управляемых колес и пониженное давление воздуха в шинах — на 10-15% (рис. 3.31), неполное выключение или пробуксовка сцепления — на 5-6%.

Указанный перерасход топлива про исходит вследствие уменьшения коэффициента полезного действия трансмиссии и возрастания сопротивления движению автомобиля.

Сопротивление дороги. При увеличении сопротивления дороги расход топлива возрастает. Так, например, при движении в тяжелых дорожных условиях используются низшие передачи. При этом передаточное число трансмиссии увеличивается, а степень использования мощности двигателя уменьшается. В результате расход топлива повышается.

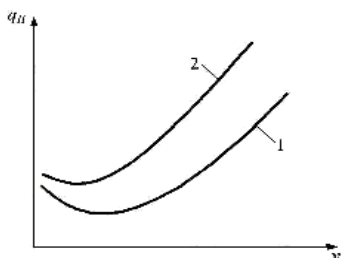


Рис. 3.31. Изменение расхода топлива в зависимости от скорости движения автомобиля при различном давлении воздуха в шинах:

1 – 0,3 МПа; 2 – 0,2 МПа

по методу «разгон-накат» общий расход топлива может быть меньше или больше, чем при равномерном движении. Данный режим движения заключается в интенсивном разгоне на высшей передаче до определенной скорости и последующем движении накатом со снижением скорости до определенного значения. При этом цикл «разгон-накат» периодически повторяется. При разгоне расход топлива растет, а при накате уменьшается. Такой метод движения приводит к интенсивному износу двигателя и трансмиссии и усложняет работу водителя, так как он больше утомляется. Кроме того, при движении накатом двигатель работает на режиме холостого хода, что приводит к повышенному содержанию оксида углерода в отработавших газах.

Условия движения. При увеличении числа остановок расход топлива возрастает вследствие затрат энергии на торможение до полной остановки, трогание с места и последующий разгон.

Квалификация водителя. При работе в одинаковых условиях (тип дороги, автомобиля и др.) у водителей различной квалификации разница в расходе топлива достигает 20%.

Сорт топлива и масла. Использование бензина с малым октановым числом приводит к перерасходу топлива на 15-20%. При применении некачественного масла расход топлива увеличивается на 8% из-за интенсивного образования нагара в цилиндрах двигателя и увеличения трения [1].

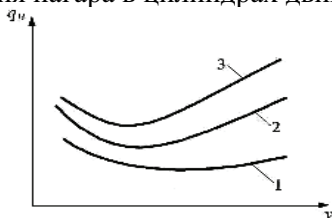


Рис. 3.32. Зависимости путевого расхода топлива от скорости движения автомобиля при использовании шин различного типа:

1 – широкопрофильных; 2 – тороидальных (обычных); 3 – арочных

апазоне эксплуатационных скоростей движения (рис. 3.32).

Нагрузка на автомобиль.

При увеличении нагрузки на автомобиль расход топлива возрастает.

Режим движения. При разгоне автомобиля увеличение скорости движения вызывает возрастание сил сопротивления движению и расхода топлива.

При торможении расход топлива повышается вследствие затрат энергии на торможение и последующий разгон.

При импульсивном движении

по сравнению с диагональными снижают расход топлива на 2-7%, так как имеют меньшее сопротивление качению. По сравнению с тороидальными шинами широкопрофильные шины уменьшают, а арочные увеличивают расход топлива во всем диапазоне эксплуатационных скоростей движения (рис. 3.32).

Высота над уровнем моря H существенно влияет на выходные эффективные показатели автомобильных двигателей внутреннего сгорания. С ее увеличением у всех двигателей падает мощность, так как снижается коэффициент наполнения цилиндров из-за уменьшения разницы атмосферного давления и давления, создаваемого в цилиндрах ДВС.

Установлены зависимости изменения атмосферного давления (P) и температуры окружающего воздуха ($t_{o,в}$) с изменением высоты над уровнем моря, которые учитываются при проектировании автомобиля:

$$P = P_0 \left(1 - \frac{H}{44300} \right)^{5,256} ;$$

$$t = t_0 - 0,065H,$$

где P и t – давление и температура на высоте H ; P_0 и t_0 – давление и температура на высоте уровня моря.

Наибольшее влияние H оказывает на эффективные показатели карбюраторных двигателей, меньшее – на дизельные двигатели без наддува и еще меньшее – на дизельные двигатели с наддувом. Это напрямую связано со способом наполнения цилиндров указанных типов ДВС (табл. 3.11).

Таблица 3.11

Изменение мощности различных типов автомобильных двигателей с изменением высоты над уровнем моря

Показатель	Высота H , м				
	0	1000	2000	3000	4000
1. Давление, кПа	120	89,7	70,3	70,2	61,8
2. Относительная плотность воздуха	1	0,91	0,82	0,72	0,67
3. Температура окружающего воздуха, °С	15	8,5	2	-4,5	-11
4. Снижение номинальной мощности двигателя, %					
ДД с наддувом	0	2	5	9	14
ДД без наддува	0	3,5	9	17	29
КД	0	17	34	47	57

Примечание. ДД – дизельные двигатели; КД – карбюраторные двигатели.

3.3.2. Влияние технического состояния и эксплуатационных условий на расход топлива

Количество расходуемого топлива может служить обобщенным критерием оценки технического состояния (пробега, наработки), износа деталей и остаточного ресурса.

Влияние функциональных скоростных и нагрузочных параметров, способа и степени использования мощности двигателя, условий эксплуатации и регулировочных характеристик двигателя приведены в подразделе 3.3.1.

Повышенный расход топлива является диагностическим параметром, характеризующим степень износа поршневых колец, поршней и цилиндров,

нарушение регулировки и повреждение приборов систем питания и зажигания, наличие смолистых отложений в системе питания и нагара на деталях двигателя, нарушение регулировки зазоров в газораспределительном механизме и т. д.

Изменение этих параметров определяется составом отработавших газов, индикаторным и механическим КПД двигателя. Однако параметры отработавших газов и КПД двигателя имеют недостаточную количественную связь с расходом топлива. При движении по городу расход топлива может увеличиться в два раза. Одним из показателей необходимости ТО и ТР двигателя считается увеличение расхода топлива до 15 л на 100 км пробега.

По составу отработавших газов (СО, СН, СО₂, О₂, NO_x) делают заключение о качестве рабочей смеси, качестве сгорания, правильности установки зажигания. Мотор-тестерами определяют динамическую компрессию, реальную производительность каждого цилиндра, фактический угол опережения зажигания, напряжение на лямбда-зонде, неисправность генератора и др.

Оценка технического состояния двигателя в реальном времени по отдельным структурным и функциональным параметрам с высокой достоверностью представляется сложным из-за трудности учета влияния различных эксплуатационных и климатических факторов, различного исходного технического состояния, неодинакового износа одноименных деталей и многих других факторов.

Поэтому общее техническое состояние двигателей оценивается по параметрам изменения мощности, расхода топлива, уровней вибрации, КПД двигателя и общего КПД автомобиля.

Контрольные вопросы

1. Каким параметром может быть расход топлива в двигателе?
2. Какие типы двигателей более экономичные, дизельные или бензиновые?
3. Какие конструктивные параметры влияют на расход топлива?
4. Какие эксплуатационные условия влияют на расход топлива?
5. Как влияет тепловой режим двигателя на топливную экономичность?
6. Какие неисправности в системе питания и зажигания вызывают перерасход топлива?
7. Какой параметр КПД, индикаторный или механический, более информативный при оценке расхода топлива?
8. Какие конструктивные и эксплуатационные параметры расхода топлива достаточно информативны, а какие менее информативны?

3.4. Диагностические параметры механических и газогидроаэродинамических систем двигателей

3.4.1. Основные диагностические параметры систем двигателей

Диагностирование двигателей в отдельности или в составе транспортного средства проводят для определения уровня показателей их эксплуатационных свойств: мощности, топливной экономичности, безопасности технической и экологической.

Для диагностирования структурных и функциональных параметров используется значительное количество сигналов, которые можно разделить на: механические, электрические, ультразвуковые, электромагнитные, газопневматические, гидравлические, оптические, вибрации, вакуума и др.

Основными диагностическими параметрами бензиновых и дизельных двигателей являются [13]:

- эффективность, мощность на коленчатом валу;
- мощность, затрачиваемая на прокручивание двигателя;
- удельный расход топлива;
- ускорение вращения коленчатого вала в режиме свободного разгона (выбега);
- давление в конце такта сжатия в цилиндрах двигателя;
- компрессионные свойства цилиндров;
- разность давления в конце такта сжатия между отдельными цилиндрами;
- свободный ход поршня относительно оси коленчатого вала;
- расход или падение давления сжатого воздуха, подаваемого в цилиндры;
- давление масла в главной масляной магистрали;
- расход масла на угар;
- давление масла в системе смазки подшипников;
- количество продуктов износа в масле (качественный состав и количество);
- уровень масла в картере двигателя;
- специфический запах отработавших газов;
- содержание СО в отработавших газах;
- цвет и дымность отработавших газов;
- содержание СН в отработавших газах;
- температура отработавших газов;
- минимальная устойчивая частота вращения коленчатого вала;
- изменение частоты вращения коленчатого вала при последовательном отключении каждого из цилиндров;
- разрежение во впускном трубопроводе;
- давление и расход топлива в системе подачи топлива;
- давление, создаваемое топливным насосом;
- амплитуда и форма колебаний давления топлива в гидравлическом аккумуляторе;
- расход топлива в системе слива;
- количество газов, прорывающихся в картер двигателя;
- уровень вибрации и шума двигателя и его отдельных узлов;
- температура охлаждающей жидкости и скорость ее изменения;
- установившаяся температура охлаждающей жидкости;
- скорость падения давления сжатого воздуха в системе охлаждения (при контроле герметичности);
- утечка охлаждающей жидкости;
- утечка (подтекание) масла;

- перепад температуры на входе и выходе теплообменника;
- давление (разрежение) срабатывания воздушного или парового клапана теплообменника;
- расход воздуха;
- частота вращения распределительного вала топливной системы;
- частота вращения коленчатого вала;
- начальный угол опережения зажигания;
- угол опережения зажигания, создаваемый центробежным или вакуумным регулятором;
- КПД индикаторный и механический;
- отклонение геометрии деталей (регуляторов, насосов, клапанов и др.) от заданной формы (овальности, конусности) и чистоты поверхности;
- зазоры, несоосности и перекосы в подвижных и «неподвижных» соединениях деталей;
- амплитудно-фазовые параметры угловой скорости коленчатого вала;
- продолжительность впрыскивания топлива;
- неравномерность рабочих процессов кинематически связанных элементов ЦПГ, КШМ, ГРМ, ТНВД;
- величина и неравномерность износа одноименных элементов ЦПГ, КШМ, ГРМ, ТНВД;
- форма и темп изменения давлений топлива в аккумуляторной системе топливоподачи;
- регулировочные изменения параметров сдвига по фазе, начальных значений углов опережения зажигания, впрыска, количества прохождения топлива, цикловая подача топлива ТНВД, неравномерность по составу смеси топлива и др.;
- скважность управляемого импульса на регуляторе давления топлива;
- форма управляемых сигналов (импульсов) на электромагнитных форсунках в режимах пуска и свободно ускорения двигателя;
- электрические величины переходных процессов в цепях системы зажигания, питания и электрооборудования;
- температура контактных соединений;
- сопротивление электрической цепи;
- параметры и величины тока и напряжения электрической цепи управления рабочими процессами;
- зазор между контактами прерывателя;
- угол замкнутого состояния контактов;
- падение напряжения на контактах прерывателя;
- напряжение аккумуляторной батареи;
- напряжение, ограничиваемое реле-регулятором;
- напряжение в сети электрооборудования;
- напряжение в первичной сети;
- напряжение во вторичной сети;
- пробивное напряжение на свечах зажигания;
- максимальное вторичное напряжение катушки зажигания;
- сопротивление в цепи электрооборудования;

- сила тока в цепи электрооборудования;
- электрическая емкость конденсатора;
- мощность генератора (стартера);
- частота вращения коленчатого вала при запуске двигателя;
- сила тока, потребляемая стартером;
- прогиб ремня вентилятора при заданном усилии.

Выбор диагностического параметра из приведенного перечня определяется типом и конструкцией конкретного двигателя.

Многие из названных структурных и функциональных диагностических параметров взаимосвязаны, проявляются как одновременно, так и в большом разнообразии изменений исходных состояний структурных параметров механических и управляемых систем двигателя.

Общее техническое состояние системы питания оценивается по расходу топлива и составу отработавших газов, которым отвечают следующие диагностические параметры: удельный расход топлива через жиклеры; уровень топлива в поплавковой камере; производительность топливного насоса и скорость падения давления топлива на выходе из насоса; загрязненность воздухоочистителя, определяемая по разрежению во впускном трубопроводе, содержанию оксида углерода в отработавших газах.

Наиболее существенные диагностические параметры двигателей (без учета устройств электронных систем показаны на рис. 3.33. Номинальные и предельные значения диагностических параметров некоторых дизельных двигателей приведены в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Основные параметры технического состояния дизелей

Параметр	Значения параметров для марок двигателей									
	ЯМЗ-238НБ		ЯМЗ-240НБ		Д-160		СМД-62		А-01М	
	Номинальные	Предельные	Номинальные	Предельные	Номинальные	Предельные	Номинальные	Предельные	Номинальные	Предельные
Эффективная мощность, кВт	147	140/ 157	220	206/ 235	118	110/ 127	121	115/ 129	95	90/ 102
Расход топлива, кг/ч	37	35/ 40	53	50/ 56	30	28/ 33	32	30/ 34	26	24/ 28
Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)	232		266		250		266		266	
Средняя норма расхода топлива, кг/моточас	22		31		14		13		11	
Давление сжатия в цилиндре, МПа	2,8	1,4	2,8	1,4	2,8	1,5	2,9	1,6	2,9	1,6

Параметр	Значения параметров для марок двигателей									
	ЯМЗ-238НБ		ЯМЗ-240НБ		Д-160		СМД-62		А-01М	
	Номинальные	Предельные	Номинальные	Предельные	Номинальные	Предельные	Номинальные	Предельные	Номинальные	Предельные
Расход масла, кг/моточас	0,25	0,75	0,25	0,88	0,20	0,65	0,17	0,45	0,20	0,64
Количество газов, прорывающихся в картер (л/мин) при номинальной частоте вращения коленчатого вала, с ⁻¹	80	180	90	200	46	120	70	160	50	160
Давление начала впрыска топлива форсункой, МПа	16,5	15	16,5	15	20	18,5	17,5	16	15	13,5
Угол опережения начала подачи топлива, град	19	18,2	19	18,2	23	22,24	37	36,38	29	28,3
Давление масла в прогретом двигателе при номинальной частоте, МПа	0,4-0,7	0,2	0,4-0,7	0,2	0,15-0,35	0,1	0,25-0,45	0,2	0,25-0,45	0,2
Суммарный зазор в шатунных подшипниках, мм	0,11-0,18	0,5	0,11-0,18	0,5	0,08-0,16	0,5	0,11-0,22	0,3	0,11-0,22	0,3
Продольный разбег коленчатого вала, мм	0,12-0,27	0,6	0,12-0,27	0,6	0,1-0,5	0,6	0,1-0,3	0,6	0,1-0,3	0,6
Тепловые зазоры клапанов, мм	0,25/0,30	0,25/0,30	0,25/0,30	0,25/0,30	0,30/0,30	0,30/0,30	0,40/0,45	0,40/0,45	0,25/0,30	0,25/0,30



Рис. 3.33. Типовые, наиболее часто встречающиеся диагностические параметры двигателей

3.4.2. Диагностические параметры электромеханических систем двигателя

Не менее 20% всех отказов автомобилей приходится на двигатель и его системы [15].

При любом виде диагностирования сначала производят осмотр и опробование двигателя пуском, визуальное обнаружение подтеканий масла, топлива, охлаждающей жидкости, оценку точности пуска, дымности на выпуске, прослушивание работы двигателя с целью обнаружения резких шумов, стуков, вибрации, оценку равномерности и устойчивость работы и др. Такой контроль позволяет выявить признаки неисправностей двигателя и определить необходимость углубленного инструментального диагностирования.

Основные диагностические параметры отдельных объектов диагностирования автотракторных двигателей с электромеханической системой управления приведены в табл. 3.13.

Таблица 3.13

Основные параметры диагностирования автотракторных двигателей с электромеханической системой управления

Структурный параметр	Диагностический параметр
1. Дизель в целом	
Эффективная мощность	Угловое ускорение коленчатого вала. Крутящий момент. Снижение частоты вращения коленчатого вала при отключении цилиндров. Эффективный расход топлива
Удельный расход топлива	Массовый (объемный) расход топлива
Частота вращения коленчатого вала основного двигателя	Максимальная и минимальная частота вращения коленчатого вала (без нагрузки). Неравномерность частоты вращения
2. Цилиндропоршневая группа	
Общий износ цилиндропоршневой группы	Количество газов, прорывающихся в картер
Герметичность камеры сгорания дизеля	Давление газов в картере. Зазор в сопряжении гильза-поршень, определяемый по амплитуде вибросигнала. Давление на такте сжатия. Давление сжатого воздуха, подаваемого в цилиндр. Неравномерность компрессии в цилиндрах дизеля. Разрежение в надпоршневом пространстве
3. Кривошипно-шатунный механизм	
Зазор между вкладышем коренного подшипника и коленчатым валом	Биение коленчатого вала
Зазор между вкладышем шатунных подшипников и шейкой коленчатого вала	Свободное осевое перемещение поршня относительно шатунной шейки коленчатого вала. Параметры вибрации и шума
Зазор между втулкой верхней головки шатуна и поршневым пальцем	Концентрация продуктов износа трущихся деталей в масле. Свободное осевое перемещение поршня относительно шатуна
Суммарный радиальный зазор в сопряжениях кривошипно-шатунной группы	Давление масла в главной магистрали. Концентрация продуктов износа трущихся деталей
4. Механизм газораспределения	
Тепловой зазор в клапанном механизме	Амплитуда и фаза вибросигнала, зависящие от теплового зазора. Тепловой зазор
Состояние кулачкового вала механизма газораспределения	Ход клапана
Общий износ механизма газораспределения	Фазы газораспределения. Неплотность клапанов газораспределения

Структурный параметр	Диагностический параметр
5. Система топливоподачи	
Фазы топливоподачи	Угол начала нагнетания, определяемый по импульсу давления в топливопроводе. Угол начала нагнетания, определяемый по фазе виброимпульса. Угол начала впрыскивания
Равномерность подачи топлива секциями	Продолжительность подачи топлива отдельными секциями, определяемая по импульсу давления в топливопроводе. Неравномерность продолжительности такта хода поршня, зависящая от фаз импульсов впрыскивания
Цикловая подача топлива	Площадь под кривой давления топливоподачи
Износ прецизионных пар топливного насоса	Длительность нарастания волн давления в топливопроводе. Неравномерность угла начала нагнетания топлива, определяемая по фазам импульса впрыскивания
Давление впрыскивания	Давление начала впрыскивания топлива форсункой. Амплитуда вибросигнала от посадки иглы на корпус распылителя форсунки
Работоспособность центробежного регулятора топливного насоса	Минимальная и максимальная частота вращения коленчатого вала
Засоренность топливных фильтров, износ перепускного клапана	Перепад давления до и после фильтра тонкой очистки топлива
Подача подкачивающего насоса топлива	Давление топлива перед фильтром тонкой очистки
Состояние обратного клапана топливного насоса	Давление топлива после фильтра тонкой очистки
6. Система очистки и подачи воздуха	
Засоренность воздухоочистителя	Разрежение во всасывающем коллекторе за воздухоочистителем
Герметичность впускного воздушного тракта	Максимальное разрежение во впускном тракте
7. Турбокомпрессор	
Зазор между валом турбины и подшипником	Давление масла в подшипнике
Упругость уплотняющих колец	Угар масла. Давление наддува
Толщина отложений на колесе турбины и на экране	Усилие на проворачивание турбины
8. Система смазки	
Подача масляного насоса	Приращение давления масла в главной масляной магистрали дизеля при изменении частоты вращения коленчатого вала
Общий износ деталей системы смазки	Давление в системе смазки дизеля

Структурный параметр	Диагностический параметр
Состояние масляного радиатора	Температура масла в поддоне картера
9. Система охлаждения	
Охлаждающая способность системы в целом	Рабочая температура охлаждающей жидкости
Охлаждающая способность радиатора	Интенсивность нагрева охлаждающей жидкости при работе дизеля под нагрузкой

Значительное снижение мощности двигателя происходит из-за увеличенного износа рабочих поверхностей деталей ЦПГ: поршня, гильзы цилиндра, компрессионных колец, а также неплотного прилегания клапанов к седлам, повреждения прокладки блока цилиндров или ослабления крепления головки блока цилиндров. Эти неисправности вызывают потерю компрессии, снижение давления в цилиндре в конце такта сжатия, неравномерности угловой скорости и ударного движения коленчатого вала.

Основные параметры комплексной оценки технического состояния дизелей: развиваемая ими эффективная мощность; крутящий момент на коленчатом валу; часовой мгновенный и удельный расход топлива. В условиях эксплуатации наиболее эффективен динамический метод оценки указанных параметров. Он основан на анализе переходных процессов, возникающих в двигателе, работающем в режиме холостого хода, при мгновенном возмущающем воздействии – увеличении подачи топлива до максимума. Такой процесс разгона двигателя называют свободным, так как он протекает без внешней нагрузки на коленчатом валу.

Эффективную мощность и крутящий момент двигателя определяют по значению ускорения свободного разгона (они пропорциональны первой производной от угловой скорости).

Обычно мощностные качества двигателя определяются внешней (скоростной) характеристикой, показывающей изменение мощности в зависимости от частоты вращения вала двигателя при полном или частичном открытии дроссельной заслонки.

Обобщающим критерием технического состояния двигателя может быть КПД эффективный, частные КПД – индикаторный и механический.

Из табл. 3.5 видно, что из общего числа отказов двигателя большая часть приходится на системы зажигания и электрооборудования, систему питания, цилиндропоршневую группу (ЦПГ), кривошипно-шатунный механизм (КШМ) и газораспределительный механизм (ГРМ).

При определении технического состояния двигателей современных автомобилей предусмотрены работы по основным функциональным группам: КШМ; ГРМ; системам (охлаждения, смазки, питания бензиновых и дизельных двигателей, зажигания); электрооборудованию (аккумуляторная батарея, генератор, стартер); элементам бортовых компьютерных систем, обеспечивающих работу механизмов, систем и узлов двигателя.

3.4.3. Диагностические параметры ЦПГ

Цилиндропоршневая группа (рис. 3.19) относится к кривошипно-шатунному механизму и обеспечивает герметичность тактов двигателя. ЦПГ включает в себя цилиндры, поршни и поршневые кольца. Основными факторами, под действием которых происходит изменение технического состояния ЦПГ двигателя, являются высокое давление 3-5 МПа у бензиновых двигателей и 1-9 МПа у дизелей, высокая температура газов до 2000-2500 °К внутри цилиндра, а также перекладка поршня в окрестностях его верхней мертвой точки (ВМТ).

Основными диагностическими параметрами состояния ЦПГ двигателя являются:

- параметры герметичности надпоршневого пространства;
- максимальное давление такта сжатия;
- скорости нарастания давления такта сжатия;
- утечки сжатого воздуха из цилиндров;
- прорыв картерных газов;
- давление во впускном трубопроводе;
- сопротивление прокручиванию коленчатого вала;
- изменение угловой скорости коленчатого вала;
- параметры колебания головки цилиндров;
- вибрационные параметры вибрации и шума;
- состав картерного масла;
- угар картерного масла;
- ускорение перемещения поршня;
- компрессионные свойства цилиндров.

Сложность конструкции двигателя внутреннего сгорания усложняет непосредственное измерение структурных параметров без разборки двигателя. Поэтому для определения технического состояния ЦПГ используются диагностические параметры, определяемые с использованием методов и средств диагностики.

Снижение компрессии в цилиндрах происходит в результате изнашивания цилиндропоршневой группы, которое приводит к увеличению зазора, а это способствует прорыву газов из камеры сгорания. Структурные и функциональные диагностические параметры ЦПГ представлены в табл. 3.14.

При температуре 20 °С поршень легкового автомобиля обычно имеет номинальный зазор в цилиндре около 0,04-0,06 мм, а при -30 °С увеличивается вдвое до 0,08-0,1 мм.

Поршневые кольца обеспечивают герметичность между поршнем и цилиндром, не допуская прорыва газов в картер двигателя, а также препятствуют проникновению масла в камеру сгорания.

Признаками износа поршневых колец (пригорание колец в канавках поршня, потеря их упругости) являются снижение компрессии в цилиндрах, потеря мощности двигателя, повышенный расход масла, бензина, появление черного дыма из глушителя.

Диагностические параметры ЦПГ

Структурный диагностический параметр	Функциональный диагностический параметр
Зазор между поршнем и кольцом по высоте канавки, мм	Характеристики вибрации, м/с ² (м/с, дБ). Количество газов, которые прорвались в картер, или давление газов в картере, м ³ /с или кПа (кг/см ²). Затраты или снижение давления сжатого воздуха, который подается в цилиндры м ³ /с или кПа (кг/см ²). Расход масла на угар, кг/час. содержание оксид водорода в отработавших газах по ГОСТ 17.2.2.03-77. Дымность отработавших газов по ГОСТ 21393-75. Давление газов в конце такта сжатия, кПа (кгс/см ²)
Зазор в стыках поршневых колец, мм	Качественный и количественный состав элементов износа в масле по ГОСТ 20759-75
Зазор между цилиндром (гильзой цилиндра) и поршнем в верхнем поясе, мм	Характеристики вибрации, м/с ² (м/с, дБ). Количество газов, которые прорвались в картер, % или кПа (кгс/см ²). Падение давления или затраты сжатого воздуха во время контроля герметичности надпоршневого пространства, кПа (кгс/см ²). Расход масла на угар, кг/час. Содержание оксида углерода в отработавших газах по ГОСТ 17.2.2.03-77. Дымность отработавших газов по ГОСТ 21393-75. Давление газов в конце такта сжатия, кПа (кгс/см ²).

Для контроля компрессии двигателя (давление в конце такта сжатия) используется компрессометр. Контроль производится на прогретом двигателе при полностью открытой дроссельной заслонке. Аккумуляторная батарея должна быть заряжена полностью. Для отечественных автомобилей давление в каждом цилиндре при такте сжатия не должно быть ниже указанного в табл. 3.15 и в разных цилиндрах не должно отличаться более чем на 100 кПа [16].

Таблица 3.15

Давление в конце такта сжатия в цилиндрах двигателя

Двигатель	Давление, МПа
MeM3-968, MeM3-969	0,62-0,65
MeM3-245	1,2
BA3-2101, BA3-2103, BA3-21011, BA3-2106	1,2
BA3-2108	1,0
УЗАМ-331.10	0,9
ЗМЗ-24	1,0
УАЗ-451, УАЗ-451М	0,70-0,75

В современных бензиновых двигателях степень сжатия, определяющая величину компрессии, находится в пределах 10-11,5 (табл. 3.16), а в дизельных двигателях – в пределах 19-25 атм. На величину компрессии оказывает влияние температура двигателя, угол открытия дроссельной заслонки и частота вращения коленчатого вала.

Диагностические параметры номинальных допустимых и предельных значений расхода газов, которые характеризуют техническое состояние ЦПГ двигателей приведены в табл. 3.17.

Таблица 3.16

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
Šcoda	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

Предельные значения утечки газов (воздуха) для соединений двигателя при контроле пневмотестером К-69М представлены в табл. 3.18.

Степень износа цилиндра по показаниям манометров как разность утечки воздуха при открытом и закрытом клапане показана на графике (рис. 3.34).

Номинальный и предельный расход масла на угар приведены в табл. 3.19.

Таблица 3.17

Величина компрессии бензиновых двигателей

Двигатель	Частота вращения коленчатого вала во время измерения прорыва газов	Расход картерных газов, л/мин		
		номинальный	допустимый	предельный
ЯМЗ-240Б	1900	90	180	260
ЯМЗ-238НБ	1700	72	125	180
СМД-60	2000	62	105	150
СМД-62	2100	65	110	160
А-01М	1700	52	110	160
Д-160	1250	47	100	140
Д-130	1070	40	85	120
Д-41	1750	35	77	110
Д-240	2200	31	70	100
Д-240Л, Д-50, Д-50Л	1700	22	49	70
Д-65Н	1750	24	53	76

Показатели утечки для соединений двигателя

Объект проверки	Бензиновые			Дизельные	
	Диаметры цилиндров, мм				
	50-75	75-100	100-130	75-100	100-130
Цилиндр	Цилиндры непригодны, требуют ремонта при утечке, %				
	12-16	20-28	30-50	30-45	30-52
Поршневые кольца	Поршневые кольца непригодны при утечке, %				
	8	14	23	24	30
Прокладка головки блока	Прокладка непригодна, если пузырьки воздуха прорываются в горловину радиатора				

Коксование прорезей в маслоъемных поршневых кольцах; износ цилиндров, задиры или царапины на их поверхности; повышенное давление в картере из-за большого пропуска газов и неисправностей в системе вентиляции картера приводят к повышенному расходу моторного масла.

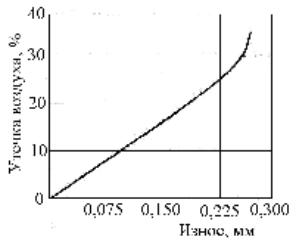


Рис. 3.34. График зависимости разности утечки воздуха от среднего радиального износа цилиндра двигателя

шестерен, увеличенных зазорах между цилиндром и поршнем, между бо-бышками поршня и поршневым пальцем, износе подшипников распределительного вала, а также при раннем моменте зажигания, вызывающем детонационное (взрывное) сгорание рабочей смеси.

Износ цилиндропоршневой группы, неисправности в системах питания и зажигания приводят к повышенному расходу топлива.

Стуки в двигателе во время работы проявляются при нарушении регулировки зазора между стержнем клапана и толкателем, увеличенных зазорах между подшипниками и шейками коленчатого вала, при износе распределительных

Таблица 3.19

Расход картерного масла

Двигатель	Емкость системы смазки, л	Расход картерного масла на угар, кг/моточас		Средний расход дизельного топлива, кг/моточас
		номинальный	предельный	
ЯМЗ-240Б	45 (39,4)	0,250	0,880	38,4
ЯМЗ-238НБ	28	0,250	0,750	26,8
СМД-60, СМД-62	17,5	0,175	0,450	23,4
А-01М	26,2	0,200	0,640	20,0
Д-130, Д-108	23,6	0,250	0,640	14,2
А-41	19,2	0,250	0,450	14,0
СМД-14, СМД-14А	18,4	0,175	0,450	12,0
СМД-240	10,5	0,050	0,200	7,67
Д-50, Д-50Л	10,5	0,050	0,200	6,17
Д-37, Д-37Е	9,6	0,080	0,200	5,84
Д-21	6,1	0,040	0,150	3,0

Перебои в работе двигателя при исправной работе систем питания и зажигания, проявляются при нарушении целостности прокладки головки блока цилиндров, слабой затяжке болтов и гаек шпилек крепления головки блока цилиндров, при наличии трещин в блоке цилиндров и головке блока.

3.4.4. Диагностические параметры КШМ

Существует очень много типов подвижных сопряжений скольжения деталей. В одних случаях, как, например, в золотниковых парах топливных и гидравлических систем, минимальный зазор назначают из условий незащемляемости пары и надежной смазки, а максимальный – из допуска на утечки. В паре «цилиндр-поршень» двигателей и компрессоров зазор, помимо тепловой компенсации, должен гарантировать отсутствие ударов при перекладке поршням. Диагностические параметры ЦПГ и КШМ показаны на рис. 3.19. Значения номинальных и предельных зазоров в сопряжениях КШМ и ЦПГ двигателей автомобилей представлены в табл. 3.20.

Таблица 3.20

Значения номинальных и предельных зазоров в сопряжениях кривошипно-шатунных механизмов

Марка двигателя	Параметр	Зазор, мм				Износ цилиндров, мм	
		в замке поршневых колец (тепловой зазор)		между кольцом и канавкой поршня			
		компрессионных	масло-съемных	компрессионных	масло-съемных	по диаметру	на «овал»
ГАЗ-53А	Номинальный	0,3-0,5	0,3-0,5	0,062-0,082	0,067-0,087	-	-
	Предельный	-	-	-	-	0,35-0,40	0,15-0,2
ЗИЛ-130	Номинальный	0,25-0,6	0,50-0,082	0,25-0,6	0,025-0,062	-	-
	Предельный	2-3,5	2	-	-	0,3-0,4	0,15-0,2
КамАЗ-740	Номинальный	0,45-0,65	0,45-0,65	0,08-0,25	0,08-0,2	0,19-0,21	-
	Предельный	1,2	1,2	0,3-0,35	0,25	0,40-0,45	-

При углубленном диагностировании технического состояния кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, определяют расход газов, прорывающихся в картер двигателя, давление в конце такта сжатия, утечку сжатого воздуха через неплотности камеры сгорания, зазоры в

сопряжениях поршень-поршневой палец-верхняя головка шатуна-вкладыш шатунного подшипника-шатунная шейка коленчатого вала (табл. 3.21).

Таблица 3.21

Значение диагностических параметров кривошипно-шатунных механизмов автотракторных двигателей

Параметры	Значения для двигателей					
	ЯМЗ-238Б	СМД-62	А-01М	СМД-14	Д-65Н	Д-37Е
Зазор в шатунном подшипнике, мм - номинальный - предельный	0,06-0,11 0,30	0,09-0,15 0,50	0,08-0,13 0,50	0,08-0,15 0,50	0,07-0,13 0,45	0,05-0,11 0,40
Зазор в коренном подшипнике, мм - номинальный - предельный	0,08-0,13 0,30	0,10-0,16 0,30	0,10-0,15 0,35	0,10-0,16 0,30	0,07-0,13 0,30	0,06-0,11 0,30
Суммарный зазор между втулкой верхней головки шатуна, поршневым пальцем и поршнем, мм - номинальный - предельный	0,01-0,03 0,20	0,02-0,04 0,30	0,02-0,03 0,40	0,02-0,04 0,40	0,01-0,03 0,35	0,02-0,03 0,30
Давление масла в системе, кПа - номинальное при номинальной частоте вращения - предельное не меньше	4-7 1	2,5-4 0,7	3-5 0,7	2,5-4,5 0,8	2,5-3,5 0,7	2-3 0,5
Усилие (момент) затяжки крышек подшипников коленчатого вала, десятков Н·м - коренных - шатунных	20-22 16-18	20-22 16-18	41-44 18-20	20-22 14-16	18-16 (для М-13-80) 20-22 14-16	14-16 10-12

Ресурс кривошипно-шатунного механизма (КШМ) определяется в основном зазорами между подшипником и шейкой вала, между втулкой верхней головки шатуна с поршнем и пальцем поршня. В качестве диагностических параметров могут быть использованы: давление в главной масляной магистрали, расход масла в подшипнике, уровень шума от ударов в сопряжении при работе двигателя, изменение зазора при взаимных перемещениях деталей.

Номинальный суммарный зазор $S_1+S_2+S_3$ (рис. 3.19) между подшипником и шейкой вала, между втулкой верхней головки шатуна с поршнем и пальцем поршня для двигателей ЯМЗ-238, ЯМЗ-236, СМД-60 равен 0,11-0,20 мм, предельный – 0,95-1,00 мм. Для двигателей Д-50, Д-65Н, Д-21, Д-240 номинальный зазор составляет 0,08-0,15 мм, предельный – 0,85 мм. В табл. 3.22 приведены номинальные, допустимые и предельные значения давления масла в магистрали при номинальной частоте вращения вала.

Таблица 3.22

Параметры давления масла в системе смазки

Марка двигателя	Давление масла в магистрали, МПа		
	номинальное	допустимое	предельное
Д-21, Д-37М	0,20-0,30	0,18	0,07
Д-65Н	0,15-0,30	0,14	0,10
Д-50, Д-240	0,25-0,35	0,20	0,10
СМД-14, СМД-18	0,25-0,35	0,20	0,10
А-41, А-01М	0,30-0,50	0,20	0,10
Д-130, Д-160	0,20-0,35	0,18	0,10
СМД-60, СМД-62	0,25-0,40	0,20	0,10
ЯМЗ-238, ЯМЗ-238НБ	0,40-0,70	0,35	0,15
ЯМЗ-240Б	0,40-0,70	0,35	0,20
ВАЗ-2101	0,35-0,45	0,20	0,15
М-412	0,35-0,45	0,20	0,15
ГАЗ-53А	0,25-0,50	0,20	0,13
ЗИЛ-130, ЗИЛ-375	0,25-0,35	0,20	0,15
ЯМЗ-740	0,40-0,70	0,35	0,15

Одним из простых и эффективных способов определения зазоров в шатунных подшипниках дизелей является инерционный. Он основан на осевом перемещении поршня в области верхней мертвой точки (ВМТ) на величину зазора в сопряжении при работающем двигателе под действием сил инерции деталей кривошипно-шатунной группы. При малых частотах вращения коленчатого вала (режим пусковой частоты вращения) в момент движения поршня к ВМТ суммарная сила сопротивления больше сил инерции и направлена от поршня в сторону коленчатого вала. При достижении поршнем ВМТ в результате действия упомянутых сил зазоры в нижней и верхней головках шатуна будут выбраны так, что расстояние между ВМТ поршня и осью коленчатого вала будет минимальным.

При повышенной частоте вращения коленчатого вала, когда сила инерции движущихся деталей превышает сумму сил сопротивления при движении поршня к ВМТ, на такте выпуска поршень с шатуном в области ВМТ, устраняя зазор в сопряжениях, перемещается вверх и расстояние между ВМТ поршня и осью коленчатого вала будет максимальным. Разность положения поршня в ВМТ при этом будет указывать суммарный зазор в подшипниках.

3.4.5. Диагностические параметры подшипников скольжения валов

Подшипники коленчатого вала двигателя работают под воздействием больших, резко меняющихся нагрузок, и основное, что определяет работоспособность, - это зазор между подшипником и шейкой вала.

В жестких конструкциях большой протяженности зазоры в сопряжениях выбирают значительными для компенсации деформаций, как, например, в паре ползун-направляющая механизма. Кроме влияния увеличения зазоров на работу подшипников влияет также эллипсность и другие искажения формы деталей в поперечных сечениях, приводящих к изменению соотношения зазоров между кривизной соприкасающихся поверхностей, что снижает возможности реализации жидкостного трения. Поэтому в каждом конкретном случае зазоры назначают по прототипу, на базе длительных предварительных испытаний или на основании опыта эксплуатации.

Пример рекомендованных величин наименьших относительных зазоров в подшипниках коленчатых валов транспортных двигателей для диаметров шеек $d=50-125$ мм при различном материале заливки:

- баббиты оловянные и свинцовые – $0,5 \cdot 10^{-3} d$;
- свинцовая бронза - $(0,5-1,0) \cdot 10^{-3} d$;
- алюминиевые сплавы - $(1,0-1,5) \cdot 10^{-3} d$;
- кадмиево-серебряные сплавы – $0,8 \cdot 10^{-3} d$;
- серебряные сплавы – $1,0 \cdot 10^{-3} d$.

В Германии для подшипников из оловянных и свинцовых бронз рекомендуются значения ψ , указанные в табл. 3.23.

Таблица 3.23

Относительный зазор ψ в зависимости от скорости и давления

Окружная скорость	Удельное давление	Значение ψ
Большая	Низкое	0,002-0,003
Большая	Высокое	0,0015-0,0025
Средняя	Умеренное	0,001-0,002
Малая	Низкое	0,0007-0,0012
Малая	Высокое	0,0003-0,0006

Наименьшие потери на трение имеют место при относительном эксцентриситете $\chi=0,5$. Зазор, соответствующий этому эксцентриситету, является энергетически наиболее выгодным. При $\chi=0,5$

$$h_{\min} = \frac{s}{4} \quad (3.13)$$

Наиболее выгодный зазор s_0 можно выразить так [17]:

$$s_0 = 0,467d \sqrt{\frac{\eta n}{\rho c}}, \quad (3.14)$$

где d – диаметр цапфы, мм;
 n – частота вращения, с^{-1} ;
 ρ – средняя удельная нагрузка;
 h_{\min} – минимальная частота масляного слоя.

Известный процесс трения при жидкостной смазке и представленные здесь соотношения позволяют с качественной стороны подойти к выбору зазоров подшипника, учитывая реальные условия его работы, то есть деформируемость деталей, микро- и макрогеометрию поверхностей, монтажные погрешности, загрязненность масла, а также возможную взаимосвязь подшипникового узла с работой других узлов.

Большой зазор в полном цилиндрическом подшипнике с принудительной смазкой, несмотря на уменьшение клиновидности масляного слоя и насосного действия цапфы позволяет увеличить прокачку масла через подшипник, что улучшает теплоотвод, повышает несущую способность подшипника и предупреждает быстрое старение масла от нагрева. В подшипниках, расположенных у горячих мест машины, устраняется необходимость охлаждения вала. Очевидно, что чем тяжелее условия работы подшипника в отношении тепловыделения, тем больше должен быть зазор.

Увеличенный зазор в подшипниках коленчатого вала, недостаток масла или снижение его вязкости, перегрев двигателя и масла, неисправности масляного насоса, нарушение регулировки редуционного клапана масляного насоса приводят к снижению давления в системе смазки, что, в свою очередь, вызывает ускоренный износ сопрягаемых деталей.

Зависимость начального зазора от диаметра цапфы, установленная для статически нагруженного подшипника на основании весьма приближенных предпосылок, довольно близко совпадает с установочными зазорами для ряда тихоходных и средней быстроходности судовых дизелей. Для подшипников тракторных двигателей с тонкостенным вкладышем из стальной ленты толщиной 2,3-2,5 мм с плакированным слоем алюминиевого сплава АСМ 0,3-0,6 мм при толщине стального основания коренного вкладыша не менее 0,003, а шатунного – не менее 0,02 d , оптимальный начальный относительный зазор равен 0,0012-0,0015 для коренных подшипников и 0,001-0,0012 – для шатунных.

Прямая пропорциональная зависимость s от d не учитывает степени точности изготовления деталей и начальной шероховатости поверхности. Поэтому общее выражение для начального зазора будет иметь вид

$$s = a + bd, \quad (3.15)$$

где a – постоянная для учета вышеуказанных факторов;
 b – коэффициент, зависящий от эксплуатационных требований узла трения.

Так, например, в машиностроении США распространено правило Кингсбери:

$$s = 0,001d + 0,05 \text{ мм.} \quad (3.16)$$

Рекомендация для двигателей внутреннего сгорания речных судов:

$$s=0,0005d+(0,02-0,03) \text{ мм.} \quad (3.17)$$

Применение больших зазоров экономически выгодно, так как большим зазорам, исключая тепловые посадки, соответствуют большие допуски размеров деталей. Предельные зазоры подшипников коленчатого вала ряда двигателей представлены в табл. 3.24.

Таблица 3.24

Предельные зазоры подшипников коленчатого вала двигателей

Марка двигателя	Значения зазоров в подшипниках, мм				Момент затяжки гаек подшипников, Н·м	
	коренных		шатунных		коренных	шатунных
	номинальное	предельное	номинальное	предельное		
Д-21	0,07-0,12	0,30	0,06-0,11	0,45	-	-
Д-37М	0,07-0,12	0,30	0,06-0,11	0,45	-	-
Д-65Н	0,07-0,13	0,30	0,07-0,13	0,45	-	-
Д-50	0,70-0,134	0,30	0,065-0,123	0,45	200-220	140-160
Д-240	0,70-0,134	0,30	0,065-0,123	0,45	200-220	140-160
СМД-14, СМД-18	0,104-0,160	0,30	0,085-0,140	0,50	200-220	140-160
А-41	0,116-0,180	0,30	0,096-0,160	0,50	410-440	160-180
А-01М	0,093-0,160	0,30	0,096-0,160	0,50	410-440	160-180
Д-160	0,12-0,17	0,35	0,10-0,19	0,55	-	-
СМД-60, СМД-62	0,100-0,156	0,30	0,090-0,146	0,50	200-220	160-180
ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-240Б	0,08-0,13	0,25	0,08-0,13	0,30	300-320	160-180
ВАЗ-2101	0,050-0,095	0,15	0,036-0,086	0,10	82	52
М-412	0,027-0,070	0,15	0,020-0,064	0,15	110-120	55-65
ГАЗ-53А	0,036-0,081	0,15	0,030-0,069	0,20	100-110	68-75

Малым относительным зазорам свойственно малое смещение центра вала в процессе работы. Это свойство особенно важно для точных станков, а также турбомашин для сохранения малых зазоров в уплотнениях. Подшипник с такими зазорами надежно работает при нефорсированных режимах, в частности с низкими частотами вращения. При малом зазоре увеличивается межремонтный период.

Сочетание малых зазоров в подшипниках с использованием маловязких масел уменьшает внутреннее нагревание масла при динамически нагруженных подшипниках. Такому сочетанию также свойственны малые потери на трение.

Существует два взгляда на связь между величиной зазора и вязкостью масла в отношении конструкций достаточно жестких, подвергаемых незначительной тепловой деформации и точно выполненных. Имеются сторонники как малых зазоров при маловязких маслах, так и больших зазоров при маслах большей вязкости. На самом же деле связь между зазором и вязко-

стью масла несравненно сложнее, так как с изменением зазора изменяется и относительный эксцентриситет.

Принципиально вопрос о зазоре и вязкости масла в подшипниках с жидкостной смазкой может быть решен расчетом подшипника. Зазор при расчете иногда принимают как исходную величину, при этом следует учитывать также опыт производства и эксплуатации, который объединяет обычно противоречивые вопросы технологической возможности, экономичности и надежности. Можно также заметить, что для подшипников, работающих при несовершенной смазке или без смазки, отсутствуют строгие расчетные предпосылки, связывающие несущую способность и зазор. Здесь приходится ориентироваться только на опыт.

Очень малого зазора для проявления демпфирующего действия смазочного материала требуют подшипники при возвратно-вращательном движении вала, когда направление нагрузки на корпус меняется на противоположное. В подшипниках малых размеров, как, например, в сочленении поршневой палец-головка шатуна, зазор назначают по посадке D , дополнительно прибегая к селективной сборке. При больших размерах подшипников наиболее надежный способ подгонки подшипника к валу – это пришабрирование вкладыша по штатному валу и последующая приработка.

Если в эксплуатационной документации не указаны допустимые зазоры в подшипниках скольжения, их контроль можно осуществлять по данным табл. 3.25.

Таблица 3.25

Радиальные зазоры в подшипниках скольжения

Диаметр вала, мм	Зазоры (мм) при частоте вращения вала, мин ⁻¹		
	до 1000	1000-1500	более 1500
18-30	0,04-0,093	0,06-0,13	0,14-0,28
30-50	0,05-0,112	0,075-0,16	0,17-0,34
50-80	0,065-0,135	0,095-0,195	0,2-0,4
80-120	0,08-0,16	0,12-0,235	0,23-0,46
120-180	0,10-0,195	0,15-0,285	0,26-0,53
180-260	0,12-0,225	0,18-0,3	0,3-0,6
260-360	0,14-0,25	0,21-0,38	0,34-0,68
360-500	0,17-0,305	0,25-0,44	0,38-0,76

Нормы на допустимую вибрацию подшипниковых узлов скольжения, диагностические признаки дефектов и неисправностей, методы и средства их контроля разрабатываются на стадии проектирования конкретных составных частей машины. Контроль качества сборки подшипниковых узлов скольжения осуществляется во вибрационных характеристиках при установленных режимах работы после проведения приемо-сдаточных испытаний.

Контроль и доводка зазоров подшипников скольжения начинается с внешнего осмотра и измерения зазоров между шейкой вала машины и верхним вкладышем и крышкой подшипника, а также зазоров с боков при сня-

том верхнем вкладыше подшипника. Площадь прилегания к шейкам вала должна составлять до 85% рабочей поверхности вкладышей.

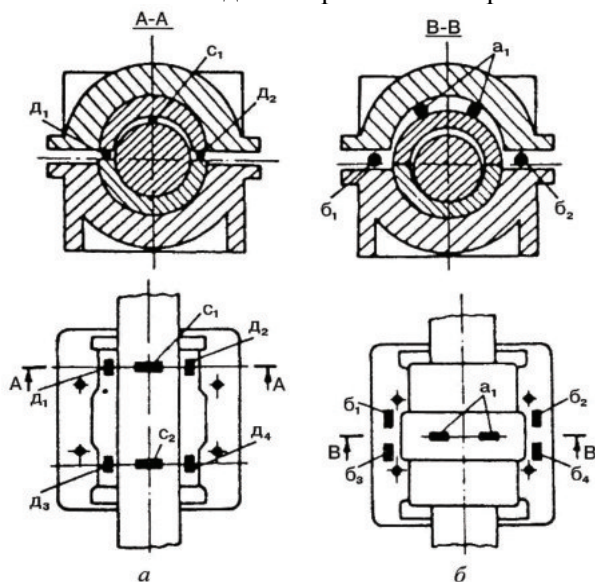


Рис. 3.35. Контроль зазоров в подшипнике скольжения:

a – между шейкой вала и верхним вкладышем; *b* – между вкладышем и крышкой подшипника

волоки диаметром 1 мм. Ставят на место верхний вкладыш и крышку и равномерно прижимают крышку болтами до смятия свинцовых проволочек. Затем болты отвинчиваются, крышка и верхний вкладыш снимаются, при этом необходимо, чтобы отрезки проволоки сохранили положение в своих точках. Зазор в плоскости А-А рассчитывают после измерения микрометром свинцовых оттисков по формулам

$$A_1 = C_1 - \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}; \quad A_2 = C_2 - \frac{\delta_3 + \delta_4}{2},$$

где A_1, A_2 – зазоры, мм;

$C_1, C_2, \delta_1, \dots, \delta_4$ – толщина оттисков в соответствующих точках, мм.

Зазоры A_1 и A_2 не должны различаться более, чем на 10%.

Зазор между верхним вкладышем и крышкой подшипника измеряют аналогично, а его величину рассчитывают по формуле

$$B = \alpha_1 - \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4}{4},$$

где B – зазор, мм;

$\alpha_1, \delta_1, \dots, \delta_4$ – толщина оттисков в соответствующих точках, мм.

Предельно допустимые значения зазоров подшипников скольжения приводятся в технических условиях на сборку и ремонт конкретного узла.

Для подшипников скольжения с принудительной смазкой указанные в табл. 3.25 значения зазоров должны быть увеличены в 1,3-1,5 раза.

Для контроля качества сборки подшипника скольжения по пятну контакта необходимо снять:

- пятно контакта при частоте вращения до 300 мин^{-1} – 12 отпечатков на площади $25 \times 25 \text{ мм}$;

- при больших частотах вращения – 24 отпечатка.

3.4.6. Диагностические параметры системы смазки

Диагностирование смазочной системы сводится к контролю 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. 3.26 [16].

Таблица 3.26

Давление масла, допускаемое в системе смазки двигателя

Двигатель	Давление, МПа	Условия контроля
MeM3-968, MeM3-968A	Не менее 0,12	При частоте вращения коленчатого вала 3000 мин^{-1} и температуре масла $80 \text{ }^\circ\text{C}$
MeM3-245	0,3-0,5	При частоте вращения коленчатого вала 4000 мин^{-1}
	0,07	При частоте вращения коленчатого вала 1000 мин^{-1}
BA3-2101, BA3-2103, BA3-21011, BA3-2105, BA3-2106	0,35-0,45	При максимальной частоте вращения коленчатого вала и двигателе, прогретом до $90 \text{ }^\circ\text{C}$
	0,04-0,08	При минимальной частоте вращения коленчатого вала
BA3-2108	0,45	При частоте вращения коленчатого вала 5600 мин^{-1}
	0,08	При минимальной частоте вращения коленчатого вала
УЗАМ	0,4-0,6	При частоте вращения коленчатого вала 5400 мин^{-1}
УАЗ-451, УАЗ-451М, ЗМЗ-24	0,2-0,4	При скорости автомобиля 50 км/ч
	0,05	При частоте вращения коленчатого вала на холостом ходу двигателя
ЗМЗ-4022.10	0,15-0,35	При скорости автомобиля 50 км/ч
	0,05	При частоте вращения коленчатого вала на холостом ходу двигателя
ЗМЗ-4062.10	0,1	При частоте вращения коленчатого вала на холостом ходу двигателя $750 \pm 50 \text{ мин}^{-1}$

Причинами падения давления масла могут быть понижение уровня и разжижение масла, неплотность в соединениях, большой износ (зазор) ко-

ренных 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.

Повышенное давление масла может возникнуть в результате избыточной вязкости масла, загрязнения маслопроводов и заедания редукционного клапана.

Техническое обслуживание заключается в смене масла в картере двигателя, которую необходимо делать на прогревом двигателе, и смене масляного фильтра. Если слитое масло окажется слишком загрязненным и темным, рекомендуется до заправки свежим маслом и до замены фильтра промыть смазочную систему промывочным маслом ВНИИ НП-ФД, для чего, слив отработанное масло, залить в картер промывочного масла, завести двигатель и дать ему поработать на оборотах холостого хода 15-20 мин, а затем слить промывочное масло.

3.4.7. Диагностические параметры клапанных механизмов

Общее техническое состояние системы питания оценивается по расходу топлива и составу отработавших газов, которым отвечают следующие **диагностические параметры**: удельный расход топлива через жиклеры; уровень топлива в поплавковой камере; производительность топливного насоса и скорость падения давления топлива на выходе из насоса; загрязненность воздухоочистителя, определяемая по разрежению во впускном трубопроводе, содержанию оксида углерода в отработавших газах.

Нарушение правильной подачи топлива может привести к образованию бедной смеси, что проявляется хлопками в карбюраторе, снижением мощности и нагревом двигателя, или к образованию богатой смеси, которая проявляется черным дымом «выстрелами» из глушителя, перерасходом топлива и разжижением масла в картере двигателя. Для регулирования правильного соотношения горячей смеси необходимо проверить и отрегулировать уровень топлива в поплавковой камере сгорания.

Нарушение тепловых зазоров между стержнями клапанов и носками коромысел приводит к снижению эффективной мощности двигателя. Тепловой зазор в клапанном механизме двигателя обеспечивает необходимую посадку клапана на седло и компенсирует тепловое расширение деталей механизма. Причинами увеличения теплового зазора является изнашивание торцевой части деталей привода и кулачка, развальцовка от значительных знакопеременных нагрузок торцевой части привода и самого клапана.

Увеличение теплового зазора приводит к ухудшению очистки цилиндра от отработавших газов, в результате чего уменьшается наполнение ци-

линдра свежим зарядом воздуха горючей смеси, что ухудшает процесс сгорания.

Пределы регулирования тепловых зазоров базовых моделей автомобилей МеМЗ-968, МеМЗ-245, ВАЗ-2101, ВАЗ-21Q5, ВАЗ-2106, ВАЗ-2108, УЗАМ, ЗМЗ-24Д и УАЗ-451 представлены в табл. 3.27 [16].

Для обеспечения полного закрытия клапанов во всем диапазоне температур между торцом стержня клапана и коромыслами для всех моделей автомобилей, кроме автомобилей «Жигули», и между рычагами и кулачком распределительного вала в автомобиле «Жигули» предусмотрен тепловой зазор (табл. 3.28). Зазоры проверяют и регулируют обычно на холодном двигателе. Зазор в клапанном механизме определяют плоским щупом, а регулируют поворотом регулировочных винтов коромысла (на автомобилях ВАЗ, кроме ВАЗ-2108, ВАЗ-2109, - головкой регулировочного болта) в требуемую сторону.

Таблица 3.27

Порядок регулировки тепловых зазоров клапанов двигателей

Марка двигателя	Начальное положение по совпадению условных меток ВМТ	Угол поворота коленчатого вала	Цилиндр, поршень которого находится в конце такта сжатия	Регулируемые клапаны	Последовательность регулировки каждого клапана	Тепловой зазор при 15-25 °С, мм
МеМЗ-968	Метка на шкиве крышки центрифуги совпала с выступом ребра на крышке распределительных шестерен	0	1	Оба клапана 1-го цилиндра	1. Отвернуть контргайку регулировочного винта коромысла. 2. Вставить щуп между носком коромысла и стержнем клапана. 3. Вращая отверткой регулировочный винт, установить зазор, протягивая щуп с небольшим усилием. 4. Затянуть контргайку.	0,08 - выпускного, 0,10 – впускного
		180	2	Оба клапана 2-го цилиндра		
		360	4	Оба клапана 4-го цилиндра		
		540	3	Оба клапана 3-го цилиндра		

Марка двигателя	Начальное положение по совпадению условных меток ВМТ	Угол поворота коленчатого вала	Цилиндр, поршень которого находится в конце такта сжатия	Регулируемые клапаны	Последовательность регулировки каждого клапана	Тепловой зазор при 15-25 °С, мм
MeM3-245	Метка или риска на шкиве коленчатого вала совпала со стрелкой или меткой на блоке	0 180 360 540	4 2 1 3	2 и 5 6 и 8 4 и 7 1 и 3	1. Ослабить контргайку регулировочного винта. 2. Установить между наконечником и стержнем клапана щуп и, протягивая его с небольшим усилием, вращением винта установить требуемый зазор. 3. Удерживая ключом винт, затянуть контргайку и снова проверить зазор	0,15± 0,02 - впускного, 0,30± 0,02 - выпускного
BA3-2101, BA3-2105, BA3-2106	Метка на звездочке цепи (шкиве ремня) распределительного вала совпала с меткой на корпусе его подшипников	0 180 360 540	4 2 1 3	8 и 6 4 и 7 1 и 3 5 и 2	1. Ослабить контргайку. 2. Вставить между рычагом и кулачком распределительного вала щуп толщиной 0,15 мм. 3. Завертывать или отвертывать болт с последующим затягиванием контргайки так, чтобы щуп входил с легким защемлением (при затянутой контргайке) в регулируемый зазор.	0,14-0,17
3M3-24Д, 3M3-4022.10, УАЗ-451	Второй паз (метка) на шкиве коленчатого вала совместить со штифтом на крышке распределительных шестерен	0 180 360 540	1 2 4 3	1 и 2 3 и 4 7 и 8 5 и 6	1. Ослабить контргайку. 2. Вращением отвертки регулировочного винта добиться прохода щупа с легким защемлением между наконечником коромысла и стержнем клапана. 3. Затянуть контргайку и проверить точность установки зазора.	0,15 – 3M3-24Д; 3M3-4022.10: 0,35-0,40 - выпускные 1 и 4-го цилиндров, 0,40-0,45 остальных клапанов; УАЗ-451: 0,35 – впускные средние; 0,4 – впускные крайние (1 и 8-й), 0,3-0,35 - выпускные

Марка двигателя	Начальное положение по совпадению условных меток ВМГ	Угол поворота коленчатого вала	Цилиндр, поршень которого находится в конце такта сжатия	Регулируемые клапаны	Последовательность регулировки каждого клапана	Тепловой зазор при 15-25 °С, мм
УЗАМ	Второй паз на шкиве коленчатого вала совместить со штифтом на передней крышке блока	0 180 360 540	1 3 4 2	1 и 2 5 и 6 7 и 8 3 и 4	1. Ослабить контргайку. 2. Вращением винта добиться прохода щупа с легким защемлением между наконечником регулировочного винта и стержнем клапана. 3. Затянуть контргайку и проверить точность установки зазора.	0,15
ВАЗ-2108	Совместить метки на шкиве и задней крышке зубчатого ремня и затем повернуть на 40-500 (2,5-3 зуба на шкиве). Предупреждение: доворачивать только за болт крепления шкива привода генератора или за шкив (но не за болт распределительного вала!)	40-50 220-230 400-410 580-590	3 4 2 1	1 и 3 5 и 2 8 и 6 4 и 7	1. Проверить набором щупов зазор. 2. При несоответствии зазора требуемому надеть на шпильки оправку, утопить толкатель клапана, зафиксировать его в нижнем положении, установив фиксатор. 3. Приспособлением (стальной пластиной с магнитом или щипцами) удалить регулировочную шайбу и измерить ее толщину. 4. Определить толщину требуемой шайбы по формуле $H=B+(A-C)$, где H – толщина новой шайбы; A – замеренный зазор; B – толщина снятой шайбы; C – номинальный зазор. 5. Установить новую шайбу и снять оправку.	0,20 – выпускного, 0,35 – выпускного

Тепловые зазоры клапанов двигателей автомобилей

Модель автомобиля	Тепловой зазор клапана, мм	
	впускного	выпускного
ЗАЗ-1102 «Таврия»	0,15	0,30
ЗАЗ-968М «Запорожец»	0,08	0,10
«Москвич-412», «Москвич-2140», «Москвич-2141»	0,15	0,15
ГАЗ-21 «Волга»	0,25-0,30	0,25-0,30
ГАЗ-24 «Волга»	0,35-0,40	0,30-0,35
ВАЗ-2101, ВАЗ-2103, ВАЗ-2105, ВАЗ-2106, ВАЗ-2107	0,15	0,15
ВАЗ-2108, ВАЗ-2109	0,2±0,05	0,35±0,05

Признаком уменьшения теплового зазора являются периодические хлопки во впускном или выпускном трубопроводе. У карбюраторных двигателей при уменьшенных тепловых зазорах впускных клапанов возникают хлопки в карбюраторе, а выпускных – в глушителе.

Диагностические параметры контроля развиваемого давления топливным насосом и герметичности его клапанов представлены в табл. 3.29. Контроль осуществляется непосредственно на автомобиле с использованием мановакуумметра.

Таблица 3.29

Параметры контроля топливных насосов

Двигатель	Модель топливного насоса	Давление, создаваемое насосом при нулевой подаче топлива, МПа	Подача, л/ч, (числитель) при частоте вращения, мин ⁻¹ , валика привода (знаменатель)
МеМЗ-968М, МеМЗ-245, ВАЗ (все модели)	2101	0,02-0,03	60/200
УЗАМ («Москвич-412»)	Б-7	0,03-0,37	50/1800
УАЗ-450Д, УАЗ-469	А-4	0,02-0,03	50/1800
ЗМЗ-24	Б-9В	0,02-0,03	140/1800

Значения тепловых зазоров между стержнями клапанов и носками коромысел, устанавливаемые заводом-изготовителем, представлены в табл. 3.30.

В табл. 3.31 приведены значения тепловых зазоров в газораспределительном механизме двигателя ЗМЗ-4062.

Неисправности газораспределительного механизма, обеспечивающего выпуск свежего воздуха в цилиндры двигателя и выпуск отработавших газов, уменьшают мощность, ухудшают экономичность двигателя и, прежде всего, повышают расход топлива и масла.

Снижение мощностных показателей происходит при неправильном регулировании механизма, обгорании или деформации клапанов, износе кулачков распределительного вала, ослаблении клапанных пружин. Повы-

шенный расход масла возникает при утечках его через уплотнения; плохой вентиляции картера дизеля; износе поршневых колец, поршней, цилиндров; износе стержней клапанов, их неплотности и т. п.

Таблица 3.30

Значения тепловых зазоров в клапанных механизмах двигателей автомобилей, мм

Автомобили	Клапаны	
	впускные	выпускные
ЗИЛ-4333, ЗИЛ-4314	0,25-0,30	
Икарус-260.18, ЛАЗ-695Н	0,20	0,25
ГАЗ-53, ГАЗ-66-01, ПАЗ-672	0,25-0,30	
КамАЗ-5320	0,25-0,30	0,35-0,40
МАЗ-500А, МАЗ-5335, КрАЗ-256-61, КрАЗ-25761, ЗИЛ-133ЯГ	0,25-0,30	
ЗИЛ-4331	0,40-0,45	
ГАЗ-3102 «Волга»	0,40-0,45	

Таблица 3.31

Значения тепловых зазоров в клапанных механизмах двигателя ЗМЗ-4062, мм

Цилиндр	Клапан	
	впускной	выпускной
Первый	0,40-0,45	0,35-0,40
Второй	0,40-0,45	0,40-0,45
Третий	0,40-0,45	0,40-0,45
Четвертый	0,40-0,45	0,35-0,40

Методы диагностирования автотракторных дизелей основаны на измерении следующих основных диагностических параметров:

- амплитудно-фазовых параметров рабочих процессов, создаваемых рабочей жидкостью или газом в смазочных системах, системах топливоподачи, зажигания, газообмена двигателя;

- параметров вибрационных и шумовых характеристик, создаваемых взаимодействием сопрягаемых кинематических пар;

- параметров пульсации давлений протекающих рабочих процессов.

Зависимость протекания процесса от угла поворота коленчатого вала дизеля определяется рабочими тактами и порядком работы цилиндров. При диагностировании многоцилиндрового дизеля наибольшая производительность диагностирования обеспечивается при использовании импульсов, создаваемых в различных системах последовательно от всех цилиндров в соответствии с порядком их работы.

Для анализа системы топливоподачи параметрами диагностирования в дизеле могут служить импульсы давления топлива, создаваемые в наполнительной и отсечной магистралях топливного насоса; для анализа герметичности цилиндропоршневой группы – импульсы давления газов, создаваемые

в картере; для анализа состояния механизма газораспределения – пульсации газов, создаваемые во впускном и выпускном коллекторах; для анализа компрессии в цилиндрах – импульсы тока, потребляемого стартером в режиме прокрутки коленчатого вала.

Нарушения в агрегатах дизеля, связанные с естественным износом сборочных единиц и сопряжений, вызывают фазовые и амплитудные отклонения зависимости протекающего рабочего процесса от угла поворота коленчатого вала.

Контрольные вопросы

1. Какие параметры технического состояния двигателя можно определить по составу отработавших газов?
2. Какие критерии технического состояния могут служить обобщающими?
3. В каких случаях производят осмотр и опробование двигателя пуском?
4. Какие диагностические параметры состояния ЦПГ?
5. Какие виды неисправностей двигателя можно определить по расходу масла на угар?
6. Перечислить диагностические параметры состояния КШМ.
7. Какие диагностические параметры подшипников скольжения валов?
8. Как влияет диаметр вала на зазор в подшипниках скольжения?
9. Какие диагностические параметры системы смазки?
10. Назвать диагностические параметры клапанных механизмов.
11. Когда регулируют топливные зазоры: на прогревом или холодном двигателе?

3.5. Диагностические параметры электрических и электронных систем двигателя

3.5.1. Объекты диагностирования электрических и электронных систем двигателя

Объекты диагностирования электрических и электронных систем включают в себя источники и потребители тока, электрические приборы, аппаратуру и электронные системы, обеспечивающие работу бортовых систем двигателя. К этим объектам относится воспламенение рабочей смеси в карбюраторных двигателях, пуск двигателя, работа контрольно-измерительных приборов, электромагнитных форсунок, клапаны исполнительных механизмов и другие компоненты.

Источниками тока являются генератор и аккумуляторная батарея, а также приборы их регулирования.

К объектам систем управления двигателем относятся микропроцессорные средства вычислительной техники и автоматики.

Электронные системы в виде электронных блоков управления (ЭБУ) позволяют улучшить управление работой основных агрегатов; обеспечить прием, передачу и хранение необходимой информации; осуществлять оптимальное управление движением автомобилей в различных условиях эксплуатации.

Микропроцессоры делятся на микро-ЭВМ и микроконтроллеры. Микроконтроллер – это специализированное устройство логического управления на одной или нескольких схемах, предназначенное для выполнения многих конкретных задач.

Микропроцессоры, являясь миниатюрными устройствами, с успехом применяются в качестве контроллеров, встраиваемых в разнообразную технологическую и приборную аппаратуру. Их высокая надежность, техническая простота и невысокая стоимость создали благоприятные условия для широкого внедрения в различные отрасли, начиная с простейших бытовых приборов, автомобильной автоматики и до систем управления сложными технологическими объектами.

Микропроцессор – это алгоритмически универсальное устройство обработки информации. В зависимости от числа интегральных схем микропроцессоры делятся на однокристалльные и многокристалльные. Любое микропроцессорное устройство состоит из трех компонентов: микропроцессора, запоминающего устройства и устройства ввода-вывода информации.

Контроллер, предназначенный для управления технологическим оборудованием, должен иметь устройства ввода (различные датчики) и вывода – исполнительные механизмы (реле, пускатели, электродвигатели). Для микропроцессоров, встроенных в измерительные устройства, вводом служат кнопки и измерительные блоки, а выводом – индикаторы, электронно-лучевые трубки и др.

В настоящее время интенсивно создаются на базе микропроцессоров различные автоматические системы управления двигателями, подвеской, рулевым управлением, трансмиссией. При управлении двигателем осуществляют регулирование впрыска топлива, угла опережения зажигания, обеспечивают экономию топлива и снижение токсичности, выбирают оптимальный режим работы двигателя, осуществляют функции диагностики и т. д.

При выборе диагностических параметров изделия или системы электрооборудования руководствуются следующими принципами (см. подразделы 3.1.3, 3.1.4).

Первый принцип заключается в том, что структурные и выходные диагностические параметры объекта должны обеспечивать оценку его технического состояния без разборки. А это означает, что диагностическим параметром становятся выходные рабочие процессы изделия или системы. К таким диагностическим параметрам можно отнести вторичное напряжение катушки зажигания, длительность искрового разряда на свечах зажигания, ток электростартера при полном торможении якоря и другие электрические характеристики.

Второй принцип – это однозначность диагностического параметра, то есть в процессе эксплуатации за определенный пробег автомобиля или за определенное количество часов работы двигателя трактора параметр изменяется монотонно, а не скачкообразно.

Третий принцип – стабильность диагностического параметра, что означает нахождение конструктивного параметра изделия внутри заданного точностного интервала его изменения. Примером может служить выходное

напряжение генераторной установки, пределы изменения которого определяет регулятор напряжения.

Четвертый принцип выбора диагностического параметра – его чувствительность, то есть изменение его приращения при изменении конструктивного параметра изделия в процессе расходования своего ресурса должно принимать положительное значение.

Пятый принцип – информативность диагностического параметра. Это комплексное свойство, объединяющее все предыдущие и характеризующее снятие неопределенности при определении технического состояния объекта диагностирования. Оно сводит к минимуму возможность принять фактически неисправный по техническому параметру объект диагностирования за исправный (ошибка первого рода) и наоборот (ошибка второго рода).

Основным измеряемыми величинами в электрических и электронных системах являются:

- электрические (напряжение, сила тока, сопротивление, емкость, индуктивность, намагниченность);
- механические (путь, угол, наклон, уровень, скорость, частота вращения, ускорение, сила, давление, момент и др.);
- термические (температура элементов схем и сопряжений);
- химические и физические (влажность, теплопроводность, рН-значения, содержание пыли, содержание пара, интенсивность, длина волны, цвета, молекулы: газа, жидкости, твердого тела и др.).

Существует определенный уровень этих параметров, которые являются критерием оценки исправности датчика электронной или электрической системы в различии форм сигналов (осциллограмм) включения и выключения, изменений рабочего цикла, форма диагностических сигналов датчиков.

Основными причинами сбоев и отказов электрических и электронных систем электрооборудования являются: 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: датчиков, контрольно-измерительных приборов, реле; изменение амплитуды, частоты, фаз и формы сигналов, временных характеристик сигналов датчиков и исполнительных устройств, приводящие к нарушениям работы ЭБУ.

Поэтому сложился определенный порядок выбора диагностического параметра изделий и систем электрооборудования:

- выявляют наиболее часто повторяющиеся отказы и повреждения по данным подконтрольной эксплуатации или по результатам эксплуатации;
- анализируют причинно-следственные связи неработоспособных или исправных элементов изделия и его выходных параметров;
- составляют функциональную схему структурно-следственных связей по цепи: агрегат или сборочная единица – сопряжение или элемент – структурный параметр – характер неисправности – симптом – диагностический параметр.

Уровни поиска неисправностей определяют по следующей схеме:

- 1) агрегат или сборочные единицы, из которых состоит диагностируемая система электрооборудования;
- 2) сопряжение или элемент агрегата или его сборочных единиц, подвергаемых в процессе эксплуатации воздействию дестабилизирующих факторов, например, температуры, влажности, вибрации;
- 3) структурные параметры, характеризующие исправность или работоспособность элементов или сопряжений изделий;
- 4) возможные состояния неисправности и неработоспособности;
- 5) признаки состояний неисправности и неработоспособности;
- 6) возможные диагностические параметры, чувствительные к изменению структурных параметров.

3.5.2. Диагностические параметры системы зажигания

Система зажигания – объединение приборов и устройств, которые обеспечивают зажигание рабочей смеси в цилиндрах в определенном порядке, а также режим работы двигателя в целом.

Система зажигания за последние 15-20 лет претерпела заметную эволюцию: от классической контактной до полностью бесконтактной системы с электронным управлением всеми функциями. Развитие системы зажигания определяется стремлением добиться оптимизации ряда показателей и характеристик, таких как [9]:

- исключение контактных элементов в цепи системы с целью избежать искрения;
- минимизация и исключение потерь напряжения в цепи высокого напряжения системы;
- исключение магнитных колебаний в цепях электрооборудования;
- максимальный контроль за основными показателями системы зажигания на всех режимах работы двигателя: силой пробивного напряжения на электродах свечи, продолжительностью горения искры, регулированием опережения зажигания;
- максимальная доступность для диагностирования и ремонтпригодность;
- максимальная защита от несанкционированного (процедурно не одобренного) включения и др.

Диагностические параметры системы зажигания приведены в табл. 3.32.

Таблица 3.32

Структурные и диагностические параметры системы зажигания

Диагностический параметр	Что характеризует
По контуру низкого напряжения	
1. Начальный угол опережения зажигания	Правильность установки начального угла опережения зажигания

Диагностический параметр	Что характеризует
2. Изменение угла опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала	Работу центробежного регулятора угла опережения зажигания
3. Изменение угла опережения зажигания в зависимости от нагрузки	Работу вакуумного регулятора угла опережения зажигания
4. Скорость нарастания и исчезновения тока в первичной цепи системы зажигания	Техническое состояние элементов цепи низкого напряжения и транзисторного коммутатора
5. Падение напряжения на контактах прерывателя-распределителя	Техническое состояние контактов прерывателя-распределителя
6. Угол замкнутого состояния контактов	Зазор между контактами прерывателя-распределителя
7. Сопrotивление отдельных участков	Техническое состояние проводов, соединений, обмоток
8. Напряжение питания датчика Холла	Контур питания датчика Холла
9. Изменение управляющего импульса датчика Холла	Техническое состояние датчика Холла
10. Отключение тока коммутатором	Исправность коммутатора по отключению тока
11. Характер изменения напряжения в первичном контуре	Техническое состояние элементов низкого и высокого напряжения
По контуру высокого напряжения	
12. Характер изменения напряжения во вторичном контуре	Техническое состояние элементов низкого и высокого напряжения
13. Величина пробивного напряжения	Техническое состояние элементов низкого и высокого напряжения
14. Длительность горения искры	Техническое состояние элементов низкого и высокого напряжения
15. Напряжения горения искры	Техническое состояние элементов низкого и высокого напряжения
16. Зазор между электродами свечей зажигания	Техническое состояние свечей зажигания
17. Энергия и длительность горения искры	Техническое состояние элементов низкого и высокого напряжения

Система зажигания вычисляет угол поворота коленчатого вала двигателя, при котором должно происходить зажигание рабочей смеси. Для зажигания рабочей смеси в автомобилях с бензиновым ДВС применяется энергия искры высоковольтного электрического разряда, который возникает между электродами свечи зажигания. Мощность и топливная экономичность двигателя тесно связаны со скоростью сгорания рабочей смеси после ее зажигания.

Контактная или классическая батарейная система зажигания характеризуется наличием в ее цепи таких элементов, как контактный прерыватель, распределитель (роторного типа), одна (две) трехклеммная катушка зажигания и т. д. Главными недостатками контактной системы зажигания являются: большой ток, проходящий через прерыватель и вызывающий электроэрозийный износ контактов; искрящиеся высоковольтные контакты в рас-

пределителе. Эти недостатки в первую очередь уменьшают срок службы и снижают надежность всей системы зажигания.

Наибольшее распространение имеет батарейная система зажигания, состоящая из нагревателя-распределителя, катушки зажигания, свечей и проводов. В батарейной системе зажигания энергия зажигания и максимальное напряжения ограничиваются рядом факторов, которые ухудшают процесс замыкания/размыкания контактов прерывателя. Требования, выдвигаемые к таким системам, часто превышают возможности, которые имеет прерыватель как выключатель тока.

Система зажигания характеризуется совокупностью структурных и диагностических параметров. Появления неисправностей в системе зажигания сопровождается изменением этих параметров. В табл. 3.32 приведен типовый перечень диагностических и структурных параметров, характеризующих систему зажигания.

Основными диагностическими параметрами системы зажигания являются:

- угол опережения зажигания;
- угол замкнутого состояния контактов;
- зазор между контактами прерывателя;
- асинхронизм искрообразования;
- зазор между втулкой и валиком распределителя высокого напряжения;
- электрическая емкость конденсатора;
- электрическое сопротивление первичной и вторичной обмоток катушки зажигания;
- зазор между электродами свечи;
- вторичное электрическое напряжение;
- электрическое сопротивление высоковольтных проводов и изоляции свечи.

Параметры зазоров между контактами, углов замкнутого состояния контактов центробежных и вакуумных регуляторов распределения зажигания представлены в табл. 3.33, электрические параметры катушек зажигания – в табл. 3.34.

Наиболее совершенную информацию об электрических процессах, протекающих в цепях системы зажигания, позволяет получить осциллопический метод. Хотя этот метод требует высокой квалификации оператора, применение датчиков (особенно накладных), обеспечивает быстроту и простоту подключения приборов даже при работающем двигателе, обеспечивает минимальную затрату времени при диагностировании. С помощью осциллографа можно наблюдать изображение сигналов, отражающих все процессы, происходящие в системе зажигания, подключив датчик соответственно к цепям низкого (вывод первичной обмотки катушки зажигания) и высокого (вывод вторичной обмотки катушки зажигания) напряжения. По осциллограмме в цепи высокого напряжения можно выделить диагностические характерные участки кривой (рис. 3.36):

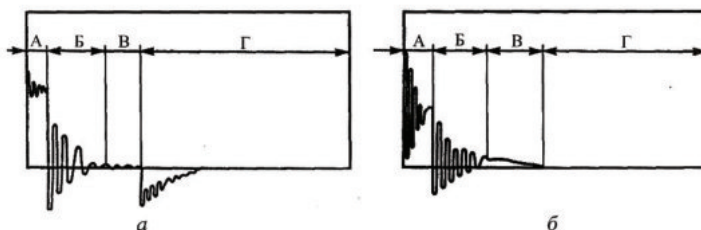


Рис. 3.36. Осциллограмма цепей системы зажигания:

а – первичной; *б* – вторичной

- А – участок горения дуги между электродами свечи зажигания. Мощность искры и время горения дуги зависят от состояния контактов прерывателя и зазора между ними;

- Б – участок рассеяния остаточной энергии катушки зажигания. Этот участок определяет исправность колебательного контура катушки зажигания и конденсатора;

- В – участок времени от момента прекращения колебаний до замыкания контактов;

- Г – участок угла замкнутого состояния контактов.

Оценку технического состояния системы зажигания осуществляют, сравнивая полученную форму кривой с эталонной.

Таблица 3.33

Характеристики распределителей зажигания

Модель и тип распределителя	Зазор между контактами	Угол замкнутого состояния контактов, град	Центробежный регулятор		Вакуумный регулятор		Емкость конденсатора, мкФ
			Частота* вращения валика распределителя, мин ⁻¹	Угол опережения, град	Разрежение, кПа	Угол опережения, гра	
РИ4Б, контактный	0,35-0,45	46-52	600	0-3	16	0-2	0,17-0,25
			900	4,5-7,8	24	2-4	
			1300	8-11	33 и	4-6	
			1750	11,5-14,5	более		
			2000	13-16			
РП9Б, контактный	0,35-0,45	48-52	300	0-1	14,5	0-2	0,17-0,25
			500	0,5-4	18,5	2-5	
			1200	10-13	24	5,5-7,5	
			1950	16-18	26,5	6,5-9,5	
			2200	17,5-20,0			

Модель и тип распределителя	Зазор между контактами	Угол замкнутого состояния контактов, град	Центробежный регулятор		Вакуумный регулятор		Емкость конденсатора, мкФ
			Частота* вращения валика распределителя, мин ⁻¹	Угол опережения, град	Разрежение, кПа	Угол опережения, град	
Р125, контактный	0,37-0,43	52-58	500 750 1000 1500 1900 2000 и более	0-1,5 1-4 3,5-6,5 8,5-11,5 12,5-15,5 14-16	-	-	0,2-0,25
Р125Б, контактный	0,37-0,43	52-58	500 1000 1500 2000 2250 и более	0-1,5 3,5-6 7,5-10,5 12-15 14,5-16,5	-	-	0,2-0,25
Р147А, контактный	0,35-0,45	47,5-52,5	500 800 1800 2800 и более	1-3 4,5-6,0 9-11 13,5-15,5	10,5 12,3 22,5 26,5 и более	0-3 4,75-7,7 5 8,5-11,5 8,5-11,5	0,17-0,25
Р147Б, контактно-транзисторный	0,35-0,45	47,5-52,5	450 750 1500 2250 и более	0-2,0 4,5-6,5 7-9 9,5-11,5	-	-	-
30.3706, контактный	0,37-0,43	52-58	600 900 1200 1700 2100 2600 и более	2-4 6,5-8,5 8,0-10,0 10,6-12,7 12,3-14,5 14,5-16,5	13,3 16 18,5 21,3 и более	0,5-2,5 2-4 3,5-5,5 5-7	0,20-0,25
38.3706, БСЗ	-	-	400 500 800 1100 2000 2600 и более	0-1 0,5-2,5 4-6 8-10 12-14 14,5-16,5	10,5 16 21,3	0-1 2-4 5-7	-

Модель и тип распределителя	Зазор между контактами	Угол замкнутого состояния контактов, град	Центробежный регулятор		Вакуумный регулятор		Емкость конденсатора, мкФ
			Частота* вращения валика распределителя, мин ⁻¹	Угол опережения, град	Разрежение, кПа	Угол опережения, град	
40.3707, БСЗ	-	-	550 1000 1500 2000 2500 2800 и более	0-1,5 3-5 5,5-8,5 8-10 10-12 11-13	13,3 16 20 24 и более	0-1 0,5-2,5 3-5 6-8	-
47.3706, контактный	0,35-0,45	47,5-52,5	600 900 1200 1700 2100 2450 и более	0 0-1,75 1,75-3,5 4,75-6,5 6,5-8,0 8,5-10,5	9,3 13,3 20 и более	0-2,5 3,5-6,0 9,5-12	0,18-0,26
4701.3706, БСЗ	0,35-0,45	47,5-52,5	700 900 1300 1700 2100 2500 2700	0-2 1,5-3,5 4,5-6,5 7-9 9-11 11-13 12-14	12 16 20 22,5	0-2 2,5-5,0 5,5-7,5 8,5-11,5	0,18-0,26
53.3706, БСЗ	-	-	500 1000 1500 2000 2500 и более	1,5-3,5 5,3-7,5 9,5-11,5 11,0-13,2 12,5-14,5	10,5 13,3 16 и более	0,5-2,5 3,5-5,5 6,5-8,5	-
54.3706, БСЗ	-	-	800 1200 1600 2000 2400 и более	0-1,5 1,5-2,8 3,8-5,5 6,0-7,5 8,5-10,5	10,5 16 21,3 и более	1-2 5,5-8,0 10-12	-

Примечание: * - частота вращения коленчатого вала вдвое больше

Угол замкнутого состояния контактов можно также определить с помощью транспортира, который крепится к ротору, или с помощью шкалы с делениями, которые накладываются на корпус прерывателя, а стрелка крепится на роторе. Момент замыкания и размыкания контактов определяется

по лампочке, соединенной с выводом низкого напряжения катушки зажигания с массой.

Таблица 3.34

Характеристики катушек зажигания

Катушка	Первичная обмотка		Вторичная обмотка		Коэффициент трансформации, W_1/W_2	Добавочный резистор
	Сопротивление, Ом	Индуктивность, мГн	Сопротивление, кОм	Емкость, пФ		
Б114	0,37-0,41	3,0-3,3	21,5-23,0	31-36	227	СЭ107
Б115	1,86-2,00	9,3-9,8	8,3-9,2	38-44	68	-
Б116	0,78-0,79	5,4-5,6	15,6	55-57	153	СЭ107
Б117	3,10-3,30	10-11	6,3-9,2	44-47	78,5	-
Б118	0,72-0,73	5,6-5,8	15	55-57	115	СЭ325
27.3705	0,40-0,50	3,7-3,8	4,5-5,5	31	82	-
29.3705	0,45-0,55	4,1-4,4	11	37	90	-
30.3705	0,45-0,55	5,6-6,2	6,3-6,4	24	70	-

Контроль и регулировку зазоров между электродами свечи осуществляют по данным эксплуатационной документации, например, табл. 3.35.

Таблица 3.35

Контрольные параметры свечей зажигания

Марка двигателя	Зазор между электродами, мм	Давление, при котором обеспечивается бесперебойное искрообразование, МПа	Давление, при котором обеспечивается герметичность, МПа
ВАЗ-21011, ВАЗ-2108	0,7-0,8	0,6	2,0
ВАЗ-2101, ВАЗ-2105, ВАЗ-2106	0,5-0,6	0,6	2,0
УЗАМ	0,8-0,9	0,8	1,0
МеМЗ-968М	0,7-0,9	0,8-0,9	1,0
МеМЗ-245	0,7-0,8	0,8-0,9	1,0-1,1
ЗМЗ-402, ЗМЗ-4021	0,8-0,95	0,8-0,9	1,0
ЗМЗ-4062.10	0,7-0,85	0,7-0,85	2,0

При увеличении степени сжатия, использовании более бедных рабочих смесей, увеличении частоты вращения коленчатых валов и числа цилиндров контактная система зажигания не обеспечивает решения задач и возросших требований к системе. Поэтому в свое время возникла необходимость применения транзисторных (электронных) систем зажигания.

По принципу действия все электронные устройства управления моментом зажигания могут быть классифицированы как аналоговые или дискретные. Все они основаны на том, что производимый датчиком сигнал формируется соответствующим образом и подается на коммутатор первич-

ного тока, то есть отсутствует жесткая механическая связь между датчиком и катушкой (рис. 3.37).

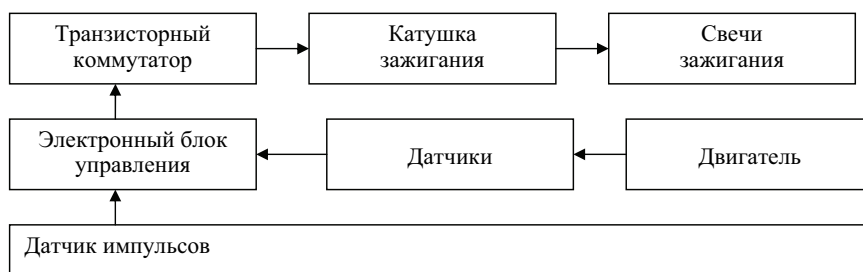


Рис. 3.37. Схема системы зажигания с электронным управлением

В электронных системах зажигания контакты играют вспомогательную роль или полностью удаляются и заменяются управляющими устройствами.

Функциональное отличие контактно-транзисторной системы зажигания от контактной заключается в том, что в контактно-транзисторной системе зажигания через контакты прерывателя проходят только управляющие импульсы тока (силой около 0,5 А). К первичной цепи катушки зажигания контакты прерывателя не относятся.

В цепи контактно-транзисторной системы предусмотрен коммутатор, который позволяет добиться бесконтактного размыкания и замыкания первичной цепи. В ряде случаев коммутатор производится в одном корпусе (блоке) с катушкой зажигания, который монтируется на кронштейне в моторном отсеке. Выполненная в форме блока конструкция позволяет предупредить интерференцию от электромагнитных помех.

Основные особенности контактных систем зажигания при использовании дополнительных электронных блоков: малый ток, протекающий через контакты прерывателя (номинальная сила тока не более 0,3 А); более высокое вторичное напряжение; устройства могут включать в себя электронный октан-корректор (ЭОК); возможность, в случае необходимости, перейти к обычной контактной системе зажигания.

Созданию систем зажигания, основанных на аналоговом принципе получения и обработки информации, способствует в первую очередь их невысокая стоимость и простота создания. В дискретных системах управления зависимость записывается в постоянное запоминающее устройство, откуда в дальнейшем, в зависимости от режима работы двигателя, считывается тот или другой угол опережения зажигания.

Угол опережения зажигания определяется относительно угла поворота коленчатого вала двигателя от момента возникновения искры до момента достижения поршнем верхней мертвой точки. Он выбирается для определенных условий работы двигателя с учетом крутящего момента, затрат топлива, состава отработавших газов, границы детонации, динамических характеристик и др.

Таким образом, электронные блоки в контактных системах зажигания значительно улучшают их характеристики, то есть:

- не обгорают контакты прерывателя, так как в несколько раз снижаются протекающие через них токи, делая их только управляющими работой электронного коммутатора (поэтому контакты не обгорают и не требуют частого обслуживания);

- позволяют существенно увеличить напряжение на свечах, в результате чего допускается некоторое увеличение зазора между электродами свечи;

- позволяют при затрудненном пуске или в случае пониженного октанового числа, воспользовавшись электронным октан-корректором, непосредственно с места водителя изменить угол опережения зажигания;

- при пуске или с целью очистки контактов прерывателя можно простым переключением перейти к обычной контактной системе зажигания.

Контактные системы зажигания с дополнительными электронными блоками имеют и недостатки: понижение энергии искры; число элементов системы доходит до 85, что снижает надежность системы зажигания.

Среди основных преимуществ бесконтактных электронных систем зажигания относительно контактных следует выделить следующие:

- лучшая адаптация угла опережения зажигания к условиям работы двигателя;

- облегченный запуск двигателя, более устойчивая работа двигателя на холостом ходу при снижении расхода топлива;

- контроль за большим числом рабочих характеристик;

- возможность интеграции в систему контроля за детонацией;

- контакты прерывателя не обгорают (как при контактной системе) и не загрязняются (как при контактно-транзисторной системе зажигания). Нет необходимости длительное время устанавливать момент зажигания, не контролируется и не регулируется угол замкнутого (разомкнутого) состояния контактов, в силу их конструктивного отсутствия. В результате двигатель не теряет мощности;

- не нарушается равномерность распределения искры по цилиндрам, так как отсутствует размыкание контактов кулачком и нет биения и вибрации ротора распределителя, что обеспечивает большую равномерность работы двигателя и, как следствие, экономичность и меньшую токсичность.

Современные (бесконтактные) системы зажигания управляются, как и система впрыска, отдельным ЭБУ (контроллером), который для выработки полнофункционального управляющего сигнала должен получать информацию от следующих элементов:

- датчик частоты вращения (положения) коленчатого вала двигателя;

- датчик положения распределительного вала, который подает на блок управления информацию, необходимую для расчета правильной установки зажигания;

- датчик (и) детонации;

- блок управления автоматической коробкой передач, для указания величины снижения крутящего момента при переключении передачи (связь с

блоком управления автоматической коробкой передач обеспечивает возможность снижения угла опережения зажигания при переключении передачи);

- блок управления системой впрыска с указанием: положения дроссельной заслонки, нагрузки двигателя, температуры охлаждающей жидкости;

- спидометр.

В свою очередь, электронный блок системы зажигания управляет следующими компонентами:

- коммутатор и катушка зажигания;

- реле кондиционера воздуха для временного отключения компрессора кондиционера;

- вентилятор системы охлаждения с помощью реле вентилятора;

- функция предупреждения о составе отработавших газов и др. Одновременно блок управления системой зажигания выдает информацию на диагностический блок для поиска неисправностей.

Диагностирование электронной системы зажигания производится аналогично диагностированию системы впрыска. Распознавание неисправностей осуществляется в соответствии с кодами.

Чаще всего выявление неисправности начинается с контроля исправности электрической проводки. Проверяется состояние проводов свечей, которые могут быть протерты или иметь порезы.

3.5.3. Диагностические параметры систем и механизмов двигателей с электронной системой управления впрыском топлива

Задачей диагностирования АСТП является определение полного перечня диагностических параметров, характеризующих ее техническое состояние. С учетом выбранных диагностических параметров можно ставить задачу об усовершенствовании методов и технических средств диагностирования большой группы автомобильных двигателей.

Параметры сигналов датчиков системы контроля и управления, например, двигателем Mercedes Vito 110 представлены в табл. 3.36 [19].

Таблица 3.36

Датчики систем контроля и управления двигателем автомобиля Mercedes Vito 110 CDIOM 611.980 2.2 л EDC CR15CO

Наименование	Тип	Параметры сигнала
Датчик температуры топлива	Полупроводниковый, отрицательный температурный коэффициент	20 °С – 3,1 кОм 40 °С – 1,33 кОм 60 °С – 630 Ом
Датчик температуры охлаждающей жидкости	Полупроводниковый, отрицательный температурный коэффициент	80 °С – 320 Ом 100 °С – 175 Ом

Наименование	Тип	Параметры сигнала
Датчик температуры наддувочного воздуха	Полупроводниковый, отрицательный температурный коэффициент	20 °С – 6 кОм 60 °С – 1,2 кОм 90 °С – 460 Ом 120 °С – 195 Ом
Датчик давления топлива в аккумуляторе	Тензорезистивный, со встроенным усилителем	$P[МПа] = \frac{U[B] - 0,5}{2,8} \cdot 100$
Датчик давления воздуха	Пьезоэлектрический со встроенным усилителем	120 кПа=4 В 80 кПа=3 В 50 кПа=2,5 В 20 кПа=2 В
Датчик массового расхода воздуха	Термоанемометрический, пленочного типа	XX – 1,6-2 В Резкое ускорение больше 3,5 В
Датчик комплексного состояния масла (температуры, уровня и качества масла)	Емкостная регистрация уровня и качества масла. Регистрация температуры масла двигателя. Передача данных в виде сигнала с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ)	Скважность 1-го импульса: 20% - 40 °С; 80% - 160 °С. Скважность 2-го импульса: 20% - уровень 0 мм; 80% - уровень 80 мм. Скважность 3-го импульса: 20% - низкое качество масла; 20-80% - допустимое качество; более 80% - масло только что заменено
Датчик положения коленчатого вала	Индукционный	Сопротивление обмотки 1 кОм
Датчик положения распределительного вала	На основе элемента Холла	Импульсы 12 В
Датчик положения педали акселератора	На основе элементов Холла имеет два канала для избыточного дублирования и повышения надежности	Педаль отпущена: канал № 1 – 0,14 В; канал № 2 – 0,29 В. Педаль нажата до упора: канал № 1 – 2,2 В; канал № 2 – 4,49 В
Датчик положения педали сцепления	Концевой выключатель – контакт замыкается при нажатии на педаль сцепления	
Датчик положения педали тормоза	Концевой выключатель – одна пара контактов замыкается, другая размыкается при нажатии на педаль	

Впрыск топлива обеспечивает более точное его распределение по цилиндрам. При распределенном впрыске состав горючей смеси в разных цилиндрах может отличаться только на 5-7%, а при питании от карбюратора – на 11-17%.

Двигатели с электронной системой управления впрыском топлива имеют значительно больше контролируемых параметров (рис. 3.33) по сравнению с двигателями с электромеханической системой управления

(см. табл. 3.13). Двигатели с непосредственным впрыском топлива имеют более 100 диагностических параметров. Основные из них приведены на рис. 3.38.

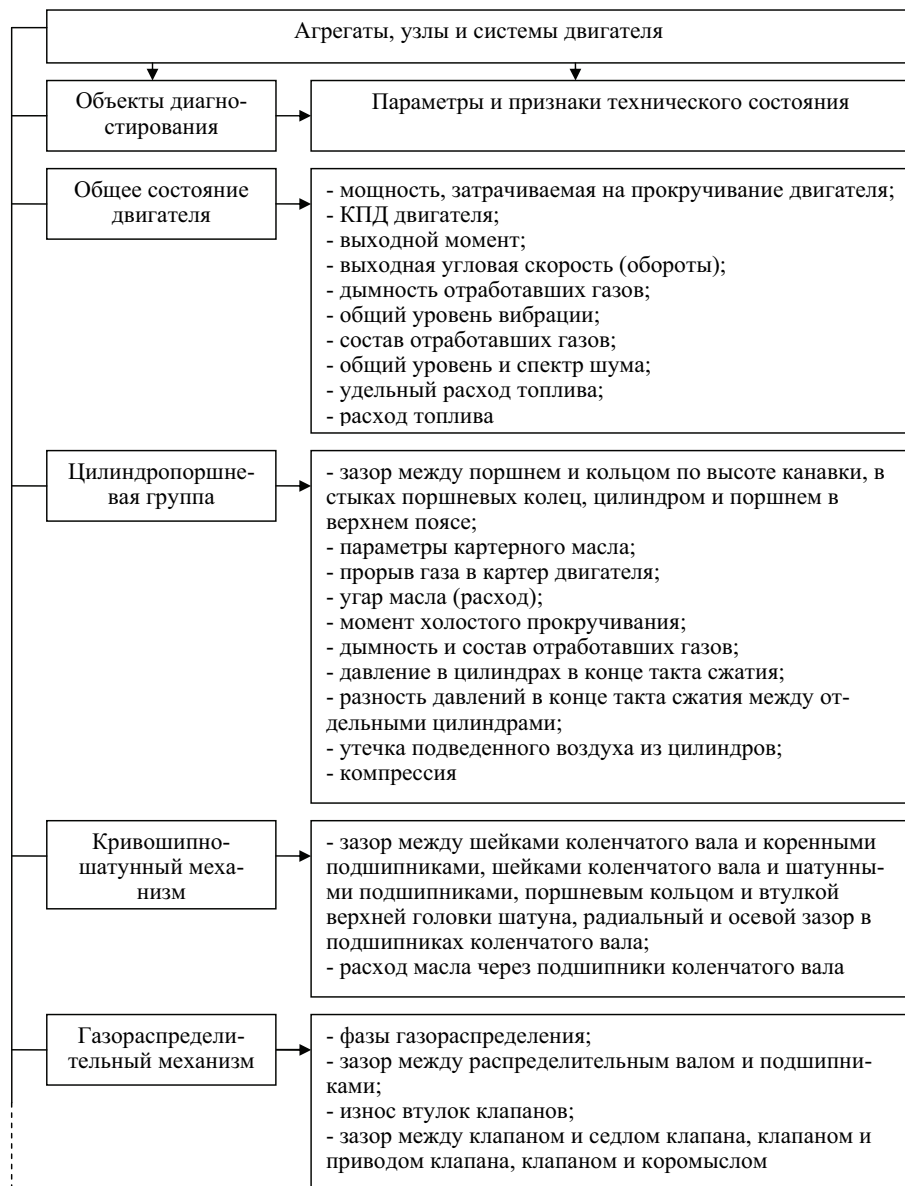
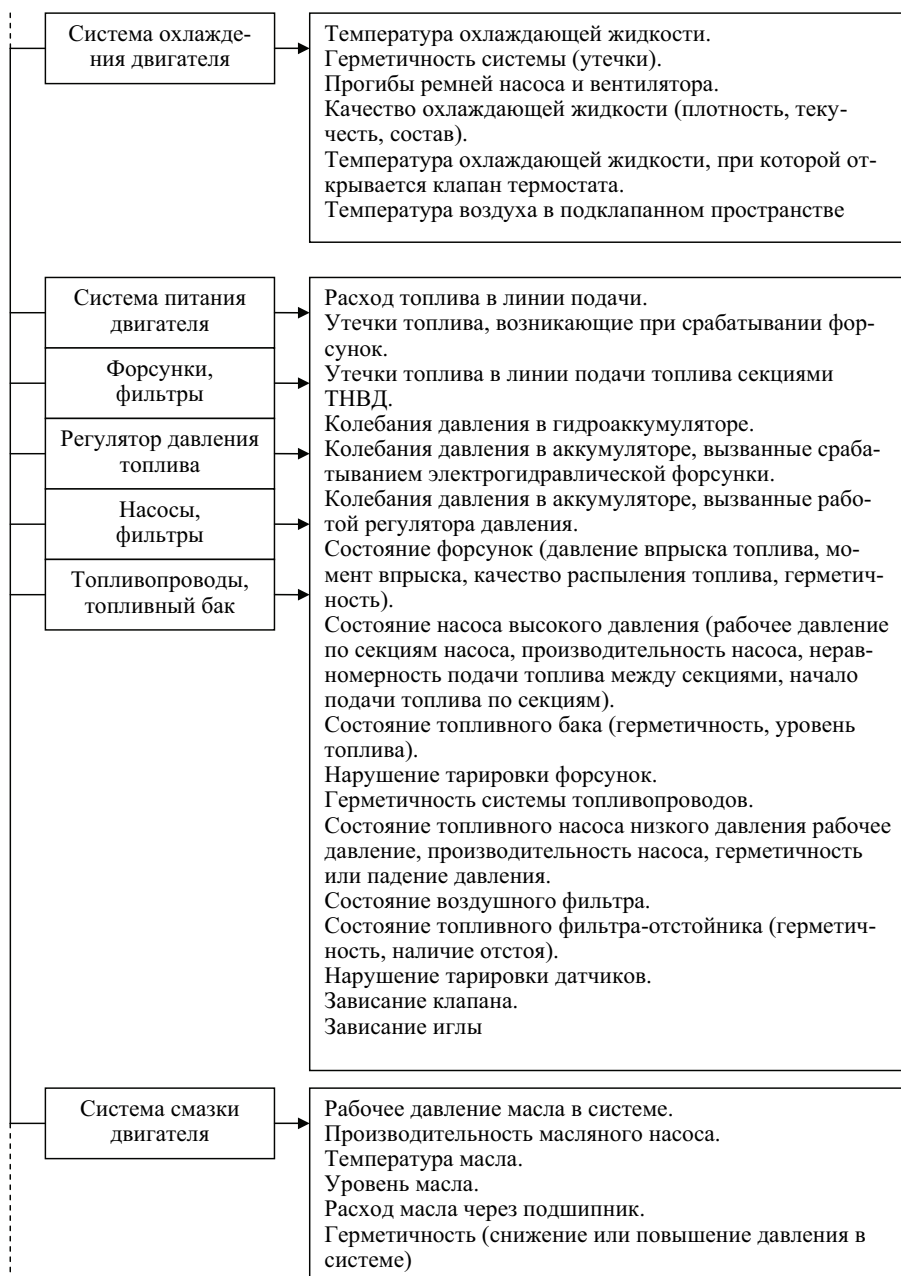
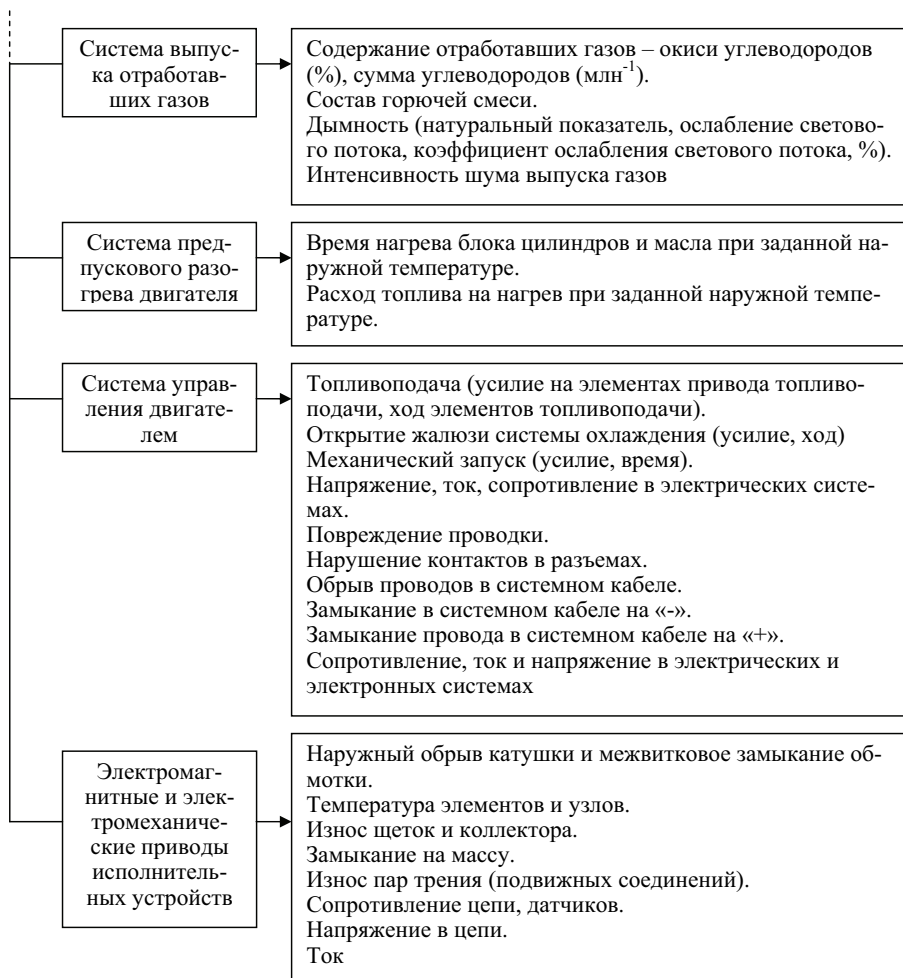


Рис. 3.38. Основные диагностические параметры систем двигателя



Продолжение рис. 3.38



Продолжение рис. 3.38

3.5.4. Диагностические параметры систем двигателя

Все двигатели внутреннего сгорания работают на топливоздушной смеси, от качества которой зависит экономичность двигателя, его динамические характеристики, количество CO и CH в отработавших газах.

Оптимальный состав топливоздушной смеси по весу – одна часть топлива и примерно 14,7 частей воздуха. От качества горючей смеси зависят полнота сгорания топлива, КПД 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 уро-

вень СО и СН в отработавших газах, преждевременный выход из строя агрегатов и деталей топливной системы.

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, различная работа (производительность) форсунок, отклонение от оптимального значения углов опережения впрыска топлива, линейные размеры камер сжатия, степень закоксования проходных сечений впускных и выпускных окон цилиндрических втулок.

Основные параметры для топливных насосов высокого давления АСП: производительность ТНВД (в зависимости от числа оборотов приводного вала и развиваемого давления), максимальное развиваемое давление и электрические характеристики сигналов управления электроклапанами насоса. Дополнительная информация: величина обратного слива топлива, форма и амплитуда колебаний, создаваемых в линии высокого давления.

Величина утечки зависит от перепада давления топлива, зазора, длины образующей уплотняющей поверхности и частоты вращения кулачкового вала. При этом основным структурным параметром является зазор в прецизионной паре.

Так, зазор в золотниковой части плунжерной пары:

$$\delta_I = \delta_m + \delta_s + \delta_k + \delta_o + \delta_p,$$

где δ_m – технологический зазор ($\delta_m = 1,5 - 2,5$ мкм); δ_s – увеличение зазора вследствие упругой деформации гильзы при деформациях корпуса; δ_k – увеличение зазора вследствие деформации втулки и плунжера от давления топлива при сжатии; $\delta_k = 2 - 3$ мкм; δ_o – увеличение зазора за счет овальности пары (до 2 мкм); δ_p – увеличение зазора распылителя.

Из приведенного примера видно, что зазор в паре может меняться в пределах 2-7 мкм, а его дополнительное увеличение за счет износа приводит к существенным утечкам топлива при высоких давлениях.

И хотя в аккумуляторных системах скорость плунжера ТНВД не определяет непосредственно параметров процесса подачи топлива, так как в этих системах насос создает постоянное давление, регулируемое перепускным клапаном, на режимах максимальной мощности из-за утечки топлива может проявляться его нехватка.

Структурные параметры ТНВД:

- размеры и геометрическая форма втулок и плунжеров;
- зазоры в парах «втулка-плунжер»;
- размеры и геометрическая форма клапанов и посадочных мест;
- зазоры в клапанах;
- прочность и жесткость клапанных пружин.

Структурные параметры электрогидравлической форсунки:

- размеры и форма шарика клапана управляющей камеры и его посадочного места;
- зазор в клапане управляющей камеры;
- прочность и жесткость пружин клапана управляющей камеры;
- электрическое сопротивление катушки электромагнита;
- размеры, форма и шероховатость поверхности поршня управляющего клапана;
- зазор в паре «корпус-поршень управляющего клапана»;
- форма и шероховатость поверхностей конусов иглы и распылителя;
- форма, размеры и шероховатость поверхности иглы и распылителя;
- зазор в паре «распылитель-игла»;
- размеры и форма распыливающих отверстий форсунки.

Наиболее информативным параметром оценки системы топливной аппаратуры является расход топлива в линиях обратного слива, приходящегося на открытие форсунок. Менее информативным, но более важным является расход топлива в линии обратного слива ТНВД.

Все волновые диагностические процессы, происходящие в аккумуляторе, можно разделить на три группы [19]:

- колебания давления в аккумуляторе, возникающие вследствие подачи топлива секциями ТНВД;
- амплитуда и форма колебаний давления в аккумуляторе, возникающие при срабатывании форсунки;
- аномальные колебания давления и длительные отклонения среднего давления от нормы, например, вследствие зависания иглы распылителя форсунки, подклинивания штока регулятора давления топлива, значительные утечки топлива в узлах системы из-за износа или поломки подкачивающего насоса.

В топливной системе наиболее подвержены загрязнению следующие элементы:

- форсунки, клапаны и камеры сгорания;
- распределительные устройства топлива;
- регулятор давления, топливоподачи, воздушный коллектор;
- топливные и воздушные клапаны;
- регулировочные винты;
- топливные жиклеры, инжекторные насосы,

Наиболее распространенными неисправностями форсунок являются:

- карбонизация (зашлаковывание);
- загрязнение проточной части;
- негерметичность (протекание) в запирающем клапане;

- поломка или усадка пружин;
- зависание иглы распыления или клапана;
- межвитковое замыкание в катушке;
- внутренний обрыв цепи;
- нарушение тарировки.

Диагностические параметры топливной системы впрыска бензинового и дизельного двигателя (при исправной системе управления топливоподачей) для отдельных объектов диагностирования приведены на рис. 3.39, 3.40.



Рис. 3.39. Неисправности и диагностические параметры системы впрыска бензинового двигателя

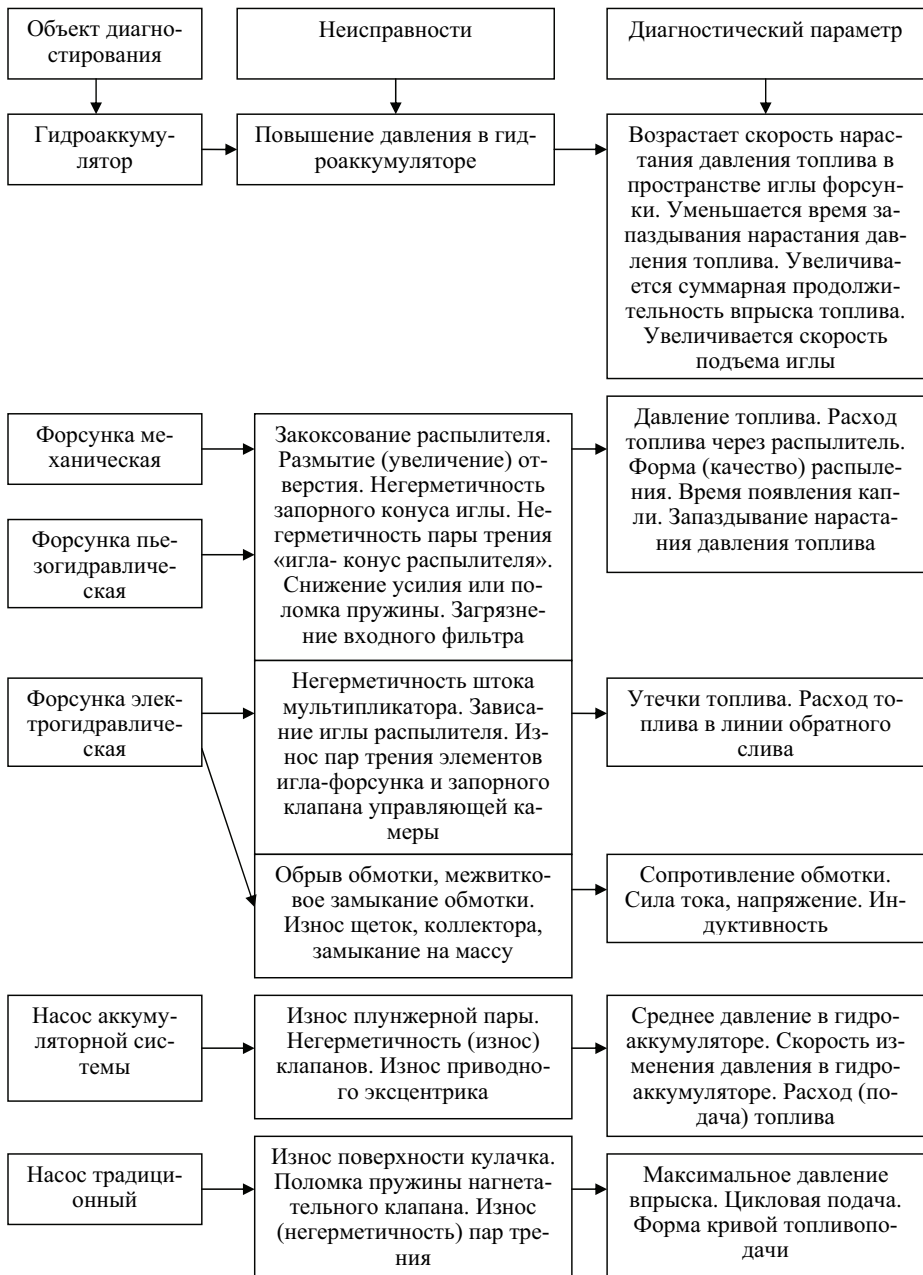
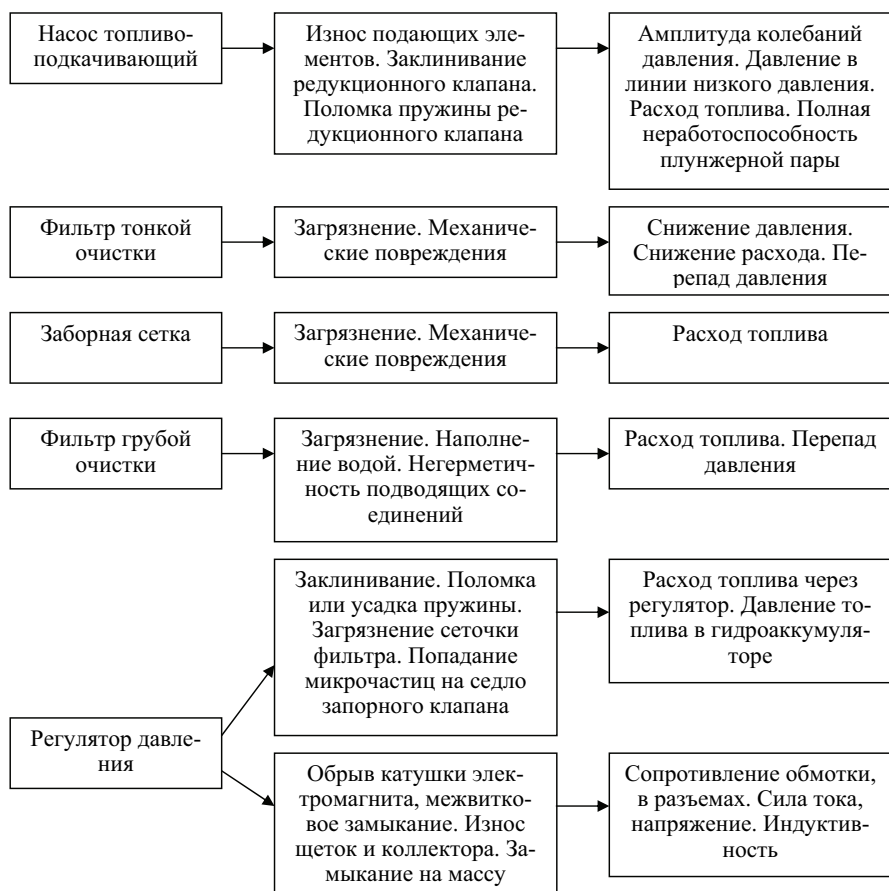


Рис. 3.40. Неисправности и диагностические параметры топливной системы дизельного двигателя



Продолжение рис. 3.40

Основными параметрами системы впрыска, которые определяют количество топливно-воздушной смеси, являются частота вращения коленчатого вала и количество воздуха, поступающего в двигатель.

Наибольшему загрязнению в двигателе подвержены форсунки. Это объясняется тем, что они располагаются в зоне действия высоких температур, что приводит к их закоксованию содержащимися в топливе смолами, образованию на форсунках твердых отложений, перекрывающих частично или полностью распылительные отверстия, а также нарушающих герметичность игольчатого клапана. Кроме того, общее загрязнение топливной системы – бака, трубопроводов, фильтра приводит к засорению частичками шлака заборной сетки, каналов и фильтра форсунки. Упомянутые «загрязнения» могут приводить к разбросу давлений по всем форсункам и неодинаковому количеству впрыскиваемого топлива. Разброс давлений по всем форсункам (штифтовым) не должен превышать 5 бар.

Контролируемыми параметрами штифтовых форсунок являются: давление открытия, герметичность, форма струи распыления, звук впрыска. От распылителя зависит мощность, расход топлива, состав выхлопных газов. Регулировка давления открытия форсунки производится выбором необходимой толщины шайбы, 0,01 мм приблизительно соответствует изменению давления на 1 бар.

Контрольные вопросы

1. Какие диагностические параметры системы зажигания по контуру высокого напряжения?
2. Назвать диагностические параметры системы зажигания по контуру низкого напряжения.
3. Какие параметры системы зажигания можно определить (наблюдать) с помощью осциллографа?
4. По каким рекомендациям осуществляется контроль и регулировка зазоров между электродами свечей?
5. Как определяется угол опережения зажигания?
6. С учетом каких условий работы двигателя выбирают угол опережения зажигания?
7. Какие условия работы двигателя влияют на величину компрессии?
8. Какие факторы, параметры и неисправности элементов топливной системы влияют на равномерность нагрузки по цилиндрам двигателя?
9. Какой основной структурный параметр в прецизионных золотниковой части плунжерных пар топливных насосов?
10. Какие структурные параметры ТНВД?
11. Какие функциональные параметры имеет топливный насос, превышение которых приводит к утрате его работоспособности?
12. Какие ресурсные параметры утраты работоспособности насосов?
13. Какие структурные параметры электрогидравлических форсунок?
14. Назвать наиболее информативные параметры оценки системы топливной аппаратуры.
15. Какие элементы топливной системы наиболее подвержены загрязнению?
16. Какие неисправности форсунок являются наиболее распространенными?

3.6. Виброакустические диагностические параметры двигателей

3.6.1. Виброакустические диагностические параметры

Виброакустическая диагностика обеспечивает для большинства машин решение более 80% диагностических задач, а удельный вес типовых диагностических ситуаций превышает 90%. Создание пакетов программ вибрационного диагностирования обеспечивает достоверные результаты диагноза и прогноза более чем в 9 из 10 случаев.

Вибрация – это упругие колебания конструкций или их элементов, состоящих из твердой среды любого вида (металла, керамики, пластмассы и др.) Вибрация измеряется вибропреобразователями в комплекте виброметра, виброанализатора или виброизмерительного комплекса. В свою очередь, эти механические колебательные процессы приводят к возникновению

периодических возмущений в окружающей среде (жидкость, газ или воздух).

Необходимым условием правильного решения задачи диагностики технического объекта является измерение диагностических параметров. При этом должны быть выбраны методы измерения и аппаратура, обеспечивающие требуемые метрологические характеристики: точность, быстродействие, чувствительность. Выбор диагностических параметров, обладающих необходимой для решения задачи диагностики информативностью, опирается помимо диагностической модели на знание особенностей и возможностей получения соответствующей измерительной информации.

Виброакустические характеристики занимают одно из важнейших мест среди многих диагностических параметров двигателей. Особенно информативны они при исследованиях процессов в механизмах с периодическими механическими перемещениями. При этом, как в самом механизме, так и в окружающей среде (газ, жидкость), возникают колебательные процессы.

Шум – это упругие колебания, распространяющиеся в воздухе и возникающие в результате движения транспортных средств или работы машин и механизмов; их называют шумом, загрязняющим окружающую среду. Шум измеряется микрофонами в комплексе с шумомерами. В большинстве случаев шум и вибрация являются нежелательными, хотя и неизбежными процессами, с которыми активно борются конструкторы и проектировщики соответствующей техники. В диагностике же эти сопровождающие работу механизмов процессы можно успешно использовать для получения диагностической информации.

3.6.1.1. Основные характеристики акустических процессов

Основные параметры акустических процессов приведены в табл. 3.37. Представленные характеристики акустических процессов далеко не исчерпывают всех возможных акустических диагностических параметров, но являются базовыми для большинства других.

Таблица 3.37

Основные параметры акустических процессов

Параметр	Обозначение	Единица измерения СИ	Соотношение единиц измерения СИ и СГС
Звуковое давление, механическое напряжение	p_a	Па	10 дин/см^2
Интенсивность звука	I	Вт/м^2	$10^3 \text{ эрг/см}^2 \text{ с}$
Звуковая мощность	W	Вт	10^7 эрг/с
Скорость колебания частиц	v, ζ	м/с	10^2 см/с
Колебательное ускорение частиц	a, ξ	м/с^2	10^2 см/с^2
Скорость распространения звуковых волн	c	м/с	10^2 см/с
Длина звуковой волны	λ	м	10^2 см

Параметр	Обозначение	Единица измерения СИ	Соотношение единиц измерения СИ и СГС
Линейная частота колебаний	f	Гц	Гц
Угловая частота колебаний	ω	рад/с (1/с)	рад/с
Период колебаний	T	с	с
Плотность звуковой энергии	w	Дж/м ³	10 эрг/см ²
Акустическое сопротивление	$Z (Z \cdot \rho c)$	Па·с/м	10 ⁻¹ ·с/см ³
Механическое сопротивление	Z_M	Н·с/м	10 ³ ·с/см

Между приведенными в таблице величинами существует тесная связь. Можно привести ряд примеров. **Мощность звука** – энергия, передаваемая звуковой волной через рассматриваемую поверхность в единицу времени. Среднее во времени значение мощности звука, отнесенное к единице площади, называется **интенсивностью звука**. Для плоской гармонической волны справедлива формула, связывающая амплитудные характеристики (колебательная скорость, звуковое давление) с энергетическими

$$I = \frac{p_a \xi_a}{2} = \frac{(p_a)^2}{2\rho c} = \frac{(\xi_a)^2 \rho c}{2} = p \xi = \frac{p^2}{2\rho c} = \xi^2 \rho c, \quad (3.18)$$

где p_a и ξ_a – амплитуды звукового давления и скорости колебания частиц; p и ξ – эффективные (действующие) значения; ρc – удельное акустическое сопротивление среды, равное произведению плотности среды на скорость распространения в ней звуковых волн.

При виброакустических измерениях широко используются относительные характеристики, наиболее известными из которых являются **уровень звукового давления L_p** и **уровень звуковой мощности L_w** . Они выражаются в децибелах (дБ) и характеризуют соотношение давления или мощности действующего звукового поля и некоторых пороговых значений. В акустике за пороговое значение звукового давления принята величина

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па.}$$

Это значение соответствует среднеквадратичному давлению чистого тона частотой 1000 Гц нормального порога слышимости. Пороговый уровень звуковой мощности равен

$$W_0 = 10^{-12} \text{ Вт.}$$

Тогда соответствующие уровни определяются формулами

$$L_p = 10 \lg \frac{P}{P_0} \quad L_w = 10 \lg \frac{W}{W_0} \quad (3.19)$$

Величины W_0 и p_0 находятся в тесной взаимосвязи. Пороговое давление образуется на сфере единичной площади вокруг источника с пороговым

уровнем. Это легко показать, если рассмотреть интенсивность волны с пороговым давлением в воздухе ($\rho c_{\text{возд}}=415 \text{ Па}\cdot\text{с/м}$)

$$I_0 = \frac{p_0^2}{\rho c} = \frac{(2 \cdot 10^{-5})^2}{415} \left[\frac{(\text{Па})^2}{(\text{кг}^3)(\text{м/с})} \right] \approx 10^{-12} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$$

Если проанализировать звуковое поле на некоторой поверхности площадью S , окружающей источник звуковой энергии с уровнем L_w , то можно получить связь этой величины с уровнями звукового давления на каждом из n отдельных участков рассматриваемой поверхности:

$$L_w = 10 \lg S + \overline{L_p}, \text{ где } \overline{L_p} = \frac{1}{n} \sum_i 10^{0,1 L_{pi}} \quad (3.20)$$

Формула (5.20) позволяет оценивать уровень звуковой мощности источника (обычно в диагностике – это работающий механизм) по результатам измерений уровней звукового давления в различных точках некоторой воображаемой поверхности вокруг исследуемого источника. (Строго говоря, формула справедлива для свободного звукового поля).

В твердом теле амплитуды вибро смещения x , виброскорости $v=x$ и виброускорения $\dot{a} = \dot{v} = \ddot{x}$ для гармонических процессов вида

$$x(t) = x \cos(\omega t - \varphi)$$

связаны соотношениями

$$v = \dot{x} = \omega x; \quad a = \dot{v} = \omega v = \ddot{x} = \omega^2 x \quad (3.21)$$

Данные параметры также часто измеряются в относительных единицах (дБ). При этом они могут определяться разными способами (такого общепринятого порогового уровня, как для воздуха, нет), например следующим образом:

$$\begin{aligned} L_x &= 20 \lg \frac{x}{x_0}; & x_0 &= 8 \cdot 10^{-12} \text{ м}; \\ L_{\dot{x}} &= 20 \lg \frac{\dot{x}}{\dot{x}_0}; & \dot{x}_0 &= 5 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}; \\ L_{\ddot{x}} &= 20 \lg \frac{\ddot{x}}{\ddot{x}_0}; & \ddot{x}_0 &= 3 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2, \end{aligned} \quad (3.22)$$

где $x_0, \dot{x}_0, \ddot{x}_0$ – пороговые значения, соответственно, смещения, скорости и виброускорения. Пороговые значения связаны между собой выражением (3.22) и на базовой частоте 1000 Гц совпадают со смещением, скоростью и ускорением частиц воздуха при пороговом звуковом давлении $p_0=2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$.

Приведенный анализ характеризует простой виброакустический сигнал на определенной частоте. Реальные сигналы имеют более сложный состав и включают ряд гармонических составляющих. Это приводит к необ-

ходимости анализа сигналов не только по их амплитудам, но и в частотной области. Формулы (3.19) применимы по отношению к отдельным гармоническим составляющим сигнала. Интегральная оценка общего воздействия звукового поля сложного сигнала требует дополнительного анализа.

Рассмотрим случай, когда звуковой сигнал имеет две составляющие с частотами f_1 и f_2 . Пусть получены уровни звукового давления составляющих L_{p1} и L_{p2} . Оценим уровень давления в суммарном звуковом поле. Здесь возможны два случая: сигналы когерентны, то есть между составляющими сигнала имеется взаимосвязь, и сигналы не когерентны, то есть фазовые соотношения между составляющими сигнала подчиняются случайному закону. Во втором случае необходимо использовать энергетическое сложение сигналов. Уровень звукового давления для некогерентного случая будет рассчитываться по формуле

$$L_{p\Sigma} = 10 \lg \left(\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^2 + \left(\frac{p_2}{p_0} \right)^2 \right), \quad (3.23)$$

где p_1 и p_2 – эффективные (среднеквадратичные) значения звукового давления первой и второй составляющих звукового сигнала. Определим уровень давления суммарного сигнала по известным L_{p1} и L_{p2} . Положим, что $L_{p1} > L_{p2}$, тогда

$$L_{p\Sigma} = 10 \lg \left(10^{0,1L_{p1}} + 10^{0,1L_{p2}} \right) = 10 \lg \left(10^{0,1L_{p1}} \left(1 + 10^{0,1(L_{p2} - L_{p1})} \right) \right),$$

то есть

$$L_{p\Sigma} = L_{p1} + \Delta L,$$

где

$$\Delta L = 10 \lg \left(1 + 10^{0,1(L_{p2} - L_{p1})} \right).$$

Для упрощения анализа можно получить численные значения, связывающие поправку ΔL к максимальному из двух составляющих уровню звукового давления и разницу уровней давления составляющих (табл. 3.38).

Таблица 3.38

Добавка для суммирования двух уровней шума

$L_{p2} - L_{p1}$, дБ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΔL , дБ	3	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4

Таким образом, при сложении двух некоррелированных составляющих сложного сигнала максимальное увеличение уровня звукового сигнала составляет 3 дБ.

Обобщение формулы 3.23 для произвольного числа некоррелированных составляющих сложного сигнала дает

$$L_{p\Sigma} = 10 \lg \left(\left(\frac{p_1}{p_0} \right)^2 + \left(\frac{p_2}{p_0} \right)^2 + \dots + \left(\frac{p_n}{p_0} \right)^2 \right) \quad (3.24)$$

В случае когерентных сигналов результат совместного действия составляющих будет зависеть от фазовых соотношения между ними. Так, при сложении сигналов с одинаковой частотой

$$p_{\Sigma}^2 = p_1^2 + p_2^2 + 2p_1p_2 \cos \theta, \quad (3.25)$$

где θ – фазовый сдвиг между сигналами p_1 и p_2 . Тогда при $p_1=p_2$

$$\begin{aligned} \theta=0 &\Rightarrow p_{\Sigma}=p_1+p_2 \Rightarrow \Delta L=6 \text{ дБ}; \\ \theta=180^\circ &\Rightarrow p_{\Sigma}=p_1+p_2=0. \end{aligned} \quad (3.26)$$

При исследованиях шумов механизмов часто интересуются воздействием таких процессов на человека. При этом надо учитывать особенности восприятия звука человеком, прежде всего разную чувствительность на разных частотах. Для отражения указанных особенностей при измерениях уровней звукового давления и мощности вводится коррекция чувствительности измерительного прибора – характеристика А. Соответствующая единица измерения – децибелы А (дБА). Она характеризуется поправками к реальным уровням звукового давления, что можно отразить с помощью графика или таблицы. Если считать, что

$$L_{дБА} = L_{дБ} + \Delta, \quad (3.27)$$

то в зависимости от частоты величину поправки нужно брать в соответствии с приведенными в табл. 3.39 соотношениями.

Таблица 3.39

Зависимость величины поправки от уровня звукового давления

f , Гц	10	100	200	500	2500	5000	10000
Δ , дБ	-70,4	-19,1	-10,9	-3,2	+1,3	+0,5	-2,5

3.6.1.2. Выбор параметров измерения и количественная оценка вибрации

Основными диагностическими параметрами вибрации являются амплитуда, частота и фаза вибрации. Для количественной оценки амплитуд механических колебаний можно использовать разные значения. На рис. 3.41 показаны взаимные отклонения двойной амплитуды пикового значения среднего значения и среднего квадратического значения колебаний с синусоидальной формой волны.

В зависимости от спектрального состава распределения уровней вибрация во всем диапазоне частот и во времени, а также от нормирования до-

пустимого уровня определяют амплитудные, средние или средние квадратические значения.

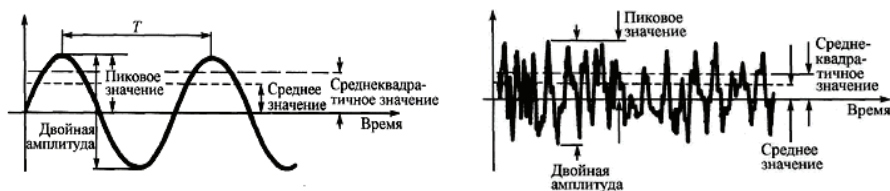


Рис. 3.41. Количественная оценка амплитуд механических колебаний:

$$\text{Среднее значение } \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}; \text{ Среднеквадратичное значение } \frac{1}{T} \int_0^T |x| dt$$

Среднее квадратическое значение (СКЗ) является самым важным значением, так как оно в виде квадратного корня из усредненных по времени и возведенных в квадрат мгновенных значений связано с энергией и, следовательно, с разрушающей способностью механических колебаний.

СКЗ синусоидальных колебаний равно умноженному на $\frac{1}{\sqrt{2}}$ пиковому значению этих колебаний. Основным, преимуществом измерения средних квадратических значений является независимость этих значений от сдвигов фаз между отдельными составляющими спектров измеряемой вибрации.

Двойная амплитуда (размах) используется при количественной оценке перемещения механических колебаний, но находит лишь ограниченное применение.

Пиковое значение является максимальным значением механических колебаний учитываемых именно при количественной оценке кратковременных механических ударов.

Среднее значение связано в временным развитием механических колебаний, но его практическое применение ограничено ввиду того, что оно не имеет непосредственной связи ни с одной физической величиной этих колебания.

Для количественной оценки уровней механических колебаний во временной области используется смещение м, мм, мкм; скорость – м/с, мм/с ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$, $\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$); ускорение – $\text{м}/\text{с}^2$ ($\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$). Амплитуды смещения, скорости и ускорения колебаний в синусоидальной форме волны взаимно связаны математическими функциями частоты и времени, показанными на рис. 3.42.

Каждый из параметров обладает определенной особенностью при его использовании в качестве критерия неисправности. Выбор диагностических параметров вибрации зависит от типов исследуемых на них колебаний.

В низкочастотном диапазоне чаще измеряют параметры виброперемещения, в среднечастотном – виброскорость, а в высокочастотном – виброускорение. Однако такое деление является условным, необходимость измерения виброперемещения может возникать в высокочастотном диапазоне, а чаще виброускорение – в низкочастотном.

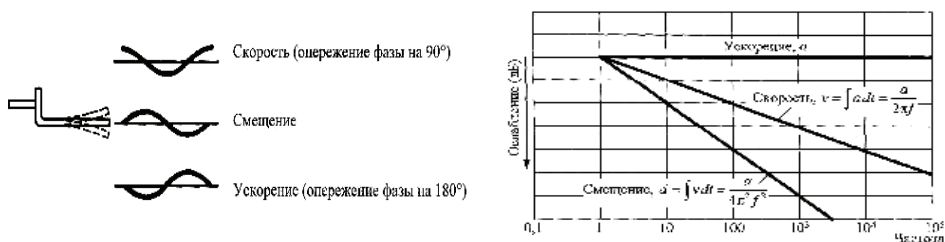


Рис. 3.42. Параметры механических колебаний

Амплитуда виброперемещения характеризует деформацию конструкции при вибрации и может быть рекомендована для измерений, если неисправность приводит к изменению некоторых линейных или угловых размеров на низких частотах меньших 10-50 Гц. Измерение и анализ смещения не является задачей первостепенной важности при общем исследовании механических колебаний. Однако смещение играет важную роль у машин и механизмов, сконструированных с учетом зазоров между отдельными элементами и деталями. Смещение также часто служит параметром при балансировке вращающихся элементов, так как относительно большие смещения наблюдаются на частоте вращения балансируемой детали. Виброперемещение представляет интерес в тех случаях, когда необходимо знать относительное смещение объекта или деформации с большими амплитудами, на-

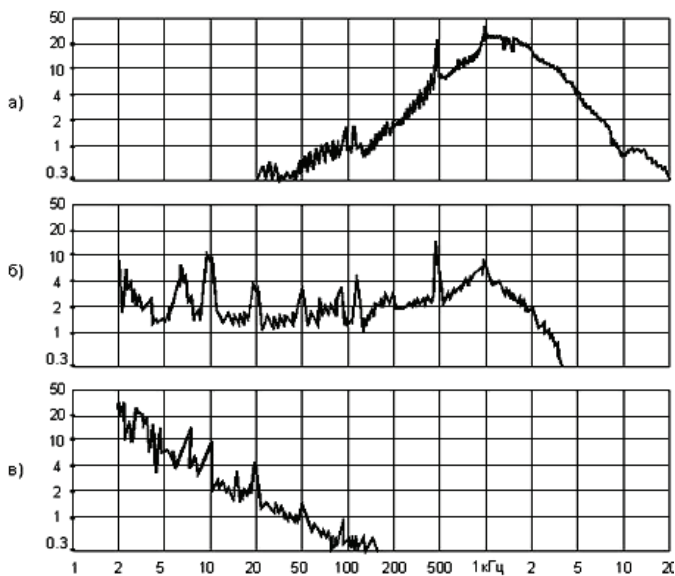


Рис. 3.43. Спектрограммы ускорения (а), скорости (б) и перемещения (в) механических колебаний электрической цепи

пример, колебаний рам, корпусов и других крупных конструкций. Использование параметра виброперемещения при контроле вибрации по спектру затруднительно, так как существующая электронная измерительная аппаратура содержит в своем составе вибропреобразователи, реагирующие на ускорение и скорость. Аппаратурный перевод последних в перемещение приводит к существенным погрешностям измерений.

Из приведенных на рис. 3.43 спектрограмм вибрации следует, что диапазон амплитуды, необходимый для воспроизведения кривой скорости, наименьший и поэтому занимает наименьший динамический диапазон. Ка-

ждая кривая, имея различные наклоны, дает верную картину спектра вибрации. У них есть пики на одних и тех же частотах. Амплитуда пиков такая же относительно общего наклона каждого спектра. Если учесть, что изменений амплитуд виброскорости в частотном диапазоне 10-20 кГц существенно меньше, чем изменения амплитуд вибросмещения и виброускорения, то можно сделать вывод о том, что виброскорость – наиболее универсальный критерий интенсивности вибрации.

Опытом подтверждено, что общее среднее квадратическое значение скорости, измеряемое в частотном диапазоне от 10 до 1000 Гц, наиболее точно отражает опасность вибрации.

Следовательно, можно вывести практическое правило: всегда предпочтительно применять тот параметр механических колебаний, частотный спектр которого имеет вид плоской кривой – меньший динамический диапазон (рис. 3.44).

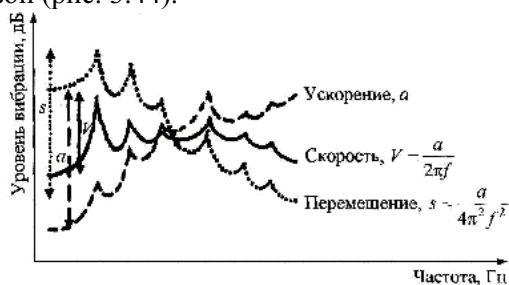


Рис. 3.44. Типичный спектр вибрации машины, выраженный в ускорении, скорости и смещении

анализе обычно отдается ускорению или скорости механических колебаний. Выбор в качестве контролируемого параметра вибрационного ускорения имеет ряд преимуществ, одно из которых состоит в том, что виброускорение при определенных условиях является показателем динамической нагрузки, действующей на тело. Ускорение механических колебаний часто относится к ускорению силы тяжести (g). Единица g и m/c^2 взаимно связаны фактором 10 (9,81).

Логарифмическая шкала амплитуды – шкала уровня. К ее преимуществам относится возможность применения относительных единиц при сравнении колебаний. Наиболее распространенной относительной единицей, относящейся к логарифмической шкале, является децибел (дБ), определяемый отношением определенного и опорного значений соответствующей величины механических колебаний.

Уровни вибрации в этом случае определяются энергетически в дБ, представляющих десять логарифмов отношения рассматриваемых величин к начальным условно принятым пороговым (опорным) значениям.

Таким образом, проведенный анализ вибрационных параметров смещения, скорости и ускорения показывает что поскольку дефекты подшипниковых узлов, зубчатых передач, потокодержающих гидравлических и аэродинамических систем двигателя проявляются в широкой области частот

Это автоматически обеспечивает оптимальную эксплуатацию виброизмерительной аппаратуры, в частности, с точки зрения ее рабочего динамического диапазона, то есть диапазона с пределами равными наибольшему и наименьшему значениям, надежно и точно измеряемым данной аппаратурой. В соответствии с этим правилом предпочтение при частотном

от нескольких герц до 20 кГц, универсальным критерием оценки интенсивности вибрации является виброускорение. Предпочтение при измерении и анализе вибрации двигателя отдается вибрационному ускорению. При измерении ускорения охватывается область высоких частот.

Вибрационная (колебательная) мощность определяется произведением действующей силы F на виброскорость

$$N = F_x \cos F_x, \quad (5.28)$$

где F_x – угол между направлением силы и виброскорости.

Виброускорение часто выражается и в логарифмических единицах относительно ускорение силы тяжести g

$$L_x = 201g \left(\frac{x}{g} \right). \quad (3.29)$$

Параметром вибрации является также величина механического сопротивления колебательной системы Z – отношение силы F , действующей на систему, к виброскорости \dot{x} , Н·с/м, возбуждаемой вибрации, то есть

$$Z_M = \frac{F}{\dot{x}}. \quad (3.30)$$

По ИСО 1683 уровень силы определяется как

$$L_F = 201g \left(\frac{F}{F_0} \right) \text{ дБ} \quad (3.31)$$

с опорным значением $F_0=10^{-6}$ Н.

Стандартами ИСО 1683 установлены следующие опорные значения механических колебаний:

- ускорение $\ddot{x}_0=10^{-6}$ м/с²,
- скорость $\dot{x}_0=10^{-9}$ м/с,
- перемещение $x_0=10^{-12}$ м.

Числовые значения уровней ускорения, скорости и перемещения механических колебаний с синусоидальной формой волны и угловой частотой 1000 рад/с (приблизительно 155 Гц) равны друг другу.

Логарифмическая шкала частоты. При представлении механических колебаний и их составляющих в частотной области часто целесообразно использовать логарифмическую шкалу частот. Логарифмическая шкала способствует относительному расширению области низких частот и сжатию области высоких частот и, следовательно, сохранению идентичного относительного расширения по частоте на всех частотах учитываемого диапазона. Преимущества применения логарифмической шкалы частоты важны именно при графическом представлении спектров механических колебаний.

Линейные шкалы амплитуды и частоты используются при измерениях механических колебаний в случае, если нужно большое разрешение по амплитуде и частоте. Линейная шкала частоты дает возможность выделения мало отстоящих друг от друга частотных составляющих и способствует обнаружению расположенных через идентичные частотные интервалы гармоник исследуемых механических колебаний.

3.6.1.3. Соотношения между единицами измерения вибрации

При контроле уровня вибрации следует учитывать, что значение уровня в децибелах одного и того же сигнала вибрации, измеренное для разных виброхарактеристик (вибросмещения, виброскорости и виброускорения) на одной и той же частоте будет различно. Исключение составляет только частота 1000 Гц. При измерении вибрации на этой частоте приборами, градуированными в децибелах (при нулевых уровнях виброперемещения $S_0=8 \cdot 10^{-12}$ м, виброскорости $v_0=5 \cdot 10^{-8}$ м/с и виброускорения $a_0=3 \cdot 10^{-4}$ м/с²). Значения всех трех виброхарактеристик совпадают. Поэтому непосредственное сравнение измеренного уровня вибрации с заданной технической документацией на контролируемый двигатель не всегда возможно. Это, например, имеет место при несовпадении вида виброхарактеристики, указанной в документации, и виброхарактеристики для измерения которой предназначен используемый прибор: если прибором измеряли величину вибросмещения или виброскорости (в дБ), а в документации на контролируемый двигатель указано предельно допустимое виброускорение (также в дБ). В таких случаях значение намеренной на любой частоте f (в Гц) виброхарактеристики пересчитывают в соответствующие значения требуемой характеристики для той же частоты, используя известные соотношения:

$$\begin{aligned} L_a &= L_v + 20 \lg f - 60; \\ L_v &= L_s + 20 \lg f - 60; \\ L_s &= L_a - 40 \lg f + 120; \\ L_a &= L_s + 40 \lg f + 120; \\ L_v &= L_a - 20 \lg f + 60; \\ L_s &= L_v - 20 \lg f + 60. \end{aligned} \tag{3.32}$$

Виброхарактеристики в указанных соотношениях выражены в децибелах. Возможны случаи, когда не совпадают не только виды виброхарактеристик, но и единицы измерения. Например, при измерениях использовался прибор, градуированный в децибелах виброускорения, а допустимая величина вибрации машины задана в технической документации значением вибросмещения в микрометрах. В этом случае вначале необходимо, пользуясь приведенными выше выражениями логарифмических единиц, пересчитать измеренные децибелы виброускорения (в логарифмических единицах), а значение виброускорения – в м/с² (натуральных единицах). Затем для данной частоты измеряемого сигнала надо пересчитать полученное значение виброускорения в соответствующие значения вибросмещения. Для этого пересчета используется следующее соотношение:

$$a_m = 2\pi f \cdot v_m = (2\pi f)^2 \cdot S_m, \quad (3.33)$$

где a_m , v_m , S_m – амплитуды виброускорения, вибро скорости и вибро смещения в натуральных единицах; f – частота измеряемого сигнала вибрации.

Так как полученная величина оценивает ту же виброхарактеристику (вибро смещение), что приведена в технической документации на проверяемую машину, и выражена в тех же единицах измерения (мкм), возможно их сравнение. Для ускорения подобных пересчетов можно использовать готовые таблицы и номограммы.

Уровень виброускорения (дБ) – относительная величина виброускорения

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{a_0}, \quad (3.34)$$

где a – измеряемый параметр, a_0 – начальное (пороговое) значение.

Уровень вибро скорости (дБ) – относительная величина вибрационной скорости

$$L_v = 20 \lg \frac{v}{v_0} \quad (3.35)$$

где v – измеряемый параметр вибрации, v_0 – начальное (пороговое) значение.

Вибрационный процесс в полосах частот оценивается суммарным (общим) уровнем (в децибелах) всех спектральных составляющих, входящих в данную частотную полосу в соответствии с выражением

$$L = 20 \lg \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2}, \quad (3.36)$$

где a_i – значение составляющих колебательного процесса; $i=1 \dots n$ – число спектральных составляющих.

Если уровни отдельных составляющих вибрации в рассматриваемой полосе частот L_i выражены в децибелах, то общий уровень вибрации (в децибелах) может быть определен по формуле

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^n L_i^{10}. \quad (3.37)$$

Наиболее удобно пользоваться средним квадратическим значением переменного параметра, определяемым как

$$a = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}, \quad (3.38)$$

так как оно приводит к единому эквиваленту как чисто гармонические, так и сложные колебательные процессы, и тем самым допускает их сравнение. Оценка вибрации с помощью средних квадратических значений исключает

необходимость определения фазового угла между отдельными составляющими.

Если виброскорость известна, амплитуда пикового смещения (одинарная) может быть вычислена из зависимости

$$\epsilon_f = \frac{v_f}{\omega_f} \sqrt{2} = \frac{v_f}{2\pi f} \sqrt{2} = 0,225 \frac{v_f}{f}, \quad (3.39)$$

где ϵ_f - амплитуда пикового смещения; v_f - эффективное значение виброскорости при частоте f ; $\omega_f = 2\pi f$ - угловая скорость.

Пример. Интенсивность вибрации (эффективное значение) при данном измерении вибрации равна 4 мм/с, то есть максимальная эффективная величина виброскорости в диапазоне 10-1000 Гц не превышает 4 мм/с. Спектральный анализ показал, что основной частотой является 25 Гц и при 25 Гц эффективная виброскорость - 2,8 мм/с.

Таким образом, пиковая амплитуда определяется из следующего уравнения:

$$\epsilon_f = 0,225 \left(\frac{2,8}{25} \right) = 0,0252 \text{ мм.} \quad (3.40)$$

Необходимо отметить, что виброскорость является главным параметром при измерении интенсивности вибрации, и поэтому вообще нежелательно выводить ее значение с помощью амплитуды виброперемещения основной гармоники.

Если уровни виброускорения в децибелах известны, то виброскорость в мм/с может быть вычислена из зависимости

$$v = \frac{10^{L, \text{дБ}/20} \cdot a_0}{2\pi f} \text{ м,} \quad (3.41)$$

где L , дБ - уровни вибрации в децибелах по ускорению; a_0 - нулевой уровень ускорения ($3 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$); f - частота.

Пример. Уровень виброускорения на частоте 25 Гц составляет 92 дБ.

$$v = \frac{10^{92/20} \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 3,14 \cdot 25} = 76,07 \text{ мм/с.} \quad (3.42)$$

Допускается определение вибрационной скорости подшипниковых опор в октавной полосе путем измерения вибрационного перемещения с последующим пересчетом по формуле (ГОСТ 20615-88)

$$v_e = 0,074 \cdot 10^{-3} \cdot A \cdot n \text{ мм/с,} \quad (3.43)$$

где A - пиковое значение вибрационного перемещения, мкм; n - частота вращения, об/мин.

Допускается определение пикового значения вибрационного перемещения подшипниковых опор путем измерения составляющей вибрационной

скорости опор (частотой, равной частоте вращения машины) с последующим пересчетом по формуле (ГОСТ 20615-88)

$$A \approx 13,5 \cdot 10^{-3} \frac{v}{n} \text{ мм/с.} \quad (3.44)$$

Среднее квадратическое значение виброскорости по данным спектрального анализа в указанной для v_e полосе частот определяется по формуле (ГОСТ 12379-75)

$$v_e = \sqrt{\sum_{i=1}^n v_{ei}^2}, \quad (3.45)$$

где v_{ei} – среднее квадратическое значение виброскорости, полученное при спектральном анализе для i -й полосы фильтра; $i=1, 2, \dots, n$, при этом первая и n -я полоса фильтра должны включать соответственно нижнюю и верхнюю граничные частоты заданной для измерения полосы частот.

При контроле вибрации в частотных полосах, осуществляемом с помощью полосовых фильтров, возникает затруднение, связанное с установлением к какой конкретной частоте в данной полосе следует относить измеренный уровень вибрации. Поэтому приходится оперировать центральной частотой

$$f_0 = \sqrt{f_1 \cdot f_2}, \quad (3.46)$$

где f_1 и f_2 – соответственно нижняя и верхняя границы полосы.

3.6.2. Причины и источники вибрации двигателя

3.6.2.1. Общая характеристика источников вибрации механического, гидрогазоаэродинамического и электрического происхождения

Работа всех механизмов двигателя, имеющих движущиеся части и потокосодержащие гидрогазоаэродинамические системы сопровождается высоким уровнем вибрации и шума. В ряде случаев переходные процессы при трении и в стационарном состоянии также сопровождаются акустическим шумом (сигналами).

На рис. 3.45 приведены спектры вибрации различных агрегатов транспортного оборудования.

Причинами вибрационных колебаний механических систем являются соударения в кинематических парах, процессы трения, неуравновешенность перемещающихся деталей и др. Основные источники вибрации, возбуждаемой дефектами сборки и монтажа, и неисправностями подшипниковых узлов качения, зубчатых передач и подшипниковых узлов скольжения двигателей внутреннего сгорания и их вибрационные диагностические признаки частично представлены на рис. 3.46 и описаны в работах [21, 22, 23, 24, 25].

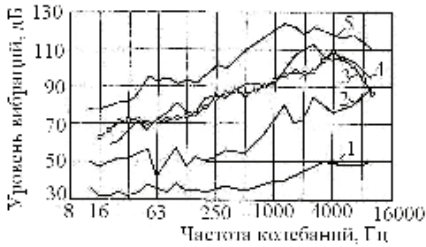


Рис. 3.45. Спектрограммы виброускорений тракторных агрегатов и машинного оборудования

Причинами вибрации гидро-, газо- и аэродинамического происхождения являются процессы газообразования и газораспределения в механизмах двигателя, нестационарные потоки среды, резкие перепады давлений, циклические рабочие процессы, переходные процессы движения рабочей среды из одной полости, например, процесс всасывания, в другую – нагнетающую. турбулентное движение среды, изменение состава среды. Основные причины вибрации гидро-, газо- и аэродинамических источников вибрации, их вибрационные параметры и признаки приведены на рис. 3.47, 3.48. Источники вибрации механических, аэродинамических и электромагнитных систем электрических машин приведены на рис. 3.49 и описаны в работе [22].

Диагностическими вибрационными параметрами являются: амплитуда, частота, направление и фаза вибрации, собственные частоты вибрации деталей, узлов и агрегатов, допустимые уровни вибрации.

Примеры спектров вибрации автотракторных двигателей типа ЯМЗ-236 представлены на рис. 3.50, 3.51, 3.52. Точки контроля вибрации на примере трактора Т-17221 при испытаниях на стенде с беговыми барабанами на холостом ходу показаны на рис. 3.53. Спектрограммы третьооктавной и узкополосных вибраций двигателя ВАЗ-2108 представлены на рис. 3.54 [27].

За допустимые вибрации двигателя приняты значения, ограниченные прямой с уровнями 50 дБ, ускорение на частоте 5 Гц и 90 дБ на частоте 10000 Гц [29]. На рис. 3.50, 3.51, 3.52 допустимые значения вибрации ограничены прямой. Уровни вибрации, превышающие значения, приводят к ускорению процессов изнашивания и повреждениям. Превышение фактических уровней вибрации элементов и узлов двигателя над допустимыми определяет коэффициент снижения их ресурса. Так, превышение вибрации на 16 дБ приводит к снижению ресурса отдельных деталей до 70%.

На рис. 3.45 цифрами обозначены: 1 – электродвигатель типа АН мощностью 45 кВт, частота вращения 3000 мин⁻¹; 2 – редуктор РЦОТ-480-1,6 мощностью 12000 кВт, частота вращения 3000 мин⁻¹; 3 – мост трактора Т-150К; 4 – раздаточная коробка трактора Т-150К; 5 – гильза цилиндра дизеля СМД-14А.



Рис. 3.46. Причины и источники вибрации механического происхождения

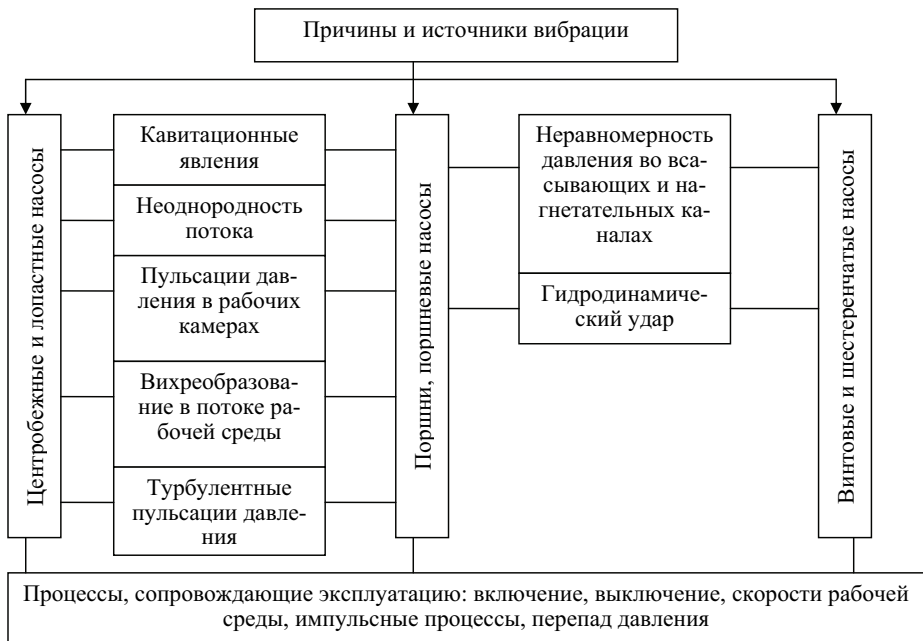


Рис. 3.47. Причины и источники вибрации гидродинамического происхождения



Рис. 3.48. Причины и источники вибрации аэродинамического и газодинамического происхождения

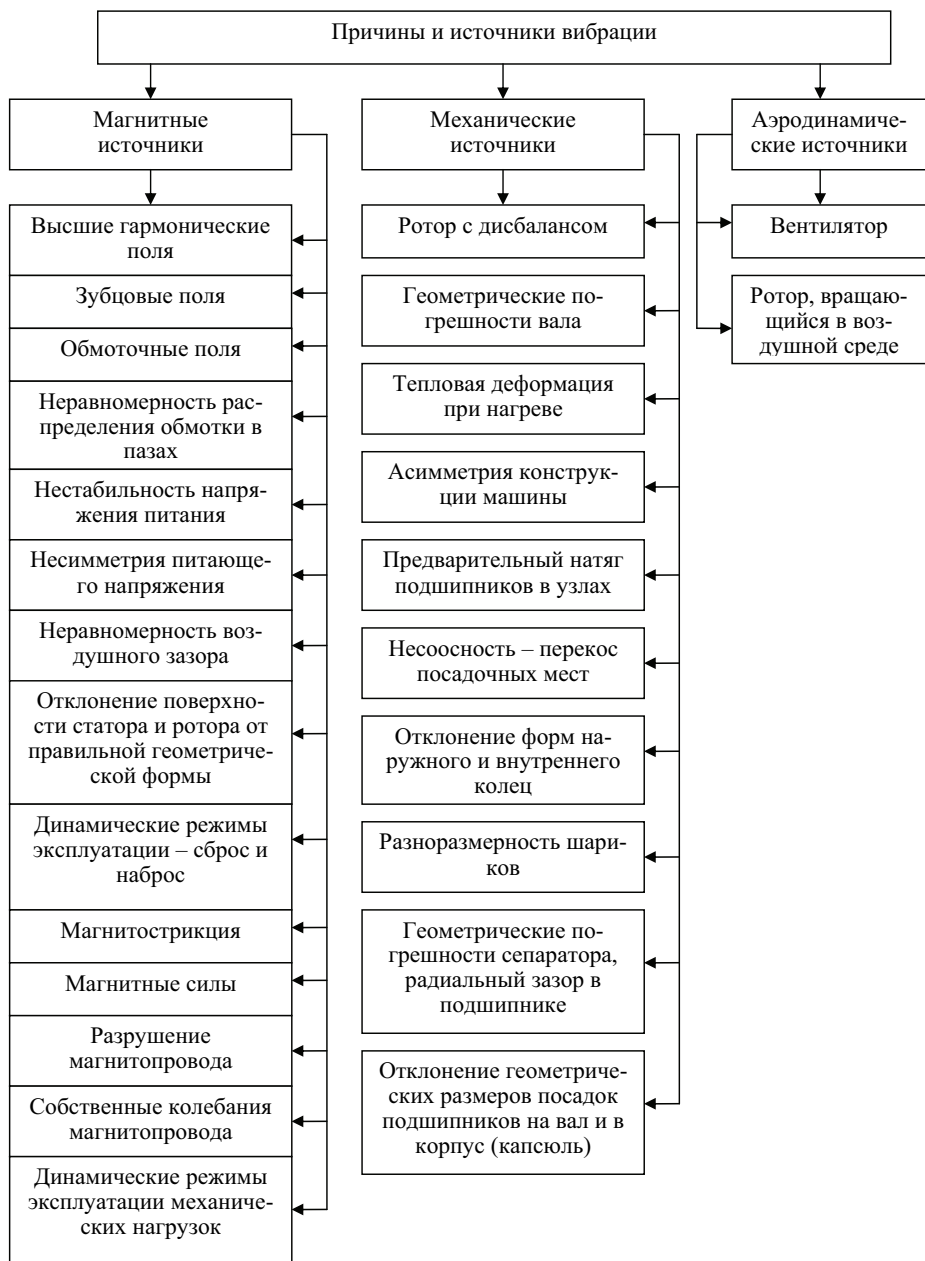


Рис. 3.49. Причины и источники вибрации электромагнитного, механического и аэродинамического происхождения (на примере электродвигателя)

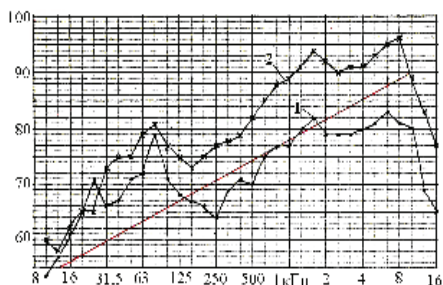


Рис. 3.50. Спектрограммы вибрации двигателя (передний коренной подшипник) трактора Т-17221 № 011 в точке контроля 17:
1 – частота вращения 1000 мин^{-1} ; 2 – частота вращения 2000 мин^{-1}

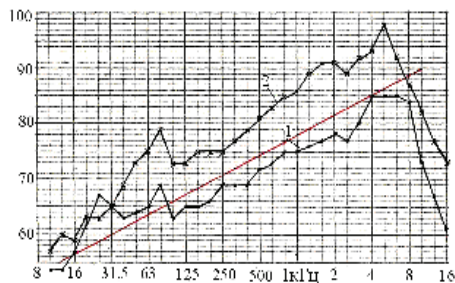


Рис. 3.51. Спектрограммы вибрации двигателя (задний коренной подшипник) трактора Т-17221 № 011 в точке контроля 19:
1 – частота вращения 1000 мин^{-1} ; 2 – частота вращения 2000 мин^{-1}

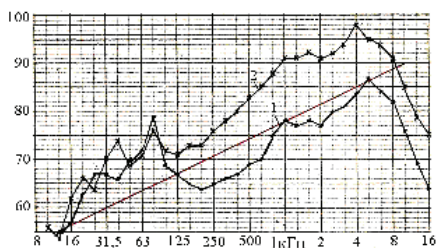


Рис. 3.52. Спектрограммы вибрации двигателя (на головке цилиндров) трактора Т-17221 № 011 в точке контроля 18:
1 – частота вращения 1000 мин^{-1} ; 2 – частота вращения 2000 мин^{-1}

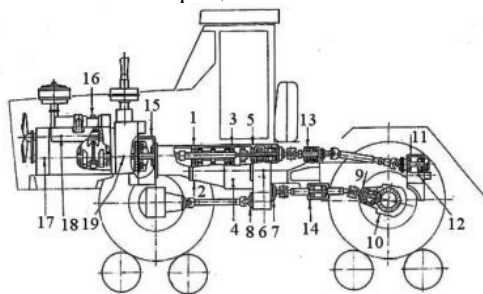


Рис. 3.53. Точки измерения вибрации трактора Т-17221:

1-8 – коробки передач и раздаточной коробки; 9, 10 – мостов; 11, 12 – редуктора ВОМ; 13, 14 – опор карданных валов; 15 – муфты сцепления; 16 – турбокомпрессора; 17-19 – двигателя

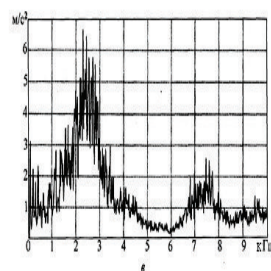
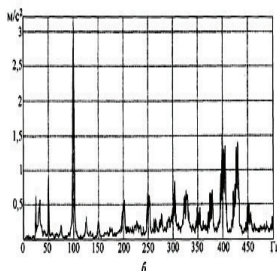
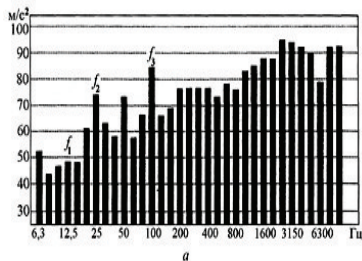


Рис. 3.54. Спектрограммы третьоктавной (а) и узкополосной (б, в) вибрации двигателя ВАЗ-2108

Вибрации, возбуждаемые двигателем передаются на агрегаты, раму (кузов), органы управления транспортным средством. В табл. 3.40 приведены значения параметров вибрации опорных лап двигателя и рамы трактора

Т-150-05-09. Испытания проводились согласно методике и условиям испытаний ОСТ 23.3.1 п. 1.3, 4.2.5.

Таблица 3.40

Виброскорости колебаний опорных лап двигателя

Место и направление изменения вибрации		Среднеквадратические значения виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				
		16	31,5	63	125	250
Левая опорная лапа двигателя	Вертикальное	82	97	96	99	93
	Поперечное	88	92	112	103	92
Правая опорная лапа двигателя	Вертикальное	84	99	97	97	91
	Поперечное	89	94	113	99	90

Таким образом, ДВС транспортных машин как объект диагностирования имеют высокие уровни вибрации, которые передаются на другие устройства. Это объясняется сложностью и особенностью конструкции двигателей, разнообразием источников вибрации, которые действуют в них, неопределенностью их конкретного проявления во времени, эксплуатационными условиями, характером изменения рабочих режимов и процессов, структурой параметров, имеющих разную физическую природу.

Основными источниками вибрации в порядке уменьшения их интенсивности являются:

- процесс сгорания;
- удары поршней при переключке;
- топливовпрыскивающая аппаратура;
- клапанно-распределительный механизм;
- механические системы трения и передачи энергии (подшипниковые узлы, зубчатые передачи, кулачковые механизмы, ременные и цепные передачи; клапанные механизмы и др.).

Основная энергия колебаний, создаваемых различными источниками вибрации, сосредоточена в области собственных частот двигателя (табл. 3.41).

Таблица 3.41

Частотные диапазоны вибрации, возбуждаемой конструктивными элементами двигателя

Контролируемый источник вибрации	Частотная область проявления, кГц
1. Топливоподающая система	2-4
2. Изменение давления подачи топлива	2-4
3. Гильза поршня	2-4
4. Сопряжение «гильза-поршень»	0,5-4
5. Переключка поршня	2-4
6. Шатунные и коренные подшипники	0,5-4

Контролируемый источник вибрации	Частотная область проявления, кГц
7. Подшипники коленчатого вала	0,5-4
8. Цилиндропоршневая группа	1-2
9. Увеличение угла опережения впрыскивания топлива в дизелях на 5-6 градусов	0,5-4
10. Частота колебаний газа в цилиндре	4-4,2
11. Собственная частота цилиндра	2-3

3.6.2.2. Частотные диапазоны вибраций, возбуждаемых двигателем внутреннего сгорания

Все физические процессы механического, газодинамического, гидродинамического и электромагнитного происхождения, протекающие в механизмах двигателя внутреннего сгорания, сопровождаются колебаниями. Они формируются ударами:

- поршней при перекладке;
- в подшипниках кривошипно-шатунного механизма;
- в топливовпрыскивающей системе;
- в клапанно-распределительном механизме;
- процессами зажигания и сгорания топлива;
- от впуска воздуха и выпуска газов;
- в подшипниковых узлах;
- в зубчатых передачах;
- во вспомогательных механизмах и приводах.

Частотный состав вибрации двигателей охватывает диапазон от 5 до 20 000 Гц, а уровень колебательной энергии небольшой и составляет 10^{-4} - 10^{-7} от мощности двигателя.

В низкочастотном диапазоне возбуждение вибрации происходит от:

- сил инерции поступательно движущихся масс;
- моментов этих сил;
- центробежных сил инерции вращающихся масс;
- давления газов при сгорании топлива и возникающих при этом моментов;
- неравномерности нагрузок по цилиндрах крутящего момента и т. д.

Исследования низкочастотных составляющих вибрации двигателей осуществляется методами прикладной теории колебаний.

В среднечастотном диапазоне возбуждение вибрации двигателей определяется:

- высшими гармониками возбуждающих сил, которые действуют в низкочастотном диапазоне;
- трением и ударами в движущихся сопряжениях при перекладке зазоров.

Наиболее виброактивными являются многоплунжерные насосы с высоким давлением распыления и отсечения топлива. По частотному составу вибрация топливной аппаратуры – средне- и высокочастотная.

В высокочастотной области возбуждающие силы те же, что и в среднечастотном диапазоне. Однако эти силы отличаются относительно большой флуктуацией и могут рассматриваться как случайные. Здесь значительно возрастает роль шумового фона с окружной графика спектральной плотности, которая медленно изменяется. Наличие этого можно отнести к:

- трению в деталях и узлах;
- газодинамическим колебаниям при сгорании топлива в цилиндрах;
- явлениям кавитации в охлаждающей жидкости и т. п.

Распространение колебательной энергии является волновым процессом, имеющим сложный характер в разных направлениях. Нестабильность возбуждающих сил возникает из-за:

- изменения воспламенения;
- распределения топлива по цилиндрах;
- неправильности работы клапанов и т. п.

Наиболее интенсивные вибрации генерируются ударами сопряженных деталей. Изменение нагрузки в элементах двигателя при наличии между сопряженными деталями зазоров до ударов этих деталей друг о друга, что вызывает вибрацию отдельных элементов и всего двигателя.

Примерами соударения деталей в работающих механизмах являются:

- удары шейки в шатунных подшипниках двигателей;
- соударения в сопряжении шатуна с поршнем (кольца с головкой шатуна);
- удары при перекладке поршня;
- удары иглы форсунки о корпус распылителя в системах впрыскивания топлива.

Чем больше зазор в сопряжениях деталей, тем больше скорость в момент удара и соответственно энергия или интенсивность виброимпульсов, которые формируются данными сопряженными деталями.

Большинство столкновений в кинематических парах происходит в дискретные моменты времени и в определенной последовательности по времени цикла работы: рабочий ход-выхлоп-впуск-сжатие.

3.6.2.3. Источники вибрации механического происхождения в КШМ и ЦПГ

Вращающийся кривошипно-шатунный механизм и цилиндропоршневая группа двигателя служат интенсивным источником вибрации и шума. Причины появления интенсивной вибрации при вращении кривошипно-шатунного механизма известны [22].

Источники вибрации механического происхождения могут быть разделены на две основные категории:

- удары и трение в подвижных сопряжениях;
- неуравновешенные силы инерции.

Причины появления интенсивной вибрации при вращении кривошипно-шатунного механизма – силы инерции, развивающиеся во время вращения и соударения деталей, имеющих относительное перемещение под действием знакопеременных сил. Эти силы возбуждают вибрации на частотах первой, второй и последующих четырех гармонических составляющих спектра. При наличии крутящих колебаний вала эти силы служат источником вибрации и на нечетных порядках спектра.

Процессы, происходящие при переключке поршня в зазоре с одной стороны гильзы на другую в период воспламенения и сгорания топлива, являются существенным фактором, определяющим вибрацию цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма двигателя.

Энергия вибрации, вызванная ударами сопряженных деталей, приблизительно равняется кинетической энергии в момент удара и определяется выражением

$$F = \left(qm \frac{n}{j} \right) \sum v_n^2(a_0), \quad (3.47)$$

где q – число цилиндров;

m – масса деталей, которые ударяются;

n – число оборотов двигателя за минуту;

j – число ударов за цикл;

v_n – поперечная скорость деталей, которые соударяются при переключке в зазоре.

Силы инерции являются основными возбуждающими силами, вызывающими вибрацию поршневых двигателей. Их появление связано с неравномерным движением поршневой группы и конструктивной неуравновешенностью кривошипно-шатунного механизма. Основная энергия колебаний, генерируемых двигателем, на частоте, кратной оборотам коленчатого вала равна

$$f = \frac{ik_1kn}{60}, \quad (3.48)$$

где i – суммарное передаточное отношение;

k_1 – кратность действия возбуждающей силы или отношение к частоте, принятой за основную частоту;

k – число 1, 2, 3...;

n – число оборотов двигателя за минуту.

Во время работы двигателя увеличение зазора в шатунных подшипниках приводит к увеличению энергии вибрации по всей длине блока с выраженным максимумом на осях цилиндров. Переключка поршня в зазоре генерирует вибрацию на частоте, которую можно определить выражением

$$f_n = k_1 \frac{bn}{60}, \quad (3.49)$$

где b – число переключок поршня в зазоре за цикл, которое берется соответственно диаграмме нормальных сил.

Удары поршней о стенки цилиндров вызывают вибрацию в широком частотном диапазоне, интенсивность которой зависит от:

- конструктивных и динамических параметров двигателя;
- скоростных режимов;
- величины зазора между поршнем и цилиндром;
- масс поршневых групп;
- неравномерности газоаэродинамических процессов;
- произведения хода поршня на диаметр.

Увеличение перечисленных параметров приводит к росту интенсивности удара.

Одинаковые вибрации от ударов поршней о цилиндрические втулки зависят от:

- материала втулки;
- массы и жесткости втулки;
- характера площади столкновения при ударах;
- величины отражающих поверхностей блока.

Вибрация цилиндрических втулок двигателей передается блоку и крышке цилиндров, распространяется по конструкции двигателя. При разности масс между поршневыми группами равной 0,1 кг уровни низкочастотной вибрации увеличиваются на 6-10 дБ по сравнению со случаем, когда массы являются практически одинаковыми. Даже при разности масс поршневых групп равной 0,01 кг вибрация увеличивается на 2 дБ.

Процессы трения возбуждают вибрацию на частоте, которая определяется таким выражением:

$$f_T = k_1 \frac{zn}{60}, \quad (3.50)$$

где z – число пар трения.

Сводные данные об основных частотах вибраций генерируемых кривошипно-шатунным механизмом и цилиндропоршневой группой двигателя, приведены в табл. 3.42.

Соударения в шатунных подшипниках. При диагностировании и исследовании работы подшипников скольжения с точки зрения диагностики следует определить:

- в какой момент происходит удар шейки о подшипник относительно фиксированной точки угла поворота коленчатого вала;
- какова длительность столкновения;
- как зависит величина ударного импульса или энергия столкновения от величины радиального зазора;
- какие частотные характеристики каналов, по которым упругие колебания, возбужденные столкновениями, приходят к датчику, установленному в определенной точке блока цилиндров.

Основные частоты вибраций, возбуждаемые кривошипно-шатунным механизмом и цилиндропоршневой группой

Источник вибрации	Частота, Гц
Неуравновешенность коленчатого вала	$f = \frac{kn}{60}$
Силы вращающегося коленчатого вала	$f = \frac{ik, kn}{60}$
Перекладка поршня в зазоре	$f_n = k_1 \frac{bn}{60}$
Силы трения	$f_r = k_1 \frac{zn}{60}$
Колебания газа в цилиндре	$f_r = \frac{c}{2d}$
Газодинамические колебания ударной волны, появляющейся в процессе воспламенения	$f_{c,r} = 10 \sqrt{\frac{T_r}{D_u}}$
Действие ударного импульса на стенки цилиндра	$f = b \frac{c}{2D}$

где c – скорость ударной волны; T_r – максимальная температура газа в цилиндре; D – диаметр камеры сгорания, М; d – диаметр цилиндра

На рис. 3.55 изображена зависимость амплитуды вибраций корпуса двигателя от величины зазора в шатунном подшипнике, полученная экспериментально.

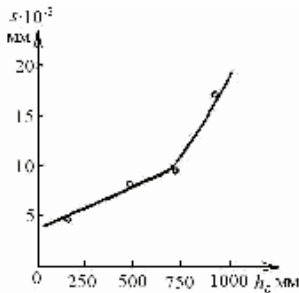


Рис. 3.55. Зависимость амплитуды вибраций от величины суммарного зазора в шатунном подшипнике

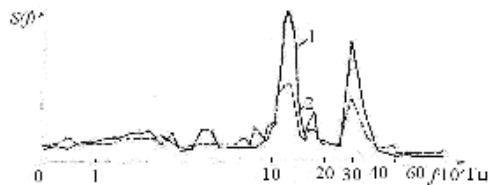


Рис. 3.56. Спектры вибраций двигателя при разной величине зазора в шатунном подшипнике:

1 – при $h_0=0,25$ мм; 2 – при $h_0=0,07$ мм

Зависимость, изображенная на графике (рис. 3.55), свидетельствует о росте амплитуды колебаний блока при увеличении зазора в шатунных подшипниках двигателя. На рис. 3.56 приведены спектры вибраций двигателя, иллюстрирующие влияние на них величины радиального зазора в шатунном подшипнике.

На рис. 3.57 показана зависимость энергии колебаний в области некоторых резонансов конструкции двигателя при измерении величины зазора. Эта зависимость хорошо аппроксимируется параболой. Активная полоса сигнала позволяет определить порядок длительности ударного взаимодействия в подшипнике.

Если считать, что основная мощность сигнала находится в полосе от 0 до 5000 Гц (рис. 3.56), то длительность удара имеет порядок $\tau=0,3 \cdot 10^{-3}$.

Соударения в сопряжении шатуна с поршнем. Сопряжения «поршневой палец-верхняя головка шатуна» и «палец-бобышка поршня» являются самыми важными подшипниками двигателя как по тяжести нагрузки, так и по неблагоприятности условий их работы. Эти сочленения достаточно часто служат причиной разборки и ремонта двигателей.

На рис. 3.58 изображены спектры вибраций двигателя для двух зазоров в сопряжении «палец-верхняя головка шатуна». Двигатель работал на скорости 1000 об/мин при легкой нагрузке. Как видно из спектрограммы, изменение состояния в кинематической паре приводит к изменению сигнала в достаточно широкой полосе частот до 6500 Гц. Длительность ударного импульса приблизительно равна $0,23 \cdot 10^{-3}$.

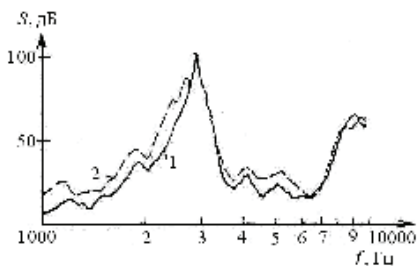


Рис. 3.58. Спектры вибраций двигателя при разной величине зазора в сопряжении «палец-верхняя головка шатуна»: 1 – зазор не больше 0,0026 мм; 2 – зазор 0,1 мм

На рис. 3.59 представлена диаграмма изменения амплитуды составляющих вибрации на частотах 1100 и 1900 Гц. На нем цифрами обозначены: 1 – зазоры в сопряжении; 2 – зазор в бобышках 0,025 мм, зазор в шатуне стандартный; 3 – зазор в бобышках 0,1 мм, в шатуне стандартный; 4 – зазор

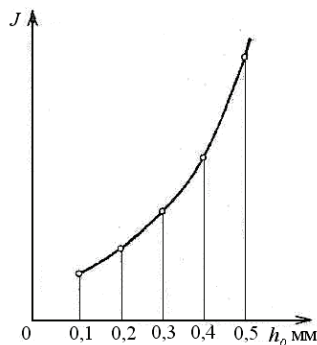


Рис. 3.57. Зависимость энергии колебаний в полосе резонанса на частоте 1200 Гц от величины зазора в шатунном подшипнике

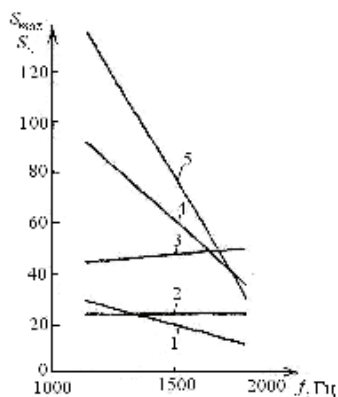


Рис. 3.59. Зависимость амплитуды упругих колебаний двигателя от частоты при различном состоянии сочленения поршня с шатуном

в бобышках стандартный, зазор в шатуне 0,025 мм; 5 – зазор в бобышках стандартный, зазор в шатуне 0,1 мм.

Как следует из диаграммы, основная часть энергии в вибрационном процессе определяется сопряжением «палец-головка шатуна», а не «палец-бобышки». На практике громкий стук пальца свидетельствует о большом зазоре в верхней головке шатуна, а не в бобышках.

3.6.2.4. Источники и частоты вибрации газодинамического происхождения

Вибрации, возбуждаемые сгоранием топлива в цилиндре. Газодинамические процессы в цилиндре двигателя создают вибрацию на частоте, которая определяется таким выражением:

$$f_r = \frac{c}{2d}, \quad (3.51)$$

где c – скорость ударной волны (для дизелей при $T_f=2000-2200$ °К, $c=1000$ м/с); d – диаметр цилиндра.

Амплитуда высокочастотных газодинамических колебаний зависит в основном от организации смесеобразования и сгорания топлива в цилиндре. Частота вибрации, вызываемой ударной волной при воспламенении, характеризуется большей частью скоростью распространения ударной волны и линейными размерами камеры сгорания. Одним из основных факторов, определяющих протекание процесса сгорания, является конструктивная форма камеры сгорания.

Ударная волна, возникающая в процессе воспламенения, отбивается от стенки цилиндра. Частота газодинамических колебаний зависит от скорости распространения ударной волны и линейных размеров камеры сгорания по формуле

$$f_{c.r} = 10 \sqrt{\frac{T_f}{D_u}}, \quad (3.52)$$

где T_f – максимальная температура газа в цилиндре, °К; D_u – диаметр камеры сгорания, м.

Амплитуда вибрации корпуса двигателя возрастает при совпадении частоты колебаний газа с собственными частотами деталей и узлов.

Частота действия ударного импульса на стенки цилиндра рассчитывается по формуле

$$f = b \frac{c}{2D}, \quad (3.53)$$

где b – 1,05-1,15;

D – диаметр цилиндра, м;

c – скорость распространения ударной волны, равняется 1000 м/с.

В результате периодического изменения скорости движения поршней и работы клапанов в трубопроводах и межступенчатых коммуникациях

поршневого компрессора и в двигателе существенно изменяются скорости потока и давления газа.

Колебания давления газа являются источником возникновения динамически неуравновешенных сил, возбуждающих вибрацию межступенчатых коммуникаций. Амплитудный спектр возмущающих сил определяется амплитудой и частотой газодинамических процессов.

Существенное влияние на вибрацию компрессоров и двигателя оказывают места их крепления, резонансное усиление вибрации трубопроводов на частотах их собственных колебаний.

Вибрация, возникающая при впуске и выпуске газозвушной смеси в цилиндрах двигателя, состоит из двух составляющих. Первая из них имеет пульсационное происхождение, вторая – вихревое. Вибрация, генерируемая впуском (периодическим забором рабочей среды), всегда ниже, чем вибрация, возникающая при выпуске, причем, разница в уровнях звуковой мощности шума, появляющегося при этом, может составлять 10 дБ и более.

Звуковая мощность шума незаглушенного выпуска значительна на частотах до 10-12 кГц. Наиболее интенсивные составляющие пульсационного шума, как правило, имеют частоты до 3-5 кГц и достигают 120-125 дБ. Диапазон шума незаглушенного впуска ограничен частотами 3-4 кГц, а наиболее интенсивные составляющие звуковой мощности лежат в области низких и средних частот и достигают 110-115 дБ.

Частота гармонических составляющих вибрации и шума определяется по формуле

$$f = \frac{2kni}{\tau} \quad (3.54)$$

где i – число цилиндров;

n – число оборотов вала двигателя;

τ – тактность двигателя ($\tau=1$ – для двухтактных, $\tau=2$ – для четырехтактных);

$k=1, 2, 3...$ – гармонический ряд.

Вибрация и шум вихревого происхождения существенны на высоких частотах и обусловлены вихреобразованием в газовом потоке при его протекании через впускной и выпускной клапаны, дроссельную заслонку в пограничном слое возле стенок трубопроводов, а также при выделении в атмосферу струи отработавших газов, то есть, где происходит интенсивная турбулизация среды. Звуковая мощность пропорциональна приблизительно скорости газового потока в шестой степени.

В газе в трубе глушителя образуется волна давления, период которой определяется скоростным режимом работы двигателя, а на выходе в глушитель еще и количеством цилиндров.

Частота вихревого шума на выпуске газа определяется по формуле

$$f = \frac{sh \cdot u}{h}, \quad (3.55)$$

где $sh = \frac{fD}{u_c}$ – число Струхала;

h – высота подъема клапана;

u – скорость вытекания газа через клапан;

D и u_c – диаметр и скорость вытекания струи на выходе;

f – средняя частота шума в достаточно узкой (например, третьоктавной) полосе.

Граничная частота, до которой в трубе невозможно появление волнового движения, может быть рассчитана по формуле

$$f = \frac{ac}{2R}, \quad (3.56)$$

где a – корень функции Бесселя;

R – радиус трубы;

c – скорость звука.

Частота колебаний при периодическом выпуске газового потока двигателем внутреннего сгорания в атмосферу:

$$f = \frac{nz}{60}k, \quad (3.57)$$

где n – число оборотов;

k – номер гармоники;

z – число отверстий.

Если за один оборот вал делает m выхлопов, то появляются частоты

$$f = \frac{nzm}{60}k. \quad (5.58)$$

Для одноцилиндрового двухтактного двигателя $m=1$, для четырехтактного двигателя $m=6$.

Сводные данные об основных частотах вибраций, возбуждаемых впуском, межступенчатыми коммуникациями и выпуском газов, приведены в табл. 3.43.

Протекание процесса сгорания характеризуется скоростью нарастания давления. В период сгорания, который характеризуется, резким увеличением давления в цилиндре, детали двигателя испытывают сильные динамические нагрузки. Интенсивность этих нагрузок характеризуется не только скоростью нарастания давления, но и продолжительностью действия максимальных скоростей.

Основные частоты вибраций, возбуждаемые впуском, межступенчатыми коммуникациями и выпуском газов

Источник вибрации	Частота, Гц
Пульсация впуска газов	$f = \frac{2kni}{\tau}$
Волновое давление вытекания газа в трубу	$f = \frac{sh \cdot u}{h}$
Граничная частота волнового движения газов	$f = \frac{ac}{2R}$
Периодический выпуск газов в атмосферу	$f = \frac{nz}{60}k$
Частота выхлопов газа на выходе в атмосферу	$f = \frac{nzm}{60}k$

3.6.2.5. Вибрации, возбуждаемые топливной системой двигателя

Топливовпрыскивающая система является одним из основных источников вибрации в звуковом диапазоне частот. На ее формирование влияют:

- количество цилиндров;
- чередование рабочих ходов;
- порядок работы цилиндров;
- идентичность протекания рабочего цикла.

Неидентичное протекание рабочего процесса в цилиндрах нормально работающего двигателя до разброса величины максимального давления, а значит и до появления вибраций на гармониках крутящего момента двигателя, амплитудные значения которых также имеют разброс.

Далее по виброактивности идут многоплунжерные насосы с высоким давлением распыления и отсечения топлива. Они возбуждают высокочастотные вибрации гидродинамического и механического происхождения. Спектры вибрации топливных насосов содержат составляющие с частотой, кратной количеству плунжеров насоса (i) и числу оборотов вала насоса (n):

$$f = \frac{ni}{60}k \quad (3.59)$$

Процесс нагнетания топлива в системе подачи сопровождается созданием гидравлического импульса давления с большой скоростью нарастания и малой продолжительностью, что, по сути, является гидравлическим ударом. Интенсивность вибрации клапанно-распределительного механизма зависит от скорости посадки клапанов, конструкции передачи, наличия теплового зазора, типа и конструкции привода. В результате топливоподающая аппаратура и ее элементы (топливный насос, форсунки, топливопроводы высокого давления) заставляют вибрировать весь двигатель.

Для двигателей с равномерным чередованием рабочих ходов частоты возбуждаемой вибрации двигателя рассчитываются по формуле

$$f = \frac{ni}{60\tau}, \quad (3.60)$$

где n – число оборотов коленчатого вала за минуту;

i – число цилиндров, 1, 2, 3...;

$\tau=2$ для четырехтактных двигателей и $\tau=1$ для двухтактных.

В тракторных двигателях максимальная по интенсивности составляющая наблюдается при $k=1$ и при неравномерном чередовании вспышек

$$f = \frac{4\pi n}{T\tau 60}, \quad (3.61)$$

где T – период колебаний перекидного момента.

Основные частоты вибрации, возбуждаемые топливной системой и газораспределительными механизмами двигателя, поданы в табл. 3.44.

Таблица 3.44

Основные частоты вибраций, возбуждаемые топливной системой и газораспределительными механизмами двигателя

Источник вибрации	Частота, Гц
Давление плунжеров насоса	$f = \frac{ni}{60} k$
Процессы сгорания топлива в цилиндре с равномерным чередованием вспышек	$f = \frac{ni}{60\tau}$
Процессы сгорания топлива в цилиндре при неравномерном чередовании вспышек	$f = \frac{4\pi n}{T\tau 60}$

3.6.2.6. Вибрационные диагностические признаки дефектов и неисправностей аэродинамического происхождения вентиляторов и лопаточных аппаратов

Работа вентиляторов, турбокомпрессоров, воздушных каналов, используемых для вентиляции, воздушного нагрева или охлаждения, нагнетания воздуха всегда сопровождается шумом и вибрацией. Физические причины вибрации и шума лопаточных аппаратов хорошо изучены, разработаны методы их акустического расчета. Шум и вибрация вентиляторов и лопаточных аппаратов тесно связаны друг с другом.

Вибрация и шум лопаточных аппаратов основаны на вибрации аэродинамического и механического происхождения, а также на вибрации привода. Структурный шум и вибрация, создаваемые лопаточным аппаратом, передаются на опорные конструкции машин и оборудования, примыкающие воздухопроводы. Механическая вибрация вентилятора содержит вибрацию

дисбаланса, подшипников, соединительных муфт, электродвигателя или другого привода, и может усиливаться тем, что она передается на корпус, воздухопроводы, трубопроводы и может совпадать с их собственными частотами.

Основные источники и частоты вибрации, возбуждаемой аэродинамическими, силами вентиляторов и лопаточных аппаратов, приведены на рис. 3.48 и в табл. 3.45.

Таблица 3.45

Основные частоты вибрации и шума, возбуждаемые аэродинамическими силами вентиляторов и лопаточных аппаратов

Источники вибрации и шума	Частота
Срыв вихрей с лопаток	$f = \frac{v}{D} sh$
Неоднородность потока, вызванная действием лопаток на среду	$f_z = \frac{zn}{60} k$
Вращение лопаток в неоднородном потоке	$f = zn$
Комбинационные частоты вибрации	$f_k = mf_z + kf_0$
Звуковая мощность вентилятора	$N = k\rho_0 (C_x \cdot sh)^2 \cdot u^6 L \frac{D}{c^3}$

Основными причинами вибрация и шума лопаточных аппаратов являются срывы вихрей и турбулентных потоков, набегающих на неподвижные элементы конструкций. Дискретные составляющие определяются периодическими переменными силами (пульсация давления и неоднородность потока среды), возникающими в результате взаимодействия подвижных и неподвижных элементов конструкции лопаточного аппарата и трубопровода.

Вихревой шум и вибрация, возникающие в результате срыва вихрей с лопаток, имеют частоту

$$f = \frac{v}{D} sh, \quad (3.62)$$

где v – средняя геометрическая величина относительной скорости в данном сечении;

$D = b \sin \alpha + \delta \cos \alpha$ – проекция лопаток на плоскость, перпендикулярную v ; b – хорда; α – угол протекания к лопатке, δ – толщина лопаток; $sh = 0,2$ – число Струхала.

Местные неоднородности при нагнетании воздуха лопаточными аппаратами образуются из-за плохо обтекаемых деталей, а также турбулентной пульсации потока, поступающего в колесо (вентилятор).

Спектр вибрации, возбуждаемой вихревым потоком, зависит от перепада давления в элементах воздухопровода, геометрической формы его сечения и скорости среды. Вихревой шум может распространяться по рабочей среде, вызывая воздушный шум и вибрацию всех элементов механизма или трубопровода. Если частота срыва вихрей совпадает с частотой собствен-

ных колебаний обтекаемого тела, то может возникнуть интенсивная резонансная вибрация тела.

Шум пограничного слоя, турбулентный шум и шум отрыва потока среды имеет сплошной спектр. Шум и вибрация, возникающие из-за нестационарности потока в корпусе, могут иметь как дискретный, так и непрерывный спектр.

За каждой лопаткой направляющего аппарата образуется след. Поэтому осевые вентиляторы с входными направляющими, аппаратами и многоступенчатые вентиляторы с последовательно соединенными рабочими колесами обладают ясно выраженной вибрацией и шумом от неоднородности потока. У центробежных вентиляторов вибрация и шум от неоднородности вызываются большим размером «языка», что особенно заметно при малом числе лопаток.

Спектры вибрации и шума от неоднородности потока, создаваемой действием на среду лопатки равномерно вращающегося вала, всегда имеют дискретные частоты:

$$f_n = \frac{zn}{60} k, \quad (3.63)$$

где z – число лопаток колеса;
 n – частота вращения, об/мин;
 k – номер гармоники 1, 2, 3... .

Комбинационные частоты f_k вентиляторов и компрессоров определяются по формуле

$$f_n = mf_n + kf_0, \quad (3.64)$$

где $m=1, 2, 3$ и т. д.;

f_0 – частота вращения, Гц.

Величина и спектр аэродинамического шума и вибрации вентилятора зависят от взаимодействия подвижных и неподвижных элементов конструкции, аэродинамических и механических параметров и свойств сети воздухопроводов. Повороты, тройники, воздухопроводы определяют характер пульсации потока среды в воздухопроводе.

С увеличением окружной скорости уровень вибрации растет значительно быстрее, чем вихревой шум.

Число Струхалия и частота вращения определяют частоты шума вентилятора, окружная скорость – средний уровень звуковой мощности, а число Гельмгольца – флуктуацию узкополосных и дискретных составляющих.

Звуковую мощность вентиляторов можно определять по формуле

$$N = k\rho_0 (C_x \cdot sh)^2 \cdot u^6 L \frac{D}{c^3}, \quad (3.65)$$

где k – безразмерный коэффициент приблизительно равный 0,04;
 C_x – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления;
 L, D – длина и диаметр цилиндрического стержня;
 u – скорость потока;

c – скорость звука;
 $\rho\theta$ – плотность среды.

3.6.2.7. Источники вибрации гидродинамического происхождения

Гидродинамические источники вибрации являются определяющими для насосов. Однако характер спектрального состава вибрации, ее интенсивность неодинаковы для различных типов насосов. Лопастные насосы (центробежные осевые, радиально-осевые, вихревые) имеют спектр вибрации, существенно отличающийся от спектра вибрации объемных насосов (поршневых, винтовых, шестеренчатых и т. п.), в то время, как природа отдельных составляющих (частота вращения, подшипниковые частоты этих насосов) одинакова.

В целом интенсивность и спектральный состав вибрации и шума гидравлической аппаратуры зависит от перепадов давления, скорости рабочей среды, насыщенности жидкости газом. Включение и выключение гидравлических систем вызывает гидравлические удары – нестационарные кратковременные, но интенсивные колебания. Классификация основных источников вибрации гидродинамического происхождения приведена на рис. 3.47.

В центробежных и лопастных насосах источниками вибрации гидродинамического происхождения служат:

- явления, связанные с обтеканием элементов;
- образование вихрей на лопатках и дисках, на стенках корпуса и в выходном патрубке (что и является причиной возникновения вихревого шума и вибрации);
- образование пограничного слоя на стенках проточной части насоса, что приводит к появлению псевдозвука, служащего источником вибрации корпуса, а также шума, аналогичного вихревому;
- неоднородность потока из-за конечного числа лопаток и асимметрии корпуса.

Важным источником шума и вибрации являются:

- процессы кавитаций;
- неоднородность потока;
- периодические колебания объема транспортируемой жидкости;
- резкие изменения скорости потока;
- импульсные процессы выравнивания давления при столкновении объемов жидкости с разным давлением;
- вихреобразование в потоке рабочей среды;
- турбулентные пульсации давления.

В поршневых насосах гидродинамическими источниками вибрации являются:

- явления кавитаций;
- вихреобразование в потоке рабочей среды при обтекании местных сопротивлений;
- пульсации давления в рабочих камерах;
- неравномерность давления во всасывающем и нагнетающем каналах;

- гидравлический удар.

В объемных роторных насосах вибрация обусловлена почти мгновенным переходом от давления всасывания до давления нагнетания и импульсной подачей жидкости в напорную магистраль. Интенсивность вибрации при этом возрастает с увеличением:

- давления нагнетания;
- числа оборотов вала;
- скорости перекладки поршней.

К гидродинамическим источникам вибрации винтовых и шестеренчатых насосов относятся:

- турбулентные пульсации потоков рабочей среды;
- вихреобразование в потоке рабочей среды.

У шестеренчатых насосов источником вибрации является местное повышение давления жидкости во время перехода межзубцовой камеры через уплотнительную перемычку. Частота вибрации при этом равняется произведению частоты вращения на число камер (зубцов).

Другая причина вибрации шестеренчатых и винтовых насосов заключается в неполном заполнении жидкостью межзубцовых камер, что является причиной появления пульсирующих радиальных нагрузок на рабочие органы, а также упругих деформаций и геометрических погрешностей зубцов. Интенсивность и спектральный состав вибрации и шума гидравлической аппаратуры зависят от:

- перепадов давления;
- скорости рабочей среды;
- насыщенности жидкости газом.

Включение и выключение гидравлических систем вызывает гидравлические удары – нестационарные кратковременные, но интенсивные, колебания.

Источники вибрации гидродинамического происхождения и их частоты представлены в табл. 3.46.

Таблица 3.46

Основные источники вибрации гидродинамического происхождения

Источник вибрации и шума	Частота, Гц
Число кавитации потока жидкости	$\sigma = \frac{P_s - P_n}{0,5\rho \cdot v^2}$
Колебания газовых пузырьков в жидкости	$f = \frac{(k \cdot T \cdot p_0)^{1/2}}{2\pi \cdot R}$
Резонансная частота пузырьков газа: - при сильном перемешивании - при атмосферном давлении	$f = 0,3 \left(\frac{\gamma \cdot P_0}{R \cdot \rho} \right)^{1/2}$ $f = \frac{3,26}{R}$
Срыв вихрей в потоке среды	$f_{CP} = \frac{sh \cdot V}{d}$

Источник вибрации и шума	Частота, Гц
Турбулентность потока	$p \approx \frac{\rho \cdot V^6}{c^3} l^2$
Пульсация потока	$\bar{p} = 6 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\rho \cdot V^2}{2} \right)$

Далее рассматривается физическая природа некоторых из перечисленных гидродинамических источников вибрации.

Кавитационные явления. Кавитация относится к самым мощным по интенсивности вибрациям. Она связана с потерей жидкостью прочности на разрыв при уменьшении в ней давления ниже определенного предела и возникновением полостей, заполненных газом, воздухом или паром. Процесс кавитации необычайно сложный и протекает в большинстве случаев на резонансных частотах, определяемых размерами пузырьков.

Кавитация возникает, если в некоторой области потока рабочей среды давление становится равным критическому или ниже его, соответствующего примерно давлению насыщенного пара p_n . В областях очагов кавитации (пузырьков воздуха) образуются полости, заполненные паром. При росте давления окружающей среды кавитационные пузырьки начинают резко разрушаться (захлопываться). Такой процесс сопровождается значительным выделением вибрационной энергии. Начальные стадии кавитации проявляются в диапазоне частот от 1 до 10 кГц. Начало паровой кавитации отчетливо проявляется в диапазоне частот 5-30 кГц; дальнейшее ее развитие приводит к интенсивной вибрации в широком диапазоне частот со сравнительно низкими частотными составляющими.

Число кавитации σ оценивается в соответствии со следующим выражением:

$$\sigma = \frac{p_s - p_n}{0,5 \rho V^2}, \quad (3.66)$$

где p_s – статическое давление невозмущенного потока;

ρ – плотность рабочей среды;

V – характерная скорость потока.

Появление кавитации зависит не только от числа кавитации, но и от содержания воздуха в рабочей среде. Если содержание воздуха высокое, то кавитационные явления возникают при более низких скоростях потока среды. Возникающие в жидкости газовые пузырьки обладают определенной подъемной силой (соответствующей их размерам) и начинают всплывать, при этом часть их сливается, увеличиваясь в размере, часть снова растворяется, и все они колеблются преимущественно на собственных частотах, определяемых выражением

$$f = \frac{(k \cdot T \cdot p_0)^{1/2}}{2\pi \cdot R}, \quad (3.67)$$

где p_0 – статическое давление;
 R – радиус пузырька;
 k – постоянная среды;
 T – температура.

Резонансная частота пузырьков при сильном перемешивании среды:

$$f = 0,3 \left(\frac{\gamma \cdot p_0}{R \cdot \rho} \right)^{1/2}, \quad (3.68)$$

где R – радиус пузырька в м;
 ρ – плотность газа в пузырьке;
 p_0 – статическое давление внутри пузырька;
 γ – отношение теплоемкостей при постоянном объеме и давлении.
При атмосферном давлении

$$f = \frac{3,26}{R} \quad (3.69)$$

В стационарном, безвихревом потоке различают две формы кавитации: пузырьковую и ламинарную. При пузырьковой кавитации пузырьки равномерно движутся с потоком среды вдоль обтекаемого тела, расширяясь, захлопываясь и рассеиваясь.

При ламинарной кавитации выделяемые в большом количестве пузырьки образуют вдоль обтекаемого тела двухфазные области (жидкость-газ), имеющие слоистую форму.

При действии вращающихся элементов в жидкости возникают профильная и вихревая формы кавитации, образующиеся на поверхности лопастей, например, насосов при достаточных окружных скоростях.

Для профильной кавитации характерно образование на обтекаемом теле прозрачной или непрозрачной каверны. Каверна развивается у входной кромки обтекаемого тела и заполнена пузырьками. Вихревая кавитация наблюдается в центрах вихрей, образующихся на концах лопастей (например, в осевых насосах).

Кавитационный процесс обладает сильным эрозионным действием, вследствие чего эродируют лопасти насосов, элементы трубопроводов, где кавитация возникает при обтекании колеи и клапанов. Кавитационный шум проявляется даже на ранней стадии кавитации, когда рабочие характеристики насосов, клапанов еще практически не ухудшаются. Вибрация, обусловленная кавитационными явлениями, проявляется в широком диапазоне частот. Наибольшей мощностью обладают профильная и вихревая кавитация.

Явление кавитации в трубопроводах возникает, когда статическое давление в потоке падает ниже давления насыщенного пара жидкости. Реальная жидкость не может воспринимать растягивающих усилий, возникающих при падении давления в ней ниже давления насыщенных паров, поэтому происходит ее вскипание и нарушается сплошность потока с образованием многочисленных паровых пузырьков и устойчивых каверн, примыкающих к стенкам. Если захлопывание пузырьков происходит вблизи стен-

ки емкости, клапана, лопатки и т. п., то последовательные гидравлические удары разрушают их поверхностный слой, образуя гидравлические клинья в результате проникновения частиц жидкости в мельчайшие поры материала деталей, т. е. возникает кавитационная эрозия.

На ранних стадиях кавитация проявляется в высокочастотной области спектра: последующие стадии расширяют спектр в область средних и низких частот. При сильной кавитации возникающая вибрация оказывает разрушающее воздействие на материалы и может привести к аварийному состоянию машины, механизмов.

Вихреобразования в потоке рабочей среды. При обтекании тела цилиндрической формы потоком жидкости, начиная с определенных значений числа Рейнольдса $R_e = \frac{Vd}{\nu}$ (где d – диаметр цилиндра; ν – кинематическая вязкость жидкости), в потоке начинается образование и срыв вихрей с поверхности тела. Срыв вихрей приводит к возникновению переменных сил, действующих перпендикулярно направлению потока с частотой срыва вихрей.

Частота срыва вихрей (дорожки Кармана) и, соответственно частота порождаемых вибрации и звука, определяется с помощью следующего соотношения:

$$f_{ср} = \frac{sh \cdot V}{d}, \quad (3.70)$$

где sh – число Струхала;

V – скорость набегающего на тело потока.

Число Струхала для плохо обтекаемого тела определяется по формуле

$$sh = 0,195 \left(1 - \frac{20,1}{R_e} \right).$$

Поскольку характерные скорости и размеры меняются от сечения к сечению лопасти, спектр вибрации от вихреобразования в лопаточном аппарате становится широкополосным.

Частотный диапазон, в котором наиболее отчетливо воспринимаются вихреобразования, тем шире, чем выше число Рейнольдса и турбулентность потока. Явление срыва вихрей наиболее полно исследовано для кругового цилиндра в потоке среды, набегающем перпендикулярно к его оси. Установлены характерные формы поля потока среды и соответствующие значения чисел Рейнольдса:

- в поле потока при $4 < R_e < 40$ срыв вихрей не происходит; образуется устойчивая пара вихрей, не отрывающихся от цилиндра и не создающих переменных давлений;

- в диапазоне $40 < R_e < 200$ в потоке образуется регулярный срыв вихрей, которые, двигаясь с потоком, образуют вихревую дорожку Кармана;

- в диапазоне $400 < R_e < 10^5$ срыв вихрей сопровождается зарождением турбулентных пульсаций скорости, приводящих к разрушению вихрей;

- в диапазоне $Re > 3 \cdot 10^5$ наблюдается периодический срыв вихрей; поток является турбулентным уже на цилиндре.

Образование вихрей обусловлено автоколебательным процессом. На обтекаемое тело действуют поперечные пульсационные силы (с амплитудой порядка сил сопротивлений), пропорциональные динамическому давлению потока и площади тела. Вихрь, приближающийся к твердой стенке или перемещающийся вдоль нее, может быть источником шума и вибрации, поскольку он вызывает изменение давления на стенке.

Однако при уменьшении скорости течения нередко наблюдается явление «захвата» вихрей звуковыми колебаниями с частотами собственных колебаний. Этим режимам соответствует закон четвертой степени

$$p \approx \frac{\rho}{c} V^4 \zeta D, \quad (3.71)$$

где ζ – характерный размер профиля.

Возможны промежуточные случаи, когда одновременно действуют законы шестой и четвертой степени. Приведенная формула справедлива также для вибрации и шума обтекания ламинарным потоком (потоком с небольшой турбулентностью), других деталей плохо обтекаемой формы, а также в значительной степени и для хорошо обтекаемых тел.

При обтекании профиля турбулентным потоком излучается шум и возникает вибрация с широкополосным спектром. Установлено, что низкочастотные составляющие спектра излучения имеют характер

$$p \approx \frac{\rho V^6}{c^3} \zeta^2, \quad (3.72)$$

а высокочастотные

$$p \approx \frac{\rho V^5}{c^2} \zeta^2. \quad (3.73)$$

Турбулентные пульсации давления в потоке рабочей среды. Поток рабочей среды, движущийся вдоль поверхности твердого тела, при определенных числах Re переходит в турбулентное состояние. При турбулентном потоке в пограничном слое толщиной δ ($\delta = 0,37\zeta (Re)^{-1/2}$), где ζ – масштаб турбулентности, наблюдаются сильные пульсации давления. Воздействие на поверхность тела пульсаций давления приводит к возникновению вибрации. Эффективное значение переменного давления \bar{p} равно

$$\bar{p} = 6 \cdot 10^{-3} \left(\frac{1}{2} \rho V^2 \right). \quad (3.74)$$

Спектр вибрации обтекаемого тела аналогичен спектру пульсаций давления на стенке. Причиной изменения давления в пограничном слое предположительно является периодическое, разрушение элементарных вихрей, размеры которых сопоставимы с толщиной пограничного слоя. Вели-

чина квадрата среднего квадратического давления, пропорциональная интенсивности вибрации, зависит в четвертой степени от скорости потока, т. е. амплитуда пульсаций давления определяется динамическим напором. Спектр вибрации обтекаемой поверхности аналогичен спектру пульсации давления на стенке.

Зоны различных давлений в пограничном слое располагаются близко одна от другой, поэтому вибрационная энергия турбулентного пограничного слоя не является определяющей. Существенная вибрация от турбулентных пульсаций давления может возникать на сравнительно тонких стенках.

В лопатных насосах турбулентные пульсации давления по сравнению с другими гидродинамическими источниками вибрации имеют второстепенное значение.

Контрольные вопросы

1. Какие основные вибрационные диагностические параметры двигателя?
2. Какие причины и источники вибрации механических систем двигателей?
3. Какие причины и источники вибрации гидродинамического происхождения?
4. Какие причины и источники вибрации аэродинамического и газодинамического происхождения?
5. Какие уровни вибрации двигателей приводят к ускорению процессов изнашивания?
6. Какие основные причины вибрации вентиляторов и лопаточных аппаратов?
7. Какие источники вибрации поршневых насосов?
8. Назвать источники вибрации шестеренчатых насосов.
9. Какая физическая природа кавитационных явлений?
10. В какой области часто проявляются кавитационные вибрации?
11. В каком частотном диапазоне могут проявляться вихреобразования в потоке рабочей среды?

4. СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

В настоящее время парк выпускаемых автомобильных и тракторных двигателей претерпел существенные изменения: карбюраторные двигатели не выпускаются с 2010 года, а электромеханические системы управления заменены на электронные системы. Однако на многих АТП, СТО, организациях и предприятиях имеются десятки тысяч автомобилей с карбюраторными двигателями и электромеханическими системами управления, имеются средства для их ТО и диагностирования. Поэтому в данном разделе рассмотрены средства контроля и диагностирования двигателей с электромеханической и микропроцессорной системами управления рабочими процессами.

4.1. Средства диагностирования механических и газогидроаэродинамических систем двигателей

Средства технического диагностирования двигателей классифицируются на:

- средства диагностирования систем электрооборудования;
- средства диагностирования кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов;
- средства диагностирования системы питания;
- средства диагностирования тяговых качеств автомобилей.

Средства диагностирования электрооборудования (мотор-тестеры) классифицируются:

- по степени подвижности – на стационарные и переносные;
- по виду источника питания – от аккумуляторной батареи автомобиля и от внешнего источника;
- по виду индикации – на аналоговые; цифровые комбинированные, параллельные; с индикацией на экраны осциллоскопов и дисплеев.

Некоторые средства диагностирования этого класса дополнительно комплектуются мановакуумметрами, газоанализаторами, расходомерами топлива и другими измерительными блоками.

Минимальный набор средств, который дает достаточную возможность произвести общую оценку технического состояния двигателя и системы управления следующий:

- компрессометр или компрессограф и тестер утечек;
- комплект (набор манометров и переходников) для измерения давления в гидросистемах;
- четырех-, пятикомпонентный газоанализатор с автоматическим вычислением параметра λ ;
- стробоскоп;
- мотор-тестер;
- осциллограф;
- мультиметр.

Первые три позиции данного перечня обязательны для оценки технического состояния любого двигателя, а без такого контроля определение работоспособности системы управления двигателем не рекомендуется.

Средства малой диагностики раннего выпуска для контроля механических и электрических систем двигателей автомобилей приведены в табл. 4.1 и 4.2. [30, 31]

Таблица 4.1

Средства диагностирования двигателя

№	Наименование диагностического оборудования или систем измерения диагностических параметров	Марка оборудования
1	Анализатор двигателя (или осциллограф для проверки системы зажигания и стробоскопический прибор)	МТ-1, Э-206+Э-102, К-461
2	Анализатор для карбюраторных и дизельных двигателей	ELK.ON-SD300 или автотестер НИПИ АСУ АТ
3	Анализатор для карбюраторных двигателей	К-488, К-461, КИ-5524
4	Анализатор топливной аппаратуры дизельных двигателей	К-261, К-268
5	Расходомер топлива	КИ-8940, КИ-8943, КИ-12371, НИИАТ-ЛО-12, К-56.02, К-427, К-13967, К-516.2, ЭЮФ-80/М (Венгрия)
6	Газоанализатор	«Инфралит», ELKON S205, АВГ-4-2.01
7	Измеритель дымности дизелей	СИДА-106, СИДА-107, МДО2, «Атлас»
8	Прибор для определения разности мощностей по цилиндрам	Э-216
9	Пневмотестер или прибор для определения состояния деталей цилиндропоршневой группы и клапанов двигателя	К-69М, К-273, К-272М
10	Прибор для проверки бензонасосов	НИИАТ-527Б
11	Стетоскоп	КЭО ГАЗ, КИ-1154, Steelman
12	Приспособление для проверки натяжения приводных ремней	КИ-8920
13	Компрессометр для карбюраторных и дизельных двигателей	К-179, К-183, КИ-8611, К-52, ПКК-04К, КВ-1126, К-181
14	Автоматическая воздухораздаточная колонка	С413
15	Измеритель расхода картерных газов (если отсутствует комплексная установка КИ-13950)	КИ-13671
16	Компрессограф с механическими самописцами	КВ-1124, К-181
17	Вакуум-анализатор	КИ-5315, АГЦ-1, насос Mityvac
18	Измеритель количества газов, прорывающихся в картер	КИ-4887, КИ-13671
19	Устройство для определения суммарного зазора в КШМ, контроля фаз газораспределения, топливных зазоров	КИ-13933, КИ-11140, КИ-9918

№	Наименование диагностического оборудования или систем измерения диагностических параметров	Марка оборудования
20	Измерители давления в смазочной системе, насосе, центрифуге, качества масла	КИ-13936, КДМТ-2, комплект ДКАМ
21	Измерение углов ускорения, частоты вращения и имитация нагрузки	ИМ-1, МК-8-007, ИК-1, ИМД-2М, ИМД-Ц, имитатор нагрузки КИ-5653
22	Сигнализатор загрязнения воздухоочистителя. Индикатор герметичности воздушного тракта	ОР-0,928, КИ-4870
23	Стенд для контроля топливной аппаратуры	СТДА-1, КИ-15711, КИ-22205, КИ-921МТ
24	Стенды и приборы контроля гидроуправляемых форсунок	КИ-3333, КП-1609, КИ-562, КИ-1404, М-106, КИ-15706, В-13М, КИ-16301А
25	Технические эндоскопы	Серия FASTA или MIGS, серии: VIGS, TIGS, IGS
26	Тестеры давления	PST-22А, АТГ-4А
27	Стробоскоп	Э-243, ДЖЕТ-ДИЗЕЛЬ
28	Диагностический набор	ОТС-7635АЕ, МСЧК
29	Расход топлива	К-516.02, КИ-12371, К-427, КИ-13967, К-436

Таблица 4.2

Средства диагностирования и измеряемые параметры и гидрогазоаэродинамических систем двигателей

Контролируемые узлы и технические системы	Изменяемые параметры	Методы, модели устройств и приборов
Цилиндропоршневая группа и газораспределительный механизм. Герметичность этих систем (колец, клапанов, поломки, износ, закоксованность)	Величина максимального давления газов в цилиндрах и характеристика его падения	Компрессометры для: - карбюраторных двигателей – К-179, К-52, ПКС-04К; - дизельных двигателей – КИ-8611, К-181, компрессограф КВ-1126
	Падение напряжения на клеммах аккумулятора (с записью)	«Испытатель сжатия 855» для оценки компрессии в отдельных цилиндрах
	Вибрация и шум в контролируемых зонах	Механические и электронные стетоскопы. КИ-1154. Ультразвуковой стетоскоп УС-01. Виброметры и вибронализаторы большой номенклатуры
	Измерение снижения частоты вращения коленчатого вала	Э-216М
	Степень разрежения, давления подводимого воздуха	По степени разрежения: вакуум-сигнализаторы КИ-5315 и АГЦ-1. По давлению подводимого воздуха: приборы К-69, К-69М

Контролируемые узлы и технические системы	Измеряемые параметры	Методы, модели устройств и приборов
	Падение давления на дросселе, расход воздуха	Пневмотестер К-272
	Углубленная диагностика пневмотопливной системы карбюратора	Стенд 489-А – углубленная диагностика
	Измерение тока стартера при прокручивании двигателя стартером	Амперметр
	Количество газов, прорывающихся в картер	Расходомеры, газовые счетчики: КИ-488-1, индикатор КИ-13671
	Фазы газораспределения, тепловые зазоры «клапан-коромысло», «клапан-седло». Износ жиклеров	Комплект КИ-13902, КИ-9918, КИ-13671. Пропускная способность жиклеров: НИИАТ-362
Кривошипно-шатунный механизм	Зазоры в верхней и нижней головках шатуна	Устройство КИ-11140, КИ-13933
Система смазки	Давление в смазочной системе, загрязненность ротора центрифуги	Приспособление КИ-13936
	Состояние масла: - вязкость, температурные свойства; - противознозные свойства (содержание осадка, железа, воды, светопроницаемость); - противокоррозионные свойства (щелочность, кислотность, коррозионность); - противонагарные свойства (водородный показатель, коксуемость, зольность, диспергирующая способность)	Стандартные методы: ГОСТ 33-66, ГОСТ 9352-60, ГОСТ 4333-48. Центрифугирование – ЦЛН-2, спектральный анализ – ИСП-28, ГОСТ 2477-65. Экспериментальные методы, установки. ГОСТ 11362-69, ГОСТ 5162-49, экспериментальные методы. ГОСТ 19932-74, РН-340, «метод пятна», прокаливание
Система охлаждения	Давление	Герметичность клапанов радиатора – прибор ДСП-2. Герметичность системы охлаждения путем опрессовки – прибор К-437
	Усилие и величина прогиба натяжения ремня	Натяжение ремня вентилятора – КИ-8920, КИ-13918
Система питания топливом и воздухом	Развиваемое давление	Прибор НИИАТ-527Б (модификации)
	Количество топлива, протекающего через дозирующее устройство	Приборы НИИАТ-577Б, НИИАТ-362, серия пневматических приборов разработки НИИАТ и измерения уровня топлива

Контролируемые узлы и технические системы	Измеряемые параметры	Методы, модели устройств и приборов
	Расход топлива	Расходомер топлива НИИАТ-ЛО-12, КИ-8943, КИ-13967М, К-516.02, К-427, КИ-1237-1, К-436, К-13967, «Фловтроник-20511»
	Засоренность воздухоочистителя	Сигнализатор ОР-9928
	Разрежение в местах соединений трубопровода	КИ-4870
	Производительность ТНВД	Стенд СТДА-1 и КИ-15711, компьютерные ДД10-04К, ДД10-05Э
	Угол опережения впрыска	Моментоскоп КИ-4941
	Засоренность воздухоподачи	Сигнализатор ОР-9928
	Герметичность воздушного тракта	КИ-4870
	Состав отработавших газов (СО, СН, СО ₂ , О ₂ , NO _x), коэффициент лямбда	Газоанализаторы DIAGAZ, ДИАГАЗ, АВГ-4-2.01, АГ-2110, Infralit, EPA-75, "Sun", "MGA 1200", "SUN ELECTRIC", G750, ИНФРАКАР 0.8.01, ИНФРАКАР М-1.01
	Дымность выхлопных газов. Натуральные показатели светопотока. Состав ОГ	Согласно требованиям ГОСТР 51709-2001, газоанализаторы-дымомеры Автотест-01, измеритель дымности ОПМД-01, МЕТА-01, МП.01-RS232, DO-1, NC-112, AVL-415, АВГ-1Д-4.01, JT480А
Удельный расход топлива, давление	Расходомер КИ-13967	
Система топливоподачи	Производительность топливного насоса	Прибор К-436, КИ-4801, КИ-13943. Стенды СТДА-1, КИ-15711. Компьютеризованные стенды ДД10-04К, ДД10-05Э, BOSCH FPS 815, КИ-22205, КИ-921МТ
	Качество распыла форсунки, засорение, негерметичность, закоксованность	Приспособление КИ-16301А, КИ-562, КИ-1404. Стенды М-106, КИ-15706, КП-1609, КИ-3333, В-13М, КАД-304.40.000, тестеры, мотор-тестеры большой номенклатуры
Определение мощности	Измерение углового ускорения по датчику ВМТ	Приборы ИМ-1, МК-8-007, ИК-1
	Угловое ускорение КВ в режиме свободного разгона и напряжение бортовой сети	Прибор ИМД-2М, ИМД-Ц, «Комплект-Авто», Э-216

Для диагностирования механических, электрических и электронных систем в настоящее время на постах ТО и ремонта широко применяется следующее оборудование.

Компрессометры и компрессографы позволяют регистрировать давление в диапазоне от 0 до 60 бар, причем как газов, так и жидкостей в системах подачи топлива, смазки, наддува воздуха двигателей. Для проверки компрессии можно воспользоваться современным универсальным тестером давления фирмы Leitenberger с цифровым дисплеем, памятью и разъемом для подключения к компьютеру (табл. 4.1).

Анализаторы противодействия для системы выхлопа газов позволяют выявить снижение пропускной способности катализатора в результате засорения или перегрева, что приводит к его спеканию.

Тестер лямбда-зонда позволяет визуально наблюдать изменение сигнала коррекции состава топливной смеси. Оценивая величину и быстродействие сигнала, можно определять техническое состояние кислородного датчика.

Измерители температуры жидкостей и твердых поверхностей контактным и бесконтактным способом, в том числе специальным цифровым термометром, датчик которого размещен на гибком щупе диаметром 5 мм, позволяющим проникнуть внутрь двигателя или агрегата трансмиссии, температуры систем охлаждения, кондиционирования, тормозов и др.

Тестеры для измерения давления до 1600 бар топливной аппаратуры бензиновых двигателей и современных дизелей позволяют выявлять отклонения в работе электромагнитных форсунок методом сравнения расхода топлива через магистрали обратного слива.

Ручные насосы с манометром, с помощью которых в системе охлаждения и других элементах двигателя создается избыточное давление и разрежение. О степени герметичности судят по темпу падения давления. Создание избыточного давления и разрежения позволяет проверять исправность любых датчиков и исполнительных механизмов (элементов) двигателей, управляемых давлением: MAP-сенсоров, вакуумных усилителей, клапанов рециркуляции, регуляторов давления топлива, наддува воздуха и др.

Манометры различных типов – от простых аналоговых до манометров с цифровой индикацией и датчиком измерения температуры термостата. С их помощью можно выполнять углубленное исследование системы охлаждения: рабочего давления и герметичности, работоспособности термостата, обнаружить трещины в блоке цилиндров или в прокладке.

Рефрактометры для испытаний любых типов охлаждающих жидкостей, определения плотности электролита и стеклоомывающей жидкости, а сопутствующее измерение температуры позволяет определять опасность их использования.

Стробоскопы для определения частоты вращения деталей, угла опережения зажигания и угла замкнутого состояния. Используя дизельный адаптер с детектором впрыска вместе со стробоскопом, можно измерить опережения впрыска топлива в дизельных двигателях.

Цифровые тестеры для проверки усилия натяжения зубчатых ремней, что позволяет сохранять заданный ресурс ремней и подшипников.

Газоанализаторы позволяют оценить полноту сгорания топлива, как показателя эффективности работы самого двигателя, так и систем его управления. Только результаты анализа отработавших газов, полученных газоанализатором, дают возможность оценить наличие в них токсичных компонентов: оксида углерода, углеводородов, оксидов азота и серы, альдегидов, сажи, бензапирена и соединений свинца. По анализу состава отработавших газов также можно в полной мере определить исправность двигателя в целом и состояние его основных систем (зажигания, топливной и механической системы), отклонение состава топливовоздушной смеси от стехиометрической. С учетом того, что процентный состав отработавших газов – интегральный показатель состояния двигателя, газоанализатор рекомендуется применять как для входного контроля, так и для проверки качества выполненных регулировочных или ремонтных работ. Универсальность газоанализатора позволяет получать одинаково хорошие результаты при тестировании как карбюраторных двигателей, так и двигателей с микропроцессорным впрыском независимо от производителя. Помимо этого 4-5-тикомпонентные газоанализаторы применяют для исследования двигателей, оборудованных катализаторами отработавших газов.

Неизменность физических основ рабочего процесса в бензиновых двигателях внутреннего сгорания, эффективность которых зависит от состава топливной смеси и качества ее сгорания, превращает газоанализатор в диагностический инструмент, актуальность которого не утрачивается ни с течением времени, ни с совершенствованием конструкции двигателя.

К недостаткам газоанализатора можно отнести отсутствие возможности прямо указать на вышедший из строя элемент. Поэтому для расширения возможностей газоанализатора необходимо его применение совместно с мотор-тестером.

Газоанализатор не вполне подходит для оперативного отслеживания быстро меняющихся процессов двигателя из-за большой инерционности (время реакции современных газоанализаторов лежит в пределах 10 сек).

Одним из актуальных направлений в совершенствовании диагностирования двигателя, которое необходимо доработать, является методика, используемая при контроле токсичности, предусматривающая замер состава выхлопа на холостых и повышенных оборотах в безнагрузочном режиме. Однако по этой методике далеко не всегда удается получить объективные результаты ввиду того, что процессы смесеобразования и сгорания в двигателе в безнагрузочном режиме и при работе под нагрузкой могут сильно отличаться. Подтверждением служит тот факт, что корректный замер концентрации оксида азота, образующегося в камере сгорания в условиях высоких температур, возможен только при работе двигателя под нагрузкой.

Технические эндоскопы – это современные высокотехнологические приборы, позволяющие заглянуть во внутрь двигателя без его разборки,

произвести визуальную диагностику деталей, а также осмотреть недоступные места через отверстия диаметром от 4 до 10 мм.

Применение эндоскопов при диагностике позволяет произвести обследование состояния двигателя внутреннего сгорания и контроль состояния зубчатых передач, осмотреть изнутри любой трубопровод и полость, своевременно обнаружить там отложения и трещины, осуществить диагностику состояния системы выпуска отработавших газов без демонтажа ее элементов. С помощью эндоскопа можно заглянуть в скрытые полости и обнаружить не видимые снаружи трещины и следы коррозии. Через свечное отверстие хорошо просматриваются стенки цилиндра, днище поршня, клапаны. Поэтому можно определить износ цилиндропоршневой группы, обнаружить нагар на стенках цилиндра и днище поршня, без разборки двигателя установить наличие поврежденных клапанов, со стороны камеры сгорания убедиться в отсутствии трещин головки блока и герметичности прокладки. Через отверстие слива масла в поддоне картера можно осмотреть его стенки на количество низкотемпературных отложений и загрязнений.

Эндоскопирование позволяет даже при незначительном износе масляесъемных колпачков или поршневых колец, когда внешне ни один признак неполадок не проявляет себя, обнаружить следы масла на клапанах, в камере сгорания, на днище поршня и таким образом заблаговременно диагностировать неисправность. С помощью технических эндоскопов можно установить реальный износ двигателя – начало полировки и следы царапин на стенках цилиндра.

Возможности эндоскопов значительно расширяют входящие в комплект насадки. Три вида зеркал позволяют изменить угол осмотра под 35°, 45° и 60°.

Выпускаются следующие типы эндоскопов:

Серия FASTA или MGS – современный промышленный эндоскоп с маслостойким жидкокристаллическим монитором, автофокусировкой, с плавной регулировкой освещения, с возможностью фото- и видеосъемки (диаметр зонда 5,5 мм, длина 1 м).

Серия VGS – современный промышленный эндоскоп, работающий через персональный компьютер, с собственным программным обеспечением, автофокусировкой, с плавной регулировкой освещения и возможностью фото- и видеосъемки (диаметр зонда 8,5 мм и длина 1 метр).

Серия TGS – эндоскопы T-типа, удобны в работе, увеличенная мощность света, ручная фокусировка.

Серия IGS – волоконно-оптические эндоскопы с ручной фокусировкой и диаметром зонда от 4 до 10 мм.

Технические характеристики некоторых моделей эндоскопов представлены в табл. 4.3.

Жесткие эндоскопы имеют цилиндрическую конструкцию, внутри которой расположены линзы и механизм настройки. Основой гибких эндоскопов являются светопроводящие волокна, из которых формируются световодные жгуты (рис. 4.1). Обычный волоконно-оптический эндоскоп со-

стоит из источника света; двух световодных жгутов, один из которых предназначен для передачи изображения, а другой – для передачи света; окуляра и микрообъектива, соединенного с торцом световодного жгута. В локомотивных депо нашли применение жесткие линзовые эндоскопы АС-1 и гибкие ОД-20Э, ВОЛЭНД-Т.

Таблица 4.3

Основные модели и параметры технических эндоскопов

Параметры	Модели				
	жесткие	полугибкие, управляемые и неуправляемые	гибкие, управляемые в двух направлениях	гибкие, управляемые в четырех направлениях	видео-эндоскопы
Диаметр, мм	2-8	8	3,5-6	8	10
Длина, мм	180-600	До 3500	До 2700	До 2700	До 10000

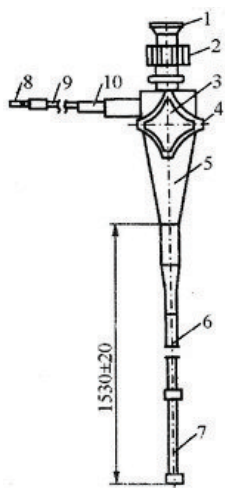


Рис. 4.1. Гибкий эндоскоп

На рис. 4.1 приняты следующие обозначения: 1 – окуляр; 2 – кольцо наводки; 3 – рукоятка малая управления изгибом дистальной части; 4 – большая рукоятка; 5 – корпус; 6 – гибкая рабочая часть; 7 – управляемая дистальная часть; 8 – штуцер гибкого световода подсветки; 9 – гибкий кабель; 10 – эластичные конусные втулки.

Все элементы линзового эндоскопа размещены в корпусе цилиндрической формы. На корпусе имеется шкала, позволяющая определить местоположение дефекта по длине. Линзовыми эндоскопами можно обнаруживать дефекты (царапины, трещины, коррозионные повреждения) размером 0,03–0,08 мм в изделиях диаметром 5–80 мм и длиной до 10 м.

Волоконные эндоскопы позволяют передавать изображение без искажения при их изгибе по любому криволинейному профилю, но они уступают линзовым по качеству изображения, имеют значительные потери энергии из-за поглощения ее стеклом и отражения на торцах, меньшее поле зрения и разрешающую способность. Эндоскопы состоят из оптической и осветительной систем.

В современных эндоскопах используется волоконная осветительная система, которая имеет интенсивность освещения до 5000 лк, что дает возможность фотографировать. Изображения рассматриваются с помощью очков или на экране телевизионного монитора, который позволяет проводить измерения дефектов (повреждения).

Для качественного визуального контроля объектов необходимо их хорошее освещение. Для этих целей в комплекте с техническими эндоскопами используются специальные осветители и источники питания. Максимальная эффективность освещения обеспечивают волоконные светодиоды с беспре-

рывными волокнами, поскольку любое объединение в волоконные светодиоды приводит к потере 50% интенсивности. Иным путем улучшение освещения является повышением мощности источников питания. В современных осветительных системах используются ртутные или ксеноновые лампы. Они обеспечивают высокий уровень освещения, но требуют использования высоковольтных пускателей и электронных схем.

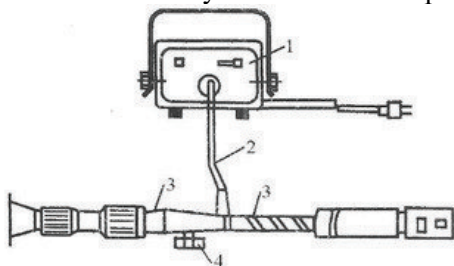


Рис. 4.2. Гибкий эндоскоп ОД-20Э

Блок питания предназначен для освещения осматриваемой поверхности через светопровод. В нем установлена галогенная лампа накаливания с регулируемой яркостью. Оптическая система предназначена для фокусировки светового потока лампы на торец световода. Эндоскоп внутри полости можно поворачивать на угол 70° рукояткой 4.

Для диагностирования в эксплуатационных и ремонтных условиях используются эндоскопы ОД-20Э полужесткого типа с волоконной оптикой и жесткие эндоскопы АС-1 с линзовой оптикой. Эндоскоп ОД-20Э (рис. 4.2) состоит из блока питания 1, световода 2 с набором регулировочных устройств и светопровода 3.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируют средства технического диагностирования механических и газогидроаэродинамических систем двигателей?
2. Чем компрессометры отличаются от компрессографов?
3. Какие преимущества и недостатки газоанализаторов?
4. Какие типы средств малой диагностики вы знаете?
5. Какие возможности применения технических эндоскопов?

4.2. Средства контроля токсичности отработавших газов двигателей

По составу отработавших газов автомобиля можно судить о полноте сгорания топлива, техническом состоянии цилиндропоршневой группы двигателя, системы питания и зажигания. В состав отработавших газов автомобиля входят различные вредные компоненты: азот, окиси углерода, которые являются результатом неполного сгорания топлива. По их количеству можно судить о техническом состоянии двигателя в целом. При диагностике двигателя в первую очередь определяют содержание СО в отработавших газах.

Отработавшие газы – продукт сгорания смеси воздуха и топлива.

Наибольший выброс СО происходит при работе двигателя на режимах холостого хода и разгоне автомобиля. Большое значение имеет состав горючей смеси и техническое состояние автомобиля. Корректность процесса сгорания можно проверить, анализируя концентрацию компонентов отрабо-

тавших газов с применением газоанализатора (бензиновые ДВС и ДВС с газотопливными системами) или дымомера (дизельные ДВС).

Основные компоненты отработавших газов.

Токсичные вещества: оксид углерода CO ; углеводороды H_mC_n ; угарные газы NO_x ; альдегиды CHO ; углерод (сажа) C .

Нетоксичные вещества: азот N ; кислород O_2 ; вода H_2O ; двуокись углерода CO_2 ; водород H_2 .

По отношению к ОГ автомобилей существует деление транспортных средств на разные классы:

- легковые автомобили – испытания проводятся на испытательном стенде с беговыми барабанами;
- легкие грузовые автомобили с допустимой полной массой 3,5-3,8 т – испытания проводятся на испытательном стенде с беговыми барабанами;
- тяжелые грузовые автомобили с допустимой полной массой свыше 3,8 т - испытания дизеля проводятся на моторном испытательном стенде, а испытания автомобиля не предусмотрены.

Производители автомобилей могут использовать разные конструктивные особенности транспортного средства, которые разделяются по величинам эмиссии NMOG (неметановых органических соединений), CO , NO_x и твердых частиц на следующие категории ОГ:

- Tier 1;
- TLEV (Transitional Low-Emission Vehicle);
- LEV (Low-Emission Vehicle – транспортные средства с низкими уровнями эмиссии ОГ и испарением топлива);
- ULEV (Ultra Low-Emission Vehicle);
- SULEV (Super Ultra-Low-Emission Vehicle);
- ZEV (Zero-Emission Vehicle – транспортные средства без эмиссии ОГ и испарения топлива);
- PZEV (Partial ZEV, отвечает по сути SULEV, но более жесткие требования к уровню эмиссии испарения топлива и долговечности).

4.2.1. Методы и оборудование для определения вредных веществ в отработавших газах

Количество вредных веществ в отработавших газах автомобиля определяется в процессе испытаний. Автомобиль размещается на роликовый тормозной стенд испытательного бокса и к нему присоединяется стандартизованная измерительная система (рис. 4.3). Дальше на тормозном стенде воспроизводится испытательный ездовой цикл, в процессе которого берутся пробы отработавших газов двигателя и пропускаются через измерительную систему для определения их состава.

Гидротормоза стенда, работающие по принципу вихревых токов (индукторные), позволяют моделировать усилия, которые влияют на автомобиль за счет качения колес и аэродинамического сопротивления движению. При этом создаются соответствующие тормозные усилия, зависящие от скорости движения (сопротивление роликов вращательному движению).

Быстросействующие муфты разных размеров используются для соединения инерционных масс с роликами, что позволяет имитировать массу самого автомобиля. На результаты испытаний влияют условия окружающей среды, влажность воздуха, температура и атмосферное давление.

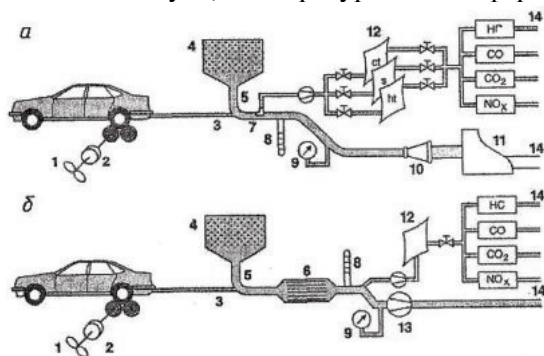


Рис. 4.3. Установки для проведения испытаний

проб; 8 – датчик температуры газа; 9 – датчик давления; 10 – трубка Вентури; 11 – воздуходувка; 12 – емкости с пробами; 13 – роторно-поршневая воздуходувка; 14 – выход системы; ст – пробы в неустановившемся режиме работы двигателя; s – пробы в установившемся режиме; ht – пробы при испытаниях в условиях высоких температур.

Автомобиль размещается своими ведущими колесами на специальных беговых барабанах, сопротивление вращения которых может регулироваться, что моделирует потери его мощности на трение качения и на аэродинамическое сопротивление. Охлаждение обеспечивается вентилятором, расположенным на небольшом расстоянии от автомобиля. Замеры уровня выбросов базируются на использовании заданных режимов движения, которые реализуются в точно определенном ездовом цикле, включающем движение с разными скоростями, разгон, торможение двигателем, холостой ход. При этом забираются пробы отработавших газов для дальнейшего анализа токсичных компонентов, содержащихся в них.

Способы анализа (инфракрасные анализаторы для CO и CO₂, огненно-ионизационные для CH и полуплюминесцентные – для NO_x) обеспечивают сравнение полученных результатов. Способы отбора отработавших газов и следующего определения выбросов токсичных компонентов в значительной степени стандартизованы в разных странах, но ездовые циклы – еще нет. В некоторых странах принятые нормы содержания токсических веществ в отработавших газах дополняются граничными значениями расхода топлива на испарение в системе питания двигателя.

Испытания базируются на использовании стандартизованного ездового цикла, в котором все режимы (разгон, движение с постоянными скоростями, переключение передач, торможение, работа двигателя на холостом ходу, остановки) выбираются так, чтобы обеспечивался приблизительный уровень соответствия значений скоростей движения и ускорения, характеризующие движение в условиях обычного транспортного потока в большом

На рис. 4.3, а – испытания по федеральным циклам США (с системой Вентури); б – по европейским ездовым циклам (с роторно-поршневой ветродувкой); 1 – динамометрический тормоз; 2 – инерционная масса; 3 – отработавшие газы; 4 – воздушный фильтр; 5 – чистый (разбавляющий) воздух; 6 – охладитель; 7 – трубка Вентури для отбора

городе. Во многих странах мира используется семь разных испытательных циклов.

Для определения содержания СО широко распространены приборы, которые определяют количество теплоты от сгорания СО на каталитически активной платиновой спирали. К объему газа, который отбирается для анализа, в определенной пропорции подают чистый атмосферный воздух. Отработавшие газы сжигают, нагревая платиновую нить. Повышение их температуры в это время при определенных условиях пропорционально содержанию СО в отработавших газах. К таким приборам принадлежат индикатор модели И-СО, прибор «Элкон S-100» и некоторые другие газоанализаторы, встроенные в моторные тестеры. Точность измерения этих приборов недостаточна для квалифицированных исследований токсичности отработавших газов. Их можно использовать только при регулировке системы питания.

Другую группу приборов называют альфаметрами. К ним принадлежат газоанализаторы, принцип работы которых связан с изменением теплопроводности отработавших газов (CO_2 и H_2). В приборах этого типа часть газа пропускают через нагретый платиновый провод. Одновременно с этим через другой нагретый платиновый провод пропускают воздух. Сопоставление температур охлаждения обоих проводов позволяет оценить содержание СО в отработавших газах. Точность рассмотренных приборов тоже невысокая, хотя и достаточная для регулировки системы питания двигателя.

Приборы работают следующим способом. На смесях в отработавших газах двигателя содержится много H_2 , который имеет большой коэффициент теплопроводности. У платиновой нити водород интенсивно отнимает тепло, вызывая повышение ее сопротивления и увеличение силы тока в измерительной системе. Альфаметры могут применяться для не прямой оценки содержания СО в отработавших газах. Это самый простой класс измерительной техники. Основные из них – альфаметры AST-70 и AST-76 (ПП), некоторые приборы, встроенные в моторные тестеры.

В настоящее время широко распространены более точные газоанализаторы, которые работают по принципу инфракрасного излучения. Действие таких газоанализаторов основано на принципе избирательного поглощения инфракрасных лучей в определенных сферах длин волн (инфракрасное излучение являет собой часть электромагнитного спектра в диапазоне длин волн 2-8 мкм). В заграничной литературе такой принцип помечают буквами ND/R. СО поглощает инфракрасные лучи с длиной волны 4,7 мкм, а CO_2 – 4,3 мкм.

Анализаторы и устройства для разделения газов. Для поддержки постоянного объемного расхода при испытаниях используется обычный центробежный нагнетатель, который обеспечивает отбор смеси чистого воздуха с отработавшими газами через трубку Вентури (рис. 4.3, а), или используется специальная роторно-поршневая воздуходувка (рис. 4.3, б). Любой из этих двух способов позволяет вести измерение объемного расхода с приемлемой степенью точности.

4.2.2. Газоанализаторы

Основной характеристикой, определяющей показатели карбюраторных двигателей по расходу топлива и токсичности отработавших газов, является отношение расходов топлива и воздуха к оптимальному значению.

Для определения токсичности отработавших газов применяются специальные газоанализаторы для карбюраторных двигателей и дымомеры для дизельных.

Газоанализатор представляет собой электронно-оптический прибор для измерения объемной доли компонент в отработавших газах двигателя. Существуют как автономные газоанализаторы, так и встроенные в некоторые модели мотор-тестеров (например, SMP-400). 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 CO и фиксации повышения температуры при помощи электрического моста вследствие этого.

При этом газоанализаторы классифицируются по числу анализируемых компонентов.

Газоанализаторы бывают двухкомпонентные (CH, CO), трехкомпонентные (CH, CO, CO₂), четырехкомпонентные (CH, CO, CO₂, O₂), пятикомпонентные (CH, CO, CO₂, O₂, NO_x). Все современные бензиновые автомобили (за исключением автомобилей с непосредственным впрыском топлива в цилиндры и послойным распределением смеси) на установившихся режимах (кроме режима полной нагрузки) должны работать при стехиометрическом соотношении воздух-топливо ($\lambda=1$). Причем точность поддержания этого соотношения достаточно высока ($\lambda=0,97...1,03$). Лямбда – это интегральный параметр, позволяющий оценить качество рабочей смеси.

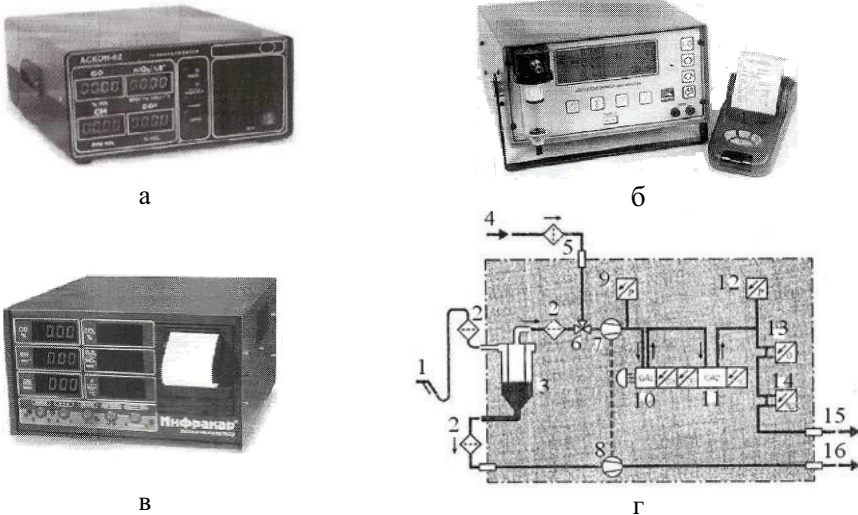


Рис. 4.4. Внешний вид современных газоанализаторов

На рис. 4.4: а – «АСКОН-02»; б – АУТО 5; в – «ИНФРАКАР»; г – схема многокомпонентного газоанализатора: 1 – зонд отбора проб ОГ; 2 – фильтр грубой очистки; 3 – отделитель конденсата; 4 – вход воздуха; 5 – фильтр с активированным углем; 6 – электромагнитный клапан; 7 – мембранный насос (газовый насос); 8 – мембранный насос (насос конденсата); 9 – датчик давления (внутреннее давление/плотность); 10 – газоанализатор GA1 (измерительные камеры CO и CO₂); 11 – газоанализатор GA2 (измерительная камера CH); 12 – датчик атмосферного давления; 13 – электрохимический сенсор O₂; 14 – электрохимический сенсор NO₂; 15 – выход газа; 16 – емкость для слива конденсата.

Схему многокомпонентного газоанализатора состава ОГ представлено на рис. 4.4 (г). Измеряемые ОГ отбираются из системы выпуска автомобиля с помощью зонда 1, они забираются установленным в измерительных приборах мембранным насосом 7 и подаются через фильтр грубой очистки 2 в отделитель конденсата 3. Здесь, прежде чем измеряемый газ очистится в следующем фильтре еще раз, отделяется конденсат водяных паров и грубые загрязнения. Второй мембранный насос 8 откачивает конденсат в емкость для слива конденсата 16.

Сначала измеряемый газ проходит через газоанализатор GA1 10. Здесь определяются концентрации CO/CO₂. Потом газ поступает в газоанализатор GA2 11, который определяет концентрацию CH.

Прежде чем газ выйдет из измерительного прибора через выход 15, он пройдет через электрохимические сенсоры 13 и 14, которые определяют содержание кислорода O₂ и концентрацию оксида азота NO_x.

Когда происходит автоматическое юстирование прибора на «ноль» (так называемое «продувание»), вход измерительной камеры переключается электромагнитным клапаном 6, установленным перед насосом 7, с ОГ на воздух.

Фильтр 5 с активированным углем на входе для воздуха 4, защищает измерительный прибор от проникновения углеводородов CH, содержащихся в окружающем воздухе.

Датчик давления 9 установлен для проверки герметичности всего газового тракта. Другой датчик давления 12 регистрирует атмосферное давление, используемое у расчетах.

Анализируя состав отработавших газов многокомпонентным газоанализатором (рис. 4.5), можно сделать выводы о процессе сгорания и составе топливной смеси. Анализ различных компонентов, содержащихся в отработавших газах, может дать для опытного диагноста сведения о техническом состоянии работающего двигателя.

BEA 050 состоит из печатной платы компьютера и модуля газоанализатора для двигателей с искровым зажиганием (Otto-АММ).

BEA 050 позволяет измерять компоненты отработавших газов КО, HC, CO₂, O₂ и NO (NO модифицированный). Коэффициент избытка воздуха лямбда рассчитывается, исходя из измеренных значений уровня отработавших газов. Возможны следующие диапазоны измерений:

CO окись углерода 0-10.00%;

НС	углеводороды	0-9999 промилле (по отношению к гексану);
CO ₂	двуокись углерода	0-18%;
O ₂	кислород	0-22%;
NO	оксид азота	0-5000 промилле
λ	коэффициент избытка воздуха лямбда	0.500-9.999.

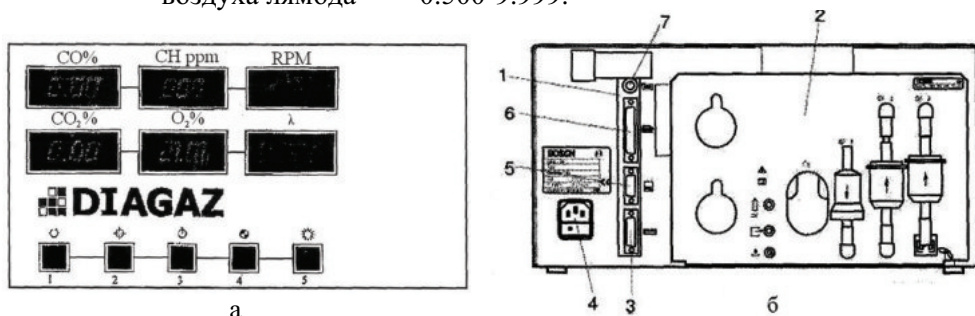


Рис. 4.5. Газоанализаторы DIAGAZ (а – вид спереди) и ВЕА 050 (с Otto-АММ) вид сзади (б):

1 – печатная плата компьютера; 2 – модуль газоанализатора для двигателя с искровым зажиганием (Otto-АММ); 3 – гнездо для подключения для RTM 430; 4 – гнездо подключения к сети с защитой; 5 – последовательный интерфейс; 6 – без функции; 7 – без функции

Для измерения CO, CO₂ и компонентов НС применяется метод с использованием бесдисперсионного инфракрасного излучения (NDIR – бесдисперсионная инфракрасная спектроскопия). Содержание кислорода определяется при помощи электрохимического датчика.

Для задач диагностики правильным будет использовать четырех- и пятикомпонентные газоанализаторы, причем те, которые способны рассчитывать коэффициент лямбда:

$$\lambda = \frac{[CO_2] + \frac{[CO]}{2} + [O_2] + \left\{ \frac{H_{cv}}{4} \cdot \frac{3,5}{3,5 + \frac{[CO]}{[CO_2]}} - \frac{O_{cv}}{2} \right\} \cdot ([CO_2] + [CO])}{\left(1 + \frac{H_{cv}}{4} - \frac{O_{cv}}{2} \right) \cdot ([CO_2] + [CO] + K_1 \cdot [HC])}$$

Таким образом, для расчета коэффициента лямбда необходимо измерить четыре компонента: CO, CH, CO₂, O₂. Если в распоряжении диагноста имеется четырехкомпонентный газоанализатор, но без вычисления лямбда, то рассчитать его вручную в режиме реального времени проблематично. Соответственно отсутствует возможность оперативно оценить качество рабочей смеси. Двухкомпонентные газоанализаторы для работы на СТО не годятся.

Рассмотрим устройство и принцип работы на примере газоанализатора DIAGAZ. Внешний вид газоанализатора представлен на рис. 4.5 (а).

Прибор состоит из системы пробоотбора и пробоподготовки, блока измерительного (БИ) и блока электронного (БЭ).

Конструктивно газоанализатор выполнен в металлическом корпусе, предназначенном для установки на горизонтальной поверхности (столе). Система пробоотбора и пробоподготовки газоанализатора включает газозаборный зонд, пробоотборный шланг, фильтр-влагоотделитель N 204-F 10, фильтр грубой очистки GB-202, фильтр тонкой очистки ОВ-702, электроклапан трехлинейный двухпозиционный, побудитель расхода газа двухкамерный, тройник, два пневмосопротивления, электрохолодильник, кювета, датчик кислорода.

Слив конденсата, выделяемого в фильтре-влагоотделителе, происходит через штуцер СК.

Принцип действия датчиков объемной доли (CO, CO₂, углеводородов) - оптико-абсорбционный, датчика измерения концентрации кислорода - электрохимический, а датчика частоты вращения коленчатого вала основан на индуктивном методе определения частоты импульсов тока в системе зажигания.

Блок измерительный содержит оптический блок, в котором имеется излучатель, измерительная кювета, фокон, пироэлектрический приемник излучения. Излучение модулируется обтюратором, в котором размещены интерференционные фильтры. Оптическая и газовая схемы, прибора приведены на рис. 4.6, а газовая схема газоанализатора - на рис. 4.7. В измерительном блоке также размещен электрохимический датчик кислорода.

Блок электронный предназначен для измерения выходных сигналов первичных преобразователей газоанализаторов ДИАГАЗ, обработки и представления результатов измерения.



Рис. 4.6. Оптическая схема газоанализатора

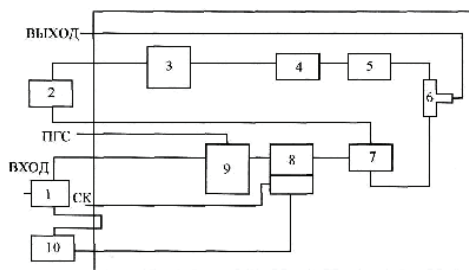


Рис. 4.7. Газовая схема газоанализатора:

На рис. 4.7 цифрами обозначены: 1 - фильтр-влагоотделитель; 2, 3 - фильтр тонкой очистки; 4 - кювета; 5 - датчик кислорода; 6 - тройник; 7 - электрохолодильник; 8 - побудитель расхода; 9 - электроклапан; 10 - фильтр грубой очистки.

Газоанализатор ДИАГАЗ содержит:

- блок питания постоянного тока напряжением (12+2,8/-1,2) В;
- блок питания переменного тока напряжением (220+22/-33) В, частотой (50±1) Гц;

- блок предварительного усиления сигнала пирозлектрического приемника:

- микропроцессорный контроллер, в том числе выполняющий функцию измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя;

- шесть светодиодных индикаторов;

- клавиатуру;

- датчик температуры;

- датчик абсолютного давления;

- цифровой выход для связи с компьютером через разъем RS 232.

Клавиатура содержит кнопки: (нумерация с левого края) 1, 2, 3, 4, 5. Газоанализатор имеет следующие режимы работы, заложенные в меню контроллера:

- измерение;

- выбор параметров для настройки.

Меню контроллера содержит следующие регулируемые параметры: CO – усиление; CO – нелинейность; CH – усиление; CH – нелинейность; CO₂ – усиление; CO₂ – нелинейность; O₂ – усиление; O₂ – нелинейность.

Анализируемый газ поступает в кювету, где определяемые компоненты, взаимодействуя с излучением, вызывают его поглощение в соответствующих спектральных диапазонах. Эти излучения выделяются интерференционными фильтрами и преобразуются в электрические сигналы, пропорциональные концентрации анализируемых компонентов. Электрохимический датчик при взаимодействии с кислородом выдает сигнал, пропорциональный концентрации кислорода. Величина λ вычисляется газоанализатором автоматически по измеренным CO, CH, CO₂ и O₂.

Анализируемый газ из выхлопной трубы автомобиля поступает в газозаборный зонд, снабженный зажимом для закрепления последнего на выхлопной трубе автомобиля. Из газозаборного зонда проба газа проходит по поливинилхлоридной трубке через фильтр-влагоотделитель, электроклапан трехлинейный двухпозиционный, камеру побудителя расхода (насоса), электрохолодильник, два фильтра тонкой очистки (один из них внутри прибора) и поступает в кювету и датчик кислорода, откуда через тройник выбрасывается на выход. Основная часть конденсированной влаги из фильтра-влагоотделителя проходит через фильтр грубой очистки, камеру побудителя расхода и удаляется через штуцер СК. Некоторая часть конденсированной влаги непрерывно автоматически удаляется из электрохолодильника побудителем расхода через тройник за пределы прибора через штуцер ВЫХОД. Продувка прибора воздухом в автоматическом режиме осуществляется через штуцер ПГС.

Современные газоанализаторы высокого класса, кроме надежности и удобства в работе, имеют множество дополнительных функций. Они могут измерять частоту вращения коленчатого вала двигателя, температуру масла, а также запоминать промежуточные протоколы измерений и передавать результаты на персональный компьютер или печатать их на встроенном принтере.

АВГ-4-2.01 – газоанализатор четырехкомпонентный. Предназначен для контроля отработавших газов бензиновых двигателей автотранспортных средств. Прибор четырехкомпонентный (СО, СН, СО₂, О₂), технические характеристики прибора см. в табл. 4.4. Прибор имеет канал для измерения частоты вращения коленчатого вала и температуры масла в картере двигателя, обеспечивает расчет λ-параметра, высокую надежность, стабильность показаний, малую инерционность, сброс конденсата, автоматическую калибровку и установку нуля, надежную систему фильтрации пробы, передачу данных на персональный компьютер через разъем RS 232. Результаты измерений на всех установленных ГОСТ Р 52033-2003 режимах отображаются на экране дисплея и передаются на центральный процессор. Прибор по заказу оснащается обогреваемым пробоотборным шлангом ТШ-5-220 с зондом для работы при -20 °С.

Таблица 4.4

Технические характеристики газоанализатора АВГ-4-2.01

Контролируемые параметры	Диапазон изменения	Максимальная погрешность
Содержание окиси углерода (СО), объемных долей, %	0-7,0	±6%
Содержание углеводородов (СН), гексан-пропан, ppm	0-3000	±6%
Содержание двуокиси углерода (СО ₂), объемных долей, %	0-16	±6%
Содержание кислорода (О ₂), объемных долей, %	0-21	±6%
Коэффициент сгорания топлива, λ-параметр	0-2	
Частота вращения коленчатого вала, об/мин	0-12000/ 0-6000	±2,5%
Контроль температуры масла в двигателе, °С (опция)	20-100	±2,5%
Электропитание, В	-12/~220	+1,2/-33...+22%
Габариты (ширина×высота×длина), мм/масса, кг	355×180×330/ 10	
Время непрерывной работы, ч	12	

Stargas 898 ONS - это четырех- (пяти-) компонентный первый газоанализатор, утвержденный OIML нулевого класса точности. Он может также выполнять функции дымомера (опция). Он применяется для анализа состава отработавших газов легковых автомобилей, грузовиков, мотоциклов и т. д. Прибор имеет встроенный LCD дисплей. Вывод изображения можно осуществлять на любой монитор или телевизор. Устройством можно управлять также на расстоянии посредством алфавитно-цифровой клавиатуры с дистанционным инфракрасным управлением. Stargas, благодаря портативной конструкции, удобно применять для дорожных испытаний в полевых условиях (табл. 4.5). Stargas проводит следующие измерения:

- СО, СО₂, НС, О₂, NO_x (опционально), λ;
- обороты и температуру двигателя;
- атмосферные параметры;

- температуру, атмосферное давление, относительную влажность воздуха.

Таблица 4.5

**Технические характеристики газоанализатора Stargas 898 ONS
(производитель Technotest, Италия)**

Параметры	Значения
Питание от аккумулятора	10-16 В
Максимальная потребляемая мощность	70 Вт
Дисплей (LCD)	Разрешение 320×240
Диапазоны измерений	CO 0-15% (разр. 0,01%) CO ₂ 0-20% (разр. 0,1%) HC 0-30000 ppm (разр. 1) O ₂ 0-25% (разр. 0,01) NOx 0-5000 ppm (разр. 1)
Автоматическая калибровка при давлении	750-1060 кПа
Проверка прибора на герметичность	автоматически
Скорость потока измеряемого газа	10 л/мин
Отделение конденсата	автоматически
Рабочая температура	+5-40 °С
Время задержки	< 10 с
Время прогрева	не более 30 с
Управление потоком воздуха	автоматическое
Размеры	400×180×450 мм
Вес	8,6 кг

Технические характеристики газоанализаторов ранних годов выпуска представлены в табл. 4.6, а производители газоанализаторов последних выпусков приведены в табл. 4.7.

При ТО и диагностировании автомобильных двигателей наибольшее распространение получили переносные газоанализаторы, определяющие содержание CO в отработавших газах измерением степени поглощения газами инфракрасного излучения.

В газоанализаторах, основанных на дожигании CO, используется равновесный электрический мост, два плеча которого выполнены из тонкой платиновой проволоки. Ток, проходящий через плечи моста, раскаляет их. При этом одно плечо моста находится в камере с чистым воздухом, а другое в камере, через которую продуваются отработавшие газы двигателя. Окись углерода, сгорая, увеличивает температуру платиновой проволоки и ее сопротивление, то есть вызывает разбаланс моста. Величина разбаланса, характеризующая концентрацию CO, регистрируется стрелочным прибором, включенным в диагональ моста. Этот метод измерений лежит в основе **приборов К-456, АСТ-75** и др.

Более высокую точность имеют приборы, работающие на основе поглощения различными газовыми смесями инфракрасного излучения с определенной длиной волны. Например, окись углерода максимально поглощает инфракрасное излучение с длиной волны 4,7 мкм. Используя специальные детекторы, измеряют затухание инфракрасного излучения, проходящего че-

рез анализируемую смесь газов. Этот метод используется в приборах ГАИ-1, Infracit, AS-101 и др.

Таблица 4.6

Технические характеристики газоанализаторов

Модель, фирма (страна)	Измеряемые параметры	Диапазон измерения, % или соотношение «воздух-топливо»	Погрешность измерения, %	Питание, В	Габариты, мм	Масса, кг
ГАИ-2 (Россия)	СО	0-5; 0-10	+2		140×330×280	6
ГЛ-1122 (Украина)	СН	0-0,05; 0-1,0	-		500×22×217	15
121 ФАО-1 (Украина)	СО	0-5	±4		250×300×400	8
АГ-2110 (Украина)	СО	СН, % - 0-0,6	-		200×300×400	10
	СН	СО, % - 0-5	-			
	частота вращения	частота вращения 0-6000 мин ⁻¹	±3			
Infracit (Германия)	СО	0-10	+3	220	367×308×182	14,5
	СО ₂	0-15				
ЕРА-75 «Sun» (США)	СО	0-2,5; 0-10	±3	220	1120×610×530	41
	СН	0-500 ppm				
«Hofmann» 591 (Германия), «Beckmann» (Германия)	СО	0-10; 0-20	+5	220	270×510×465	20
	СО ₂	0-10				
	СН	0-1000 ppm 0-5000 ppm				
«MGA 1200», «SUN ELECTRIC» (Нидерланды)	НС	-	-	-	-	-
	СО					
	СО ₂					
	О ₂					
	частота вращения, мин ⁻¹					
Дымомер «SHADI X2000», фирма «DIP DIVISION» (Италия)	Высота дымовой столба, см. Температура дыма °С. Перепады давления газа, %			220	190×500×405	21

Модель, фирма (страна)	Измеряемые параметры	Диапазон измерения, % или соотношение «воздух-топливо»	Погрешность измерения, %	Питание, В	Габариты, мм	Масса, кг
G750, «DIP DIVISION» (Италия)	CO	-	-	220	570×320×187	12
	CO ₂	0-25				
	HC	-				
	частота вращения	500-9999	-	220		
	CO	0-9,00%				
	CO ₂	0-19,9%				
	HC	0-2000 ppm				
частота вращения	250-5000					

Таблица 4.7

Основные средства диагностирования двигателей

Наименование и назначение средств диагностирования	Производитель
Газоанализаторы с программным обеспечением BOSCH 3.1 10, 3.140, 3.250	Германия – BOSCH
Дымомер ST480A	Чехия – PALTEST
Дымомеры ETT 006.22 и ETT 008.55 (CO, CH/CO _x /O _x)	Германия – BOSCH
Газоанализаторы BOSCH 3.010, 3.011	Германия – BOSCH
Многокомпонентный газоанализатор ETT 008.55 (CO, CH/CO _x /O _x)	Германия – BOSCH
Газоанализатор четырехкомпонентный Infralitic Ga 400	Германия – Messer
Дымомер Mdo 2	Россия – AmEURO
AutoGas 2 и MicroGas	Россия – AmEURO
Автотест CO-CH-МП-(CO-CH)	Россия – ОАО «ГАПО»
Автотест CO-CH-Д(СО-CH-Д-МП)	Россия – ОАО «ГАПО»
Дымомер МЕТА-01 (МП)	Россия – ОАО «ГАПО»
Дымомер SHADI X2000	Италия – DIP DIVISION
Газоанализатор ГАИ-2, CO	Россия
Газоанализаторы ГЛ-1122 (CH), 121фА01 (CO), АГ-2110 (CO, CH)	Украина
Газоанализатор G750, CO, CO ₂ , CH	Италия – DIP DIVISION
Газоанализатор Infralit-2T, CO, CO	Германия
Газоанализатор EPA-75, CO, CH	США – SUN
Газоанализатор MGA 1200, CH, CO, CO ₂ , O ₂	Нидерланды – SUN ELECTRIC
Газоанализатор 591, CO, CO ₂ , CH	Германия – Hofmann

4.2.3. Дымомеры и системы анализа вредных веществ в ОГ

Дизельные двигатели работают с большими коэффициентами излишка воздуха $\lambda=1,4-1,7$, поэтому содержание СО в отработавших газах является незначительным (десятые доли процента). Основным вредным компонентом в отработавших газах является сажа (мера дымности), на поверхностях частиц которой адсорбируется очень токсичное вещество – бензопирен.

Дымление является результатом неполного сгорания вследствие преждевременной или большой подачи топлива насосом высокого давления, увеличения площади сопловых отверстий форсунок из-за износа (что снижает давление впрыска), позднего начала подачи топлива, протекания форсунок, засорения воздушных фильтров, ухудшения распыления вследствие закоксования или засорения сопел форсунок. наличия в топливе воды.

Для измерения дымности дизельных двигателей используют два метода: оптический и фильтрации.

При оптическом методе мерой дымности ОГ служит ослабление светового потока, которым просвечиваются ОГ.

При методе фильтрации (измерении отражения света) определенное количество ОГ пропускают через плоский фильтр. Почернение фильтра потом служит мерой содержания сажи в ОГ.

Измерение дымности дизеля рационально только при его работе под нагрузкой, так как только в этом рабочем диапазоне образуется значительное количество твердых частиц. При этом также есть два общепринятых метода:

- измерение при полной нагрузке, например, на испытательном стенде с беговыми барабанами или на аттестованном испытательном участке с использованием торможения автомобиля;

- измерение при свободном ускорении, с определенным быстрым нажатием педали газа и нагрузкой от ускоряющегося маховика двигателя.

Результаты измерения дымности дизеля зависят как от метода измерения, так и от способа нагрузки, и в общем виде не могут сравниваться непосредственно.

Измерение дымности отработавших газов производится согласно требованиям ГОСТ Р 51709-2001 «Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки», который предусматривает выполнение положений ГОСТ 21393-75 с учетом изменений от 12.11.1998 г. Упомянутый стандарт требует проведения проверки дымности отработавших газов автомобилей с дизельными двигателями в режиме свободного ускорения и максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Согласно действующим стандартам, дымность отработавших газов дизельных ДВС может измеряться посредством соответствия предельно допустимому натуральному показателю ослабления светового потока K доп. m^{-1} , который является величиной, обратной толщине слоя отработавших газов, проходя через который, поток излучения от источника света дымомера

(длина волны источника обычно равна 430 нм) ослабляется в e раз. Также согласно действующим стандартам, дымность отработавших газов дизельных ДВС может измеряться посредством соответствия предельно допустимому коэффициенту ослабления светового потока N доп. %, причем при наличии проведения измерений на дымомере с эффективной базой $L=0,43$ м (длина кюветы). При несоответствии дымности отработавших газов дизеля нормам K доп. м⁻¹ или N доп. % автотранспортное средство считается не выдержавшим испытания.

Дымность в режиме свободного ускорения не должна превышать предельно допустимую норму дымности, установленную для конкретного типа дизеля в устоявшемся режиме. Для двигателей с системой газотурбинного наддува дымность в режиме свободного ускорения не должна превышать предельные нормы (табл. 4.8) для частоты вращения, при которой дымность достигает максимального значения, замеряемого при испытаниях в устоявшемся режиме, более, чем на 10% в единицах физических величин шкалы прибора.

При наличии в измерительном приборе шкалы, выраженной в показателях коэффициента поглощения K_n , перевод значений дымности в значение коэффициента поглощения проводят в соответствии с графиком (рис. 4.8).

Таблица 4.8

Предельно допустимые нормы дымности отработавших газов

$G_{ог}$, дм ³ /с	$K_{доп}$, %, не больше	$G_{ог}$, дм ³ /с	$K_{доп}$, %, не больше
До 42 включительно	60	До 150 включительно	39
50	56	175	37
75	50	200	35
100	45	Свыше 200	34
125	41	-	-

Примечание. Промежуточные значения определяют интерполяцией.

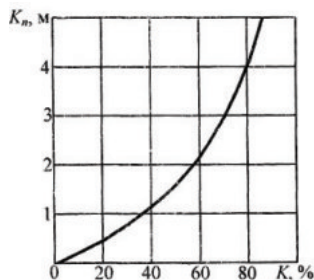


Рис. 4.8. Перевод значений дымности в значение коэффициента поглощения

Условную затрату отработавших газов ($G_{ог}$, дм³/с) вычисляют по формулам:

- для четырехтактных дизелей:

$$G_{ог} = V_h \cdot \frac{n}{2};$$

- для двухтактных дизелей:

$$G_{ог} = V_h \cdot n,$$

где V_h – рабочий объем цилиндров дизеля, дм³; n – частота вращения коленчатого вала, определенная во время испытаний, с⁻¹.

Дымность отработавших газов измеряют на режимах внешней скоростной характеристики как отношение максимальной частоты вращения к

большему из двух значений $0,45 \cdot n_{\max}$ или $16,7 \text{ с}^{-1}$, при этом дымность измеряют не менее шести раз через равные интервалы частот вращения, включающие режим максимального крутящего момента и свободного ускорения.

Дымность отработавших газов зависит от количества сажи (С) и оценивается по оптической плотности, которую определяют по количеству света, поглощаемого дисперсными частицами. Для определения дымности отработавших газов используют отечественные дымомеры УФМД-1, ИДП-2, газоанализатор-дымомер АВТОТЕСТ-01 СО-СН-Т-Д, измеритель дымности ОГ МД-01, портативный измеритель дымности МЕТА-01 МП.01-RS232, который удобен при труднодоступных системах выпуска отработавших газов, дымомер для экспресс-контроля ОГ ДО-1, переносный дымомер NC-112 чешского производства, M2 японского и Хартридж – английского.

Дымность измеряется на двух режимах работы двигателя – на холостом ходу и увеличении частоты вращения коленчатого вала до максимальной. Температура отработавших газов не должна быть ниже $70 \text{ }^\circ\text{C}$.

Дымность отработавших газов дизеля в соответствии с ГОСТ 21393-75 определяется по оптической плотности отработавших газов. Основными параметрами являются показатель ослабления светового потока (К) и коэффициент ослабления светового потока (N). Оптическая плотность отработавших газов не должна превышать предельно допустимые значения (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Режим измерения дымности

Измеряемый параметр	К, м^{-1} , не более	N, %, не более
Свободное ускорение:		
- дизели без наддува	1,2	40
- дизели с наддувом	1,6	50
Максимальная частота вращения коленчатого вала	0,4	15

Схема измерения дымности отработавших газов приведена на рис. 4.9.

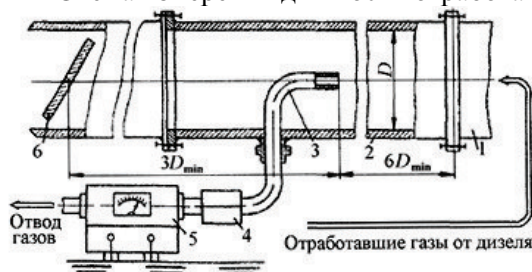


Рис. 4.9. Схема измерения дымности отработавших газов:

- 1 – выхлопной трубопровод дизеля; 2 – выхлопная труба опытного стенда; 3 – газоотборник дымомера; 4 – ресивер; 5 – измерительный прибор; 6 – регулирующая заслонка

Для дизелей с агрегатом наддува или с пропускным клапаном, дымность отработавших газов должна измеряться как при включенном, так и при выключенном агрегате наддува и пропускном клапане. Больше из двух измеряемых значений принимают как показатель оценки.

Разность результатов измерений не должна превышать 4% в единицах физи-

ческих величин шкалы прибора.

Промежуток между последовательными измерениями не должен превышать одну минуту. В качестве результата измерения принимают среднее арифметическое значение трех измерений.

На рис. 4.10 представлен дымомер, использующий оптический метод.

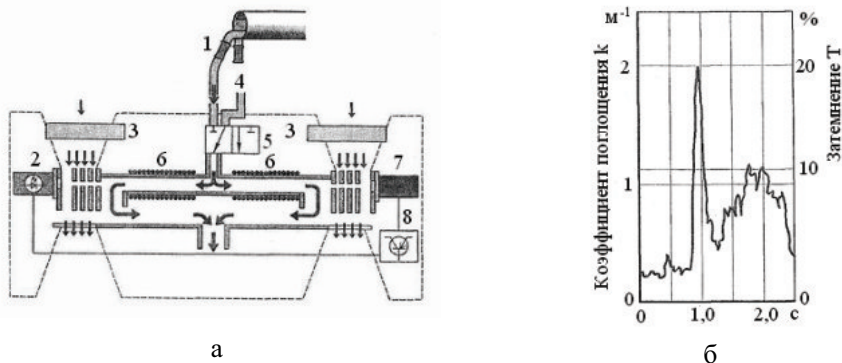


Рис. 4.10. Схема дымомера, использующего оптический метод (а), и пример измеренной кривой (б):

1 – зона для отбора проб; 2 – источник света; 3 – вентилятор; 4 – продуваемый воздух для калибровки дымомера; 5 – калибровочный клапан; 6 – нагреватель; 7 – приемник светового потока; 8 – блок для расчетов и индикации

Насос 7 прокачивает часть отработавших газов, которые поступили из пробоотборного зонда 1 сквозь камеру. Это необходимо для уменьшения влияния колебания давления отработавших газов на результаты испытаний. Сквозь отработавшие газы, которые находятся в камере, пропускаются световые лучи. Фотоэлементы регистрируют снижение интенсивности света после прохождения камеры, это снижение отвечает непрозрачности T (в процентах) или коэффициенту поглощения. Для достижения более полных и точных результатов опытная камера должна иметь определенную длину.

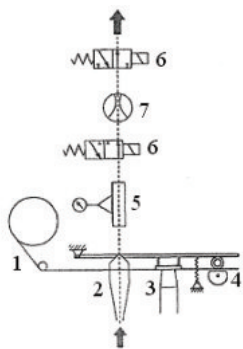


Рис. 4.11. Схема дымомера, использующего метод прокачки ОГ через фильтр

Во время испытаний под нагрузкой обеспечивается непрерывный процесс измерения дымности с индикацией соответствующих данных (например, в цифровой форме). Дымомер автоматически определяет максимальное значение, обеспечивая расчет среднего значения для нескольких периодов подачи газа.

На рис. 4.11 приведена схема дымомера, который использует метод прокачки отработавших газов через фильтр. На рисунке цифрами обозначены: 1 – фильтрующая бумага; 2 – проход газа; 3 – фотометр отображения; 4 – механизм перемещения бумаги; 5 – измерительный объем; 6 – клапан включения продувочного воздуха; 7 – насос.

Устройство обеспечивает пропуск определенного количества отработавших газов сквозь бумаж-

ный фильтрующий элемент 1.

Предпосылкой получения точных результатов является регистрация отобранных объемов для каждого измерения и перерасчет на заданное значение. Учитываются влияние давления и температуры, а также мертвые объемы между отборным зондом и фильтрующей бумагой.

Содержание сажи в отработавших газах можно определить фильтрацией частиц сажи, образующей видимый дым. Для этого зондом отбирают необходимое количество газа и пропускают через бумажный фильтр. Сажа образует на бумажном фильтре серое или черное пятно, которое оценивают по шкале черноты. Цвет эталона совпадает с цветом пятна сажи, полученной при фильтрации продуктов сгорания, которые содержат максимально допустимое количество сажи. Для определения содержания сажи в отработавших газах следует поместить бумажный фильтр под шкалу и уравнять цвета через отверстия, имеющиеся в эталоне.

Оценивание затемненной фильтрующей бумаги осуществляется опто-электрическим методом с помощью фотометра отображения. Показания в большинстве случаев даются в числе почернения по методике Bosch SZ или как массовая концентрация мг/м^3 .

Для измерения эмиссии частиц и дымности в отработавших газах дизелей применяют частично поточные системы пробоотбора и дымомеры, например, **дымомер AVL 415** (фирмы AVL), в котором для повышения точности измерений применен электрический мембранный насос с управлением от микропроцессора (табл. 4.10).

Таблица 4.10

Оценка неисправности двигателя по концентрации C_nH_m и CO в отработавших газах

Содержание C_nH_m	Содержание CO	Характер работы двигателя	Неисправности	
			системы зажигания	системы топливоподачи
Очень высокое	Низкое	Перебои в работе двигателя	Снизилось высокое напряжение. Отказ свечи или катушки зажигания	-
Высокое	Высокое	Неравномерная работа двигателя	-	Переобогащенная смесь из-за нарушений программы дозирования
Высокое	Очень низкое	Неравномерная работа двигателя	-	Переобогащенная смесь из-за нарушений программы дозирования

Микропроцессор получает от датчиков информацию о давлении, температуре и массе прокачиваемых отработавших газов двигателя, что обеспечивает оптимальный для измерения объем контролируемых отработавших газов (табл. 4.11).

Таблица 4.11

**Характеристики дымомеров отработавших газов типа 3.010
(фирмы BOSCH) для дизельных двигателей**

Измеряемая величина	Диапазон измерения	Погрешность
Степень замутнения	0-100%	±0,1%
Коэффициент поглощения	0-10 м ⁻¹	±0,01 м ⁻¹
Максимальная температура отработавших газов на входе в газоотборник	250 °С	-

АВГ-1Д-4.01 – дымомер для дизельных двигателей. Работает по принципу просвечивания мерного объема газа. Состоит из оптического блока с рабочей камерой и пульта управления с большим графическим ЖК-дисплеем. Выводит протокол измерений на встроенный в пульт ЖК-дисплей. Имеет разъем RS 232 для связи с компьютером. Установка нуля, контроль над соблюдением методики измерения и расчет измеренных значений согласно ГОСТ Р 52160-2003 производится автоматически. Прибор комплектуется контрольным светофильтром. Температура отработавших газов не более 150 °С. Масса пульта ДУ 0,5 кг (табл. 4.12).

Таблица 4.12

Техническая характеристика дымомера АВГ-1Д-4.01

Контролируемые параметры	Диапазон измерений	Максимальная погрешность
Натуральный показатель ослабления светового потока, м ⁻¹	0-∞	±0,027%
Коэффициент ослабления светового потока, %	0-100	±1%
Эффективная база дымомера (длина просвечивания), м	0,43	
Частота вращения коленчатого вала, об/мин	0-6000	±2,5%
Контроль температуры масла в двигателе, °С	0-100	±2,5%
Электропитание, В	-12/~200	-15...+10%
Потребляемая мощность, ВА	40	
Габариты (ширина×высота×длина), мм/масса, кг	355×220×220/6	

Проверка технического состояния автотранспортных средств должна проводиться в следующей последовательности:

1. Установить минимально устойчивые обороты холостого хода.
2. Полностью быстро (скорость перемещения педали должна корректироваться демпфером педали или соответствующим временно устанавливаемым приспособлением) выжать педаль управления подачей топлива до упора (режим свободного ускорения).
3. Подождать до момента включения ограничителя максимальных оборотов соответствующего регулятора системы топливоснабжения дизельного ДВС. а затем отпустить педаль.
4. Повторить пункты 1, 2, 3 не менее шести раз с фиксацией максимальной дымности с помощью дымомера при каждом измерении.

5. Принять за результат измерений сумму четырех последовательных измерений, деленную на четыре в случае, если четыре последовательных значения располагаются в зоне шириной $0,25 \text{ м}^{-1}$, а не образуют убывающей последовательности.

6. В течение 60 с после выполнения предыдущих проверок проверять дымность на режиме максимальной частоты вращения коленчатого вала. Для этого выжать педаль управления подачей топлива до упора и через десять секунд измерить максимальную дымность ДВС (режим максимальной частоты вращения ДВС).

Дымность отработавших газов автомобилей с дизелями (в том числе после капитального ремонта) не должна превышать 40% для автомобилей КамАЗ, современных моделей МАЗ, КраЗ для режима свободного ускорения и 15% - для максимальной частоты вращения коленчатого вала; для автомобилей МАЗ, КраЗ предшествующих модификаций – соответственно 60 и 15%. Под свободным ускорением подразумевается разгон двигателя от минимальной до максимальной частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу. Максимальная частота вращения вала двигателя соответствует частоте вращения вала на холостом ходу при полностью нажатой педали подачи топлива, ограниченной регулятором.

Превышение указанных нормативов свидетельствует о неисправной работе топливной системы и требует принятия соответствующих мер путем 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. Дымность отработавших газов оценивается на стендах «Элкон Ш-100А», «Хартридж» через их оптическую плотность, регистрируемую при просвечивании фотоэлементом, передающим сигнал на микроамперметр, отградуированный в процентах дымности.

Дымомер модели «SHADI X2000» фирмы «DIP DIVISION» (Италия) предназначен для диагностирования дизельных двигателей. Техническая характеристика прибора представлена в табл. 4.13.

Таблица 4.13

**Техническая характеристика дымомера «SHADI X2000»
фирмы «DIP DIVISION» (Италия)**

Параметры	Значения
Измеряемая высота дымового столба, см	20
Температура дыма, °С	150
Перепады давления газа, %	15-25
Рабочее напряжение, В	220
Габариты, мм	190×500×405
Вес, кг	21

В комплект данного дымомера входит 24-игольчатый принтер, пульт дистанционного управления, зонды для измерения температуры.

Дымомер модели JT 480 А фирмы «PALTEST» (Чехия) широко используется на АТП и СТОА (табл. 4.14).

Таблица 4.14

Основные технические параметры дымомера JT 480 А

Измеряемые параметры	Значения
Эффективный столб измеряемого газа	174 мм
Напряжение питания	230 В/50 Гц
Рабочая температура	+5-40 °С
Время разогрева	не более 10 мин
Величины и диапазоны измерения:	
- коэффициент поглощения	0-10,00 м ⁻¹
- дымность	0-99,9%
- температура масла двигателя	0-150 °С
Вращение	0-7500 мин ⁻¹

Он предназначен для измерения дымности дизельных двигателей.

Принцип работы прибора – измерения светопропускания отобранной пробы выхлопных газов. Измеряется поглощение света, проходящего через выхлопные газы, в которых содержатся твердые частицы, то есть сажа.

Прибор состоит из преобразователя величины светопоглощения, помещаемого вблизи выхлопной трубы автомобиля, блока управления и терминала, при помощи которого обслуживающий персонал прибора управляет процессом измерения из кабины автомобиля. Для пробоотбора выхлопных газов применяются два пробоотборника: пробоотборник внутренним диаметром 10 мм и 3,5 м длиной, зонд для выходной трубы, которая проходит вверх.

Тест осуществляется в полностью автоматическом порядке, путем повышения оборотов двигателя по методике, принятой Министерством транспорта Чешской республики. Кроме того, прибор имеет встроенный принтер, печатающий протокол измерения в соответствующей формуле. Считывание вращения двигателя можно проводить при помощи зажимного датчика давления (закрепляется на впускном трубопроводе двигателя) или при помощи обыкновенных датчиков ВМТ (или определенной позиции) коленчатого вала двигателя, а также датчиком, закрепленным на приводном вале топливного насоса (датчик закрепляется при помощи резьбы М22×1,5). Можно для измерения оборотов использовать датчик С-50 или датчик акустический, который входит в состав специальных принадлежностей. При использовании прибора JT 182 (измеритель динамического начала подачи топлива), индикация величин измерения осуществляется при помощи двух дисплеев LED высотой 25 мм, находящихся на блоке управления, и двух четырехстрочечных дисплеев на жидких кристаллах, находящихся на терминале. На дисплее терминала также появляются команды и дополнительная информация для обслуживающего персонала.

Точность измерения удовлетворяет отечественным и заграничным предписаниям РТВ-А, ISO/TC проект ECE R24 дополнение 8/9.

Современные газоанализаторы и дымомеры – это модульно сконструированные измерительные системы с программным обеспечением, с помощью которых можно измерять не только содержание вредных веществ в отработавших газах бензиновых и дизельных двигателей, но и такие параметры как частота вращения коленчатого вала, температура мала, угол опережения зажигания, сопротивление, напряжение.

Ввод значений параметров осуществляется через пульт, а получение результатов измерений – на дисплее или принтере.

Продолжительная стабильность показаний возможна благодаря использованию в газоанализаторах метода измерений с инфракрасным излучением и полупроводниковых детекторов в качестве приемников. Кроме этого, существует возможность подсоединения этих приборов к мотор-тестерам.

Фирма BOSCH разработала комбинированную систему для анализа содержания вредных веществ как для дизельных, так и для бензиновых двигателей – модель BOSCH ESA 3.250 (рис. 4.12, а).

Эта система монтируется на тележке и выполнена по модульному принципу. Она может быть укомплектована монитором, дистанционным инфракрасным управлением, принтером, модулем измерения различных технических параметров двигателя, модулем анализа отработавших газов бензиновых двигателей BEA 050 (рис. 4.12, б), модулем измерения дымности дизельных двигателей RTM 430 (рис. 5.12, в), клавиатурой. Модуль газоанализатора может измерять содержимое CO , CO_2 , C_nH_m , O_2 , характеристики лямбда-зонда, а модуль дымомера – дымность (%), коэффициент поглощения и температуру отработавших газов.

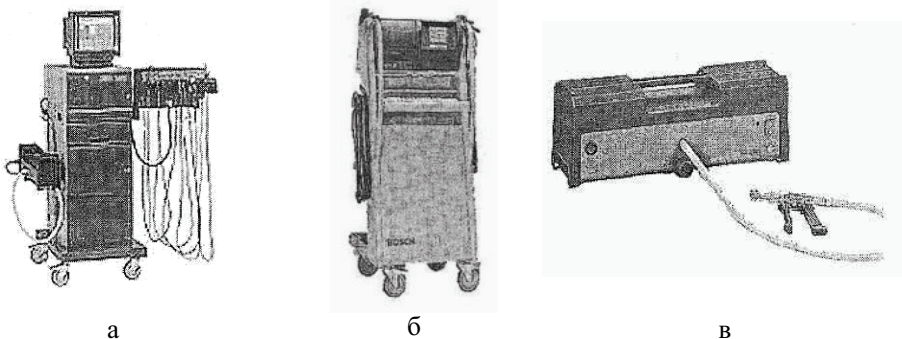


Рис. 4.12. Комбинированный стенд для анализа отработавших газов двигателей:

а – комбинированный стенд анализа отработавших газов двигателей BOSCH ESA 3.250; б – газоанализатор BOSCH BEA 050; в – модуль для измерения дымности BOSCH RTM 430

Дружественный интерфейс программного обеспечения гарантирует простоту и понятность в управлении процессом тестирования. База данных с данными по газоанализу практически по всем известным моделям легковых автомобилей дает возможность проводить доступный контроль и обновляется дважды в год.

Такое обновление гарантирует, что все данные по новым автомобилям будут предоставлены в кратчайший срок.

Система анализа отработавших газов для измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя использует пульсации тока на аккумуляторной батарее.

Контрольные вопросы

1. Какие токсичные и нетоксичные вещества содержатся в отработавших газах?
2. Привести схему измерений выбросов вредных веществ с отработавшими газами.
3. Что представляют собой газоанализаторы?
4. Какие существуют газоанализаторы для измерения компонентов выхлопных газов?
5. Какие существуют дымомеры по способу измерения дымности отработавших газов?
6. На каких режимах измеряют дымность отработавших газов?

4.3. Средства раннего выпуска для контроля и диагностирования электрооборудования двигателя

На устранение неисправностей электрооборудования приходится от 30 до 40% от общего объема работ по ТО и ТР двигателя. 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 пр. Устранение неисправностей в большинстве случаев заключается в определении (с помощью индикаторов или тестеров) мест обрыва или замыкания электрических цепей и их восстановлении путем подтяжки ослабленных соединений, зачистки, устранения обрывов или замыканий проводов и замены вышедших из строя элементов.

Система электроснабжения 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 условиях эксплуатации могут использоваться электроизмерительные приборы общего назначения (вольтметры, амперметры), однако, больше применяются специальные приборы.

Виды и средства диагностирования классифицируют на две основные группы: встроенные или бортовые средства и внешние устройства. В свою очередь встроенные средства подразделяются на информационные, сигнализирующие и программируемые (запоминающие). Внешние средства классифицируют на стационарные и переносные. Информационные бортовые средства являются конструктивным элементом автомобиля и осуществ-

ляют контроль непрерывно или периодически по определенной программе. Примером информационной системы является блок индикации бортовой системы контроля.

Для контроля системы электроснабжения применяются приборы и устройства общего назначения в виде контрольной лампы, дополнительного зуммера, вольтметра, амперметра, омметра или мультиметра, используя типовые алгоритмы.

Промышленностью России и Украины освоено несколько типов передвижных и переносных средств диагностирования электрооборудования двигателей: К-461. КИ-5524, К-484. Э-214. Широкая номенклатура подобных СТД поставляется из-за рубежа.

В табл. 4.15 приведены основные типы электрооборудования для контроля и диагностирования двигателей с электромеханическими системами управления.

Технические характеристики применяемого диагностического электрооборудования приведены в табл. 4.16.

Таблица 4.15

Средства диагностирования электрооборудования двигателей

№	Наименование оборудования и приборов	Типы диагностических средств
1	Комплект для очистки и испытания свечей зажигания	Э-203
2	Прибор для проверки прерывателей-распределителей	Э-213
3	Приборы, пробники и стенды контроля электрооборудования	Приборы Э-203, Э-214, Э-236, К-484; пробники Э-107, Э-108, Э-412; стенды Э-240, 532-2М, СП38-М; плотномер КИ-13951
4	Осциллографы	Э-206
5	Мотор-тестеры	КИ-5524, К-461, Элкон S-300, JT251A, Элкон-Ш-100А, Paltest JT-302 и JT-254, КАД-300

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.

Правильность показаний контрольно-измерительных приборов двигателей автомобиля проверяют путем подсоединения к ним контрольных (эталонных) приборов и датчиков.

Таблица 4.16

Технические характеристики средств диагностирования электрооборудования

Модель	Назначение	Частота вращения ко- ленчатого вала	Угол опережения за- жигания	Угол замкнутого со- стояния контактов	Относительное умень- шение частоты враще- ния коленчатого вала	Напряжение в первич- ной цепи и его падение	Сопротивление участ- ка цепи	Напряжение вторич- ной цепи	Емкость конденсатора	Содержание СО	Сила тока	Температура масла, вольт	Давление и разрежение	Тип представляемой индикации	Потребляемый ток	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
САН-2001	Проверка всех типов двигателей с СВД и КТ и без них	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	Парал- лельная	220 В 60 Гц 110 В 60 Гц	1040× 620× 1880	447
СА- НЕМТ- 1080	Проверка всех типов двигателей с СВД и КТ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	Анало- говая	220 В 50 Гц	1320× 585× 1880	183
322 «Крип- тон»	Проверка всех типов двигателей с СВД и КТ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	Анало- говая	110 В 127 В	800× 590× 1960	82
Элкон Ш-100/А	Проверка всех типов двигателей с СВД и КТ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	Комби- ниро- ванная	220 В 50 Гц	100× 1930× 550	180
Элкон Ш-100	Проверка всех типов двигателей с СВД и КТ	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	Комби- ниро- ванная	220 В 50 Гц	930× 460× 1500	90

Модель	Назначение	Частота вращения ко- ленчатого вала	Угол опережения зажи- гания	Угол замкнутого со- стояния контактов	Относительное умень- шение частоты враще- ния коленчатого вала	Напряжение в первич- ной цепи и его падение	Сопротивление участ- ка цепи	Напряжение вторичной цепи	Емкость конденсатора	Содержание СО	Сила тока	Температура масла, во- ды	Давление и разрежение	Тип представляемой индикации	Потребляемый ток	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Paltest JT-251	Проверка че- тырехтактных двигателей без СВД и КТ	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	Анало- говая	220 В 50 Гц	910× 1450× 690	150
ЦД-1	Проверка че- тырехтактных двигателей без СВД и КТ	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	Цифро- вая	220 В 50 Гц	-	-
КИ-4897, КИ-5524	Проверка че- тырехтактных двигателей без СВД и КТ	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	Анало- говая	220 В	880× 1290× 510	-
К-461	Проверка че- тырехтактных двигателей без СВД и КТ	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	Анало- говая	220 В	-	-
К-484	Проверка че- тырехтактных двигателей без СВД и КТ	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	Анало- говая	220 В	-	-

Продолжение табл. 4.16

Мо- дель	Назначение	Частота вращения ко- ленчатого вала	Угол опережения зажи- гания	Угол замкнутого со- стояния контактов	Относительное умень- шение частоты враще- ния коленчатого вала	Напряжение в первич- ной цепи и его падение	Сопротивление участ- ка цепи	Напряжение вторичной цепи	Емкость конденсатора	Содержание СО	Сила тока	Температура масла, во- ды	Давление и разрежение	Тип представляемой индикации	Потребляемый ток	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
К-488	Проверка четы- рехтактных дви- гателей без СВД и КТ	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	+	Анало- говая	220 В	-	-
Мульти- тест- 8	Проверка всех типов двигателей с СВД и КТ и без них	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	Комби- ниро- ванная	127 В 220 В 50 Гц	1900× 1500× 800	78
Мульти тест-15	Проверка всех типов двигателей с СВД и КТ и без них	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	Комби- ниро- ванная	220 В 50 Гц	600× 300× 265	5
СВД-2	Проверка всех типов двигателей с СВД и КТ и без них	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	Анало- говая	220 В 50 Гц	-	-
Э-213	Проверка всех типов двигателей без СВД и КТ	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	-	Анало- говая	12 В	-	-
Э-214	Проверка всех типов двигателей без СВД и КТ	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	Анало- говая	12 В	-	-

Одновременную работу генератора и реле-регулятора можно контролировать с помощью вольтметра. Для контроля параметров генераторных установок, регуляторов напряжения и электростартеров применяют приборы типа Э-214 и Э-236. Прибор Э-236 обеспечивает проведение следующих проверок:

- испытание электрической прочности изоляции обмоток и других изолированных деталей генераторов и стартеров;
- определение короткозамкнутых секций обмоток якоря;
- определение правильности направления намотки и числа витков в секциях;
- определение типа обмотки якоря;
- определение наличия обрывов в обмотке якоря.

Стендовое диагностическое оборудование, применяемое в процессе эксплуатации электрооборудования двигателей автомобилей, должно обеспечивать выполнение следующих требований:

- поддерживать заданные параметры проведения контроля и диагностирования в период процесса измерения диагностируемых параметров;
- создавать имитацию нагрузок и сигналов, соответствующих режимным параметрам силовых установок и агрегатов транспортного средства;
- иметь дополнительные приспособления для крепления датчиков, соединительные кабели, не влияющие на работоспособность диагностируемого изделия или системы, и не искажать осциллограммы рабочих и переходных процессов функционирования изделий;
- обеспечивать требуемое время контроля и диагностирования с поддержанием режимов работы системы;
- иметь средства измерения и фиксации результатов измерений или комплексной оценки работоспособности изделия или системы;
- обеспечивать многократное использование стендового и диагностического оборудования;
- защищать объект диагностирования и контроля от наводок по внешнему полю и по цепи питания;
- обеспечивать безопасность при монтаже, контроле, диагностировании и демонтаже приспособлений и оснастки.

В связи с широким распространением в практике измерений, контроля и диагностирования компьютерных технологий к стендам и диагностическому оборудованию предъявляются дополнительные требования:

- архитектура системы контроля или диагностирования должна иметь необходимый набор функций, обладать оптимальной скоростью обработки информации быть гибкой, то есть способной к дальнейшей модернизации;
- программное обеспечение системы должно допускать использование различных шин ввода-вывода, что позволит расширить возможности контроля и диагностирования;
- в системе должна быть предусмотрена возможность калибровки эталонных значений.

Определение технического состояния двигателя автомобиля и его систем электрооборудования проводят прямым и косвенным методами, позволяющими измерить текущие значения их конструктивных параметров.

Необходимо периодически проверять состояние и надежность крепления проводов, отсутствие их провисания, потертостей, налипания комьев грязи или льда.

Визуально проверяют состояние и надежность крепления соединительных колодок включателя «массы», датчиков. Провода, подходящие к соединительным колодкам и выводам, не должны быть оборваны, соединительные колодки не должны иметь повреждений.

Приведенные в табл. 4.15 и 4.16 многочисленные конструкции и типы стенов, устройств и приборов применяются для проверки одних и тех же агрегатов, систем автомобилей и часто по одинаковым диагностическим параметрам [30, 31].

Диагностирование систем двигателей с помощью мотор-тестеров, осциллографов и других электрических и электронных систем (табл. 4.17-4.21) описано в [30, 31]. Их применение удобно и менее трудоемко, а результаты более достоверны, поскольку диагностирование может производиться комплексно, во взаимосвязи с другими системами и в большинстве случаев непосредственно на автомобиле.

Таблица 4.17

Средства диагностирования электрооборудования двигателей

Контролируемые узлы и технические системы	Изменяемые параметры	Модели устройств и приборов
Контроль бортовых контрольно-измерительных приборов	Напряжение 12- и 24-вольтовых датчиков, указатели температуры, давления, уровня топлива	Прибор Э-204, КИ-5524, КИ-461
Система зажигания, генератор, стартер	Ток цепи стартера и напряжение на его клеммах; мощность потребляемая стартером	КИ-11140
	Частота вращения коленчатого вала и генератора; ток, напряжение изоляционные свойства распределителя; угол опережения зажигания; замыкание катушек; обрыв проводки, натяжение ремня, электрическое сопротивление обмоток катушки, зазор между электродами свечи, момент зажигания, зазор между контактами прерывателя	Универсальные приборы Э-214, К-484, МК-8-007; аккумуляторные пробники Э-107, Э-108, Э-412; осциллограф Э-206; приборы Э-203, Э-243, М-514-2, Э-236, Э-216-М; стенды Э-240, Э-242; устройство КИ-11400; зарубежные программируемые стенды: мотор-тестер JT-251F, Elkon Ш-100/A, Elkon S-300 Paltest JT-254
Аккумуляторная батарея	Уровень плотности электролита, напряжение под нагрузкой	Денсиметр и плотнометр КИ-13951

Продолжение табл. 4.17

Контролируемые узлы и технические системы	Измеряемые параметры	Модели устройств и приборов
Электропроводка	Напряжение питания до 24 В	Комплекты приборов контроля цепей питания осветительных приборов, трактов через соединительные электроразъемы

Таблица 4.18

Специальное оборудование для контроля приборов электрооборудования

Модель	Оборудование	Измеряемые диагностические параметры
Э-240	Контрольно-испытательный стенд для проверки генераторов, реле-регуляторов и стартеров	Напряжение, сила тока, омическое сопротивление, частота вращения, тормозной момент в режиме плавного торможения
Э-102	Стробоскопический прибор	Угол опережения зажигания
Э-203	Прибор пескоструйной очистки и проверки свечей зажигания	Искрообразование и герметичность свечи
ИЭ-1	Индикатор плотности	Плотность электролита
Э-204	Прибор для проверки контрольно-измерительных приборов	Показания контрольно-измерительных приборов автомобиля
ЛЭ-2	Нагрузочная вилка	ЭДС и напряжение под нагрузкой
Э-107, Э-108	Пробник	

Таблица 4.19

Техническая характеристика стенда Э-242

Параметры	Значения
Тип стенда	Стационарный
Питание – от сети переменного тока	220/380 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	16 кВт
Частота вращения вала привода	500-5000 мин ⁻¹
Пределы измерения: - амперметра - вольтметра - тахометра - крутящего момента - омметра	0-10 А; 0-30 А; 0-100 А 0-20 В; 0-40 В 500-5000 мин ⁻¹ ; 500-10000 мин ⁻¹ 0-10 кгс·м 1-100 Ом; 10-10 ³ Ом; 10 ² -10 ⁴ Ом; 10 ³ -10 ⁵ Ом
Габаритные размеры	1110×750×1500 мм
Масса	450 кг

Техническая характеристика стенда 532-2М

Параметры	Значения
Тип стенда	Стационарный
Питание – от сети переменного тока	380 В, 50 Гц
Максимальная мощность нагрузки контролируемых генераторов	Не более 1,0 кВт
Диапазоны бесступенчатого регулирования частоты вращения генераторов	500-5000 мин ⁻¹ ; 500-10000 мин ⁻¹
Диапазоны измерения частоты вращения генераторов	0-5000 мин ⁻¹ ; 0-10000 мин ⁻¹
Диапазоны измерения: - тока - напряжения - сопротивления	0-20 А; 0-50 А; 0-100 А 0-20 В; 0-40 В 1-100 Ом; 10-10 ³ Ом; 10 ² -10 ⁴ Ом; 10 ³ -10 ⁵ Ом; 10 ⁴ -10 ⁶ Ом
Габаритные размеры	1547×1265×820 мм
Масса	Не более 350 кг

Техническая характеристика стенда СПЗ-16

Параметры	Значения
Тип стенда	Стационарный
Точность измерения углов опережения зажигания с автоматическим исключением случайных и систематических погрешностей	±5°
Регулирование частоты вращения в диапазоне	0-6000 мин ⁻¹
Регулирование разрежения	До 400 мм рт. ст.
Точность измерения напряжения, силы тока, сопротивления и частоты	Не ниже 4%
Питание от однофазной сети	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	400 Вт
Габаритные размеры	590×414×550 мм
Масса	30 кг

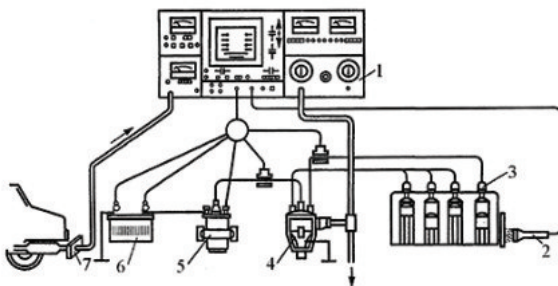


Рис. 4.13. Схема подключения мотор-тестера к системам автомобиля

Для диагностирования системы электрооборудования двигателя, а также других приборов электрооборудования автомобиля используются мотор-тестеры различного типа, приборы для диагностирования параметров отдельных агрегатов двигателя, а также контрольные лампы (рис. 4.13).

На рис. 4.13 цифрами обозначены: 1 – мотор-тестер; 2 – стробоскопическая лампа; 3 – свечи зажигания; 4 – распределитель зажигания; 5 – катушка зажигания; 6 – аккумуляторная батарея; 7 – зонд измерения СО.

Для контроля и диагностирования двигателей автомобилей с электро-механической системой управления нашли широкое применение JT251A, Elkon S-300, Paltest JT-302, SCA-2000, K-461 (табл. 4.22) и другие.

Таблица 4.22

Техническая характеристика мотор-тестера К-461

Параметры	Значения
Размер рабочей части экрана осциллографа, мм	150×120
Градуировка экрана, кВ	0-24
Пределы измерения напряжения, В	0-2; 0-20
Пределы измерения угла замкнутого состояния контактов прерывателя, град.:	
- для 4-цилиндровых двигателей;	10-90
- для 6-цилиндровых двигателей;	10-60
- для 8-цилиндровых двигателей;	5-45
Пределы измерения угла опережения зажигания, град.	0-60
Пределы измерения снижения частоты вращения коленчатого вала, об/мин	0-1500; 0-7500
Пределы измерения сопротивления, Ом	0-100; 0-1000; 0-10000
Мощность потребителей тока, кВт	120
Габаритные размеры анализатора, мм	700×1000×1500
Масса анализатора, кг	150

Мотор-тестер дает возможность получить информативный график давления в цилиндре при работе двигателя. По его результатам можно сделать заключение о правильности настройки газораспределительного механизма, о состоянии цилиндропоршневой группы и клапанов, о наличии подсоса воздуха во впускном тракте, о высоком противодавлении выпускной системы, о реальном угле опережения зажигания. Он может помочь определить обрыв или межвитковое замыкание, измерить стартерный ток и сделать выводы о состоянии генератора и аккумулятора.

Мотор-тестеры универсальны по назначению и в большей степени предназначены для специализированных постов диагностирования на АТП и СТО.

Мотор-тестер JT251A состоит из пяти блоков – JT180, JT153, JT211, JT220, JT230, наделенных определенными функциональными возможностями и объединенных в единый узел коммутационной цепью. В состав прибора также входят соединительные провода, датчики зажигания, напряжения, горения, стробоскопическая лампа и др.

Прибор позволяет выполнять проверку системы зажигания:

- источников электрической энергии;
- технического состояния системы зажигания;
- регулировки приборов системы зажигания;
- герметичности камеры сгорания;

- системы питания;
- состояния подавления помех радиоприему и элементов, применяемых для этой цели.

Мотор-тестер Elkon S-300 широко применяется на СТО и АТП. Он включает в себя осциллограф, цифровой индикатор и мановакуумметр. На экран осциллографа выдаются осциллограммы процессов, происходящих в первичной и вторичной цепях системы зажигания, результаты измерения первичного и вторичного напряжений, угла замкнутого состояния контактов прерывателя, частоты вращения коленчатого вала, падения частоты вращения коленчатого вала при отключении из работы отдельных цилиндров, угла опережения зажигания и др. Остальные параметры, кроме давления и разрежения, отображаются на цифровом индикаторе.

Мотор-тестер Paltest JT-302 позволяет проводить диагностирование по заранее задаваемым программам. Измеряемая величина выдается на цифровой индикатор и на цифropечатающее устройство; предусмотрено также специальное табло с перечнем из 53 технологических операций, обеспечивающее световую регистрацию выполняемой операции.

За счет наличия встроенной калибровки обеспечивается непосредственный контроль за точностью измерения и обнаружением неисправности в схеме измерения. Мотор-тестер обеспечивает диагностирование четырехцилиндровых двигателей всех типов с обыкновенной и транзисторной системами зажигания как оснащенных, так и не оснащенных датчиком ВМТ.

Тестер SCA-2000 фирмы SUN служит для контроля свойств охлаждающей жидкости и электролита АКБ.

Мотор-тестер КАД-300. Система компьютерной диагностики бензиновых и дизельных двигателей КАД-300 (табл. 4.23) выполнена на базе персонального компьютера с цветным дисплеем и принтером. Управление мотор-тестером осуществляется с помощью инфракрасного дистанционного пульта или с клавиатуры компьютера. Результаты измерений и диагностирования выводятся на монитор и записываются в память с целью формирования базы технических данных и результатов диагностирования. Выполнение процедуры диагностирования и измерений параметров системы осуществляется с помощью диска.

Рабочая программа диагностирования действует по принципу меню, то есть вводятся данные о диагностируемом двигателе, измерительные программы и их последовательность, порядок вывода результатов и вспомогательные программы.

К измерительным программам относятся [32]:

- режим пуска с измерением компрессии в цилиндрах двигателя и тока стартера в режиме холостого хода;
- баланс мощности двигателя – эффективная мощность и мощность потерь;
- цилиндрический баланс – последовательное отключение цилиндров с помощью закорачивания высоковольтного провода, подходящего к свечам зажигания;

- параметры аккумуляторной батареи, первичной цепи системы зажигания, напряжения генераторной установки, параметры прерывателя или выходного каскада транзисторного коммутатора системы зажигания;
- углы опережения зажигания;
- параметры искрового разряда системы зажигания;
- измерение концентрации вредных составляющих выхлопных газов с помощью газоанализатора;
- режим омметра, измерителя индуктивностей и емкостей.

Таблица 4.23

Техническая характеристика мотор-тестера КАД-300

Параметры	Значения
Тип	Стационарный
Диапазоны измерения: мощность двигателя, потери мощности, компрессия	0-100%
Асинхронизм, угол замкнутого состояния контактов или время открытого состояния выходного транзистора коммутатора	0-180° ПКВ или 0-100 мс
Угол опережения зажигания с помощью стробоскопа	0-180° ПКВ
Длительность искрового разряда на свече зажигания	0-10 мс
Частота вращения вала	0-6000 мин ⁻¹
Напряжение постоянного тока	0-40 В
Высокое напряжение на выходе катушки зажигания	0-40 кВ
Ток	0-600 А
Сопротивление	0-100 кОм
Питание	Сеть 220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	310 ВА
Габаритные размеры	760×1950×670 мм
Масса	100 кг

Контрольные вопросы

1. Как классифицируют виды и средства диагностирования электрооборудования двигателей?
2. Какие средства применяются для контроля бортовых контрольно-измерительных приборов?
3. Каким требованиям должно удовлетворять стендовое диагностическое оборудование?
4. Приведите типы мотор-тестеров раннего выпуска, применяемых для диагностирования двигателей.

4.4. Современные средства контроля и диагностирования двигателей с микропроцессорными системами управления

4.4.1. Общая характеристика применяемых средств

Бортовые системы самоконтроля. Технические системы автомобильных двигателей состоят из сложных узлов и компонентов. Их диагностирование усложняется проявлением большого количества возможных неисправностей и сложной взаимосвязью узлов и компонентов. Эти особенно-

сти требуют введения в диагностическое бортовое оборудование многих функций. С другой стороны, расширение применения микропроцессоров и микро-ЭВМ в системах управления электрооборудованием двигателя приводит к его усложнению, а, следовательно, к необходимости получения специальных знаний для правильного их конструирования, эксплуатации и технического обслуживания.

Постоянное совершенствование контроля технического состояния, режимов управления двигателем и электронного оборудования существенно разнообразило электронные средства бортового диагностирования (рис. 4.14). К функциям считывания ошибок память систем управления блоками дополняется указаниями на неисправности и ошибки.

Внешние средства диагностирования. Основными приборами диагностики электрических систем двигателя автомобиля являются: многофункциональные электрические приборы, традиционные электрические пробники, традиционные мультиметры, бесконтактные датчики для измерения больших токов, приборы для проверки состояния АКБ, тестеры исправности свечей накаливания дизельных двигателей, современные осциллографы, мотор-тестеры и сканеры.

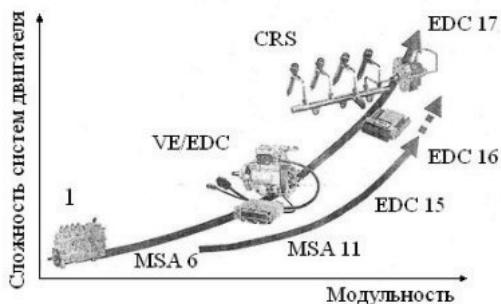


Рис. 4.14. Возможности бортового диагностического оборудования двигателя (EDC 15 – 960 типов ошибок, EDC 16 – 1600 типов ошибок, EDC 17 – более 2000 типов ошибок).

Детекторы поиска обрыва или короткого замыкания цепи состоят из передатчика и приемника. Передатчик соединяется с неисправной цепью через блок предохранителей и возбуждает в нем переменный электрический сигнал. Настроенный на частоту передатчика, приемник перемещается вдоль проводки. При достижении приемником места обрыва или короткого замыкания принимаемый сигнал прерывается.

Персональные компьютеры необходимы хранения всевозможных баз данных по диагностированию и ремонту автомобилей, электрических схем базовых и модифицированных систем, информации по местоположению датчиков, узлов и механизмов, технических характеристик и др. Наиболее распространенные информационные базы данных: Autodata, Workshop, BOSCH ESI[tronic], ELSA и др.

Большинство сканеров, считывающих коды ошибок через диагностический разъем автомобиля, по сути являются адаптерами, позволяющими

На рис. 4.14. приняты следующие обозначения: 1 – рядный насос типа А (6 компонентов); VE – распределительный насос (12 компонентов); CRS – аккумуляторная система впрыска (28 компонентов); MSA – регулировка подачи топлива, начало впрыска, управление системой рециркуляции выхлопа (MSA 6 – 50 типов ошибок, MSA 11 – 70 типов ошибок); EDC – электронная

подключить к этому же разъему компьютер. Цифровые осциллографы и мотор-тестеры зачастую рассчитаны на управление и отображение информации посредством ПК, приобретаемого пользователем самостоятельно. В комплект некоторых мотор-тестеров изначально входит компьютер со специализированной операционной системой и программным обеспечением.

Конкретные типы приведенных средств диагностики можно найти в интернет-ресурсах и рекламных материалах дилерских фирм. Часть этих средств приведена в табл. 4.24, 4.25.

Однако диагностическое оборудование – это лишь инструмент, помогающий и позволяющий специалисту при наличии определенных знаний и навыков быстро и точно установить «диагноз» неисправности автомобиля. Сам по себе компьютер, каким бы совершенным он ни был, без грамотного, знающего специалиста – просто часть инструментария мастерской.

Таблица 4.24

Основные средства диагностирования двигателей

Наименование и назначение средств диагностирования	Производитель
1. Средства диагностики элементов двигателя	
Мотор-тестеры MOT 151, 240, 250, 251	Германия-BOSCH
Стационарный компьютерный стенд анализа систем автомобилей со встроенным сканером ошибок FSA 560	Германия-BOSCH
Комплекс автодиагностики КАД-300	Россия-ОАО «ГАПО»
Мотор-тестер МТ-5	Россия-ОАО «ГАПО»
Портативный мультископ PMS 100	Германия-BOSCH
Компактные системные тестеры-сканеры KTS 300, KTS 500, 530, 540, 550, 570 – программно-аппаратные комплексы, выполненные в виде интерфейсных модулей	Германия-BOSCH
Портативный аппаратный тестер KTS G51 с программным обеспечением EC[tronic]	Германия-BOSCH
Сканеры PDL 1000/2000 для диагностирования двигателя и электронных систем автомобиля	США-SUN
Сканер Carman Scan для проверки исправности датчиков и логики работы систем управления автомобилями KIA, Hyundai, Daewoo и Ssang Yong	Корея-Nextech
Сканер Carman Scan VG – универсальный сканер с функциями мотор-тестера, мультиметра и генератора сигналов датчиков	Корея-Nextech
Системы анализа состояния автомобиля FSA 720/740	Германия-BOSCH
Переносной прибор KTS 500, 650, 670	Германия-BOSCH
Компактный мотор-тестер KTE 200	Германия-BOSCH
Прибор для бесконтактного измерения числа оборотов двигателя ETT	Германия-BOSCH
Мощностные испытательные стенды FLA	Германия-BOSCH
Универсальный испытательный адаптер ETT 018.01	Германия-BOSCH
Мотор-тестеры PDA Plus и InSIGHT	Россия-AmEuro
Монитор Enhanced	Россия-AmEuro
Монитор EuroScan	Россия-AmEuro
Tech-2 flash	Россия-AmEuro

Наименование и назначение средств диагностирования	Производитель
Hi-Scan и Hi-Scan Pro	Россия-AmEuro
ДСТ-2М	Россия-AmEuro
Цифровой мультиметр MMD 301, 302	Германия-BOSCH
Мини-мотор-тестеры с цифровой/аналоговой индикацией результатов измерений КТЕ 001.07, 001/06	Германия-BOSCH
Стенды проверки топливных насосов высокого давления EPS 815 и EPS 807	Германия-BOSCH
Автомобильные мультиметры FLUKE	Россия-AmEuro
Имитаторы сигналов систем управления	Россия-AmEuro
Тестеры регуляторов холостого хода ОТС-7951 и ОТС-3320	Россия-AmEuro
Тестеры электромагнитных форсунок ОТС-3398 и ОТС-3397	Россия-AmEuro
Комплекты для измерения давления топлива	Россия-ОАО «ГАРО»
Набор для диагностики гидравлической части системы управления двигателем TU-443	Россия-ОАО «ГАРО»
2. Средства анализа отработавших газов	
Газоанализаторы с программным обеспечением BOSCH 3.110, 3.140, 3.250	Германия-BOSCH
Дымомер ST480A	Чехия-PALTEST
Дымомеры ЕТТ 006.22 и ЕТТ 008.55 (CO/CH/CO _x /O _x)	Германия-BOSCH
Газоанализаторы 3.010, 3.011	Германия-BOSCH
Многокомпонентный газоанализатор ЕТТ 008.55 (CO/CH/CO _x /O _x)	Германия-BOSCH
Газоанализатор четырехкомпонентный Infracit Ga 400	Германия-Messer
Дымомер Mdo 2	Россия-AmEuro
AutoGas 2 и MicroGas	Россия-AmEuro
Автотест СО-СН-МП-(СО-СН)	Россия-ОАО «ГАРО»
Автотест СО-СН-Д-(СО-СН-Д-МП)	Россия-ОАО «ГАРО»
Дымомер МЕТА-01 (МП)	Россия-ОАО «ГАРО»
Дымомер SHADI X2000	Италия-DIP DIVISION
Газоанализатор ГАИ-2, СО	Россия
Газоанализаторы ГЛ-1122 (СН), 121ФА01 (СО), АГ-2110 (СО, СН)	Украина
Газоанализатор G750, СО, СО ₂ , СН	Италия-DIP DIVISION
Газоанализатор Infracit-2Т, СО, СО ₂	Германия
Газоанализатор ЕРА-75, СО, СН	США-SUN
Газоанализатор MGA 1200, СН, СО, СО ₂ , О ₂	Нидерланды-SUNELECTRIC
Газоанализатор 591, СО, СО ₂ , СН	Германия-Hoffman
3. Устройства для запуска двигателя	
Установка Э 312	Россия-ОАО «ГАРО»
Тележка 536М	Россия-ОАО «ГАРО»
Устройство ЗУ-1М	Россия-ОАО «ГАРО»
4. Очистители систем впрыска топлива	
ОТС-7448	Россия-AmEuro
System-II	Россия-AmEuro
ECS-300e	Россия-AmEuro
IDT-4000	Россия-AmEuro

Средства диагностирования электронных и электрических систем автомобилей

Наименование и назначение	Производитель
Мотор-тестер AVL DiScore. Диагностирование электронных систем от АБС до электронных систем впрыска. Результаты диагностирования представляются в виде цифр или графиков	AVL, Испания
Диагностический комплекс ВРI Pro. Работает под управлением ПК, предназначен для полной диагностики неисправностей электронных систем управления автомобилями ВАЗ, ГАЗ, УАЗ, ИЖ	Россия
Диагностический сканер D 91 для диагностики электронных систем автомобилей 24 наименований	Autoland, Тайвань
Мотор-тестер «Осциллограф Постоловского» для поиска неисправностей различного управления автомобилями и состояния механики бензиновых двигателей	Лаборатория Постоловского, Украина
Сканер GT-1 (Modic-4) для полной диагностики электронных систем на автомобилях BMW и Mini, программного обеспечения	Германия
Универсальный диагностический сканер Reflex Plus, мультимарочный прибор для диагностики легковых и грузовых автомобилей	Tecnotest, Италия
Портативный сканер ST для диагностики электронных систем управления автомобилями европейского и азиатского рынка	BrainBee, Италия
Сканер AD на базе ПК для диагностики электронных систем автоматического управления европейского и азиатского рынка	BrainBee, Италия
Портативный сканер Vedus для диагностики электронных систем, устанавливаемых на 23 автомобилях европейского и азиатского рынка	Autoland, Тайвань
Сканер XDL Pro на базе ПК электронных систем управления автомобилями европейского, американского и азиатского рынка	DN Lab, Россия
Мобильная диагностическая, измерительная и информационная система VAS 5052 для диагностики автомобиля, измерения физических величин, управление системами автомобиля	Фольксваген (выпускается с 2001 года)

4.4.2. Мотор-тестеры, имитаторы сигналов и тестеры исполнительных механизмов

Мотор-тестеры – это измерительные приборы, которые характеризуются высоким функциональным наполнением и по своим возможностям заменяют целый ряд специализированных и специальных приборов. Они снабжаются измерительными адаптерами (бесконтактными датчиками тока, напряжения, высокого напряжения, давления, температуры) и адаптерами подключения (гальваническими коннекторами). Также реализуют функции автотестеров и анализаторов ДВС (автомобильных осциллографов, стробоскопов, тахометров), позволяют диагностировать различные системы ДВС (электрические и неэлектрические) без демонтажа электрических цепей, в рабочем состоянии, на различных режимах.

В перечень параметров, контролируемых с помощью современных мотор-тестеров базовой комплектации следует отнести все параметры, которые проверяются перечисленными диагностическими приборами:

- значение напряжения аккумулятора;

- силу тока стартера и генератора;
- качество напряжения бортовой сети питания;
- параметры импульсных напряжений в цепях системы зажигания;
- значения параметров импульсных сигналов датчиков;
- время накопления энергии и значения тока разрыва катушки зажигания;
- эффективную мощность ДВС;
- цикловой расход топлива,
- давление в топливной магистрали;
- разрежение во впускном трубопроводе;
- частоту вращения коленчатого вала;
- температуру масла;
- углы замкнутого состояния контактов прерывателя и опережения зажигания;
- величину разрежения во впускном коллекторе.

В более мощных мотор-тестерах диагностические данные считываются и обрабатываются микропроцессором и выводятся на монитор в модифицированном виде, удобном для анализа и постановки диагноза. Такие мотор-тестеры дополнительно позволяют регистрировать электрические параметры на цифровом уровне и оценивать:

- относительную эффективную мощность;
- потери мощности при нестабильных режимах;
- баланс цилиндров по относительной компрессии;
- неравномерность частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- угол опережения начала подачи топлива;
- длительность подачи топлива;
- максимальное давление впрыскивания топлива;
- остаточное давление в трубопроводе высокого давления.

Мотор-тестеры последнего поколения используются для диагностирования автомобилей с микропроцессорными системами управления ДВС, в которых используются интегрированные диагностические системы (системы самодиагностики). Характерным признаком таких мотор-тестеров является наличие в их структуре (комплектации) диагностического сканера, который подключается к диагностическому разъему системы управления ДВС.

Микропроцессорное строение мотор-тестеров позволяет автоматизировать процесс тестирования не только электрических систем двигателя (тесты качества сгорания топлива, элементов системы зажигания, определение причин усложненного пуска), а и его механической части (тесты разгона, баланса мощности по цилиндрам, механических потерь, прогрева).

Осциллографы мотор-тестеров специально адаптированы для диагностирования автомобильной электроники, высоковольтных цепей зажигания и состояния механики двигателя. Для подключения к высоковольтным цепям систем зажигания мотор-тестеры оснащаются высоковольтными датчиками различных типов и снабжены специальным режимом отображения осциллограммы высокого напряжения – «парад цилиндров». В этом режиме в

реальном времени отображаются параметры импульсов зажигания такие, как пробивное напряжение, время и напряжение горения искры для каждого цилиндра индивидуально.

Мотор-тестеры не привязаны к какой-либо автомобильной марке или системе, и это позволяет диагностировать двигатели любых типов и любые электронные системы. Прибор должен быть оснащен универсальными осциллографическими входами, входами для подключения высоковольтных датчиков, следует предусмотреть подключение токовых клещей и других специальных датчиков.

Программное обеспечение должно позволять записывать осциллограммы сигналов и сохранять их в файл, проводить автоматический анализ и расчет параметров сигналов.

Мотор-тестеры применяют для обнаружения неисправностей в топливной системе, системе зажигания, но с их помощью трудно обнаруживать непостоянные неисправности в сложных электронных системах. Во многих случаях здесь неисправность в одной системе проявляется в виде диагностических признаков в других системах, связанных с конкретной неисправностью.

Таким образом, следует выделить следующие отличительные черты современного мотор-тестера на базе ПК:

1. Наличие многоканального цифрового осциллографа, для контроля выходных цепей систем зажигания и питания, в том числе и высоковольтной части.
2. Совместная работа с газоанализатором.
3. Наличие цифрового мультиметра с возможностью вывода параметров в графическом виде.
4. Реализация тестов системы энергоснабжения (получение диаграмм токов и напряжений при пуске) с использованием токовых датчиков.
5. Тестирование и мониторинг механических систем ДВС через датчики давления (диаграммы давления: во впускном коллекторе, в цилиндре, в топливной магистрали).
6. Наличие базы данных нормативных параметров диагностирования систем двигателя.
7. Ведение базы данных клиентов, автомобилей, с возможностью записи параметров диагностирования и работ по их устранению.

Наиболее совершенные мотор-тестеры позволяют в режиме реального времени сравнивать эталонные и реальные параметры сигналов, а также определять предварительный диагноз с помощью автоматизированных экспертных систем постановки диагноза.

Непостоянные или неповторяющиеся отказы могут быть обнаружены только при постоянном диагностировании параметров автомобиля во время эксплуатации. Это делают бортовые диагностические системы, являющиеся частью программного обеспечения ЭБУ двигателя.

Представляемая мотор-тестерами информация снимается непосредственно с двигателя и позволяет найти неисправности, недоступные сканеру. К такой информации относятся формы напряжения и токов датчиков и ис-

полнительных механизмов. С помощью мотор-тестера появляется возможность оценить процесс воспламенения и сгорания топливовоздушной смеси за счет снятия осциллограмм вторичного (высокого) напряжения. По форме осциллограмм можно сделать заключение о состоянии катушки зажигания, высоковольтных проводов, свечей и их наконечников, компрессии, состоянии клапанов, составе смеси.

Мотор-тестер BOSCH FSA 450 (рис. 4.15) был разработан специально для диагностических станций автосервисов, с учетом их ежедневных потребностей в компактном и надежном приборе для диагностики различных электрических компонентов и систем автомобиля.

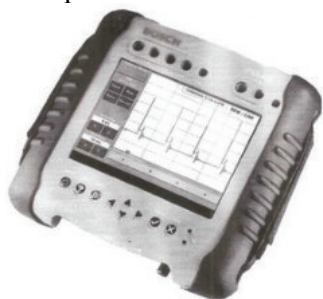


Рис. 4.15. Осциллограф мотор-тестера BOSCH FSA 450

точника сигнала;

- запись динамического сигнала до 5 минут (до или после активации режима);

- независимый цифровой мультиметр (до 400 В);

- различные проверочные алгоритмы для первичной и вторичной цепей зажигания (до 12 цилиндров);

- возможность измерения разрежения и избыточного давления;

- удобный пользовательский интерфейс;

- русифицированное программное обеспечение;

- возможность сохранения записанных сигналов в память ПК

- цветной сенсорный экран 8 дюймов;

- ударопрочный корпус;

- варианты питания:

- сеть 220 В;

- прикуриватель автомобиля;

- встроенный аккумулятор.

Технические характеристики прибора:

- габариты (длина×ширина×высота), мм – 248×261×44,5;

- вес, кг – 1,4;

- дисплей – TFT Color Display VGA (640×480);

- диагональ экрана – 8.0";

- управление – сенсорный экран и 11 клавиш;

- встроенная память Flash EEPROM – 16 Мб;

- DRAM – 32 Мб.

Все результаты измерений отображаются на восьмидюймовом дисплее и могут быть сохранены и извлечены в случае надобности в требуемый момент.

Особенности BOSCH FSA 450:

- четырехканальный осциллограф;

- развертка при работе с двумя каналами до 1 МГц;

- «пиковый» режим для сигналов до 6 МГц;

- возможность автоматического масштабирования по форме сигнала или по типу источника сигнала;

Разъемы – 4 разъема для осциллографа:

- для цепей низкого (первичная цепь) и высокого напряжения (вторичная цепь) системы зажигания;
- для вакуумного датчика/датчика давления;
- для цифрового вольтметра;
- для зажима триггера.

Интерфейс LAN и два RS232.

Источники питания:

- внутренние никель-металл-гибридные аккумуляторы;
- 12 В от автомобильного аккумулятора;
- внешний AC/DC трансформатор.

Имитаторы сигналов и тестеры исполнительных механизмов.

Значительное количество датчиков МСУД, в том числе и интегральных, а также сложные алгоритмы взаимодействия компонентов МСУД затрудняют процедуру диагностирования, особенно когда система не функционирует.

Именно для таких случаев предназначены тестеры-имитаторы сигналов элементов МСУД, которые позволяют локализовать неисправности более эффективно.

Для выявления неисправностей исполнительных устройств (форсунок, РХХ) предназначены специализированные тестеры.

Главным образом эти средства применяют при отсутствии зафиксированных кодов ошибок системой бортовой диагностики.

Приборы данного назначения широко представлены на отечественном и зарубежном рынках оборудования. Типичными представителями являются приборы ДСТ-6, ДСТ-2М, ДСТ-10М, V-A.G 1551 и 1552, а также универсальный диагностический прибор VAS 5052.

Универсальные имитаторы сигналов систем управления предназначены для проверки исправности и правильности функционирования различных исполнительных механизмов систем управления двигателем, а также для имитации сигналов различных датчиков на автомобилях ВАЗ, ГАЗ и УАЗ.

Использование имитаторов сигналов позволяет повысить эффективность поиска неисправностей и вероятность принятия правильного решения при диагностике автомобилей.

Основные функциональные возможности прибора ДСТ-6С:

- тест относительной производительности форсунок (в паре с измерителем давления топлива);
- проверка исправности регулятора холостого хода на базе шагового электродвигателя (ВАЗ, ГАЗ);
- проверка исправности и линейности характеристики датчика положения дроссельной заслонки;
- проверка исправности аналоговых и частотных датчиков расхода воздуха (ВАЗ, ГАЗ);
- проверка исправности датчика давления во впускном коллекторе (ГАЗ);
- проверка исправности датчика кислорода (ВАЗ);

- проверка исправности модуля или катушек зажигания (ВАЗ, ГАЗ);
- имитация сигнала датчика положения коленчатого вала (маркерный диск 58 зубьев);
- имитация сигнала датчика положения распределительного вала;
- имитация сигнала датчика Холла (карбюраторные автомобили ВАЗ);
- имитация сигналов аналоговых датчиков;
- измерение постоянного напряжения от 0 до 20 В.

Одним из главных достоинств приборов данного класса является большой перечень функциональных возможностей и невысокая стоимость.

Типичной тестирующей процедурой является сбор данных с двигателя на холостом ходу в следующей последовательности:

- режим холостого хода. Измеряются обороты холостого хода, стабильность работы по цилиндрам, состав выхлопных газов, напряжение пробоя на свече, напряжение искрового разряда, длительность искрового разряда, напряжение аккумуляторной батареи, зарядный ток, напряжение на катушке зажигания, сигналы различных датчиков;
- резко увеличивают обороты на холостом ходу (обычно до 2500 мин^{-1}). Измеряют напряжение пробоя на свече, напряжение искрового разряда, ускорение по цилиндрам, состав выхлопных газов, определяют пропуски воспламенения, изменение угла опережения и т. д.;
- сбрасывают обороты. Определяют ускорение по цилиндрам, состав выхлопных газов и т. д. Имеется в виду ускорение поршней по цилиндрам, измеряемое для контроля равномерности хода и баланса мощности.

4.4.3. Принципы работы типового мотор-тестера

Для контроля технического состояния систем зажигания, электропитания, пуска и электронных систем управления агрегатами автомобиля применяют системы компьютерного диагностирования КАД-300, мотор-тестеры МТ-5, тестеры ДСТ-2М, ДСТ-10Н и автосканеры Euroscan. Мотор-тестер представляет собой электронный осциллограф, к которому через АЦП подключены датчики и компьютер.

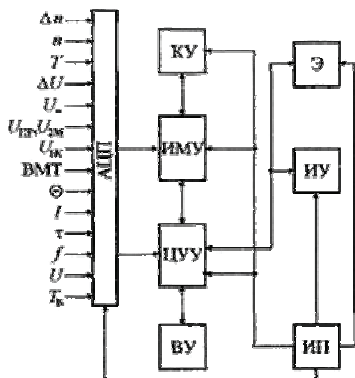


Рис. 4.16. Структурная схема мотор-тестера

Структурная схема типового мотор-тестера приведена на рис. 4.16. От датчиков изменения частоты вращения вала двигателя Δn , частоты вращения вала двигателя n , температуры масла T , пульсаций выходного напряжения генератора ΔU , постоянного напряжения U , пробивного и вторичного напряжения на свече и катушке зажигания $U_{пр}$, $U_{2м}$, напряжения на первичной обмотке катушки зажигания $U_{ик}$, момента верхней мертвой точки, угла опережения зажигания по коленчатому валу двигателя θ , тока стартера или генератора I , длительности горения искрового разряда системы зажигания на

свече зажигания τ , частоты импульсов f , напряжения U , температуры воздуха T_B сигналы поступают на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и далее на центральное управляющее устройство (ЦУУ), которое имеет постоянную и оперативную память [32].

Преобразованные сигналы подаются в измерительное многоканальное устройство (ИМУ), а из него на дисплей осциллографа, монитор персонального компьютера Э или на индикаторное устройство (цифровое табло) ИУ, связанное с калибровочным устройством (КУ). У мотор-тестера имеется выносное дистанционное управляющее устройство (ВУ) и источник электропитания (ИП).

Центральное управляющее устройство, измерительное устройство входят вместе с центральным процессором в программный модуль мотор-тестера, который связан с блоком памяти на жестком диске, совмещенным с оперативной памятью и дисководом, соответствующих типу электронной системы или автомобиля.

Вывод измеряемых данных и соответствующих им осциллограмм осуществляется на цифровом дисплее или на экране осциллографа. Эти дисплеи и осциллографы в последнее время заменяются монитором персонального компьютера. У каждого мотор-тестера имеется возможность распечатать данные измерений на принтере в любом формате (протокол, цифровая распечатка).

Управление мотор-тестером осуществляется с помощью клавиатуры постоянных функций или с помощью клавиатуры персонального компьютера. К постоянным функциям относятся отключение или замыкание высокого напряжения системы зажигания на «массу», запись и считывание измеренных значений параметров системы, вывод информации, переключение из режима осциллографирования на программу измерений и т. д.

Структура управления и программного обеспечения мотор-тестера представлена на рис. 4.17. Она состоит из трех уровней:

- уровень, на котором производится идентификация автомобиля, электронной системы управления (государственный номер, номера двигателя, шасси, кузова, тип электронного блока управления, дата изготовления и т. д.);
- диагностика, которая включает в себя тестовую программу двигателя (условия измерений, элементы и устройства, режимы работы двигателя и т. д.);
- шаги испытаний (например, первичная цепь катушки зажигания, затем вторичная цепь, свечи зажигания, сравнение осциллограмм вторичной цепи по цилиндрам и т. д.).

Компьютерные программы диагностики двигателей автомобилей.

Существует много различных программ диагностирования электронных систем управления двигателями. Изучая курс «Мехатронные системы автомобильного транспорта», студенты пользуются демо-версией программы «Мотор-тестер». Эта программа предназначена для диагностики некоторых двигателей внутреннего сгорания автомобилей, оснащенных системами электронного управления впрыскиванием топлива. Программа применяется для

проведения технического обслуживания и ремонта автомобилей на станциях технического обслуживания, автосервиса, владельцем автомобиля при наличии компьютера и диагностического тестера ДСТ-2М.



Рис. 4.17. Структура управления и программного обеспечения мотор-тестера

Программа «Мотор-тестер» считывает и обрабатывает данные из электронного блока управления автомобиля через адаптер, обеспечивающий возможность хранить, просматривать и распечатывать полученную информацию, а также управлять исполнительными механизмами двигателя. Программа позволяет:

- отображать в динамике все контролируемые параметры ЭБУ, просматривать их как в цифровом, так и в графическом виде (до семи параметров одновременно);
- управлять исполнительными механизмами двигателя в процессе отображения исследуемых параметров;
- записывать и просматривать входную информацию, поставляемую набором визиров, а также позволяет определять величины параметров в необходимый момент времени;
- получать сведения об ошибках, паспортных данных ЭБУ, двигателя, калибровке, таблицы коэффициентов топливоподачи;

- проводить испытания для определения частоты вращения коленчатого вала, механических потерь, скорости прогрева двигателя и др. в зависимости от типа ЭБУ;

- вести базу данных о клиентах – владельцах автомобилей и персональные базы данных для каждого автомобиля по результатам диагностических испытаний, хранить в базе данных графики параметров;

- благодаря удобному интерфейсу легко управлять процессом диагностики автомобиля.

Программа «Мотор-тестер» поддерживает диагностику таких систем: Январь 4 (ВАЗ), Январь 5.1, Bosch M1.5.4, Bosch M1.5.4N, GM ISFI-2S (распределенный впрыск), GM EFI-4 (центральный впрыск), Bosch MP-7.0, Микас M1.5.4 (ГАЗ), Микас M1.5.4 КЗ, Микас 7.1, Автрон M1.5.4, МКД-105.

Стенд Микас 7.1 в системе управления двигателем позволяет имитировать следующие виды неисправностей, которые диагностируются с помощью мотор-тестера МТ 10 СО.

В системе зажигания диагностируются:

- неисправности состояния проводов (обрывы, пробойны – по форме сигнала в первичной цепи зажигания);

- неисправности режимов работы катушки зажигания (межвитковые замыкания, пробойны – по форме сигнала в первичной цепи).

В системе топливоподачи диагностируются:

- неисправности топливных форсунок (межвитковые замыкания обмоток форсунок, длительность фазы впрыска и т. п.);

- неисправности работы датчиков (температура, положение дроссельной заслонки, датчики кислорода, датчики массового расхода воздуха и т. п.);

- неисправности работы исполнительных механизмов (регулятор холостого хода и т. п.).

В процессе диагностирования с помощью мотор-тестера сравнивают измеренные значения контролируемых параметров с эталонными (заданными заводом-изготовителем). Проверяют коды неисправностей, которые извлекаются из памяти электронного блока управления. Измеряют напряжение бортовой сети, токсичность отработавших газов (по трем компонентам) в режиме холостого хода и при наборе частоты вращения вала двигателя. Анализируют признаки неисправностей, например, двигатель не запускается или работает с перебоями.

На дисплей персонального компьютера или на экран осциллографа выводятся осциллограммы рабочих процессов агрегатов автомобиля и электронной или электрической системы. Эти осциллограммы сравнивают с эталонными, после чего на экран выводится резюме о неисправности. С помощью специальной клавиши управления на каждом этапе контроля или диагностирования может быть выведена подсказка о дальнейших операциях диагностирования.

4.4.4. Компьютерные мотор-тестеры

4.4.4.1. Общая характеристика мотор-тестеров

Главным инструментом диагностики бортовых электронных систем современных автомобилей являются комбинированные тестеры, которые выполняют функции нескольких диагностических измерителей и специальных приборов.

Современные мотор-тестеры характеризуются конструктивными особенностями программно-аппаратной реализации (портативное, модульное исполнение), дополнительными измерительными функциями и режимами, расширенной базой пользователя. В состав таких мотор-тестеров входят анализаторы ДВС и приборы для диагностирования микропроцессорных систем управления: диагностический сканер, тестер зажигания, имитатор сигналов датчиков, драйверы исполнительных устройств, диагностический коннектор, адаптер подключения к бортовому компьютеру.

В традиционных измерителях комбинированного прибора используются расширенные режимы цифрового многоканального мультиметра и запоминающего многоканального осциллографа. В таких осциллографах предусмотрено: автоматическая настройка параметров развертки и усиление сигнала, регистрация максимальных уровней сигнала в цифровом и квазианалоговом виде, запись и хранение данных (кадров), передача данных на компьютер.

Компьютерная база мотор-тестера позволяет использовать программные продукты для автоматизации процедуры диагностирования (тестирования, измерения, обработки и модификации информации, выводимой на монитор) и программно-информационные устройства (информационные картриджи, интегрированные программные карты, информационные системы). К тому же компьютерная связь обеспечивает доступ к автомобильным базам данных Интернета).

Анализатор ДВС в составе мотор-тестера наряду с регистрацией процессов системы зажигания обеспечивает проведение тестов: измерение относительной компрессии и эффективности работы цилиндров, пробивного напряжения на протяжении времени движения автомобиля в виде гистограмм, диагностирование систем пуска и электроснабжения, измерение параметров АКБ в режиме пуска, бесконтактное измерение тока стартера, проверка генератора и регулятора напряжения по выходным параметрам. На монитор анализатора также выводится информация о составе отработавших газов (интегрированный газоанализатор) и рассчитанное соотношение воздух/топливо. После обработки информации экспертная система анализатора формирует сообщение о возможных неисправностях двигателя.

К набору адаптеров подключения современного мотор-тестера прилагаются измерительные адаптеры (бесконтактный датчик тока, датчик температуры масла, датчик разрежения во впускном коллекторе и т. п.).

Идентификация типа двигателя, трансмиссии и систем управления, которые установлены на автомобиле определенной модели осуществляется автоматически через разъем бортового компьютера.

Мотор-тестеры выпускают фирмы Bosch и SUN, менее известными являются фирмы Nextech, Autologic и Texa.

Ассортимент системных тестеров включает аппаратные и программно-аппаратные версии. Из них большую часть представляют собой универсальные приборы, ориентированные на работу с автомобилями разных марок и моделей. Они позволяют исследовать и диагностировать системы управления двигателем, автоматической коробкой передач и АБС, климатической установки и подушек безопасности, обеспечить любые потребности диагноста.

Типичным компьютерным мотор-тестером является FKI-Crypton (США). Аналогичное оборудование производят фирмы SUN, BEAR, Bosch и др.

Компьютер мотор-тестера обрабатывает информацию, полученную от двигателя, и представляет результаты на дисплее или в виде твердой копии (распечатки на принтере). Устройство FKI-Crypton смонтировано на тележке для удобства перемещения.

С мотор-тестером поставляется комплект лазерных компакт-дисков с сервисной информацией о различных моделях автомобилей и с инструкциями электромеханику-оператору, как подключать мотор-тестер к автомобилю, какие кабели использовать.

Перед проведением диагностики следует указать (набрать на клавиатуре мотор-тестера) модель автомобиля, тип двигателя, трансмиссии, системы зажигания, впрыска топлива и другие опции, которые реализованы на данном автомобиле. После правильного подключения мотор-тестер способен диагностировать большинство автомобильных систем, включая системы пуска, электроснабжения, зажигания, определять компрессию в цилиндрах, измерять параметры системы приготовления топливовоздушной смеси.

Универсальность компьютерных мотор-тестеров определяется их программным обеспечением. Многие модели компьютерных мотор-тестеров работают в привычной большинству пользователей операционной системе Windows.

Современные мотор-тестеры для диагностирования двигателей – это универсальные электронные приборы, предназначенные для проведения измерений параметров электронных систем работы двигателя. Как правило, мотор-тестеры позволяют измерять следующие параметры:

- частота вращения коленчатого вала;
- температура масла;
- напряжение аккумулятора;
- напряжения в первичной и вторичных цепях системы зажигания;
- пульсации напряжения генератора;
- ток стартера; ток генератора;
- угол замкнутого состояния контактов;
- ток размыкания в первичной цепи катушки зажигания;
- частоту, длительность и скважность импульсов;
- угол опережения зажигания;
- величину разрежения/давления во впускном коллекторе.

Осциллографы мотор-тестеров представляют измеряемые величины (ток, напряжение, частота вращения коленчатого вала, разрежение и т. п.) в графическом виде, а также в виде гистограмм. Некоторые мотор-тестеры имеют возможность записи кадров изображения в память прибора для последующего сравнения и анализа. Настройка параметров развертки осциллографа производится автоматически при выборе режима измерений. Цифровой осциллограф – это мощный инструмент в руках опытного диагноста. Например, по форме осциллограммы во вторичной цепи зажигания можно выявить неисправные элементы тракта (свечи зажигания, высоковольтные провода, крышка распределителя и т. п.) и даже отклонения состава смеси в цилиндрах.

На некоторых мотор-тестерах для диагностирования электронных систем (DSN-PRO) реализован также режим имитации сигналов датчиков.

Мотор-тестеры условно можно разделить на три группы: большие или консольные, средние и портативные.

Консольные мотор-тестеры (SUN, DASPAS) – это стационарные устройства, выполненные на базе персональных компьютеров, в котором датчики, как правило, располагаются на специальной поворотной консоли. Эти мотор-тестеры имеют большое количество измерительных входов, позволяющих проводить измерения нескольких однотипных параметров одновременно и анализировать их с помощью многоканального осциллографа.

Например, в режиме контроля запуска двигателя проверяются: изменения напряжения на клеммах катушки зажигания и клеммах аккумуляторной батареи, обороты, развиваемые стартером, ток потребления стартера, а также величина разрежения в впускном коллекторе.

Принципиальное отличие мотор-тестеров высшей группы сложности состоит в реализации некоторых специальных функций, таких как:

- измерение относительной компрессии по цилиндрам;
- измерение мощностного баланса цилиндров;
- наличие встроенной базы данных заводских допусков измеряемых параметров для различных моделей двигателей автомобилей;
- наличие экспертной системы, анализирующей результаты измерений (в случае полного заполнения протокола измерений). Экспертная система подсказывает также возможные пути поиска неисправностей.

Функции измерения относительной компрессии и мощностного баланса могут быть реализованы в полном объеме только на автомобилях с механическим распределителем зажигания, а поскольку в настоящее время такие системы практически не применяются, то эти режимы утратили свое практическое значение.

Косвенно мощностной баланс цилиндров можно оценить по неравномерности вращения коленчатого вала двигателя.

Мотор-тестеры средней группы сложности отличаются от консольных отсутствием базы данных, анализирующей программы, а также меньшим количеством измерительных входов и режимов измерений. Например, может отсутствовать режим измерения разрежения во впускном коллекторе или, вместо многоканального, встроен одноканальный осциллограф.

Портативные мотор-тестеры по своим функциям аналогичны, а иногда и превосходят мотор-тестеры среднего класса. Они выполняются в виде переносных устройств с жидкокристаллическим экраном. Питание приборов осуществляется от сети 220 В или бортовой сети автомобиля, что позволяет их использовать даже в «полевых условиях». Для более качественного отображения и анализа результатов измерений портативные мотор-тестеры имеют возможность передавать данные на персональный компьютер или непосредственно на принтер для распечатки. Возможно также сопряжение с газоанализатором через персональный компьютер. Многие производители ввиду большой конкуренции стремятся оснастить свои приборы оригинальными режимами анализа. Например, статистический анализ изменений параметров работы высоковольтного тракта для различных режимов работы двигателя.

В состав мотор-тестеров высшей группы сложности входит четырех- или пятикомпонентный газоанализатор. Результаты его измерений тоже используются анализирующей программой. Обычно для этого измеряют концентрации CO , CO_2 , CH и O_2 в выхлопных газах. Имеются модели, измеряющие также концентрацию NO_x .

Четырехкомпонентный газоанализатор поставляется с мотор-тестером, встроенным в консоль или в виде отдельного блока. Для определения концентрации CO , CO_2 и CH используется недисперсный инфракрасный метод. Метод состоит в том, что инфракрасное излучение пропускается через выхлопные газы, затем анализируется выходной сигнал на приемнике излучения. Каждый компонент газа по-своему поглощает излучение различной длины волны, поэтому определить процентное содержание компонентов относительно несложно.

Концентрация O_2 измеряется с помощью устройства, конструкция которого аналогична датчику кислорода, применяемого для управления соотношением воздух/топливо в двигателе. Устройство выдает напряжение, пропорциональное концентрации кислорода. Программное обеспечение мотор-тестера позволяет использовать данные газоанализатора для определения фактической величины соотношения воздух/топливо для двигателя. По этой информации можно судить о том, как работает обратная связь с датчиком концентрации кислорода в системе топливоподачи двигателя при стабилизации стехиометрического соотношения воздух/топливо.

Для успешного проведения диагностики с помощью компьютерного мотор-тестера следует выполнить следующие операции:

- произвести идентификацию автомобиля;
- правильно выполнить необходимые тесты (диагностический контроль);
- сравнить полученные данные с рекомендуемыми значениями;
- установить по полученным результатам причину неисправности.

При выполнении тестирующих процедур следует соблюдать некоторые условия: температура и обороты двигателя должны быть штатными для данного испытания, некоторые вспомогательные устройства должны быть отсоединены или выключены.

Типичной тестирующей процедурой является сбор данных с двигателя на холостом ходу в следующей последовательности:

- режим холостого хода. Измеряются обороты холостого хода, стабильность работы по цилиндрам, состав выхлопных газов, напряжение пробоя на свече, напряжение искрового разряда, длительность искрового разряда, напряжение аккумуляторной батареи, зарядный ток, напряжение на катушке зажигания, сигналы различных датчиков;

- резко увеличивают обороты на холостом ходу (обычно до 2500 об/мин). Измеряют напряжение пробоя на свече, напряжение искрового разряда, ускорение по цилиндрам (имеется в виду ускорение поршней по цилиндрам, измеряемое для контроля равномерности хода и баланса мощности), состав выхлопных газов, определяют пропуски воспламенения, изменение угла опережения и т. д.;

- сбрасывают обороты. Определяют ускорение по цилиндрам, состав выхлопных газов и т. д.

Осциллограммы рабочих процессов первичной и вторичной цепей системы зажигания, пульсации напряжения генераторной установки и рабочий процесс в электромагнитной форсунке впрыска топлива воспроизводятся цифровым осциллографом с памятью (например, КАД-300, табл. 4.23).

4.4.4.2. Типы выпускаемых тестеров

Портативные мотор-тестеры (рис. 4.15) питаются от бортовой сети автомобиля, что позволяет использовать во время движения, наблюдать отклонения параметров от допустимых значений и определять скрытые и непостоянные неисправности. Портативный прибор целесообразно использовать как накопитель оперативной диагностической информации с последующим ее детальным анализом с помощью персонального компьютера в стационарных условиях.

Тестер ДСТ-2М предназначен для контроля технического состояния автомобилей с электронной системой впрыска топлива фирм GM, Bosch и АВТЭЛ. Он позволяет диагностировать электронные блоки управления «Микас 5.4», «Микас 7.1», «Микас 7.2», «Январь 4», «Январь 5.1», «Январь 5.1.1», М1.5.4.N, МР 7.04 и ISFI-2S по сменным картриджам и обладает следующими параметрами:

- напряжение питания (бортовая сеть автомобиля) – 12 В;
- потребляемая мощность – 1,5 ВА;
- габаритные размеры 95×100×48 мм;
- масса 0,35 кг.

Тестер диагностический ASCAN фирмы ООО НПП ЭЛКАР позволяет диагностировать электронные системы, устанавливаемые на автомобили ГАЗ, ВАЗ, УАЗ и ЗАЗ-ДЭУ. Он обеспечивает считывание параметров блоков управления в виде выходных сигналов и в нормализованном виде, выводить на дисплей графики изменения анализируемого параметра в реальном масштабе времени, записывать в память тестера параметры двигателя с дискретностью 0,2 сек. с последующим отображением их в цифровом и

графическом виде. Тестер позволяет считывать коды неисправностей и содержащуюся в памяти блока управления информацию о комплектации системы управления и идентификационную информацию об автомобиле и блоке управления. Он может управлять исполнительными устройствами на автомобиле – регулятором холостого хода, реле кондиционера, диагностической лампой «Check Engine», реле вентилятора охлаждения радиатора, модулем зажигания, реле электробензонасоса и электромагнитными форсунками. У тестера есть программа работы с персональным компьютером через стандартный интерфейс RS-232.

Рассмотрим варианты осциллограмм, соответствующих неисправностям систем электроснабжения (рис. 4.18) и зажигания (рис. 4.19), получаемых на экране дисплея (монитора) мотор-тестеров. Эти осциллограммы являются типовыми и не зависят от марки мотор-тестера и фирмы производителя [32].

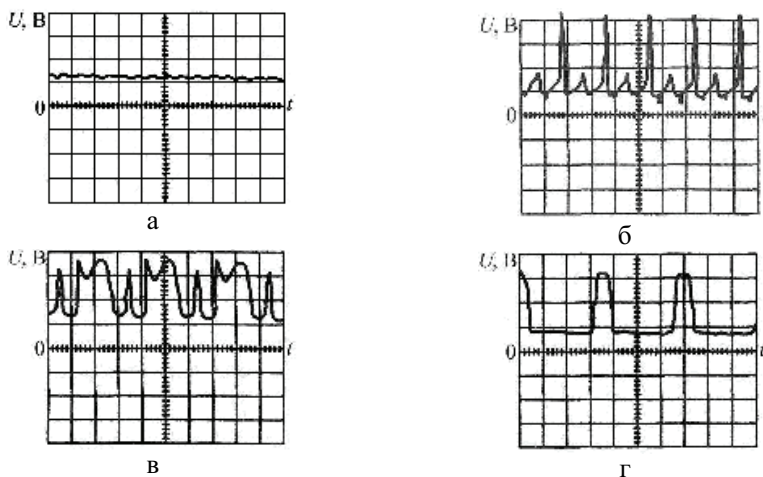


Рис. 4.18. Осциллограммы выходного напряжения генераторной установки:

а – исправный генератор; б – обрыв фазной обмотки; в – межвитковое замыкание фазной обмотки; г – обрыв в цепи возбуждения

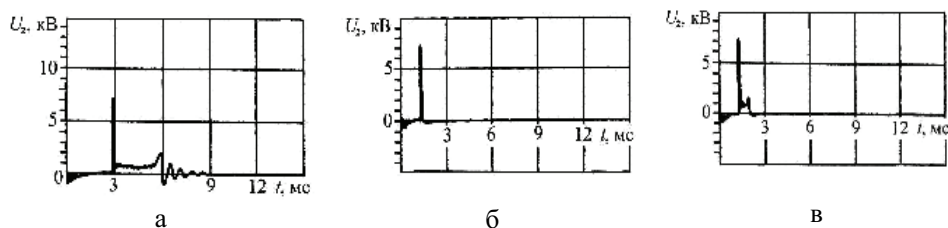


Рис. 4.19. Осциллограммы вторичного напряжения системы зажигания:

а – исправная система зажигания; б – пробой или межвитковое замыкание в катушке зажигания; в – пробой высоковольтной крышки

Систему электроснабжения контролируют в режиме холостого хода двигателя при частоте вращения вала 1000 мин^{-1} . Вывод U кабеля-адаптера

тестера подсоединяют к клемме «+» генератора, а массовый кабель-адаптер мотор-тестера – к клемме «-» АКБ или генератора. По осциллограммам можно определить состояние исправного генератора (см. рис. 4.18, а), обрыв фазной обмотки (см. рис. 4.18, б), межвитковое замыкание фазной обмотки (см. рис. 4.18, в) или обрыв в цепи обмотки возбуждения (см. рис. 4.18, г).

При контроле технического состояния аппаратов зажигания в режиме холостого хода двигателя частоту вращения меняют в диапазоне от 800 до 2000 мин⁻¹. В зависимости от конструкции системы зажигания (классическая, бесконтактная с высоковольтным распределителем или со статическим распределением высокого напряжения) кабель-адаптер подключают к первичной обмотке катушки зажигания, к высоковольтному проводу первого цилиндра, к датчику ВМТ и к электронному блоку через диагностический разъем. По разрядному процессу на свече зажигания можно судить об исправности системы зажигания. Исправная система зажигания, имеет осциллограмму разрядного процесса в соответствии с рис. 4.19 (а), пробой или межвитковое замыкание обмотки катушки зажигания – рис. 4.19 (б) и пробой высоковольтной крышки катушки зажигания – рис. 4.19 (в) [32].

Тестер ДСТ-10Н. Универсальный дилерский сканер-тестер ДСТ-10Н производства России предназначен для диагностики и устранения неисправностей системы электронного управления впрыском топлива и других электронных систем автомобиля (антиблокировочной системы, иммобилайзера, климатической системы, отопителя), устанавливается на автомобилях ВАЗ, ИЖ, ГАЗ и УАЗ. Программное обеспечение по наиболее распространенным системам управления записано во внутренней памяти прибора (рис. 4.20). Диагностируемые системы представлены в табл. 4.26.

Функции, выполняемые тестером ДСТ-10Н:

- автоматическое определение типа тестируемого блока управления;
- считывание идентификационных данных блока управления;
- считывание и расшифровка кодов неисправностей из памяти тестируемого блока управления;
- стирание кодов неисправностей;
- вывод на дисплей текущих значений параметров тестируемой системы в графическом и/или цифровом виде в реальном масштабе времени (до 8 параметров одновременно);
 - управление исполнительными механизмами;
 - специальные тесты;
 - запись и временное хранение в памяти прибора массива текущих параметров, в том числе непосредственно во время движения;
 - перенос записанного массива параметров на жесткий диск компьютера при наличии специальной программы.

Технические характеристики тестера ДСТ-10Н:

- питание от бортовой сети автомобиля;
- габаритные размеры – 205×100×37 мм;



Рис. 4.20. Тестер ДСТ-10Н

- масса 8,35 кг;
- поддерживаемые интерфейсы – K-Line, L-Line, RS-232;
- срок службы не менее 5 лет.

Тестер ДСТ-10Н является прибором индикаторного типа и не требует поверки.

Мотор-тестеры Bosch MOT 151, 240, 250, 251 для диагностирования двигателей. MOT 151 – переносной мотор-тестер с возможностью подключения газоанализатора и дымомера, а также принтера для распечатки результатов измерений.

Документация на русском языке. Вывод данных результатов исследований на ЖКИ-дисплей. Отсутствует функция осциллографа. Работает от аккумулятора, бортовой сети и от сети напряжением 220 В.

MOT 240 – портативный и энергонезависимый прибор с дисплеем на жидких кристаллах (энергоснабжение от сети и автомобильного аккумулятора). Идеальный мотор-тестер, снабженный цифровым осциллографом с памятью, предназначен для подвижной сервисной станции.

MOT 250 – стационарный мотор-тестер для сервисной станции.

Таблица 4.26

Диагностируемые системы

Тип системы	ГАЗ/УАЗ	GM-АВТО/ ВАЗ OBD-II	DAEWOO/ KIA/OBD-II	VAG- OBD-II	ВАЗ/ ИЖ-Авто
ВАЗ					
Январь-5.1 E2					×
Январь-5.1.1 P83, Январь-5.1.2 P83					×
Январь-5.1.3 E2					×
Январь-7.2 E2					×
Bosch M1.5.4 P83, Bosch M1.5.4N E2					×
Bosch M2.8					×
Bosch MP7.0 E2		×			×
Bosch MP7.0 E3					×
Bosch M7.9.7 E2		×			×
Bosch M7.9.7 E3, E4					×
GM EFI-4, GM ISFI-28					×
GM ITMS-6F					×
VS 5.1 P83, VS 5.1 E2					×
M10 E3 (ВАЗ)		×			×
Иммобилизатор АПС-6					×
СНПБ ВАЗ-2110, СНПБ ВАЗ-2123					×
САУО/САУКУ					×
СНПБ ВАЗ-1118, ВАЗ-2170					×
ABS 8.0 (антиблокировочная система) Приора, Калина					×

Тип системы	ГАЗ/УАЗ	GM-АВТО/ ВАЗ ОВД-II	DAEWOO/ KIA/OVD-II	VAG- OVD-II	ВАЗ/ ИЖ-АВТО
ЭМУРУ (Калуга), ДААЗ (Махачкала)		×			×
ГАЗ					
Микас 5.47, Микас 5.4 КЗ	×				
Микас 7.1, Микас 7.1 КЗ	×				
Микас 7.2	×				
Микас 11 Е2, VS 8	×				
Микас 11 Е3	×				
Автрон М1.5.4	×				
Автрон-СО 301, СО 302, СО 309	×				
31.3763-СОАТЭ	×				
VS 5.6	×				
VDO Steyr	×				
МКД 105	×				
АBSR 5.3 (ГАЗ)	×				
УАЗ					
Микас 7.2	×				
Микас 11 Е2, Микас 11 Е3	×				
АBS 8.0	×				
ИЖ, ЗАЗ					
Микас 7.6					×
Микас 11 Е2					×
GM-АВТОВАЗ					
Иммобилизатор АПС-6		×			
СНПБ ВА3-2110, СНПБ ВА3-2123		×			
АBS 5.3 (Shevy) Niva		×			
АBSR 5.3 (Shevy) Viva		×			
Bosch М7.9.7 АС (с кондиционером)		×			
Z18XE (Chevrolet Niva, Chevrolet Viva)		×			
СЕАЗ/КАМАЗ					
М10 Е2 (Ока)					×
М 1.5.4					×
Иномарки					
DAEWOO, NEXIA CIELO, NEXIA UzDaewoo, MATIZ, ESPERO, LANOS, LEGANZA, LEMAN RACER, MAGNUS, NUBIRA, NUBIRA-II, PRINCE, REZZO, АBS Delphi			×		
VAG: Audi, VW, Škoda, Seat				×	
KIA Shuma/Spectra			×		

Мотор-тестер AVL DiScope 865 предназначен для контроля всех электронных и электрических систем от АБС до электронной системы впрыска независимо от марки и от года выпуска автомобиля.

Полученные результаты выдаются в цифровом и графическом виде, графики можно масштабировать и получить участок графика в увеличенном виде. Прибор позволяет производить настройку диагностированных систем и сразу видеть результаты настройки.

Производитель – фирма AVL (Испания). Общие данные прибора: электропитание 12 В от аккумулятора NiCd, емкости аккумулятора хватает на 2,5 часа работы, интерфейс RS-232 для ЭВМ и принтеров, габаритные размеры – 140×203×51, масса 1 кг.

Преимущества DiScope 865:

- независимость от марки автомобиля;
- отсутствие необходимости в специальных знаниях по измерениям;
- приспособленность к условиям станций техобслуживания;
- мобильность, независимость от электросети;
- автоматический выбор пределов измерений;
- режим двухканального осциллографа;
- разъем для подключения принтера.

Простота эксплуатации – отличительная особенность этого прибора: на его экране автомеханику «подсказывается» порядок работы и диагностирования.

Контрольные вопросы

1. Какие приборы применяются для диагностирования электрических систем двигателей?
2. Какое назначение персональных компьютеров в системах диагностирования?
3. Какое назначение современных мотор-тестеров?
4. Для чего предназначены имитаторы сигналов и тестеры исполнительных механизмов?
5. Какие принципы работы типового мотор-тестера?
6. Приведите применяемые типовые программы диагностики двигателя.
7. Какие отличительные особенности сканера-тестера ДСТ-10Н?

4.5. Средства углубленного поиска неисправностей

Сканеры, автомобильные мультиметры и осциллографы являются эффективными средствами диагностики электрооборудования автомобилей. Однако есть и другие электронные приборы для диагностики, которые в некоторых случаях оказываются и более простыми, и более удобными.

4.5.1. Простые средства диагностирования

Как самые простые приборы диагностирования используются вольтметры непосредственной оценки и индикаторы напряжения (логические пробники). Для локализации повреждений электрических цепей бортовых сетей питания, используются гальванические перемычки.

Индикаторы напряжения являются наиболее универсальными и доступными приборами при диагностировании электрооборудования автомобиля в дорожных условиях. В качестве индикатора может использоваться лампа накаливания мощностью до 3 Вт. Для диагностирования электронных систем используют индикаторы на светодиодах, которые имеют высокое входное сопротивление (ток потребления 5-15 мА). Это дает возможность исключить перегрузку полупроводниковых приборов электронных устройств при диагностических операциях.

Логический пробник (рис. 4.21) – это относительно простой прибор, электронный аналог контрольной лампы. Контрольная лампа имеет низкое входное сопротивление, ее применение может привести к выходу из строя элементов в высокоомных микроэлектронных схемах.

Логический пробник имеет высокое входное сопротивление, не оказывающее влияния на тестируемые электрические цепи, он применяется для безопасного тестирования низковольтных слаботочных цепей. Два провода соединяют прибор с внешним источником питания, например, с аккумуляторной батареей, а щуп подключается к исследуемой цепи. Пробник и исследуемая электрическая цепь должны иметь общую землю («массу»). Логические пробники могут иметь три индикатора (светодиода) разного цвета (красный, зеленый, желтый) или звуковой сигнализатор (зуммер). В таких пробниках предполагается переключатель диапазонов рабочих напряжений.



Рис. 4.21. Внешний вид переносных диагностических приборов:
а – логический пробник (индикатор); б – стробоскоп; в – нагрузочная вилка

На большинстве моделей логических пробников имеется переключатель диапазонов рабочих напряжений с положениями CMOS и TTL. CMOS – для электронных систем с рабочим напряжением 16 В, а TTL – для рабочего напряжения 5 В. Электронная схема в пробнике делит подаваемое на щуп напряжение на три зоны: низкое, среднее и высокое. Обычно для сигнала с высоким напряжением включается красный светодиод, для низкого напряжения – зеленый. Для сигнала в средней зоне светодиоды не включаются. Желтый светодиод включается при подаче на щуп импульсного сигнала. При этом во время нахождения амплитуды импульсного напряжения в соответствующей зоне загорается красный или зеленый светодиод.

Логический пробник может информировать пользователя о наличии напряжения только в определенной зоне значений, и его диагностические возможности ограничены.

4.5.2. Автомобильные осциллографы, мультиметры

Современные электронные системы управления двигателем позволяют обеспечить однозначность режимов диагностирования теплового состояния двигателя, температуры топлива, степени заряженности аккумуляторной батареи, а также иметь возможность измерять параметры режима работы дизеля – частоту вращения коленчатого вала и рабочую нагрузку. Сигналы синхронизации датчиков положения коленчатого и распределительного валов, датчика и регулятора давления топлива могут быть считаны напрямую с контактов электронного блока управления с помощью многоканальных цифровых осциллографов. Такие приборы работают совместно с персональным компьютером.

Автомобильный осциллограф – это чаще всего двухмерный электронный вольтметр, который показывает, как напряжение изменяется во времени. Осциллографы последнего поколения отличаются от осциллографов предыдущего поколения наличием: нескольких измерительных каналов; возможности преобразования (модификации) информационных сигналов и получения изображений на цифровом уровне; способности работать в режиме запоминания изображения и данных. Наряду с этим микропроцессорное строение прибора дает возможность автоматизировать процессы измерения и статистической обработки измерительной информации.

Многие годы осциллографы применялись в автосервисе для контроля первичных и вторичных цепей зажигания, а также некоторых устройств системы электроснабжения автомобиля. Теперь используют портативные автомобильные осциллографы и для наблюдения низкоуровневых сигналов в электронных цепях управления. Осциллограф – универсальное средство при поиске непостоянных (нерегулярных) неисправностей.

В практике обслуживания автомобилей используются аналоговые и цифровые осциллографы. В цифровых осциллографах встроенный компьютер подвергает входной сигнал аналого-цифровому преобразованию. Полученные таким образом цифровые значения амплитуд напряжений в момент выборки выводятся на дисплей (обычно жидкокристаллический), точки соединяются между собой линиями.

Как и в других цифровых измерительных приборах, частота горизонтальной развертки автомобильного осциллографа невелика, около 7 Гц. Тем не менее цифровой осциллограф выдает детальную информацию о наблюдаемом сигнале. В автомобильных осциллографах обычно предусмотрены такие функции, как определение минимального и максимального напряжения сигнала, запись данных, передача данных на компьютер.

Автомобильный осциллограф – это сложный электронный измерительный прибор, частично выполняющий функции компьютера и мотортестера. Например, осциллограф Fluke-98 (раннего выпуска), который показан на рис. 4.22 (а), может работать в режиме запоминающего осциллографа, мультиметра, с помощью кабелей с дополнительными преобразователями измеряет температуру, давление, ток, напряжение во вторичной цепи

зажигания и т. д. В памяти Fluke-98 хранятся характерные осциллограммы

сигналов (шаблоны) для различных компонентов электрооборудования автомобилей. Это позволяет автоматически тестировать (контролировать работоспособность) различные элементы электрооборудования и электроники по образцовым сигналам (по шаблонам). Так контролируют различные датчики, систему электропитания, полупроводниковые элементы, относительную компрессию в цилиндрах и т. п. [33]

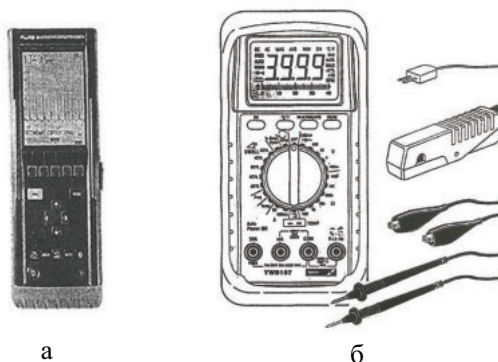


Рис. 5.21. Автомобильный осциллограф Fluke-98 (а) и автомобильный цифровой мультиметр (б)

Автомобильный цифровой мультиметр – это цифровой тестер с многосегментным дисплеем на жидких кристаллах, с высоким входным сопротивлением (рис. 4.22, б). Цифровой мультиметр является неотъемлемой частью диагностического оборудования. Выполняет функции нескольких измерительных приборов, измеряет силу тока, напряжение, частоту, длительность импульса. До настоящего времени выпущено много типов этих приборов.

Мультиметр удобен для контроля состояния электрических цепей, но для контроля их функционирования он обычно не используется. На цифровом дисплее мультиметра применяется только низкая скорость обновления информации, что связано с особенностями человеческого зрения. Так как человеческий глаз не различает быстрое изменение цифр на дисплее, мультиметр показывает только средние или фиксированные значения электрических сигналов с низкой кадровой частотой обновления дисплея (обычно не более четырех Гц).

Некоторые модели автомобильных мультиметров имеют квазианалоговый дисплей (помимо цифрового) и обладают возможностью записи минимального и максимального значений контролируемого сигнала. Имеется возможность обновлять показания до 40 раз в секунду. Но на некоторых моделях мультиметров квазианалоговый дисплей работает на той же частоте, что и цифровой.

Несмотря на невозможность наблюдения и измерения динамических процессов с помощью мультиметра, автомобильные цифровые мультиметры нашли широкое применение для диагностики неисправностей в электрических и электронных схемах. Мультиметры обладают универсальностью, простотой, быстрой подготовкой к работе и точностью измерений.

При диагностировании автомобильных электронных систем управления применяются и другие специализированные измерительные приборы: тестеры датчиков, тестеры форсунок и т. п.

Современные осциллографы USB Scope и USB Autoscope II (рис. 4.23) в комплекте с компьютером представляют широкие возможности для регистрации, сохранения и обработки результатов измерений, поиска неисправностей в различных электронных системах: электрических сигналов, зажигания, газораспределения и др.

Осциллограф Autoscope II (Украина, Винница) выпускается трех модификаций. В модели третьей модификации прибора Autoscope II значительно расширены возможности его использования для диагностирования быстро протекающих процессов.

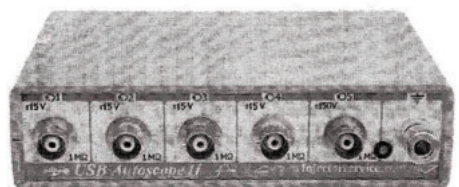
Осциллограф USB Autoscope II (фирмы Injector Service) выполнен на электронной базе и имеет небольшие габариты, массу.

Прибор позволяет выявить неисправности в:

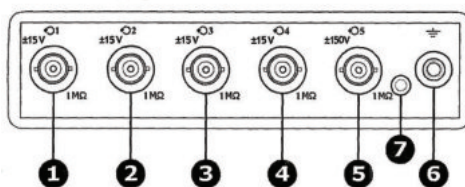
- системах подачи топливовоздушной смеси;
- системах зажигания всех типов;
- других системах электрооборудования автомобиля;
- механических подсистемах автомобиля.

Отличие прибора от других аналогов:

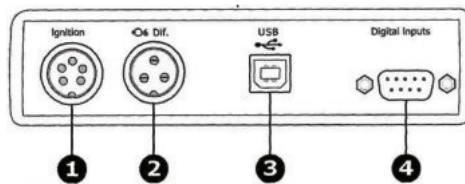
- полноценная работа в реальном времени;
- непрерывный (бесфреймовый) режим передачи данных;
- запись и сохранение сигналов до 39 часов в файл для накопления собственной базы сигналов и обмена файлами через Интернет;
- возможность создания настроек пользователя, что исключает необходимость повторно настраивать прибор на необходимый режим работы;
- автоматический анализ параметров и формы сигнала;
- простота использования;
- диагностика механического дизельного впрыска при использовании датчика AVL;
- быстрое выявление загрязненных бензиновых форсунок без снятия с двигателя при использовании датчика First Look;
- питание прибора от шины USB;



а



б



в

Рис. 4.23. Цифровой USB осциллограф Autoscope II

- USB Autoscope II успешно эксплуатируется во всех странах СНГ, во многих странах Европы и в США.

На рис. 4.23 (а) приведен внешний вид осциллографа USB Autoscope II (частота оцифровки – 500 кГц, разрядность АЦП – 12 бит, число каналов – 8);

б – передняя панель: 1-4 – разъемы аналоговых каналов (диапазон входных напряжений ± 15 В); 5 – разъем аналогового входа (диапазон входных напряжений ± 150 В); 6 – клемма заземления прибора; 7 – индикатор питания прибора;

в – задняя панель: 1 – разъем «Ignition»; 2 – разъем «Dif.»; 3 – разъем «USB»; 4 – разъем «Digital Inputs».

4.5.3. Измерительно-вычислительные комплексы

Для самодиагностики систем автомобиля применяются специальные приборы считывания неисправностей VAS 5051 и VAS 5052 (рис. 4.24) (АО Фольксваген). С помощью этого прибора можно значительно ускорить локализацию неисправностей датчиков и исполнительных устройств, улучшить качество ремонта и снизить его стоимость. Этот прибор считывает неисправность, присваивает принятому коду текст и показывает его на дисплее.

Разработка автомобильной диагностической, измерительной и информационной системы VAS 5051 позволила объединить в одном приборе функции сканера бортовой диагностики, измерителя физических величин и носителя технической документации. Впервые этот прибор позволяет проводить направленный поиск неисправностей автомобиля. Постоянно обновляемые базовые данные диагностической системы позволяют работать с конкретными автомобилями и создавать требуемые планы тестирования систем и агрегатов. Возможности контроля дополняют функции мультиметра и осциллографа.

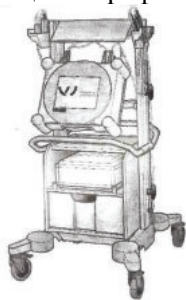


Рис. 4.24. Измерительный комплекс VAS 5051 и VAS 5052

диагностические разъемы электронных систем автомобиля.

К областям применения относятся, например:

- вывод данных из регистраторов неисправностей всех блоков управления автомобиля;

К решаемым с помощью прибора VAS 5052 задачам относятся: проведение диагностики систем автомобиля, измерение параметров блоков управления, проведение калибровки приборов (программирование Update) и выполнение других дополнительных функций через

- проведение с использованием диагностических разъемов обычных сервисных операций, как обнуление указателя сроков технического обслуживания, кодирование ключей зажигания, введение в действие или отключение боковой подушки безопасности переднего пассажира;
- измененное программирование (калибровка) блоков управления;
- решение различных задач в области разработки и изготовления блоков управления или автомобилей;
- ведение электронной записной книжки в производственных целях, в особенности в связи со справочной системой ELSA;
- непосредственное использование в процессе обучения персонала благодаря мультимедийным качествам прибора.

Примером универсальных тестеров является серия KTS, весьма распространенная на станция технического обслуживания. Тестеры KTS 500H, KTS 520 доступны для использования на небольших СТО и позволяют получать результаты измерений в графическом виде. Список самых важных функций и стандартные процедуры, которые способны выполнять тестеры серии KTS 500, приведены в инструкциях по эксплуатации.

Для коммутации приборов серии KTS с транспортными машинами применяется схема, представленная на рис. 4.25.

Основу диагностического измерительно-вычислительного комплекса для более глубокого контроля составляют три вида функционально завершенных устройств:

- персональный компьютер;
- системный диагностический модуль (сканер, мотор-тестер);
- модуль аналогового ввода – аналого-цифровой преобразователь (АЦП), именуемый часто многоканальным цифровым осциллографом.

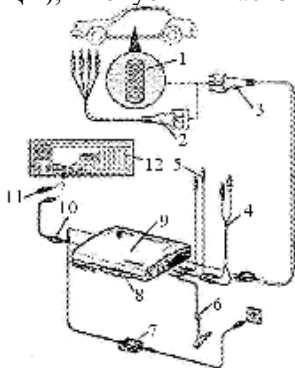


Рис. 4.25. Схема электрических соединений прибора с оборудованием

Измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) выполнен по модульному принципу. Аппаратные и программные средства состоят из отдельных модулей, интегрированных в его структуру, что обеспечивает ему гибкость, уменьшает избыточность аппаратных средств, но сохраняет универсальность комплекса, так как при открытой конфигурации есть возможность наращивания аппаратно-программных средств, в зависимости от решаемых задач. Именно применение ПК в составе комплекса дает ему дополнительные преимущества:

- доступ к бортовым системам диагностирования, сбор, обработку и хранение информации;
- считывание кодов неисправностей при непосредственной связи с объектом диагностирования;
- формирование и накопление базы данных;
- применение информационных технологий при обработке информации и постановке диагноза;
- применение диагностических моделей;
- автоматизация диагностических процедур;
- использование рациональных алгоритмов диагностирования.

ИВК должен удовлетворять определенным требованиям. Он не должен оказывать влияние на процессы в двигателе, иметь небольшое число подключаемых единиц средств измерения к объекту диагностирования, обеспечивать регистрацию быстропотекающих процессов в системах ДВС и диагностирование функциональных узлов двигателя.

Модули АЦП, сопрягаемые с ПК, выпускаются различными фирмами разной структуры, взаимодействия и числа каналов. Важно правильно определить структуру и технические характеристики модуля, чтобы из разнообразия модулей, имеющих на рынке, выбрать необходимый.

Два варианта ИВК на базе персонального компьютера приведены на рис. 4.26 [19].

Первый вариант содержит ПК, системный диагностический модуль фирмы Bosch – KTS 520 и многоканальный цифровой осциллограф USB Scop v.II. Оба прибора подключаются к ПК через USB порты.

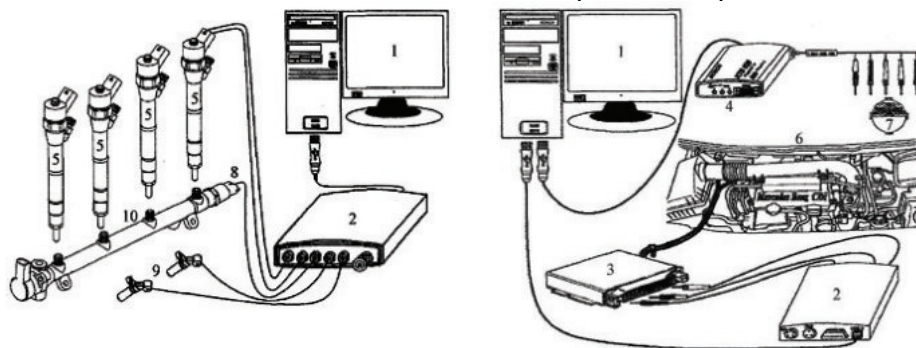


Рис. 4.26. Измерительно-вычислительный комплекс на автомобиле:

1 – персональный компьютер с ПО для регистрации измерений; 2 – многоканальный осциллограф USB Scop v.II; 3 – электронный блок управления двигателем; 4 – системный диагностический модуль KTS 520; 5 – электрогидравлическая форсунка; 6 – диагностируемый двигатель; 7 – диагностический разъем; 8 – датчик давления топлива; 9 – датчики оборотов (коленчатого и распределительного валов); 10 – гидроаккумулятор

Этот вариант ИВК и USB Scop v.II являются основным средством измерений при проведении углубленных экспериментальных и диагностических исследований на автомобилях. Второй вариант ИВК можно выполнять на основе внутреннего модуля АЦП – L783, устанавливаемого в слот компьютера.

ЭБУ двигателем выносятся наружу автомобиля на жгуте проводов. Для подключения осциллографа к проводам датчиков и исполнительных механизмов непосредственно на блоке управления необходима частичная разборка.

Технические характеристики модулей АЦП. Цифровой диагностический восьмиканальный USB-осциллограф предназначен для мониторинга, измерения и анализа электрических сигналов автомобилей. По полученным данным можно оценить работоспособность датчиков и исполнительных механизмов и устройств. Комплектуется кабелями и адаптерами для подключения к диагностируемым цепям.

Количество каналов в режиме осциллографа: 1, 2, 4, 8 (по выбору). Разрешение АЦП: 12 бит, диапазон входного напряжения: -15...+15 В (входной делитель 1:1), -150...+150 В (входной делитель 1:10), -150...+150 кВ. Максимальная частота оцифровки на канал: 250 кГц (125 кГц в двухканальном режиме, 50 кГц в четырехканальном, 25 кГц в восьмиканальном). Режим оцифровки: непрерывный. Входное сопротивление: 1 МОм.

Дополнительные возможности: свободное переключение входных каналов (возможность подключения канала осциллографа к любому из физических «на лету»), возможность создания пользовательских настроек для часто используемых режимов; выполнение программой USB-Oscilloscope файлов скриптов анализатора с целью автоматизации анализа осциллограмм.

Режим цифрового анализатора. Количество входных каналов: 8, режимы: четырех-, восьмиканальный анализатор. Максимальная частота оцифровки: 500 кГц в четырехканальном режиме, 250 кГц в восьмиканальном, режим оцифровки: непрерывный. Входное сопротивление: 10 кОм.

Основные возможности ПО: режим отображения, запись и измерение в реальном масштабе времени одновременно.

Диапазон временной шкалы: аналоговый режим 100 мкс/дел.-1 с/дел.; цифровой анализатор 50 мкс/дел.-1 с/дел.

Диапазон шкалы напряжения (в аналоговом режиме): 50 мВ/дел.-В/дел; (0,5 В/дел.-50 В/дел, при использовании входного делителя напряжения 1:10).

Таким образом производится измерение до восьми заданных экспериментом параметров напрямую и с частотой преобразования до 500 кГц.

Модуль аналогового ввода L783 компании L-Card. Модуль АЦП содержит аналоговый коммутатор на 32 канала, программируемый усилитель, 12-битный АЦП, двухпортовое оперативное запоминающее устройство (типа FIFO) и схему управления АЦП.

На плате расположены микросхема PCI 9050-1, полностью обеспечивающая PCI-интерфейс платы с персональным компьютером, и цифровой сигнальный процессор (DSP), управляющий всей периферией на плате. Процессор имеет внутреннюю память программ на 4 К слов и внутреннюю память данных 4 К слов (процессор ADSP-2186 обладает 8 К словами памяти программ и 8 К словами памяти данных). Наличие такого мощного сиг-

нального процессора обеспечивает возможность самостоятельного применения чрезвычайно гибких методов управления всей периферией платы и позволяет переносить часть операций по обработке данных на саму плату (например, быстрое преобразование Фурье). Процессор обладает своим собственным контроллером прямого доступа к памяти для обращения к любой ячейке внутренней памяти. Благодаря этому, программа получает доступ к любой ячейке памяти процессора, не прерывая работу самого DSP, что исключительно удобно при построении алгоритмов, работающих в реальном масштабе времени. Максимальная пропускная способность обмена данными между сигнальным процессором и компьютером составляет приблизительно 10 Мб/с. Весь обмен данными с центральным компьютером DSP осуществляется через свой канал IDMA. Протокол работы с каналом предусматривает также возможность загрузки в сигнальный процессор управляющей программы (драйвера), которая будет осуществлять требуемые алгоритмы ввода-вывода. DSP осуществляет получение данных с АЦП, управляет цепями коммутатора входных сигналов, коэффициентом усиления программируемого усилителя, частотой запуска АЦП и, при необходимости, синхронизацией ввода данных по линии TRIG внешнего разъема DRB-37M.

Для работы с модулем L783 применен пакет программного обеспечения «PowerGraph», позволяющий использовать персональные компьютеры в качестве стандартных измерительных и регистрирующих приборов.

ПО «PowerGraph» обеспечивает [19, 34]:

- сбор данных с различных измерительных устройств и приборов;
- регистрацию и визуализацию данных в режиме реального времени;
- редактирование, математическую обработку и анализ данных;
- хранение, импорт и экспорт данных;
- функциональные возможности ПО «PowerGraph».

Регистрация данных:

- предварительный мониторинг входных сигналов;
- независимая настройка и калибровка каналов;
- возможность ввода любых единиц измерения;
- выбор произвольного набора каналов для регистрации;
- поддержка любых скоростей записи;
- последовательная запись непрерывных блоков данных в один файл;
- аппаратная и программная синхронизация сбора данных;
- автоматическое сохранение параметров регистрации (дата и время начала записи, тип устройства, скорость и длительность записи);
- возможность ввода произвольного текста для каждого блока и для всего файла (заметки и комментарии пользователя, протокол эксперимента).

Визуализация данных:

- эффективная система графического представления больших объемов данных;
- удобная система навигации и поиска данных;
- выбор произвольного набора каналов для отображения;
- свободное позиционирование и масштабирование графиков;
- изменение цвета и стиля графиков и сетки;

- печать графиков и сетки в масштабе миллиметровой бумаги.

Редактирование данных:

- использование стандартных операций редактирования и монтажа данных;

- возможность выделения участка данных для редактирования или анализа;

- добавление к текущей записи данных из других файлов;

- изменение последовательности записанных блоков данных;

- прореживание и усреднение данных по времени;

- графическое редактирование отдельных значений.

Для обработки данных существует обширная библиотека функций математической обработки:

- арифметические и логические операции с каналами;

- корректировка и калибровка данных;

- статистические вычисления;

- частотная и амплитудная фильтрация сигналов;

- дифференцирование и интегрирование сигналов;

- расчет параметров циклических сигналов;

- тригонометрические, логарифмические и другие математические функции;

- создание новых каналов с расчетными данными;

- неограниченное количество промежуточных вычислений;

- запись протокола вычислений в командный файл для повторного использования комплексных алгоритмов математической обработки данных.

Анализ данных:

- определение параметров сигналов по графикам с помощью маркеров;

- дополнительные графические построения (касательные и расчетные прямые);

- многофункциональный спектроанализатор;

- построение различных типов спектральных графиков, выбор частотных полос и расчет статистических значений, синхронизация и усреднение спектров по времени, наложение исходных осциллограмм на спектральные графики;

- построение графиков зависимости одного канала от другого;

- построение гистограмм распределения сигналов по амплитуде;

- библиотека статистических и информационных функций анализа данных.

Хранение, экспорт и импорт данных:

- эффективный формат файлов, позволяющий хранить вместе с данными различные настройки и дополнительный текст;

- возможность сохранения настроек для каждого типа измерений;

- импорт и экспорт текстовых файлов;

- импорт и экспорт звуковых файлов;

- импорт двоичных файлов;

- экспорт данных в текстовом формате через буфер обмена.

KTS 520 является вспомогательным прибором и служит для контроля параметров режимов работы двигателя, подсоединяется в диагностический разъем и получает обработанные БУ данные. В ходе проведения исследований с помощью KTS 520 фиксируют следующие параметры:

- температура двигателя;
- атмосферное давление;
- температура воздуха в помещении;
- температура воздуха во впускном коллекторе;
- давление наддува;
- положение педали газа;
- частота вращения коленчатого вала двигателя.

Для измерений в линиях обратного слива используется секундомер и мерные пробирки по 250 мл с ценой деления 2 мл (ГОСТ 1770-74).

Датчик давления топлива со встроенным усилителем обеспечивает относительную приведенную погрешность $\pm 2\%$ и развивает на выходе напряжение 4,5 В при максимальном давлении 150-160 МПа. Из этого следует, что абсолютная погрешность измерения давления составляет $\pm 3-3,2$ МПа. Чувствительность датчика составляет 28-30 мВ/МПа. При использовании цифрового осциллографа с разрядностью в 12 бит в дифференциальном включении чувствительность канала регистрации составляет 78,125 кПа/бит. Уровень собственных шумов аналого-цифрового преобразователя, составляющего основу цифрового осциллографа, обычно оценивают в 2-3 единицы младшего разряда. Таким образом, можно рассчитывать на то, что после фильтрации шумов, порожденных в усилителе датчика и в АЦП, на осциллограмме вполне реально различать колебания давления в аккумуляторе амплитудой 300-500 кПа.

Автоматический анализатор фирмы «Allen GROUP» (США) имеет до восьми микропроцессоров. Он автоматически выявляет неисправности в системе пуска, питания, распределения топлива, зажигания, регулирования момента зажигания и бортовых компьютерных управляющих устройствах, собирает данные рабочих характеристик узлов, систем автомобиля, анализирует их и производит логическое заключение о состоянии той или иной системы или узла. Анализатор осуществляет не только проверку узлов, систем на неисправность, но также указывает на необходимость их ремонта. Ввод данных и выбор текста производится с помощью волоконно-оптического кабеля. Результаты диагностики печатаются на бумажных носителях. Анализатор имеет современные средства компьютерной графики, позволяющие оператору получать информацию о работе узлов, систем двигателя. Полученные данные представляются в цифровой или графической форме. Анализатор может работать и в комплексе с анализатором отработавших газов.

Та же фирма выпускает автоматические компьютерные анализаторы.

Автоматический компьютерный анализатор фирмы «Allen GROUP» (США) может работать в ручном режиме. Проверка различных систем двигателя может проводиться в любой последовательности. Более того, любая операция может быть приостановлена и после наладки соответствующей

системы проведена повторно. Результаты замеров печатаются в виде сравнительных рабочих характеристик автомобиля. Сравнение их проводится с нормативными данными, заложенными в память.

Расшифровка результатов замеров так же, как и диагностирование, производится автоматически и с большой точностью. При этом механик может и не иметь большого опыта в области диагностики. От него требуется четкое понимание значения технического обслуживания для двигателя и знакомство с компьютером. Обучиться работе с анализатором можно в течение нескольких часов.

Уникальная микропроцессорная система анализатора позволяет диагностировать двигатели автомобилей не только современных конструкций, но и автомобилей будущего.

В анализаторе использованы зонды с зажимами традиционной конструкции. Полный анализ двигателя может быть выполнен в течение 10 мин. Анализатор не имеет многочисленных переключателей или кнопок. Интерфейс между механиком и компьютером сочетает быстроту и эффективность за счет использования «светового карандаша» на фотоэлементах.

Методы и средства диагностирования аккумуляторных систем топливоподачи компьютерными измерительно-вычислительными комплексами рассмотрены в [31, 34, 35, 36, 37].

Контрольные вопросы

1. Какое назначение осциллографа в системах диагностирования двигателей?
2. В каких режимах могут работать осциллографы?
3. Какое назначение мультиметра в системе поиска неисправностей?
4. В чем отличие логического пробника от контрольной лампы?
5. Какие технические возможности осциллографа Autoscope II в диагностировании топливной системы двигателя?
6. Какое назначение осциллографа мотор-тестера BOSCH FSA 450?
7. Приведите технические возможности мотор-тестера BOSCH FSA 740 в диагностировании двигателя.
8. Какие особенности программного обеспечения «PowerGraph»?

4.6. Характеристики современных диагностических средств, выпускаемых разными фирмами

4.6.1. Системы контроля и диагностирования фирмы Bosch

Продукция концерна Bosch представлена полной линейкой универсальных системных тестеров пятой серии KTS: 505, 520, 530, 540 для диагностирования блоков управления автомобилей. Это программно-аппаратные комплексы, выполненные в виде интерфейсных модулей. Они подключаются к персональному компьютеру, стационарному или мобильному, и работают под управлением оригинального, полностью русифицированного программного продукта ESI[tronic], который устанавливается на компьютер с CD- или DVD-носителя. К седьмой серии относятся приборные комплексы FSA 720, 740, 750.

ESI[tronic] состоит из программного и информационного разделов. Программный обеспечивает работу комплекса в режиме сканера и цифрового мультиметра (в версии 550 – еще и двухканального цифрового осциллоскопа) при исследовании бензиновых и дизельных двигателей, а также бортовых электронных систем легковых и грузовых автомобилей более 70 марок. На сегодняшний день он включает протоколы обмена для связи с без малого 10000 типами блоков управления. Информационный раздел представляет собой ежеквартально обновляемую базу данных. Она содержит огромный объем достоверной информации: сведения о применяемых на автомобиле запчастях, нормах времени на выполнение ремонтных операций, регулировочные данные, указания по поиску неисправностей, электрические схемы систем автомобиля и многое другое. Оба раздела программно взаимосвязаны, так что диагност в процессе работы автоматически получает доступ к инструкциям и актуальной справочной информации.

Сканеры Bosch традиционно эффективны в работе с автомобилями европейского производства, особенно с теми, на которые устанавливаются автомобильные компоненты, производимые на предприятиях концерна. Сканеры KTS показывают высокую эффективность при диагностике грузового автотранспорта также преимущественно европейских автопроизводителей (MAN, SAAB, Volvo, Scania, DAF). Программы для диагностики американских, японских и корейских автомобилей проработаны менее глубоко. К недостаткам сканеров нужно отнести то, что они полностью утрачивают работоспособность в случае невозобновления ежегодной, далеко не бесплатной подписки на программное обеспечение. Этого серьезного «минуса» лишена 505-я версия, по функциональным характеристикам идентичная KTS 520, но имеющая бессрочный код доступа к обновлению ПО. К сожалению, за бессрочное пользование прибором придется заплатить почти в два раза больше. Такова маркетинговая политика концерна.

В отличие от программно-аппаратных приборов пятой серии, KTS 651 представляет собой портативный аппаратный тестер. Это полностью автономный прибор с цветным сенсорным 12-дюймовым дисплеем и органами управления. В его противоударный корпус встроены: мощный микропроцессор с оперативной памятью 128 Мб, жесткий диск емкостью 20 Гб и DVD-привод для установки программного обеспечения ESI[tronic]. Тестер можно использовать как универсальный сканер, двухканальный мультиметр и осциллоскоп.

Прибор KTS 520 – модуль, который подключается кабелем к диагностическому разъему автомобиля. Для того, чтобы модуль стал работоспособным, его обязательно нужно подключить к любому IBM-совместимому компьютеру, на котором поставлено программное обеспечение ESI[tronic]. Иначе говоря, это преобразователь кодов IBM-компьютера в коды, понятные автомобильному блоку управления. В состав KTS 520 входит также мультиметр. Его можно использовать для снятия данных с разных автомобильных датчиков, например, датчика температуры двигателя, лямбда-зонда, расходомера воздуха, и т. п. Сигналы с датчиков можно просматривать не только в цифрах, но и в графическом виде на экране монитора.

Прибор KTS 550 – такой же модуль, как и KTS 520, но вместо мультиметра в нем встроен двухканальный цифровой осциллограф с возможностью просмотра сигналов с амплитудой ± 200 В. Это полнофункциональный осциллограф со всеми возможностями выбора синхронизации, амплитуды и развертки. Наличие осциллографа значительно повышает диагностические возможности прибора. Остальные технические характеристики абсолютно аналогичны.

Электронные блоки управления в автомобиле диагностируют в соответствии с инструкциями по их эксплуатации.

Чтобы очистить рабочие помещения от отработавших газов, используют многопостовые системы вытяжки, соответствующие стандартам.

Компания Bosch для работы с автомобильными бортовыми компьютерами выпускает прибор **KTS 650** (варианты KTS 520 и KTS 550) для использования на персональном компьютере. Это универсальный прибор, с помощью которого легко определить неисправность в бортовом компьютере и получить всю необходимую информацию для ее устранения. Он разработан таким образом, чтобы исключить моральное и техническое старение приборов. Программное обеспечение KTS 650 включает описание электронных систем управления с фотографиями, методиками поиска и устранения неисправностей, схемы и планы ТО. Прибор KTS 650 дает возможность использовать его для диагностирования двигателя и проводить исследование при движении автомобиля.

Для диагностирования блоков автомобильной электроники используются следующие протоколы обмена данными с автомобильными бортовыми системами: ISO-протокол для европейских автомобилей, SAE-протокол для американского и японского рынков, CAN-протокол, BS – чтение кодов ошибок в режиме мерцания кодов.

Прибор KTS 650 считывает из электронных блоков управления список неисправностей, высвечивает значения величин, активизирует исполнительные механизмы и определяет все неисправности компонентов. Дает возможность классифицировать ошибки на случайные и статические. Благодаря возможностям программного обеспечения можно оценивать коэффициент состава смеси, наладить датчики после их замены, отрегулировать угол опережения зажигания и впрыскивания.

Все измеренные величины прибор может предложить в графическом виде (режим осциллографа). А наличие двухканального цифрового осциллографа дает возможность одновременно просматривать два важных для диагностирования сигнала. Встроенный мультиметр (ток, напряжение, сопротивление, пробой, обрыв, диодное напряжение) высвечивает результаты измерения нужного параметра. Эти параметры могут быть выданы также в графической форме. Это дает возможность провести комплексное ТО автомобилей всех моделей. Все данные можно распечатать на принтере как основу для калькуляции расходов и других проведенных работ.

Технические данные. Операционные системы Windows ME 128 Мб, 20 Гб HDD; цветной TFT монитор 12,1" с режимом touch screen, промышленный стандарт, который обеспечивает широкий угол обзора, разрешение

SVGA 800×600; встроенные мультимедийные средства – спикер, выход на телефоны, сетевая карта LAN (10/100 Мбит), PCMCIA-стандарт; статус-индикатор с использованием четырех светодиодов: ON/OFF, сеть, зарядка аккумуляторов, доступ к HDD; управление с использованием экранной клавиатуры; долговечные литиевые батареи, которые дают возможность использовать KTS 650 в автономном режиме до 2 часов.

Прибор насыщен разнообразным вспомогательным оборудованием: мультимедийным пакетом, встроенным микрофоном, устройством для беспроводной трансляции данных. Так же, как и другие модели сканеров, KTS 650 адаптирован для работы в локальной сети. Предусмотрены широкие возможности для подсоединения периферийных устройств (монитора, принтера внешних носителей памяти). С учетом небольших габаритов и массы (около 4 кг) он идеален для проведения тестирования электронных систем автомобиля в движении. В общем, продумано все для того, чтобы KTS 650 органично вписался в структуру современного диагностического участка.

Прибор KTS 650 выпускают полностью готовым к использованию. Это означает, что нет потребности подключать его, как KTS 520 и KTS 550 к IBM-совместимому компьютеру; KTS 650 работает как мощный ноутбук промышленного выполнения с противоударным корпусом. Экран этого прибора представляет собой активную матрицу, которая выполняет роль клавиатуры. Нажимая на соответствующую пиктограмму, можно выполнить ту или другую операцию. Это значительное преимущество в условиях работы СТОА. В KTS 650 как отдельный модуль входит KTS 550, поэтому по техническим возможностям диагностирования автомобиля этот прибор аналогичен прибору KTS 550.

KTS 650 использует следующие протоколы обмена данными с автомобильными бортовыми системами:

- ISO-протокол для европейских автомобилей;
- SAE-протокол для американского и японского рынков;
- CAN-протокол;
- BS-чтение кодов ошибок в режиме мерцающих кодов.

Системный диагностический тестер KTS 570. Внешний вид модуля KTS 570 приведен на рис. 4.27.

Основные функции электронного модуля диагностирования KTS 570:

1. Диагностирование блоков управления с возможностью:

- чтения регистратора неисправностей;
- отображения фактических значений;
- управления исполнительными механизмами;
- использования дополнительных специфических для блоков управления функций;

2. Проведение измерений с помощью мультиметра с возможностью:

- измерения напряжения;
- измерения сопротивления;
- измерения электрического тока (при наличии дополнительной токоизмерительной щупа или токоизмерительного шунта).

3. Использование двухканального осциллографа для регистрации данных измерений.



Рис. 4.27. Внешний вид тестера KTS 570 и его комплектующие:

1 – модуль KTS 570; 2 – USB-Bluetooth адаптер; 3 – диагностический провод OBD; 4 – соединительный четырехполюсный провод UNI4; 5 – соединительный провод USB; 6 – провод подключения к электросети; 7 – блок питания; 8 – измерительный провод красного/черного цвета; 9 – измерительный провод синего/желтого цвета; 10 – измерительные щупы красного цвета; 11 – провод заземления; 12 – присоединительная клемма; 13 – крепящий зажим с винтами; 14 – диск с программным обеспечением ESI[tronic]; 15 – чемодан

Измерительно-вычислительные комплексы (мотор-тестеры) FSA 720, 740, 750 являются универсальными приборами нового поколения, которые позволяют проводить всесторонний анализ система автомобиля, имеют все возможности моторной и системной диагностики, содержат диагностический модуль FSA, датчики, высокопроизводительный компьютер, монитор TFT, пульт управления и принтер для точной диагностики и поиска неисправностей.

Диагностические возможности комплекса FSA 720. Совокупность мощных аппаратных и программных средств предоставляет консольному мотор-тестеру FSA 720 большое количество функций. Важнейшие из них:

- диагностирование состояния механической системы двигателя (оценка состояния цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма по результатам трех тестов, определение теплового режима двигателя по температуре масла, проверка герметичности системы впуска);
- диагностирование системы зажигания (тестирование катушки зажигания, проводов и свечей с помощью анализа осциллограмм напряжения в первичной и вторичной цепи);
- диагностирование процесса сгорания топлива (проверка качества смесеобразования и эффективности сгорания смеси по составу отработавших газов, определение баланса мощности с одновременным контролем концентрации углеводородов);
- диагностирование электронных систем управления (анализ формы электрических сигналов в цепях датчиков и исполнительных элементов систем в режиме лабораторного осциллоскопа);
- контроль пуско-зарядных характеристик системы бортового электропитания (предусмотрены тесты стартера, аккумулятора, генератора и регу-

лятора напряжения, а также специальный тест искро- и смесеобразования в режиме запуска позволяет выявить причины затрудненного пуска двигателя);

- диагностирование бортовой электрики (проверка электрических цепей на наличие обрывов, короткого замыкания и утечек тока, оперативное тестирование генератора, регулятора напряжения, выпрямляющих диодов и т. п.).

Система FSA 740 (рис. 4.28) предназначена для диагностирования механических и электрических параметров двигателя, анализа работы бортовых компьютеров, оценки состава отработавших газов. Эта система пригодна для всех сфер использования: измерения, диагностирования, документирования результатов и учебы. Она достоверно и быстро анализирует неисправности с использованием двухканального цифрового осциллографа с уникальными возможностями. Постоянно совершенствуется ее программное обеспечение, которое дает возможность без изменения базовой модели удовлетворять требования рынка.

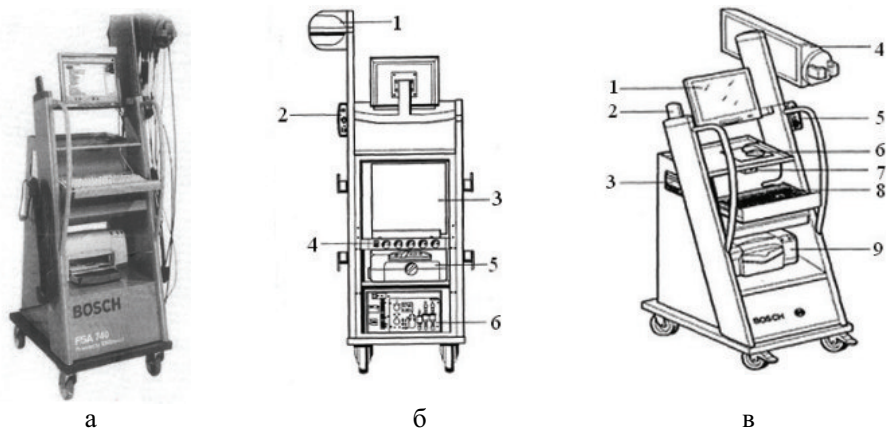


Рис. 4.28. Стенд FSA 740:

а – внешний вид; б – вид сзади: 1 – мотор-тестер FSA 720; 2 – системный тестер KTS 520; 3 – персональный компьютер; 4 – выключатель со штекерной колодкой; 5 – принтер; 6 – модуль газоанализатора; в – вид спереди: 1 – монитор; 2 – пульт дистанционного управления; 3 – персональный компьютер; 4 – мотор-тестер FSA 720; 5 – системный тестер KTS 520; 6 – мышь; 7 – приемник сигналов с пульта ДУ; 8 – клавиатура; 9 – принтер

Система FSA 740 измеряет частоту вращения с помощью датчика верхней мертвой точки, сигнала первого цилиндра; угол установки зажигания с помощью датчика верхней точки (с автоматическим распознаванием) или стробоскопа; угол замкнутого состояния в процентах или градусах и длительность замкнутого состояния в миллисекундах; длительность впрыска, определенную на форсунке или в другой пригодной для этого точке; напряжение относительно массы или какого-то другого потенциала; температуру с помощью температурного датчика. Система FSA 740 выполняет динамическое измерение компрессии через ток стартера; прямое сравнение измеренных значений с нормативными; рядное, растровое или одиночное

представление напряжения искрообразования, первичное и вторичное, с распределительной или безраспределительной системой зажигания, а также сигналы в электронных автомобильных системах как функции тока или напряжения, что расширяет возможности FSA до полноценного лабораторного осциллоскопа; диагностирование электронных блоков управления; газовый анализ (CO , C_nH_m , CO_2 , O_2), анализ сигналов от лямбда-зонда.

Особенности системы FSA 740 – полностью модульная структура; может контролировать компоненты на борту автомобиля (например, CAN-шины); имеет новый мощный цифровой осциллограф (частота тока 50 МГц); обеспечивает сохранение измеренных и выведение контрольных сигналов на экран монитора; длительное измерение токов, которые потребляются разными элементами на борту автомобиля с записью в интервале времени до 24 час; имеет встроенный сигнал-генератор для имитирования сигналов разных датчиков (лямбда-зонд, расходомер воздуха, датчик температуры, и т. п.), сетевой вариант прибора, демонстрационный режим для учебы персонала; может исследовать отработавшие газы с помощью баз данных автомобилей, клиентов и измерений (опций). Прибор может диагностировать блоки управления: чтение памяти ошибок, действительных значений сигналов, из датчиков, настройка исполнительного оборудования, очистки памяти ошибок, обнуления интервалов сервиса, в объеме функций KTS 650; допускает подключение вспомогательного программного обеспечения, например каталога запасных частей, технической документации, схемы подключений и т. п.

Комплектность системы FSA 740: блок-датчик для измерения параметров двигателя: триггерная цанга первого цилиндра, измерительный разъем мульти-1, измерительный разъем мульти-2, датчики сигналов во вторичной цепи системы зажигания, датчики сигналов в первичной цепи системы зажигания, токовая цанга на 1000 А, температурный датчик, стробоскоп, датчик давления (сжатия воздуха); русифицированное ПО; TFT-монитор; системный блок; клавиатура; пульт ИК дистанционного управления; принтер; KTS 520 – модуль диагностирования бортовых компьютеров.

Вспомогательный комплект: датчик температуры воздуха, инфракрасный датчик температуры, датчик давления топлива, модуль газоанализатора BEA 050, модуль дымомера RTM 430.

Техническое диагностирование автомобильных двигателей с использованием наличного оборудования выполняют специалисты, владеющие современными информационными технологиями, со строгим соблюдением инструкции, которой комплектуется прибор.

4.6.2. Системы контроля и диагностирования фирмы SUN

В каталоге «Эквинет» - ее лучшие представители, прежде всего это «бестселлеры», сканеры SUN PDL 1000 и PDL 2000. Среди профессиональных диагностов они пользуются заслуженной репутацией одних из лучших мультибрендовых приборов, надежных, предельно простых в применении и

обладающих богатыми функциональными возможностями. Этим они обязаны, прежде всего, качественно, детально проработанному программному обеспечению. ПО разрабатывалось с учетом потребностей автоспециалистов, использующих диагностические приборы SUN (Snap-On) в различных частях света. Оно состоит из нескольких пакетов, включающих протоколы обмена данными с бортовой электроникой автомобилей определенного сектора мирового рынка. На сегодняшний день доступны следующие программные пакеты:

- All Europe, предназначенный для исследования электронных систем практически всех (16 марок) автомобилей, официально продающихся в Европе. Европейский пакет содержит программы для более чем 5000 комбинаций модель/система управления двигателем. Наиболее глубоко «софт» проработан в отношении автомобилей VAG, Mercedes-Benz и BMW. Пакет включает программный модуль для диагностики большой группы автомобилей с использованием универсального протокола EOBD/OBD-II;

- US Domestic, содержащий программы для диагностирования автомобилей «большой американской тройки» (Ford, GM, Chrysler/Jeep);

- US Asian с программами для автомобилей азиатского производства, поставляемых на американский рынок;

- Australian Asian с программным обеспечением для азиатских автомобилей (как с левосторонним, так и с правосторонним рулевым управлением), поступающих на австралийский рынок.

Программа загружается в сканер путем установки сменного картриджа. В современных сканерах SUN используются программируемые картриджи, что позволяет конфигурировать содержимое софта в соответствии с потребностями покупателя, а также обновлять и дополнять его. В комплект сканера входят кабели-адаптеры в составе, соответствующем выбранной программной конфигурации.

Тот же программный продукт используется не только в сканерах PDL 1000/2000, но и в диагностической информационной системе SUN MODIS.

MODIS – компактный прибор для диагностики двигателя и электронных систем автомобиля, сочетающий в себе несколько разносторонних функций. В зависимости от текущих потребностей диагноста он может использоваться в качестве универсального графического сканера, четырехканального осциллографа с расширенными возможностями или цифрового мультиметра. Особенность MODIS – модульный принцип аппаратного построения. Прибор представляет собой базовое устройство, в которое установлены два съемных модуля. Один из них придает устройству свойства сканера, другой – осциллографа и мультиметра.

При использовании в качестве сканера возможности MODIS абсолютно идентичны сканерам PDL. С его помощью можно считывать коды неисправностей, расшифровывать их значение и удалять из памяти системы управления, управлять исполнительными элементами, активировать специальные режимы и сбрасывать сервисную индикацию, просматривать текущие параметры на цветном экране в графическом виде и сохранять их в па-

мости для последующего анализа. Цифровой осциллоскоп диагностической системы отличается высоким быстродействием (до 6 млн. преобразований в секунду) и может использоваться в двух режимах. В первом с его помощью можно одновременно просматривать до четырех высокочастотных сигналов в цепях датчиков и исполнительных устройств системы управления. Во втором – анализировать осциллограммы напряжения в системах зажигания, включая устройства с индивидуальными катушками. Мультиметр позволяет измерять величину постоянного и переменного напряжения, сопротивление, а также проверять работоспособность диодов и транзисторов.

Модульный принцип построения придает прибору гибкость в применении. В случае отказа одного из модулей прибор не утрачивает работоспособность полностью. К тому же, благодаря модульной структуре и обновляемому программному обеспечению, возможности диагностической системы в будущем могут быть расширены. Через развитые устройства коммуникации (VGA-, COM-, USB- и IR-порты) к прибору можно подключить любые периферийные устройства: газоанализатор, принтер, внешние датчики, увязывая все составляющие диагностического процесса в единый комплекс. Наличие PCMCIA-порта дает возможность использовать сетевую карту или модем для работы в составе локальной сети или соединения с Интернет. Небольшие габариты и масса, а также предусмотренная возможность питания от встроенного аккумулятора делают MODIS не только удобным для использования в условиях диагностического участка, но и позволяют применять его при ездовых испытаниях.

Диагностические приборы SUN можно рекомендовать тем, кто работает с автомобилями европейского производства, прежде всего с популярными немецкими марками. В комплекте с «американским пакетом» они уверенно справляются с тестированием любых американских автомобилей, произведенных как для внутреннего, так и для европейского рынков, а также для автомобилей, официально поставляемых на рынок США. Привлекательность сканеров SUN еще более возрастает ввиду проводимой концерном политики демократизации цен. Благодаря ей эти первоклассные диагностические инструменты стали значительно доступнее для потребителей.

4.6.3. Системы контроля и диагностирования фирмы Nextech

Фирма Nextech начинала свою деятельность с разработки сканера Carman Scan Hi-Pro, дилерского прибора для диагностики автомобилей KIA и Hyundai. Выпущенная позднее мультибрендовая версия сканера Carman Scan I унаследовала от предшественника его архитектуру. Это многофункциональный диагностический прибор, в корпусе которого находятся: универсальный сканер, двухканальный запоминающий осциллоскоп, мультиметр и генератор импульсов для имитации сигналов датчиков. Встроенный генератор импульсов – довольно редкий, но весьма полезный «довесок». С его помощью можно контролировать исправность датчиков и логику работы системы управления [35].

Возможности применения прибора в качестве мультимарочного сканера определяются составом установленного в него «софта», дополненного соответствующим комплектом адаптеров для подключения к диагностическим разъемам. Для удобства пользователей программный продукт разбит на разделы по региональному признаку. В зависимости от потребностей покупателя могут быть установлены разделы «Корея», «Япония», «Европа» или любые их комбинации. Раздел корейских автомобилей включает программы диагностики Hyundai, KIA, Daewoo и Ssang Yong. Причем по первым двум моделям сканер выполняет все дилерские функции за исключением перепрограммирования иммобилайзера. Список японских марок включает буквально все от «А» (Acura) и до «Т» (Toyota). По мнению специалистов, на сегодняшний день программ для диагностики автомобилей корейского и японского производства лучше, чем у Nextech, просто нет. Российским сервисменам прибор интересен еще и тем, что в «европейской» комплектации он может работать как с немецкими и французскими автомобилями, так и с продукцией автозаводов (ВАЗ, ГАЗ и УАЗ), в том числе оснащенных последними версиями ЭБУ Bosch и Январь.

Помимо Carman Scan I фирма Nextech производит еще два прекрасных инструмента для системной диагностики – Carman Scan II и Carman Scan VG. Возможности всех «карманов» с точки зрения сканирования бортовых электронных систем идентичны, поскольку в них используется один и тот же «софт». Carman Scan II представляет собой просто универсальный сканер, без каких либо «излишеств». Тем, кому они не нужны, это дает возможность приобрести отличный прибор по минимальной цене. В отличие от модели Carman Scan II, прибор Carman Scan VG, наоборот, полон «излишеств», причем весьма полезных. По сути, это специализированный портативный компьютер с цветным семидюймовым сенсорным дисплеем, 386-м процессором, жестким диском на 40 Гб и всевозможными портами для подключения периферийных устройств и интегрирования в сеть.

Carman Scan VG – это и универсальный сканер, и четырехканальный запоминающий осциллоскоп, и мультиметр, и генератор сигналов датчиков. Причем прибор обладает практически всеми функциями профессионального мотор-тестера. С его помощью можно выполнять тест «баланс мощности по цилиндрам» и исследовать системы зажигания различных типов. Благодаря емкому жесткому диску диагностическая станция дает возможность пользователю формировать архив измерений и осуществляет его информационную поддержку. Встроенная система помощи содержит информацию о месте расположения и принципе работы того или иного элемента системы управления, методике его контроля, схемах подключения приборов, типовые осциллограммы, численные значения измеряемых сигналов и другие полезные данные.

Все модели сканеров фирмы Nextech имеют русифицированный интерфейс. Их программное обеспечение постоянно совершенствуется и обновляется ежеквартально. Зарегистрированные пользователи приборов получают бесплатный доступ к обновленным версиям ПО на официальном

Интернет-сайте производителя. Бесспорным достоинством этих приборов является самая демократичная цена [35].

4.6.4. Системы контроля и диагностирования фирмы Теха

Итальянская фирма Теха занимается автомобильной диагностикой с 1992 года и производит универсальные диагностические приборы для независимых автосервисов под торговой маркой Axone. Приборы Axone отличает самое современное аппаратное исполнение, в основе которого лежит очень гибкая, модульная структура. К примеру многофункциональная система Axone 2000 в базовой комплектации представляет собой мультибрендовый сканер, поддерживающий все европейские протоколы, включая EOBD и CAN. Программное обеспечение сканера главным образом ориентировано на работу с европейскими автомобилями и прежде всего с автомобилями концерна Fiat. При желании к прибору дополнительно можно приобрести:

- комплект мультиметра с цифровым, аналоговым и графическим отображением измеряемых параметров;
- комплект осциллоскопа для отображения сигналов в цепях низкого и высокого напряжения;
- комплект для контроля аккумуляторной батареи (напряжением до 42 В);
- комплект измерения давления с цифровым и графическим режимом отображения;
- комплект модемной связи для получения обновлений «софта» через телефонную линию.

Каждый комплект состоит из съемного модуля с набором необходимых коннекторов и датчиков. Прибор можно подключить к компьютеру. Установив на компьютер фирменное ПО, диагност получает поддержку программы самодиагностики, составной частью которой является база данных. Кроме этого, программа дает возможность использовать различные режимы отображения результатов тестирования, сохранять их в памяти и вывести на печать.

На сегодняшний день фирма Теха предлагает, пожалуй, лучшее решение для системной диагностики грузового транспорта европейского производства. Для этих целей служит прибор Axone 2000 Motor Truck. По конструктивному исполнению и архитектуре он идентичен модели Axone 2000 и отличается лишь составом диагностического «софта», который дает возможность выполнять глубокую электронную диагностику грузовиков, автобусов и специальной техники.

Флагманом приборов Теха является новейшая диагностическая система Axone 3 Mobile. В отличие от приборов модификации Axone 2000, которые могут быть подключены к компьютеру, Axone 3 Mobile сам является специализированным портативным компьютером. Оригинальный корпус, большой активный экран, встроенная видекамера, современные устройства беспроводной связи стандартов GSM и Bluetooth, литиевый аккумулятор –

такой комплектации позавидуют современные ноутбуки! На жесткий диск «мобайла» устанавливается оригинальное программное обеспечение, которое включает программы для электронной диагностики легковых и грузовых автомобилей, а также интегрированную справочно-информационную систему. «Флагман» может играть роль нескольких диагностических инструментов (мультимарочного сканера, осциллоскопа с функциями мотор-тестера, тестера АКБ, универсального измерителя). Изменение «ампула» достигается установкой соответствующего съемного модуля. Диагностические возможности системы могут быть расширены подключением приборов газоанализа, связь с которыми осуществляется по радиоканалу.

Современное исполнение, гибкая модульная структура, позволяющая постепенно наращивать возможности диагностического комплекса, эффективная работа с грузовой техникой и приемлемый ценовой диапазон являются достоинствами продукции Теха.

4.6.5. Системы контроля и диагностирования фирмы Autologic

Приборы, о которых упоминалось ранее, являются универсальными с точки зрения марок обслуживаемых автомобилей и предназначены в основном для мультибрендовых СТО. Независимым автосервисам, специализирующимся на обслуживании автомобилей одного производителя, компания «Эквинет» предлагает продукцию британской фирмы Autologic. Она включает серию специализированных сканеров, каждый из которых предназначен для диагностики бортовой электроники автомобилей одной марки. Так, можно приобрести сканеры для работы с продукцией Mercedes-Benz, BMW, Jaguar и Land Rover. При стоимости существенно меньшей, чем дилерские модели (Star Diagnosis, GT-1 или Rover test Book T4), они ничем не уступают им в части функциональных возможностей. С их помощью можно кодировать и перепрограммировать все контрольные модули, программировать иммобилайзеры и ключи, выполнять адаптацию любых компонентов и дополнительных аксессуаров. Сканеры Autologic официально разрешены для применения дилерами Mercedes-Benz и BMW в качестве второго прибора. Программное обеспечение всех сканеров ежегодно обновляется. На оборудование предоставляется двухлетняя гарантия. Небольшой недостаток сканеров – англоязычный интерфейс. Надо отметить, что приобретение такого прибора значительно выгоднее, чем нередко практикующаяся покупка бывшего в употреблении дилерского сканера.

4.6.6. Диагностический прибор Snooper

Фирма Würth Online World (WoW) предлагает мелким и средним авторемонтным мастерским (АРМ) удобный прибор Snooper для диагностики различных марок автомобилей. Наряду с вариантом на базе ноутбука имеется мобильная версия с миникомпьютером Pocket-PC/PDA. Размеры прибора 130×90 мм и вес 600 г (рис. 4.29) подходят для комплексной про-

верки электронных систем (опрашивания и стирания содержимого регистратора неисправностей всех блоков управления).



Рис. 4.29. Внешний вид диагностического прибора Snooper

При наличии в АРМ диагностического стенда подобные приборы можно использовать, например, для того, чтобы уже во время приемки автомобиля быстро просмотреть регистратор неисправностей и выдать клиенту заключение о предстоящих ремонтных работах на основании выданных прибором данных. Фирма WoW предлагает такой компактный диагностический тестер Snooper (по англ. – ищейка). Он позволяет осуществлять считывание данных электронных блоков управления различных систем автомобиля как бескабельным способом посредством техники Bluetooth, так и через кабель USB.

Полноценной диагностической системой Snooper становится лишь в том случае, если считанные данные будут обработаны и выданы через мини-компьютер (PDA – персональный цифровой ассистент/Pocket-PC – карманный ПК) или ноутбук. Исходя из различных потребностей или финансовых возможностей АРМ, фирма WoW предлагает свой тестер в виде модульной конструкции из разных составляющих.

Для специалистов-диагностов, которые особое значение придают максимальной мобильности и портативности, рекомендуется малогабаритный вариант Snooper Pocket-PC с традиционным карманным ПК, интегрированным разъемом Bluetooth и системой Snooper в качестве диагностического тестера. Карманный ПК посредством техники Bluetooth обменивается данными без кабеля со Snooper, который как сканер снимает данные из блоков управления. Так как в PDA-варианте отпадает занимающая много времени загрузка всей операционной системы, этот удобный портативный прибор быстро настраивается на работу. Объем функций программного обеспечения мини-компьютера PDA ограничен основными диагностическими функциями: считывание и стирание кодов неисправностей из регистраторов неисправностей блоков управления и их краткая интерпретация. В комплекте с ноутбуком можно также составлять наглядные графические распечатки,

которые можно предъявить клиенту в качестве отчета о проделанных работах по поиску неисправности и ремонту.

Актуализация данных производится еженедельно через Интернет. Обновление программного обеспечения карманного ПК осуществляется с помощью USB-кабеля.

В меню «Список данных» система позволяет считывание фактических параметров только в режиме «Самодиагностика». Данные можно представить либо в виде цифровой оценки, либо в виде графика.

Если автомобиль допускает «полную диагностику», сканер самостоятельно ищет все возможные или фактические встроенные блоки управления, которые подсоединены к шине данных CAN-Bus, и автоматически «опрашивает» их регистраторы неисправностей в объеме, определенном фирмой-изготовителем автомобиля. Исправные системы программное обеспечение Spoorer указывает зеленым цветом и помечает их символом «ОК». Красным цветом обозначаются неисправности. Дополнительно пользователь получает текстовое указание «Обнаружены неисправности в блоке управления». Системы, предусмотренные конструкцией, но не имеющиеся в наличии или с которыми не работает связь, программа отмечает черным цветом и текстом «Узел не отвечает». Если пользователь указывает на отмеченную красным цветом неисправную систему, открывается окошко с дополнительной информацией. После этого он может войти в меню «Диагностика отдельных деталей».

В виде опции фирма WoW предлагает наборы кабелей для разных моделей автомобилей.

Контрольные вопросы

1. Приведите системы контроля и диагностирования фирмы Bosch.
2. Приведите системы контроля и диагностирования фирмы SUN.
3. Приведите системы контроля и диагностирования фирм Nextech и Texa.

4.7. Автомобильные сканеры

4.7.1. Применяемость сканеров

Общие сведения. В блоки управления электронными системами современных автомобилей встроена функция самодиагностики, позволяющая выявлять неисправности датчиков, электропроводки и самого блока. Для считывания этой информации автомобили оснащаются диагностическими разъемами для подключения к ним сканеров.

Сканер – это портативный компьютер с миниатюрным дисплеем на жидких кристаллах, способный обмениваться информацией с компьютером ЭБУ автомобиля по соединительному кабелю. Сканер является первичным диагностическим средством контроля электронных компонентов, параметров узлов и систем управления автомобиля. В отличие от мотор-тестера и газоанализатора сканер не ограничен только системой управления двигателем, а предполагает охват разнотипных систем. В настоящее время без ска-

нера невозможно провести диагностику и тестирование современного автомобиля.

Основная функция сканеров – считывание и расшифровка кодов ошибок из памяти неисправностей блоков управления двигателем.

Сканер – это диагностический тестер, который получает доступ к внутрисистемной информации ЭБУ и выдает эту информацию на дисплей. Другие диагностические средства имеют доступ только к внешним входным и выходным сигналам различных устройств автомобиля. Стандартный сканер обеспечивает:

- доступ к кодам регистратора неисправностей;
- доступ к текущей информации в ЭБУ;
- запись параметров во время ездовых испытаний;
- испытательное управление исполнительными механизмами.

Сканер осуществляет обмен данными с электронным блоком управления системы и имеет доступ к его памяти и внутренним ресурсам. Автосканером диагностируют электронные системы управления силовым агрегатом, антиблокировочные системы тормозов, системы управления подвеской автомобиля, подушками безопасности и т. п.

Информация, которую сканер может получить с автомобиля, определяется не сканером, а программным обеспечением бортового компьютера. Большинство автомобильных компаний выпускают специальные сканеры, предназначенные для работы только с конкретными моделями автомобилей. Имеются и универсальные сканеры, которые можно использовать с различными моделями автомобилей (рис. 4.30). Сменные программные картриджи и комплекты соединительных кабелей позволяют это делать [33, 35, 37].

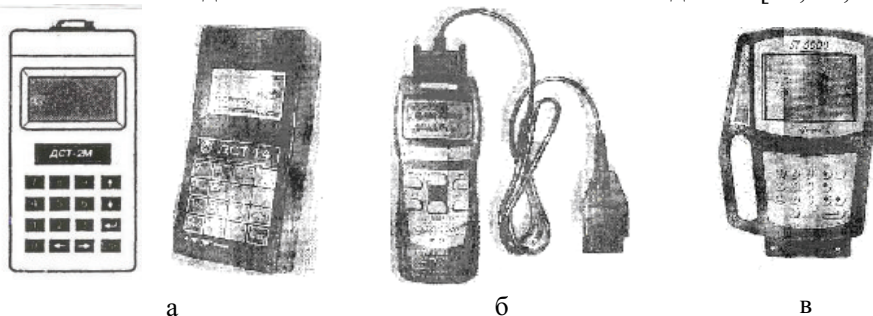


Рис. 4.30. Общий вид различных моделей сканеров:
а – ДСТ-2М и ДСТ-14; б – CAN OBD-II; в – ST-6000

Сканер является необходимым инструментом для диагностики автомобильных электронных систем. Последние модели сканеров обеспечивают получение большого объема внутрисистемной диагностической информации, которую трудно или невозможно получить иным путем. Портативность сканера позволяет его использовать также при ездовых испытаниях. Получение информации в реальном масштабе времени облегчает обнаружение нерегулярных (непостоянных) неисправностей.

Одной из наиболее полезных возможностей сканера является запись данных в электронную память сканера во время ездовых испытаний. После

возвращения в цех эти данные могут быть выведены на дисплей для анализа. Фирмы-производители сканеров называют эти записи снимками, фильмами, событиями. Воспроизведение записей в замедленном темпе позволяет тщательно проанализировать работу датчиков и исполнительных механизмов.

Сканер предназначен для непосредственного взаимодействия с компьютером ЭБУ автомобиля, благодаря чему позволяет контролировать внутрисистемные компьютерные операции. Возможности сканеров варьируются в зависимости от цены и производителя. Последние модели сканеров обеспечивают получение большого объема полезной диагностической и текущей внутрисистемной информации, которую трудно или невозможно получить иным путем.

Сканеры являются средствами диагностики, позволяющие считывать информацию в цифровом виде из памяти. Они подключаются к диагностическому разъему автомобиля.

В зависимости от исполнения сканеры позволяют:

- считывать из памяти коды ошибок;
- классифицировать их на текущие и запомненные;
- расшифровывать коды в текстовом виде;
- отображать интерпретацию ECU текущих значений сигналов от датчиков и расчетных величин;
- активизировать некоторые исполнительные элементы системы управления двигателем (форсунки, регулятор холостого хода, клапан продувки адсорбера и др.);
- перезаписывать в память ECU значение некоторых коэффициентов (например, коэффициент коррекции топливоподачи и величину сдвига угла опережения зажигания на режиме мощностного обогащения).

В общем виде работу со сканерами можно распределить на следующие этапы:

- 1) подключение прибора к диагностическому разъему автомобиля;
- 2) выбор соответствующей марки и модели автомобиля в меню прибора;
- 3) установление связи прибора и ECU автомобиля;
- 4) определение комплектации системы управления автомобиля;
- 5) получение информации о состоянии систем автомобиля во всех режимах, предусмотренных производителем автомобиля и возможностями сканера.

Запись данных (работа в режиме снимка). Одной из наиболее полезных функций сканера является запись потоков цифровых параметров или системных данных во время ездовых испытаний и их воспроизведение для последующего изучения. Этот режим работы называется режимом снимка. Снимок состоит из отдельных кадров. В зависимости от сканера и модели автомобиля в снимок можно поместить до 150 кадров параметров.

Для записи данных сканер подключают к диагностическому разъему автомобиля и устанавливают связь с ЭБУ. Затем проводят ездовые испытания так, чтобы имитировать появление признака неисправности. Когда при-

знак проявится (например, в виде толчков или рывков), на сканере следует нажать кнопку синхронизации записи. Некоторые модели сканеров позволяют программировать автоматическое включение синхронизации записи параметров при первом появлении кода неисправности. Сканер работает таким образом, что производит запись снимка даже в тех случаях, когда имеется небольшое запаздывание между временем появления признаков неисправности и началом записи.

После установки режима записи параметров сканер постоянно заносит системные данные в свою память. На большинстве сканеров в память помещается около 100 кадров параметров. При поступлении очередного кадра ранее записанная информация стирается из памяти. По сигналу «синхронизация записи» сканер компилирует (размещает) данные в памяти таким образом, что 75-80% кадров в снимке соответствуют ситуации до нажатия кнопки синхронизации (или до появления кода ошибки), остальные кадры соответствуют данным после этого события. После фиксации снимка обновление данных прекращается.

При покадровом воспроизведении снимка параметры появляются на дисплее, как и в реальном времени. Одновременно выводится информация о номере кадра в снимке. Кадр с нулевым номером соответствует моменту синхронизации, кадры до момента синхронизации имеют отрицательные номера, кадры после момента синхронизации – положительные. Анализируя изменение значений параметров и коды неисправностей при покадровом воспроизведении снимка, можно выявить причины непостоянных отказов. Имеется возможность конфигурирования дисплея и сортировки параметров.

Поскольку в настоящее время существует большое количество программных и аппаратных сканеров, например комплексный прибор DCN PRO.

Сканирование и диагностирование автомобилей, оснащенных электронным блоком управления – основная функция DCN PRO. В этом режиме, напрямую связываясь с электронным блоком управления автомобиля, DCN PRO выполняет:

- чтение кодов ошибок;
- отображение сигналов датчиков (Data Stream) как в цифровом, так и в графическом виде;
- отображение сигналов датчиков и рекомендации по устранению неисправностей;
- коррекцию управляющих сигналов;
- стирание кодов ошибок;
- запись информации о работе системы управления в режиме «черный ящик».

Возможности сканера принципиально ограничены возможностями системы самоконтроля, заложенной при разработке ECU. Поэтому на автомобилях ранних годов выпуска возможности сканера даже дилерского уровня ограничиваются чтением и расшифровкой кодов неисправностей.

Применение сканеров более целесообразно на автомобилях последних годов выпуска, в которых возможности самодиагностики ECU более широки.

Еще одной функцией сканера является обнуление межсервисных интервалов.

Применяемость сканеров определяется протоколом обмена. Например, все автомобили группы VAG имеют одинаковый протокол обмена между ECU и сканером. Поэтому для диагностики любого автомобиля этой группы (VW, Audi, Seat, Škoda) достаточно иметь один сканер. Стремление сделать сканеры универсальными привело к появлению сканеров со сменными картриджами и переходниками для разных диагностических разъемов.

После введения стандарта OBD-II все американские и большинство европейских производителей устанавливают на автомобиле одинаковый диагностический разъем. Протокол OBD-II позволяет считывать те параметры, которые непосредственно влияют на безопасность и токсичность отработавших газов. При этом протокол обмена производителя позволяет считывать гораздо большее количество данных.

Конструктивно сканеры различаются на аппаратные и программные.

Аппаратные представляют собой электронный прибор, имеющий клавиши управления и экран для отображения информации.

Программные состоят из программы, устанавливаемой на персональный компьютер, и адаптера для преобразования сигналов ECU к сигналам доступным к обработке на персональном компьютере. Пример аппаратного сканера DST-2M, программного – комплект MT-2.

Если изменения ездовых характеристик не соответствуют показаниям сканера, следует использовать другое диагностическое оборудование. Сканеры мало полезны при поиске неисправностей в узлах автомобиля, не контролируемых ЭБУ. Это механические и электрические неисправности, такие как: уменьшение компрессии в цилиндрах, неисправности в системе электроснабжения, образование нагара на свечах, неисправности в системе зажигания, в топливной системе, в средствах очистки токсичных выхлопных газов и т. п. Хотя бортовая диагностическая система, соответствующая стандарту OBD-II, регистрирует информацию о пропуске воспламенения или неэффективности каталитического нейтрализатора, она не может определить причину возникновения этих неисправностей. Перед применением сканера всегда надо провести базовую проверку систем автомобиля на наличие неисправностей.

В автомобиле может быть не предусмотрена выдача диагностической информации или к ней нет доступа через диагностический разъем. Тогда следует пользоваться универсальным сканером, который имеет режимы работы мультиметра и осциллографа.

Состав диагностической информации и способы доступа к ней варьируются в зависимости от модели и производителя автомобиля.

На некоторых автомобилях можно получить информацию о кодах неисправностей, подсчитывая вспышки лампы «Check Engine» на приборном

щитке, колебания стрелки аналогового вольтметра, отклонения луча осциллографа. Эти методы неудобны и требуют значительных затрат времени.

Только с помощью сканера можно получить быстрый доступ к потоку различных цифровых параметров в автомобильных электронных системах. Располагая набором программных картриджей и соединительных кабелей, можно использовать один и тот же универсальный сканер при работе с автомобилями различных производителей.

Сканер портативен, его можно применять и во время ездовых испытаний. Получение потока текущей информации во время ездовых испытаний под нагрузкой облегчает обнаружение непостоянных неисправностей. Большинство сканеров позволяет записывать текущие данные во время езды автомобиля, чтобы потом просмотреть их в замедленном темпе.

С помощью сканера можно проверять некоторые функции управления, выполняемые ЭБУ, так как имеется возможность управлять через ЭБУ некоторыми исполнительными механизмами. В стандартном исполнении сканер позволяет провести проверку баланса форсунок, регулировку оборотов холостого хода, включение и выключение бензонасоса и т. д. Полный состав операций зависит от типа сканера и ЭБУ автомобиля и определяется разработчиком диагностической системы.

4.7.2. Типы выпускаемых автомобильных сканеров и тестеров для диагностирования блоков управления

Существует много типов выпускаемых сканеров, которые постоянно обновляются, так что описывать здесь все типы сканеров нет необходимости.

Приборы фирмы Bosch KTS 530/540/570 с дополнением ПК или ПК мотор-тестера могут с помощью ESI[tronic] и компьютера превращены в мультибрендовый диагностический сканер (рис. 4.31).

KTS 670 представляет собой модульный, переносной диагностический прибор. Информационно-измерительная система KTS 670 состоит из сканера, процессора, жесткого диска с программным обеспечением, ЖК-дисплея (с touchscreen), литий-ионного аккумулятора и измерительного модуля (мультиметра и осциллографа).

Приборы серии KTS при помощи диагностического кабеля, подсоединяясь к диагностическому разъему автомобиля, считывают неисправности и ошибки, проверяют систему. Для адаптации к различным автомобилям приборы оснащены электронным мультиплексором, который коммутирует диагностические линии прибора с OBD-разъемом автомобиля. Диагностирование компонентов системы может быть проведено мультиметром или осциллографом.

DCU 130 – портативный планшетный ПК для СТО имеет операционную систему Windows 7 (64 бита), управление – стилус (сенсорный ЖК-экран) или виртуальную клавиатуру. Для работы диагностических приборов (KTS-серии) устанавливается программное обеспечение ESI[tronic] 2.0.

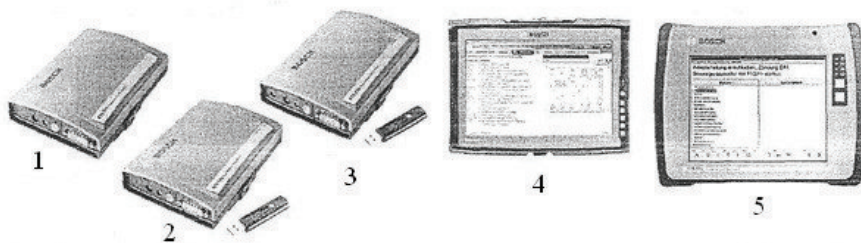


Рис. 4.31. Приборы для диагностирования блоков управления:

1 – KTS 530; 2 – KTS 540; 3 – KTS 570; 4 – DCU 130; 5 – KTS 670



Рис. 4.32. Системный сканер KTS 530 с комплектующими

Системный сканер KTS 530, представленный на рис. 4.32, может подключаться ко всем ноутбукам PC через USB-соединение, быстро и легко адаптируем, поддерживает все диагностические протоколы:

- ISO 9141-2 K/L линии;
- мигающий код (Flash code);
- SAE-J1850 DLC (GM,...);
- SAE-J1850 SPC (Ford);
- CAN ISO 11898, ISO 15765-4 (OBD);
- CAN – однопроводной, высоко-, средне- и низкоскоростной CAN.

Корпус и кабели подходят для работы на СТО, а ISO-CAN-адаптер обмена интегрирован в модуль. Одноканальный мультиметр для измерений U, I, R..., крепление входит в комплект поставки. Мультиплексор для K и CAN протоколов, имеет адаптеры/интерфейсы:

- SD, диагностический кабель;
- мультиметр;

- USB-кабель, блок питания и индикатор включения (A) и связи с автомобилем (B) – светодиоды (LED).

Чемодан и дополнительное оборудование/специальные принадлежности.

В состав системного сканера KTS 570, представленного на рис. 4.33, входят:

- прибор, аналогичный KTS 530, дополнительно;
- двухканальный мультиметр для измерений U, I, R...;

- двухканальный осциллограф для исследования сигналов с двух компонентов одновременно;
- прибор для диагностики и измерений;
- протоколы диагностики, аналогичные KTS 530/540.

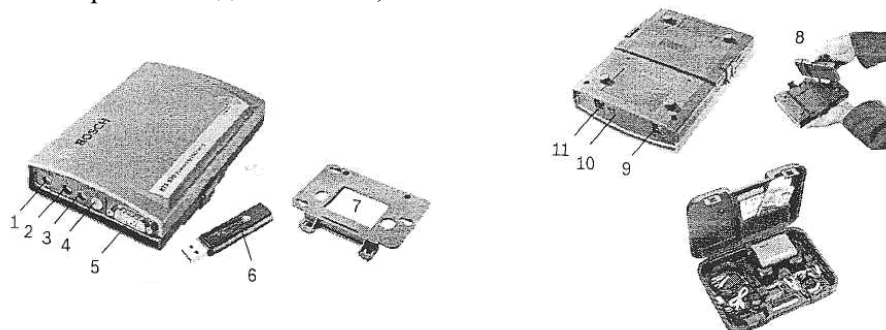


Рис. 4.33. Сканер KTS 570 с комплектующими:

1 – разъем осциллографа или мультиметра V/R/I канал CH2 (+); 2 – подключение заземления (кузов автомобиля) CH2 (-); 3 – разъем осциллографа или мультиметра V/R/I канал CH1 (-); 4 – разъем осциллографа или мультиметра V/R/I канал CH1 (+); 5 – разъем диагностического кабеля; 6 – Bluetooth адаптер; 7 – крепление прибора; 8 – ISO-CAN съемный адаптер; 9 – разъем подключения внешнего источника питания; 10 – индикатор включения (A) и связи (B) – светодиоды (LED); 11 – разъем USB – подключение сканера к ПК

Сканер-тестер DST-2 представляет собой портативный компьютер специального исполнения, предназначенный для диагностического обслуживания автомобилей, оснащенных электронными системами управления двигателем. По диагностическим цепям DST 2 позволяет связаться с блоком управления по каналу K-Line для выполнения следующих функций:

- осуществление связи с подсистемой самодиагностики блока управления;
- тестирование заданных режимов работы двигателя (пуск, холостой ход, режим полной мощности и т. п.);
- проверка работы выходных цепей системы управления;
- выполнение специальных тестов для оценки работы двигателя;
- задание списков параметров для считывания (прочтения) их с электронного блока в рабочем режиме системы управления.

Диагностический тестер может работать с различными комплектами электронных систем управления. Такая гибкость обеспечивается наличием набора программных картриджей для тестера, представляющих собой подобие кассет к магнитофону. Каждый картридж относится к определенному блоку управления и к определенной комплектации системы управления. Сканер имеет небольшой по размеру дисплей, просматривать данные на нем не всегда удобно, даже используя прокрутку кадра. Обычно имеется возможность подключения сканера к персональному компьютеру через последовательный порт для передачи данных.

Специальное программное обеспечение позволяет просматривать данные со сканера в табличном и графическом виде на мониторе компьютера, сохранять их, создавать базы данных по обслуживаемым автомобилям.

Большинство программ реализуют показ данных со сканера на персональный компьютер в табличном или графическом виде. В табличном виде значения параметров представлены как на дисплее сканера, но организованы в столбцы по кадрам. Имеется возможность горизонтальной и вертикальной прокруток. В графическом виде значения параметров нанесены на график относительно оси времени в соответствии с номерами кадров. Такой способ позволяет наглядно представить до 100 кадров одновременно. Для перемещения между кадрами и точного считывания значений параметров используется визир (прямая вертикальная линия).

Сканеры Mega macs – это аппаратные мультимарочные сканеры для диагностики автомобилей европейских и азиатских марок, а также автомобилей, поддерживающих диагностику по протоколам OBD-II и EOBD. Приборы серии Mega macs выполнены на базе КПК.

Комплекс Gutmann Mega macs 55 (Германия) представляет собой сканер для диагностики электронных систем и мотор-тестер с двухканальным осциллографом и цифровым мультиметром (рис. 4.34).

Прибор имеет железный корпус, который надежно защищает электронику от любых внешних воздействий.

На лицевой стороне расположен цветной жидкокристаллический графический экран и клавиатура для управления и ввода информации.



Рис. 4.34. Общий вид комплекса Gutmann Mega macs 55

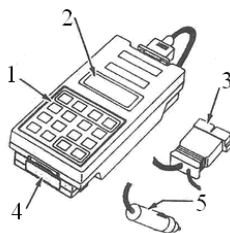


Рис. 4.35. Сканер Tech1 для сканирования автомобилей компании «GM»

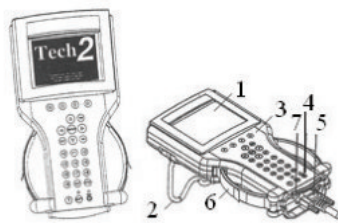


Рис. 4.36. Сканер Tech2 для сканирования автомобилей компании «General Motors»

Сканеры Tech1 и Tech2 автомобильной компании «General Motors», представленные на рис. 4.35 и 4.36, предназначены для поиска неисправностей двигателей и АКП.

На рис. 4.35 цифрами обозначены: 1 – клавиатура; 2 – дисплей; 3 – разъем для соединения с диагностическим разъемом; 4 – картридж 88-91 PLUS; 5 – штекер питания.

На рис. 4.36 цифрами обозначены: 1 – дисплей; 2 – опора; 3 – клавиатура; 4 – кнопка включения/выключения питания; 5 – разъем для соединения с диагностическим разъемом; 6 – регулируемый ремень; 7 – фиксируе-

мый рычаг интерфейса связи с автомобилем (VCI – Vehicle Communications Interface).

С помощью сканера Tech1 можно считывать сигналы с различных входных датчиков и выходных устройств, как при работающем, так и при неработающем двигателе. При работающем двигателе можно наблюдать сигналы как от входных, так и от выходных устройств, таких как муфта блокировки гидротрансформатора, соленоиды регулирования давления и переключения передач. При помощи Tech1 можно также производить сброс кодов.

Сканер «Volvo» (рис. 4.37) позволяет определить место в проводке, разъемах или самих компонентах, на которых замеры и характер неисправности на разъемах блока управления невозможно выполнить.

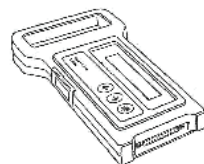


Рис. 4.37. Диагностический сканер «Volvo»

Сканер KTS 651 фирмы Bosch – универсальный портативный аппаратный тестер массой 4 кг, предназначенный для тестирования электронных систем автомобиля, в том числе на ходу. Автономный прибор с цветным сенсорным двенадцатидюймовым дисплеем и органами управления, с мощным микропроцессором и оперативной памятью 128 Мб, жестким диском 20 Гб и DVD-приводом для установки программного обеспечения ECI[tronic] с устройством беспроводной трансляции данных.

Сканер Carman Scan II фирмы Nextech (Корея) – мультимарочный сканер для работы с корейскими и японскими автомобилями с портами различных типов для подключения периферийных устройств и интегрирования в сеть.

Сканер Carman Scan VG фирмы Nextech (Корея) – универсальный сканер, четырехканальный запоминающий осциллограф, мультиметр и генератор сигналов датчиков. Прибор обладает практически всеми функциями профессионального мотор-тестера. С его помощью можно выполнить тест «баланс мощности по цилиндрам», исследовать системы зажигания различных типов. Прибор позволяет сформировать архив измерений и осуществлять его информационную поддержку.

Сканер системной диагностики Axone 2000 фирмы Теха (Италия) – мультибрендовый сканер, поддерживающий все европейские протоколы, включая EOBD и CAN и, прежде всего, автомобилей Fiat.

Система Axone 3 Mobile фирмы Autologic (Британия) включает в себя серию специализированных сканеров, каждый из которых предназначен для диагностики бортовой электроники автомобилей одной марки фирм Mercedes-Benz, BMW, Jaguar и Land Rover.

Сканеры SUN PDL 1000 и PDL 2000 – компактные приборы модульного принципа. Приборы надежные, предельно простые, обладающие богатыми функциональными возможностями сканера, осциллографа и мультиметра. Состоят из нескольких пакетов, включающих протоколы обмена данными с бортовой электроникой систем управления двигателями автомобилей и электронных систем.

Ряд других сканеров и тестеров, их технические характеристики представлены в табл. 4.25.

Диагностический сканер ST-6000 позволяет производить диагностику различных электронных систем управления автомобилей европейского и азиатского рынка, таких как:

- систем управления двигателем (EFI, EDI);
- автоматической коробки передач;
- антиблокировочной системы (ABS);
- подушек безопасности (SRS);
- панели приборов и т. д.

Сканер работает автономно или под управлением персонального компьютера. Имеет полностью русифицированный интерфейс и встроенную пользовательскую базу данных, которая регулярно обновляется через Интернет. Производитель сканера – фирма BrainVee (Италия).

Диагностический сканер AD-9000 на базе ПК AD-9000 позволяет производить диагностику различных электронных систем автоматического управления (включая поддержку шины данных CAN) автомобилей европейского и азиатского производства. С помощью AD-9000 можно проконтролировать работу таких систем, как:

- системы управления двигателем (EFI, EDI);
- АКПП;
- антиблокировочной системы (ABS);
- подушек безопасности (SRS);
- иммобилайзер и т. д.

Сканер работает под управлением персонального компьютера (Desktop или Notebook). Программное обеспечение имеет полностью русифицированный интерфейс и встроенную пользовательскую базу данных, которая регулярно обновляется. Производитель сканера – фирма BrainVee (Италия).

MDL Pro - сканер на базе ПК позволяет проводить диагностику электронных систем управления автомобилей европейского, американского и азиатского производства моделей с 1986 до 2006 года включительно.

Универсальный мультимарочный сканер XDL Pro – профессиональный диагностический прибор для работы с электронными системами управления автомобилей различных марок. Диагностические возможности сканера максимально приближены к дилерским и могут расширяться, благодаря возможности регулярного обновления программного обеспечения.

На сегодняшний день программное обеспечение сканера XDL Pro поддерживает следующие марки автомобилей: Audi, BMW, Citroën, Daewoo, Daihatsu, Ford, Honda, Hyundai, Infinity, KIA, Lexus, Mazda, Mercedes-Benz, Mitsubishi, Nissan, Opel, Peugeot, Porsche, Renault, Seat, Škoda, Subaru, Suzuki, Toyota, Volkswagen, Volvo, а также любые автомобили, поддерживающие стандарт OBD-II/EOBD (шины данных SAE J1850 VPW, SAE J1850 PWM, ISO 9141-2, ISO 14230-2 KWP2000, ISO 15765-4 CAN).

Список моделей постоянно пополняется.

Диагностическая информация сканера XDL Pro может отображаться на экране любого устройства, что делает возможным его использование в

комплексе с персональным компьютером, ноутбуком а также любым карманным компьютером (PalmPC, PocketPC), оснащенным терминальной программой.

Прибор поддерживает функцию беспроводной диагностики при оснащении его дополнительным модулем Bluetooth.

Основные функции прибора:

- считывание кодов неисправностей и их текстовая расшифровка;
- стирание кодов неисправностей;
- вывод текущих параметров системы в цифровой (до восьми параметров одновременно) или графической форме (поддерживается только на определенных моделях автомобилей);
- управление исполнительными компонентами;
- активация специальных режимов работы блока управления (переход на базовые установки, адаптация и т. п.);
- сброс адаптивных коэффициентов из памяти блока управления;
- автоматическое (трансфертное) или ручное кодирование вновь устанавливаемого блока управления.

Диагностируемые системы:

- двигатель чтение активных кодов, чтение сохраненных кодов, стирание кодов, поток данных, активация, графики показаний сенсоров;
- АКПП;
- подвеска;
- ABS, ПБС, СКС;
- круиз-контроль;
- климат-контроль;
- подушка безопасности;
- электронная комбинация приборов;
- бортовой компьютер;
- другие системы (в зависимости от модели автомобиля).

Конструкция данного сканера такова, что позволяет обновлять и дополнять программное обеспечение ничего не меняя в «железе», то есть однажды, приобретя этот прибор, достаточно будет просто получать обновления, например, через Интернет, и подключив к компьютеру загрузить новый файл. Все просто и без картриджей. Для некоторых автомобилей в комплект входят дополнительные модули согласования.

Производитель сканера – фирма DN Lab (Россия).

Сканер GT-1 (MOGIC-4) предназначен для полной диагностики электронных систем на автомобилях BMW и Mini. На выбор можно установить немецкую, английскую или русскую версию программного обеспечения. Кроме полной диагностики, адаптации, кодирования и схемами систем на все новейшие автомобили BMW. Начиная с 36-й версии программного обеспечения, на приборе работает беспроводная связь между диагностической головкой и основным блоком. При необходимости кодирования и программирования автомобилей, есть смысл не обновлять прибор выше 39 версии, так как на 40 и более новых версиях, кодирование и программирование возможно только при использовании станции SSS.

Производитель сканера – Германия.

Портативный сканер D91 предназначен для диагностики электронных систем, устанавливаемых на следующих автомобилях: Audi, BMW, Daewoo, Daihatsu, Ford, GM, Honda/Acura, Hyundai, KIA, Mercedes-Benz, Mazda, Mitsubishi, Nissan/Infinity, Opel, Porsche, Saab, Seat, Škoda, Subaru, Suzuki, Toyota/Lexus, Volkswagen, Volvo, а также автомобилей, поддерживающих протокол OBD-II (SAE J1850 VPW, SAE J1850 PWM, ISO 9141-2) и EOBD (ISO 14230-4). Опционально быть добавлена поддержка французских автомобилей (Citroën, Peugeot, Renault).

Поддерживает функции:

- чтение и стирание кодов неисправностей;
- вывод информации в реальном режиме времени;
- управление исполнительными механизмами;
- адаптацию и кодировку электронных блоков управления.

Вывод информации осуществляется как в цифровом, так и в графическом виде.

Прибор комплектуется одним перепрограммируемым картриджем и необходимыми для диагностики кабелями и адаптерами и может работать под управление ПК. Программное обеспечение регулярно обновляется.

Производитель сканера – Autoland, Тайвань.

Хорошо зарекомендовали себя следующие сканеры кодов ошибок:

- Brain Vee AD-9000 – сканер, диагностика автомобилей производства Европы и Азии;
- Brain Vee ST-6000 – сканер, диагностика автомобилей (Европа/Азия), портативный;
- Gutmann MEGA MAX 55 – сканер-осциллограф (Европа/Азия);
- Gutmann MEGA MAX 44 – сканер (Европа/Азия);
- Gutmann MEGA MAX 40 – сканер протокола OBD-II;
- Autoland D91 – сканер с глубокой поддержкой (Европа/Азия/США);
- Autoland Vedis – эконом-вариант сканера D91;
- Trisco CS-3000 – сканер (Европа/Азия);
- Trisco SBD-102 – сканер с глубокой поддержкой автомобилей MB;
- АВТОАС-СКАН – сканер для диагностики автомобилей ВАЗ, ГАЗ, УАЗ, ИЖ, автомобилей группы VAG, DAEWOO, протокол OBD-II, работает под управлением ПК;
- АВТОАС-F16 – портативный сканер для диагностики автомобилей ВАЗ, ГАЗ, УАЗ, ИЖ, автомобилей группы VAG, MB, OPEL, DAEWOO, протокол OBD-II.

4.7.3. Международные стандарты применения сканеров

Различные производители выпускают автомобили с различными ЭБУ, диагностическими программами, разъемами, протоколами обмена информацией. Это усложняет обслуживание автомобилей, диагностику.

С конца 80-х годов используется международный стандарт ISO 9141, определяющий протокол обмена информацией через последовательный интерфейс между ЭБУ и диагностическим тестером (сканером). Стандарт устанавливает единую методологию 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 предоставляется возможным.

Стандарт ISO 9141 устанавливает, что сканер должен обмениваться информацией с ЭБУ по одному проводу (К-линия) или по двум проводам (К- и L-линии) диагностического разъема. Линия К двунаправленная и передает данные в обе стороны, линия L однонаправленная и используется только при установлении связи между ЭБУ и сканером, затем линия L переходит в состояние логической.

Для изучения автомобильных сканеров требуется рассмотреть функции электронных блоков управления автомобилями (ECU).

С момента появления первых ECU в них была реализована функция самодиагностики, то есть возможность выявления неисправностей в датчиках и исполнительных устройствах СУД. В случае выявления неисправности ECU переходит в «аварийный» режим работы, не принимая в расчет информацию от данного датчика, но обеспечивая работу двигателя. При этом на панели водителя высвечивался предупредительный сигнал «Check Engine» и код ошибки записывался в память ECU.

Чтобы прочесть значения этого кода применялся так называемый протокол «медленных кодов». Производя определенные манипуляции (перемычка, кнопка) можно было перевести ECU в режим чтения кодов ошибок и тогда по комбинации загораний контрольной лампочки считывался соответствующий код.

В настоящее время большинство ECU работает на «быстрых кодах» при которых считывание информации с ECU возможно только специальными приборами-сканерами. Сканер подключается к диагностическому разъему автомобиля и как бы вступает в диалог с ECU. Порядок обмена информацией между сканером и ECU определяется изготовителем ECU и называется протоколом.

Следует отметить, что сканер может получить только ту информацию, которую ему может передать ECU.

Наиболее полную информацию можно получить используя протокол изготовителя, однако поскольку таких протоколов очень много, то было принято международное соглашение об использовании единого стандарта в считывании информации с ECU. Этот стандарт получил наименование OBD-II и уже применялся на некоторых моделях автомобилей, а с 2000 года выпуска применяется на всех моделях.

Протокол OBD-II не заменяет в полном объеме протоколы изготовителя, однако позволяет в усеченном виде получать информацию от ECU. В

частности это чтение кодов ошибок и получение информации о работе СУД в реальном масштабе времени.

Определимся с тем, что считает ошибкой в работе датчика ECU.

Для примера рассмотрим анализ работы ECU датчика температуры охлаждающей жидкости.

По своей физической сути датчик температуры охлаждающей жидкости – терморезистор, который изменяет свое сопротивление в зависимости от температуры.

С сигнального провода датчика температуры охлаждающей жидкости снимается напряжение, которое поступает на определенную ножку разъема ECU. В дальнейшем сигнал преобразовывается в двоичный код и принимается к расчету как один из аргументов функции управления. Прежде чем принять данный сигнал к расчету, ECU сравнивает его со значениями предельных уровней то есть с максимумом и минимумом, допустимыми для данного сигнала, записанного в памяти ECU. Если значение сигнала вписывается в этот интервал, то датчик считается исправным, а сигнал от него принимается к расчету.

Представим себе ситуацию, когда сигнальный провод оторвался от датчика. В этом случае на ножку ECU сигнал не поступит (напряжение – 0 В). Такое значение находится за нижним пределом допустимого и ECU выдает сигнал об ошибке «Неисправность датчика температуры», хотя на самом деле датчик исправен, а проблема заключается в обрыве линии связи.

Теперь рассмотрим другую ситуацию – окислился контакт на сигнальном проводе датчика температуры. Соответственно, в месте контакта резко повысилось сопротивление, и, как следствие, уровень напряжения сигнала, дошедшего до ножки ECU будет ниже, чем он должен быть при данной температуре двигателя. Если при этом уровень сигнала впишется в интервал «минимум-максимум», то датчик считается исправным, а сигнал от него достоверным и будет принят к расчетам, что повлечет за собой нарушения в работе СУД.

Из изложенного можно сделать следующие выводы:

- наличие ошибок не является достаточной информацией, чтобы сделать заключение о техническом состоянии датчика, или исполнительного устройства;

- отсутствие ошибок не является однозначным критерием для заключения об исправном состоянии СУД.

Более полную информацию о работе сигнальных и исполнительных трактов СУД можно получить, используя сканер в режиме отображения работы СУД в реальном масштабе времени.

Возвращаясь к рассмотренному случаю окисленного контакта датчика, дефект можно было выявить, сравнив показания значения температуры двигателя, полученного сканером от ECU, с фактической температурой двигателя, измеренной другим способом (термометр).

4.7.4. Достоинства и ограниченные возможности сканеров

Достоинства сканеров. Сканер не заменит манометр или омметр, с его помощью нельзя определить компрессию в цилиндре или нарушение электрической изоляции. Поэтому нецелесообразно использовать сканер до проведения базовых проверок автомобиля: топливной системы, системы зажигания, электрических соединений, компрессии в цилиндрах и т. д.

Сканер необходим для диагностики непостоянных отказов ЭБУ, датчиков, исполнительных механизмов, при жалобах на ухудшение ездовых характеристик.

Сканер обеспечивает:

- простой, надежный и наглядный способ индикации кодов неисправностей;
- доступ к текущей информации в ЭБУ (потоку цифровых параметров в реальном масштабе времени);
- возможность получения диагностической информации во время ездовых испытаний;
- инициацию процедур самотестирования, испытательного управления и других специальных функций, запрограммированных в ЭБУ.

На некоторых автомобилях можно получить информацию о кодах неисправностей, подсчитывая вспышки лампы «Check Engine» на приборном щитке, колебания стрелки аналогового вольтметра, отклонения луча осциллографа. Эти методы неудобны и требуют значительных затрат времени.

Только с помощью сканера можно получить быстрый доступ к потоку различных цифровых параметров в автомобильных электронных системах.

Располагая набором программных картриджей и соединительных кабелей, можно использовать один и тот же универсальный сканер при работе с автомобилями различных производителей.

Сканер портативен, его можно использовать и во время ездовых испытаний. Получение потока текущей информации во время ездовых испытаний под нагрузкой облегчает обнаружение непостоянных неисправностей. Большинство сканеров позволяет записывать текущие данные во время езды автомобиля, чтобы потом просмотреть их в замедленном темпе.

С помощью сканера можно контролировать некоторые функции управления, выполняемые ЭБУ, так как имеется возможность управлять через ЭБУ некоторыми исполнительными механизмами. В стандартном исполнении сканер позволяет провести контроль баланса форсунок, регулировку оборотов холостого хода, включение и выключение бензонасоса и т. д. Полный состав операций зависит от типа сканера и ЭБУ автомобиля и определяется разработчиком диагностической системы.

Ограниченные возможности сканеров. Диагностику автомобиля осуществляет не сканер, а человек – оператор ОТК или электромеханик. Чтобы правильно интерпретировать информацию, полученную со сканера, нужно хорошо понимать работу узлов автомобиля и смысл диагностических процедур. Следует также иметь в виду, что сканер может выдавать аварийные значения параметров как штатные, так как не на всех моделях автомо-

билей полный объем данных из ЭБУ доступен сканеру. Недостатками применяемых сканеров являются:

- возможность диагностирования только тех автомобилей, которые занесены в базу данных;
- ориентированность на строго определенный рынок автомобилей Европа, США, Япония (хотя последние модели сканеров выпускаются универсальными);
- недостаточное быстрое считывание параметров и их усреднение в графическом виде;
- косвенная оценка изменения механических и гидравлических параметров.

Сканер контролирует входные и выходные параметры электрических цепей и информирует оператора об их величине. Таким образом, сканер всего лишь фиксирует наличие или отсутствие неисправностей в каком-либо узле, 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. Иногда электромеханик, получив со сканера код неисправности датчика, предполагает, что датчик неисправен и заменяет его. Но далеко не всегда это решение правильное.

В качестве примера рассмотрим код ошибки P0130 в стандарте OBD-II. Этот код указывает на неправильное функционирование датчика кислорода, но это не означает его неисправность. Код P0130 фиксируется в регистраторе неисправностей ЭБУ, когда выходное напряжение датчика слишком мало или слишком велико для данных условий или когда датчик кислорода неправильно реагирует на изменение длительности импульсов впрыска форсунок. Проблема могла возникнуть не только из-за неисправности датчика кислорода, но из-за неполадок в ЭБУ, в электропроводке и т. д. Чтобы точно установить причину и устранить неисправность, требуется дальнейшая диагностика датчика и других компонентов с помощью традиционного оборудования – мультиметра, осциллографа, газоанализатора.

К сожалению, потоки параметров, полученные сканером не всегда однозначны. Следует иметь в виду, что информация, переданная сканеру, соответствует отражению реальной текущей ситуации в компьютере ЭБУ.

Требуемые (штатные) значения могут быть другими из-за перехода с помощью ЭБУ на аварийные значения параметров при неисправностях в электрических цепях, в самом ЭБУ, из-за плохого соединения с массой.

Именно эти значения и будут считаны сканером как нормальные. Требуется хорошее понимание работы узлов автомобиля, чтобы суметь отличить фактическое (штатное) значение параметра от синтезированного компьютером ЭБУ.

Если изменения ездовых характеристик не соответствуют показаниям сканера, следует использовать другое диагностическое оборудование. Сканеры мало полезны при поиске неисправностей в узлах автомобиля, не кон-

тролируемых ЭБУ. Это длинный перечень механических и электрических неисправностей таких, как уменьшение компрессии в цилиндрах, неисправности в системе электроснабжения, образование нагара на свечах, неисправности в системе зажигания, в топливной системе, в средствах очистки токсичных выхлопных газов и т. д. Хотя бортовая диагностическая система, соответствующая стандарту OBD-II, регистрирует информацию о пропуске воспламенения или неэффективности каталитического нейтрализатора, она не может определить причину возникновения этих неисправностей. Перед применением сканера всегда надо провести базовый контроль систем автомобиля на наличие неисправностей.

В автомобиле может быть не предусмотрена выдача диагностической информации или к ней нет доступа через диагностический разъем. Тогда следует пользоваться универсальным сканером, который имеет режимы работы мультиметра и осциллографа.

Состав диагностической информации и способы доступа к ней варьируются в зависимости от модели и производителя автомобиля.

С конца 80-х годов большинство выпускаемых в США автомобилей имеют диагностический разъем и допускают проведение диагностики с помощью сканера. Но для диагностики разных моделей автомобилей требуется различное программное обеспечение и разные соединительные кабели. На большинстве европейских и азиатских автомобилей до недавнего времени доступ к диагностической информации был возможен только с помощью специализированных сканеров от производителя. Начиная с 1996 года, продаваемые в США автомобили соответствуют стандарту OBD-II и в них предоставлен доступ сканера к диагностической информации через одинаковый для всех автомобилей стандартный разъем. С 2000 года такая же стандартизация действует и в Европе.

Контрольные вопросы

1. Какое основное назначение сканеров?
2. Как осуществляется доступ к внутрисистемной информации ЭБУ?
3. Какие операции позволяют производить сканеры?
4. Как можно применять сканер во время ездовых испытаний?
5. Какие существуют типы сканеров?
6. Приведите международные стандарты применения сканеров.
7. Какие достоинства и ограниченные возможности сканеров?

Литература

1. Вахламов В. К. Автомобили: Основы конструкции [Текст]: учебник / В. К. Вахламов. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 528 с.
2. Гюбертус Гюнтер. Диагностика дизельных двигателей. [Текст] / Гюнтер Гюбертус: пер. с нем. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.
3. Абрамчук Ф. І. Техніко-економічне обґрунтування необхідності державної підтримки у виконанні інноваційно-інвестиційного проекту [Текст]: монографія / Ф. І. Абрамчук, С. О. Альохін, М. А. Белов, О. М. Врублевський: за ред. Ф. І. Абрамчука, О. В. Гриника, І. А. Дмитрієва. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 164 с.
4. Ерохов В. И. Системы впрыска бензиновых двигателей: Конструкция, расчет, диагностика [Текст]: учебник / В. И. Ерохов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2011. – 551 с.
5. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей [Текст]: справ. пособие в 6 т. Т. 1. Дефекты и эксплуатационные неисправности / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 374 с.
6. Полянський О. С. Формування властивостей надійності автотракторних двигунів у гарантійний і післягарантійний період експлуатації [Текст]: дис. докт. техн. наук: 05.22.20 / О. С. Полянський. – Х.: 2004. – 270 с.
7. Гаврилов К. Л. Моторная диагностика. Практическое руководство [Текст] / К. Л. Гаврилов. – М.: НКЦ «Март»; Ростов н/Д: Изд-во «Март», 2005. – 312 с.
8. Слон Ю. М. Автотехник [Текст]: учеб. пособие / Ю. М. Слон. – 3-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 305 с.
9. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей [Текст]: учебник / В. М. Власов, С. В. Жанказиев, С. М. Круглов и др.: под ред. В. М. Власова. – 4-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 480 с.
10. Пойда А. Н. Определение эксплуатационных показателей дизельной топливной аппаратуры по балансу расходов [Текст] / А. Н. Пойда, А. Н. Врублевский, Е. Ю. Зенкин // Автомобильный транспорт. – Вып. 23. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2009. – С. 135-139.
11. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей [Текст]: справ. пособие в 6 т. Т. 6. Диагностическое обеспечение технической и экологической безопасности / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 538 с.
12. Система контроля отработавших газов [Текст]: учеб. пособие. Т. 4. TOYOTA MOTOR CORPORATION, 2001. – 84 с.
13. 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.
14. Гребенников А. С. Диагностирование автотракторных двигателей динамическими методами [Текст] / А. С. Гребенников. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2002. – 196 с.
15. Туревский Н. С. Техническое обслуживание автомобилей: Книга 1. Техника обслуживания и текущий ремонт автомобилей [Текст]: учеб. пособие / Н. С. Туревский. – М.: ИД «ФОРУМ»-ИНФРА-М, 2007. – 432 с.

16. Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов [Текст]: учебник / С. Ф. Головин, В. М. Коншин, А. В. Рубайлов и др.: под ред. Е. С. Локшина. М.: Мастерство, 2002. – 464 с.
17. Гаркунов Д. И. Триботехника. Конструирование, изготовление, эксплуатация [Текст]: учеб. пособие: 5-е изд., перераб. и доп. / Д. И. Гаркунов. – М.: НСХ, 2002. – 629 с.
18. Технічна експлуатація автомобілів [Текст]: лабор. практикум / В. П. Волков, І. А. Мармут, О. В. Дитятьєв та ін. Х.: ХНАДУ, 2011. – 172 с.
19. Зенкін Є. Ю. Розробка методу прискороного діагностування автомобільних дизелів з акумуляторними системами паливоподачі [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.22.20 / Є. Ю. Зенкін. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 180 с.
20. Клятис Л. М. Новый подход к стендовым вибрационным испытаниям автомобильно-транспортных средств [Текст] / Л. М. Клятис // Автомобильная промышленность. - № 8. – 1993. – С. 23-25.
21. Мигаль В. Д. Вибрационные методы и средства распознавания дефектов машин [Текст] / В. Д. Мигаль. Х.: ХГПУ, 1996. – 236 с.
22. Мигаль В. Д. Вибрация машин и ее диагностические признаки [Текст] / В. Д. Мигаль. Х.: ХГПУ, 1996. – 236 с.
23. Мигаль В. Д. Вибродиагностика машин при эксплуатации [Текст] / В. Д. Мигаль. Х.: ХГПУ, 1997. – 293 с.
24. Мигаль В. Д. Вибродиагностика при проектировании и изготовлении машин [Текст] / В. Д. Мигаль. Х.: ХГПУ, 1996. – 244 с.
25. Мигаль В. Д. Вибрация и надежность транспортных машин [Текст] / В. Д. Мигаль, В. М. Мищенко, В. П. Волков и др.: под ред. В. Д. Мигалья. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2007. – 383 с.
26. Мигаль В. Д. Вибрационные принципы доводки машин до заданного ресурса [Текст] / В. Д. Мигаль // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. - № 7 (77), част. 1. – Луганськ, Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2004. – С. 186-192.
27. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей [Текст]: справ. пособие в 6 т. Т. 3. Методы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 548 с.
28. Нагорный В. М. Введение в техническую диагностику машин [Текст]: учеб. пособие / В. М. Нагорный. – Сумы: Сумський держ. ун-т, 2011. – 483 с.
29. Мигаль В. Д. Определение допустимой вибрации трактора [Текст] / В. Д. Мигаль, Е. А. Игуменцев // Тракторная энергетика в растениеводстве. Зб. наук. праць Харк. держ. ун-ту с/г. – Вип. 6. – Х.: ХДТУСГ, 2003. – С. 184-187.
30. 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.
31. 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.

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. Литвиненко В. В. Автомобильные датчики, реле и переключатели [Текст] / В. В. Литвиненко, А. П. Майструк. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.

34. Пойда А. М. Технічна експлуатація автомобілів з мікропроцесорними системами керування [Текст]: лабор. практикум / А. М. Пойда. – Х.: ХНАДУ, - 2012. – 172 с.

35. Борисовский Р. Диагностика бортовых электронных систем [Текст] / Р. Борисовский, С. Самохин // Автомобили и сервис. - № 3. – 2006. – С. 32-36.

36. 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.

37. Загальні принципи діагностування електронних систем керування автомобіля [Текст]: навч. посібник / О. Ф. Дашенко, В. І. Максимов, О. Д. Ніневич та ін.: за ред. М. Б. Копитчука. О.: Наука і техніка, - 2012. – 392 с.

Предметный указатель

- Common Rail** 25, 27, 28, 32, 42, 43, 49, 50, 51, 52, 119
- верхняя мертвая точка (ВМТ)** 73, 76, 184, 186, 207, 213, 236, 339, 369
- газоанализатор** 288, 289, 292, 294, 298, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 312, 318, 330, 333, 336, 343, 346, 350, 369, 370, 372, 375, 377, 394
- герметичность** 57, 72, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 91, 95, 99, 107, 109, 111, 112, 113, 114, 116, 127, 147, 148, 154, 158, 162, 164, 192, 199, 204, 205, 207, 208, 224, 225, 235, 247, 248, 290, 291, 292, 293, 295, 302, 307, 326, 328, 368
- датчик:**
- AVL 356
 - First Look 356
 - ECU 391
 - аварийного давления масла 25
 - давления 29, 30, 54, 75, 106, 107, 113, 123, 139, 146, 220, 239, 299, 302, 305, 317, 334, 336, 338, 354, 359, 363, 370
 - детонации 47, 123, 146, 237
 - кислородный 57, 103, 105, 113, 293, 303, 304, 305, 338, 342, 346, 365, 370, 394
 - температуры 29, 30, 38, 57, 58, 61, 77, 80, 90, 95, 98, 105, 113, 120, 123, 147, 238, 293, 299, 305, 334, 339, 342, 343, 365, 369, 370, 391, 392
 - наддува 120
 - ВМТ 292 317, 329, 349, 369
 - угла поворота 29, 103
 - уровня топлива 320
 - частоты вращения 29, 30, 61, 90, 120, 121, 237, 304, 339
 - скорости движения 29, 123
 - положения педали акселератора 29
 - положения дроссельной заслонки 57, 58, 77, 97, 120, 123, 239, 338, 342
 - положения распределительного вала 41, 61, 123, 237, 239, 338, 354, 359
 - положения коленчатого вала 123, 237, 239, 338, 354, 359
 - положения педали сцепления 239
 - положения педали тормоза 239
 - засорения фильтров 29
 - расхода воздуха 239, 338, 342
 - фазы 30, 105
 - Холла 46, 103, 139, 230, 338
 - холостого хода 77
 - разрежения 343
- диагностика** 129, 340, 356, 377, 390, 394:
- техническая 62
 - практическая 63
 - виброакустическая 248
 - углубленная 291
- диагностирование** 88, 103, 170, 327, 362:
- техническое 163
 - технического состояния 97
 - общее 166
 - углубленное 166
 - ресурсное 166
 - функциональное 166
 - двигателей 198, 329, 370
 - дефекта (неисправности) 161
 - смазочной системы 219
 - электронной системы зажигания 238, 368
 - электрооборудования 325, 369
 - электронных систем 334, 368, 387
 - систем пуска 343
 - электроснабжения 343
 - функциональных узлов 359
 - блоков управления 367, 370, 382
 - автомобилей 380
 - цилиндропоршневой группы 170
 - бортовой системы самоконтроля 330
 - бортовой электрики 369
 - механической системы 368
 - сгорания топлива 368
- дымность** 28, 112, 113, 114, 126, 167, 199, 203, 208, 289, 292, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318
- дымомер** 292, 298, 301, 306, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 333, 350, 370
- закоксование** 79, 112, 114, 116, 126, 125, 126, 241, 245, 288, 290, 308
- информативность** 153, 167, 168, 169, 172, 228, 249
- компрессограф** 288, 289, 290, 293
- компрессометр** 208, 288, 289, 290, 293
- компьютер** 90, 121, 293, 295, 302, 303, 305, 306, 315, 329, 331, 332, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 347, 348, 349, 354, 356, 358, 359, 360, 361, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 381, 382, 384, 385, 387, 388, 389, 394
- компьютерная система** 95, 96, 104, 206

коэффициент:

- запаса 104
- избытка воздуха 41, 42, 178, 179, 302, 303, 310
- информативности 171
- лобового сопротивления 280
- лямбда 292
- наполнения цилиндров 197
- ослабления светового потока 311, 312, 315
- отрицательный температурный 238, 239
- поглощения 311, 313, 315, 317, 318
- подачи 114, 341, 379
- полезного действия (КПД) 11, 51, 52, 53, 109, 125, 163, 176, 178, 179, 193, 195, 198, 200, 206, 242
- сгорания топлива 306
- состава смеси 366
- сцепления 177
- теплопроводности 300
- трансформации 104
- усиления 361
- чувствительности 170

крутящий момент 15, 16, 20, 23, 24, 27, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 58, 74, 109, 112, 173, 174, 175, 186, 194, 204, 206, 236, 237, 268, 277, 312, 326

манометр 54, 57, 209, 219, 288, 293, 320, 392

микропроцессор 25, 186, 227, 314, 331, 335, 354, 363, 365, 386

микропроцессорная система 34, 45, 46, 90, 95, 102, 105, 226, 288, 294, 305, 330, 335, 343, 364

мотор-тестер 90, 106, 198, 288, 292, 301, 318, 320, 325, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 352, 354, 358, 368, 369, 373, 375, 377, 382, 385, 386, 387

мультиметр 90, 105, 288, 320, 331, 332, 333, 336, 337, 343, 352, 354, 355, 357, 365, 366, 367, 371, 372, 373, 374, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 394

наддув 11, 14, 26, 44, 45, 46, 47, 120, 197, 205, 293, 311, 312, 363

негерметичность 78, 80, 81, 82, 91, 93, 98, 99, 118, 119, 124, 126, 127, 129, 244, 292

нижняя мертвая точка (НМТ) 184, 186

объем:

- воздуха 79
- газов 314, 315
- камеры сгорания 183, 184, 186, 188
- масла 59
- рабочий, цилиндров 24, 46, 47, 60, 184, 186, 311
- рабочий, двигателя 19, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 48, 49, 50, 52, 53, 55, 58, 91, 184
- топлива 79
- форсунок 102

осциллограф 90, 231, 288, 289, 320, 325, 328, 329, 331, 332, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 342, 343, 345, 347, 350, 352, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 363, 366, 368, 369, 370, 381, 382, 384, 385, 386, 387, 390, 393, 394

отработавшие газы (ОГ) 16, 26, 28, 29, 32, 41, 42, 47, 50, 51, 53, 54, 64, 78, 79, 83, 95, 104, 112, 114, 117, 121, 122, 124, 125, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 141, 142, 143, 144, 145, 158, 163, 164, 168, 170, 171, 185, 196, 198, 199, 201, 208, 220, 224, 236, 238, 242, 243, 275, 292, 294, 295, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 305, 306, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 318, 319, 333, 342, 343, 363, 366, 368, 369, 370, 381

параметры:

- автомобилей АО «Москвич» 60
- автомобиля Škoda Octavia 44, 45
- автомобиля КраЗ 22, 23
- акустические 155, 249
- амплитудно-фазовые 200, 225
- атмосферные 306
- аэродинамические 280
- вибрационные 225, 253, 254, 256, 257, 259, 262, 266
- виброакустические 248
- геометрические 128, 155, 188
- гидравлические 393
- двигателя AGU 1,8 20V Turbo 46
- двигателей 4ДТНА1 35, 36
- двигателей 4ДТНА2 36, 37
- двигателя автомобиля Daewoo Nexia 58, 59
- двигателя автомобиля KIA Sephia 55, 56
- двигателей автомобилей Škoda Octavia 47
- двигателей зарубежного производства 40

- двигателей, устанавливаемых на автомобилях семейства «ГАЗель», «Соболь» и ПАЗ 33

- двигателей типа ЯМЗ 23, 24, 25, 26, 27

- диагностические 18, 21, 66, 125, 153, 154, 155, 157, 159, 160, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 180, 193, 197, 198, 199, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 211, 212, 214, 219, 220, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 238, 240, 242, 245, 246, 249, 289, 290, 319, 324, 325, 326

- динамические 155, 258

- излучений 155

- кинематические 155

- конструктивные 193, 194, 258, 325

- магнитные 155

- малолитражных высокооборотных дизелей 33

- механические 155, 280, 369, 393

- молекулярные 155

- нагрузочные 197

- неравномерности технического состояния 182

- регулировочные 192

- ресурсные 164, 165

- скоростные 197

- статические 155

- структурные 74, 114, 125, 155, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 173, 180, 184, 185, 186, 188, 189, 190, 198, 199, 201, 203, 205, 206, 207, 208, 228, 229, 231, 243, 244

- тепловые 155

- технические 161, 170, 201, 202, 228, 317, 318

- функциональные 125, 161, 164, 165, 166, 173, 197, 198, 199, 201, 208

- цифровые 379, 382, 392

- эксплуатационные 193, 194

- электрические 155, 231, 335, 369

прибор:

- AS-101 308

- AST-75 307

- Axone 2000 Motor Truck 374

- DCN PRO 380

- DCU 130 383

- ETT 332

- Infralit 308

- JT 182 317

- KTS 500 332

- KTS 520 359, 363, 365, 366, 367

- KTS 530 382, 383, 384

- KTS 540 382, 383, 384

- KTS 550 366, 367

- KTS 570 382, 383

- KTS 650 332, 366, 367, 370

- KTS 670 332, 382, 383

- MODIS 371, 372

- Snooper 375, 376

- V-A.G 1551 338

- V-A.G 1552 338

- VAS 5051 357

- VAS 5052 338, 357

- «Комплект-Авто» 292

- ГАИ-1 308

- ДСП-2 291

- ДСТ-6 338

- ДСТ-2М 338

- ДСТ-10М 338

- ДСТ-6С 338

- ИК-1 292

- ИМД-2М 292

- ИМД-Ц 292

- ИМ-1 292

- ИЭ-1 326

- К-69 290

- К-69М 290

- К-436 292

- К-437 291

- К-456 307

- К-484 320, 325

- КИ-461 325

- КИ-4801 292

- КИ-13943 292

- КИ-5524 325

- М-514-2 325

- МК-8-007 292, 325

- НИИАТ-362 291

- НИИАТ-527Б 291

- НИИАТ-577Б 291

- Э-102 326

- Э-203 320, 325, 326

- Э-204 321, 325, 326

- Э-213 320

- Э-214 320, 324, 325

- Э-216 292

- Э-216-М 325

- Э-236 320, 324, 325

- Э-243 325

- Элкон S-100 300

расход:

- воздуха 60, 95, 100, 101, 112, 158, 179, 199, 200, 239, 291, 300, 301, 338, 341

- горюче-смазочных материалов 74

- картерных газов 162, 209, 211, 289, 304, 305

- масла 18, 71, 24, 36, 37, 107, 108, 137, 146, 158, 164, 168, 169, 199, 202, 207, 208, 209, 210, 212, 224, 225

- топлива 11, 13, 15, 18, 20, 22, 24, 27, 28, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 41, 42, 45, 49, 52, 53, 54, 60, 71, 72, 79, 93, 94, 104, 112, 114, 115, 118, 119, 127, 128, 129, 137, 138, 146, 154, 157, 163, 164, 177, 178, 179, 183, 189, 190, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 201, 204, 206, 210, 220, 224, 237, 242, 243, 244, 248, 290, 292, 293, 299, 301, 335

расходомер 57, 58, 112, 113, 123, 124, 288, 289, 291, 292, 365, 370

регистратор неисправностей 357, 367, 376, 377, 378, 394

регистрация 17, 95, 112, 161, 239, 293, 302, 307, 313, 314, 316, 329, 335, 343, 356, 359, 361, 363, 368, 381

ресурс 13, 69, 70, 74, 165, 166, 182, 191, 197, 212, 228, 262, 294, 332, 378

рефрактометр 293

самодиагностика 57, 95, 96, 335, 357, 374, 377, 381, 384, 391

сканер 90, 96, 97, 105, 106, 331, 332, 334, 335, 336, 339, 343, 349, 352, 357, 358, 365, 367, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395

скоростная характеристика 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 44, 45, 47, 48, 173, 174, 175, 176, 179, 193, 206, 311

смесеобразование 11, 24, 41, 42, 43, 46, 50, 51, 75, 274, 294, 368, 369

состояние:

- предельное 17, 18, 166

- предотказное 17

стандарт:

- DIN 51600 99

- OBD-II 381, 388, 391, 394, 395

- ISO 9141 389, 390

- Евро-5 53

- ГОСТ 17.2.2.03-87 172, 208

- ГОСТ 33-66 291

- ГОСТ 1770-74 363

- ГОСТ 2477-65 291

- ГОСТ 4333-48 291

- ГОСТ 5162-49 291

- ГОСТ 9352-60 291

- ГОСТ 11362-69 291

- ГОСТ 16263-70 155

- ГОСТ 19932-74 291

- ГОСТ 20759-75 208

- ГОСТ 21393-75 172, 208, 310, 312

- ГОСТ 23435-79 172

- ГОСТ 25478-82 172

- ГОСТ 26048-83 172

- ГОСТ 154667-93 63, 64

- ГОСТ Р 51709-2001 292, 310

- ГОСТ Р 52160-2003 315

- ИСО 1683 257

стенд:

- 532-2М 320, 327

- 489-А 291

- BOSCH ESA 3.250 318

- BOSCH FPS 815 292

- Elkon III-100/А 325

- Elkon S-300 325

- EPS 807 333

- EPS 815 333

- FLA 332

- FSA 560 332

- FSA 740 369

- Paltest JT-254 325

- В-13М 290, 292

- ДД10-04К 292

- ДД10-05Э 292

- К-3333 292

- КАД-304.40.000 292

- КИ-22205 292

- КИ-562 290

- КИ-921МТ 290, 292

- КИ-1404 290

- КИ-3333 290, 292

- КИ-15706 290, 292

- КИ-15711 290, 292

- КИ-16301А 290

- КИ-22205 290, 292

- КП-1609 290, 292

- М-106 290, 292

- МИКАС 7.1 342

- с беговыми барабанами 177, 262, 298, 310

- СПЗ8-М 320

- СПЗ-16 327

- СТДА-1 290, 292

- тормозной 298

- Хартридж 316

- Э-240 325

- Э-242 325, 326

- Э-240 320

- Элкон III-100А 316

степень:

- герметичности 162, 164
- загрязненности 154
- закоксования 243
- замутнения 315
- износа 197, 209
- использования мощности 179, 195
- неравномерности подачи 154
- очистки 28
- разрежения 290
- разряженности 164, 319
- сжатия 19, 24, 33, 34, 36, 40, 41, 45, 46, 47, 48, 51, 53, 55, 58, 184, 188, 190, 209

стробоскоп 288, 290, 293, 330, 334, 353, 369, 371

тестер 57, 90, 96, 105, 106, 198, 209, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 300, 301, 318, 319, 320, 325, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338,

339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 352, 354, 355, 356, 358, 364, 365, 367, 368, 369, 373, 375, 376, 377, 378, 382, 384, 385, 386, 387, 390

токсичность 13, 14, 16, 45, 46, 47, 53, 54, 56, 59, 78, 104, 112, 125, 129, 133, 136, 142, 143, 144, 146, 227, 237, 294, 297, 301, 342, 381

турбонаддув 13, 19, 23, 34, 40

утечки 98, 104, 110, 112, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 158, 199, 207, 209, 210, 211, 225, 243, 244

чувствительность 122, 161, 170, 228, 249, 253, 363

ход поршня 19, 23, 34, 35, 36, 40, 46, 47, 48, 55, 58, 158, 184, 186, 199, 205, 271

эндоскоп 290, 294, 295, 296, 297

Учебное издание
Мигаль Василий Дмитриевич
ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Учебное пособие

В 3-х томах

Том 2

Неисправности, параметры и средства диагностики

В авторской редакции
Технический редактор Жадан А. И.
Компьютерная верстка и дизайн обложки Жадан А. И.

Підписано до друку 08.08.2014. Формат 70x100/16.
Папір офсетний. Гарнітура Таймс. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 25,25. Наклад 300 прим. Зам. № 14-66.
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

