

В. Д. Мигаль

**ОСНОВЫ
ТЕХНИЧЕСКОЙ
ДИАГНОСТИКИ
АВТОМОБИЛЕЙ**

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

Харьков
«Майдан»
2016

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.

Лебедев А. Т., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Тракторы и автомобили» Харьковского национального технического университета сельского хозяйства им. П. Василенко.

Волонцевич Д. О., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Информационных технологий и систем колесных машин им. А. А. Морозова» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт».

Мигаль В. Д.

М 57 Основы технической диагностики автомобилей: учеб. пособие. – 2-е изд., переработанное и дополненное / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2016. – 372 с.
ISBN 978-966-372-560-4.

Рассмотрены цели и задачи технической диагностики и необходимые знания для диагноста, определяющие эффективность диагностирования.

Описаны основы теории технической диагностики, характеристики объектов диагностирования автомобиля, виды диагностических параметров, диагностические нормативы параметров состояния, критерии оценки предельного технического состояния, периодичность диагностирования.

Приведены знания, необходимые для разработки диагностических моделей и требования к построению алгоритмов диагностирования. Представлены методы и средства диагностирования. Рассмотрены методы поиска неисправностей и контроля технического состояния автомобиля по отдельным нормативным и нескольким диагностическим параметрам.

Дана общая характеристика и классификация средств диагностирования, их возможности и разрешающая способность. Описаны процессы диагностирования и постановки диагноза, основные методы прогнозирования остаточного ресурса.

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

УДК 629.33
ББК 30

ISBN 978-966-372-560-4

© Мигаль В. Д., 2016

Содержание

Введение	7
1. Основы теории технической диагностики	8
1.1. Основные понятия и определения в диагностике	8
1.2. Задачи технического диагностирования	10
1.3. Понятия «дефект» и «неисправность»	15
1.4. Основные понятия диагностирования: контроль, самоконтроль и самодиагностика	16
1.5. Характеристика объектов автомобиля	19
1.5.1. Характеристика объектов диагностирования	19
1.5.2. Характеристика режимов диагностирования (контроля) и предельных состояний машины.....	23
1.5.3. Характеристики состояния машины.....	25
1.6. Термины и определения в диагностике.....	29
1.7. Виды диагностических параметров	33
1.8. Взаимосвязь структурных и диагностических параметров.....	38
1.9. Характеристики скоростей изменения диагностических параметров и состояния машины.....	39
1.10. Диагностические нормативы параметров состояния.....	43
1.11. Нормирование классов качественной оценки технического состояния объекта диагностирования в эксплуатации	51
1.12. Критерии оценки предельного технического состояния.....	53
1.13. Периодичность диагностирования.....	58
1.14. Условия эффективного применения диагностики автомобилей	67
1.14.1. Формы технической эксплуатации и их эффективность.....	67
1.14.2. Экономическая эффективность диагностирования	70
Контрольные вопросы к подразделам 1.1-1.3.....	72
Контрольные вопросы к подразделам 1.4, 1.5	72
Контрольные вопросы к подразделам 1.6-1.8.....	72
Контрольные вопросы к подразделам 1.9-1.10.....	73
Контрольные вопросы к подразделу 1.11	73
Контрольные вопросы к подразделу 1.12	73
2. Технический контроль автомобилей по нормативным диагностическим параметрам	74
2.1. Формы организации диагностирования	74
2.2. Перечень обязательных контрольных операций диагностирования автомобиля	76
2.2.1. Последовательность осмотра автомобиля	76
2.2.2. Нормативные параметры	77
2.3. Объекты контроля состояния автомобиля по обеспечению их технической и экологической безопасности	78
2.3.1. Контроль технического состояния рулевого управления	80
2.3.2. Контроль технического состояния тормозной системы.....	81
2.3.3. Контроль технического состояния ходовой части.....	85
2.4. Основные методы контроля технического состояния	87
2.4.1. Тестовое диагностирование.....	89
2.4.2. Диагностирование по функциональным параметрам.....	93

2.5. Постановка диагноза по нормативным значениям диагностических параметров.....	97
2.6. Постановка диагноза по комплексу диагностических параметров..	100
2.7. Контроль и диагностирование автомобилей на станциях технического обслуживания.....	102
2.7.1. Варианты планировки станции диагностики и технического обслуживания	102
2.7.2. Организация контрольно-диагностических процессов	109
2.7.3. Условия нормальной работы и документация зоны диагностики.....	113
2.7.4. Общая характеристика и содержание контрольно-диагностических и регулировочных работ.....	121
Контрольные вопросы к подразделам 2.1-2.3.....	128
Контрольные вопросы к подразделу 2.4	128
Контрольные вопросы к подразделам 2.5, 2.6	128
Контрольные вопросы к подразделу 2.7	128
3. Диагностические модели и алгоритмы диагностирования	130
3.1. Знания, необходимые для разработки диагностических моделей....	130
3.2. Классификация объектов диагностирования и диагностических моделей	132
3.3. Структурные модели	136
3.4. Построение функционально-логических и функционально-структурных моделей	140
3.5. Построение граф-моделей в пространстве свойств и параметров ...	146
3.6. Выбор и описание диагностических моделей	149
3.6.1. Выбор диагностических моделей	149
3.6.2. Построение математической модели.....	150
3.7. Графоаналитические модели	154
3.8. Требования к построению алгоритмов диагностирования	156
3.9. Разработка алгоритмов поиска и локализации неисправностей.....	160
Контрольные вопросы к подразделам 3.1-3.4.....	169
Контрольные вопросы к подразделам 3.5-3.9.....	169
4. Методы контроля и диагностирования автомобилей.....	170
4.1. Основные теоретические и эвристические методы диагностирования	170
4.2. Классификация методов диагностирования	175
4.3. Инструментальные методы.....	181
4.3.1. Прямые и косвенные методы	181
4.3.2. Методы диагностирования по рабочим, сопутствующим и структурным параметрам	183
Контрольные вопросы к подразделам 4.1-4.3.....	188
4.4. Интеллектуальные системы методов диагностирования автомобилей человеком	189
4.4.1. Знания, необходимые диагносту для эффективного диагностирования автомобилей.....	190
4.4.2. Структура человеческих и технических систем диагностирования.....	191
4.4.3. Достоинства человеческих систем диагностирования	193

4.4.4. Разработка диагностического обеспечения для диагностирования машин органами чувств человека	197
4.4.5. Последовательность диагностирования	202
4.4.6. Достоверность диагностирования	207
4.4.7. Диагностирование неисправностей на слух	209
4.4.8. Визуальное диагностирование	213
4.4.8.1. Физиологические возможности визуального диагностирования	213
4.4.8.2. Технические возможности визуального диагностирования	215
4.4.8.3. Визуальный контроль смазочных материалов	218
4.4.8.4. Диагностирование неисправностей по состоянию смазывающих жидкостей	221
4.4.8.5. Визуализация механических колебаний	222
4.4.8.6. Визуальные методы неразрушающего контроля	223
4.4.9. Диагностирование неисправностей автомобилей на ощупь ..	224
4.4.9.1. Технические возможности диагностирования неисправностей на ощупь	224
4.4.9.2. Диагностирование рулевого управления и трансмиссии на ощупь	227
4.4.10. Диагностирование неисправностей по запаху, вкусу и цвету	232
4.4.11. Логические методы диагностирования при управлении автомобилем и принятии решений	233
4.4.11.1. Следственно-логическое мышление при поиске неисправностей	233
4.4.11.2. Диагностирование при пробных поездках автомобиля	234
4.4.12. Экспертные методы диагностирования	237
4.4.12.1. Области применения экспертных методов	237
4.4.12.2. Основные положения теории экспертного прогнозирования	238
4.4.12.3. Экспертная оценка технического состояния системы «рулевое управление-ходовая часть-подвеска»	241
4.4.13. Методы контроля и диагностирования гидравлических систем и гидроприводов автомобиля	243
4.4.13.1. Объекты и параметры диагностирования	243
4.4.13.2. Методы диагностирования	244
Контрольные вопросы к подразделам 4.1–4.6	253
Контрольные вопросы к подразделам 4.7, 4.8	254
Контрольные вопросы к подразделам 4.9, 4.10	254
Контрольные вопросы к подразделу 4.11	254
Контрольные вопросы к подразделам 4.12, 4.13	255
5. Инструментальные средства диагностирования	256
5.1. Общая характеристика средств диагностирования	256
5.2. Классификация средств измерений по виду диагностических параметров	259
5.3. Классификация средств диагностирования по виду представляемой информации	261

5.4. Системы диагностирования.....	264
5.5. Диагностическое оборудование и приборы.....	266
5.5.1. Выбор средств диагностирования	266
5.5.2. Средства общего контроля и диагностики.....	275
5.5.3. Средства углубленной диагностики	279
5.5.3.1. Мотор-тестеры.....	279
5.5.3.2. Автомобильные сканеры	286
5.5.3.3. Автомобильные осциллографы	294
5.5.3.4. Автомобильные мультиметры	295
5.5.3.5. Измерительно-вычислительные комплексы.....	295
5.6. Бортовые системы диагностирования автомобиля	296
5.7. Системы дистанционной диагностики автомобилей.....	301
5.7.1. Бортовые системы навигации, мобильной связи и контроля технического состояния автомобиля.....	301
5.7.2. Системы дистанционного контроля и диагностики	303
Контрольные вопросы к подразделам 5.1-5.4.....	305
Контрольные вопросы к подразделу 5.5	305
6. Процессы диагностирования и постановка диагноза	306
6.1. Знания, необходимые диагносту для поиска неисправностей.....	306
6.2. Задачи диагностики	309
6.3. Структурная схема последовательности диагностирования автомобиля	311
6.4. Виды диагностики	314
6.4.1. Схемы диагностирования сложных систем.....	314
6.4.2. Тесты и алгоритмы диагностирования на примере двигателя	318
6.5. Процесс диагностирования и постановки диагноза.....	321
Контрольные вопросы	325
7. Прогнозирование технического состояния	326
7.1. Задача прогнозирования технического состояния	326
7.2. Методы, критерии и этапы прогнозирования остаточного ресурса. 331	
7.2.1. Классификация методов прогнозирования.....	331
7.2.2. Критерии и методы прогнозирования остаточного ресурса.. 338	
7.2.2.1. Аналитическое прогнозирование	342
7.2.2.2. Методы линейного прогнозирования.....	344
7.2.2.3. Методы прогнозирования по среднему статистическому измерению.....	346
7.2.2.4. Прогнозирование по пробегу	348
7.2.2.5. Методы прогнозирования по реализации.....	349
7.3. Прогнозирование остаточного ресурса механизма с использованиемкарточки учета.....	354
7.4. Индивидуальное прогнозирование	355
7.5. Алгоритм прогнозирующего контроля автоматических систем диагностирования	358
7.6. Теоретические факторы, влияющие на ошибки прогноза ресурса .. 361	
Контрольные вопросы	362
Литература	363
Предметный указатель	366

ВВЕДЕНИЕ

Рост роли и значения технической диагностики автомобилей связан с общим техническим развитием и усложнением их технических систем, с необходимостью обеспечения технической и экологической безопасности, эффективной эксплуатации.

При глобализации методов и средств технического контроля и диагностики большого и разнообразного парка транспортных средств, разного уровня диагностических средств главным остается дальнейшая интеллектуализация диагностики. Обязательное определение остаточного ресурса в реальном времени, снижение рисков эксплуатации и минимизация влияния обслуживающего персонала на принятие конечного решения – такие задачи требуют существенного повышения уровня диагностического обеспечения автомобилей и, соответственно, уровня профессиональной подготовки специалистов по диагностике таких транспортных средств. Важную роль в формировании квалификации диагноста играет наличие соответствующих учебников высокого теоретического и практического уровня.

Уровень подготовки специалиста-диагноста определяется знаниями: объекта диагностирования, закономерностей изменения его технического состояния и типовых неисправностей, их диагностических параметров, методов, средств и диагностических моделей, алгоритмов диагностирования, прогнозирования остаточного ресурса и т. д. Уровень таких знаний по всем системам автомобиля определяет квалификацию специалиста по диагностике любого автомобиля. Поэтому целью создания настоящего учебного пособия и являлось представление читателю таких универсальных знаний.

1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

1.1. Основные понятия и определения в диагностике

Техническая диагностика рассматривает любой объект как потенциальный источник неисправностей (отказов), которые должны быть выявлены и локализованы. Под технической диагностикой понимают теорию, методы и средства диагностирования и поиска неисправностей в системах агрегатов, механизмов и управления рабочими процессами в машинах.

Техническая диагностика является одним из важнейших средств управления надежностью технических объектов. Она имеет широкую область применения для оценки технического состояния в жизненном цикле машины: при конструкторской доработке и доводке, в производстве, контроле технологических процессов производства и ремонта, в диагностировании технического состояния (ТС) в эксплуатации (рис. 1.1).

Диагностирование позволяет достигать заданной технической и экологической надежности машин, с необходимой степенью достоверности оценить показатели ее качества.

Проблема диагностики – это в большой мере проблема получения информации о действующих в машине процессах, передача, прием и обработка этой информации. Чем больше получено информации, тем больше имеется возможностей оптимизировать процессы и режимы работы машины, определять ее текущее состояние.

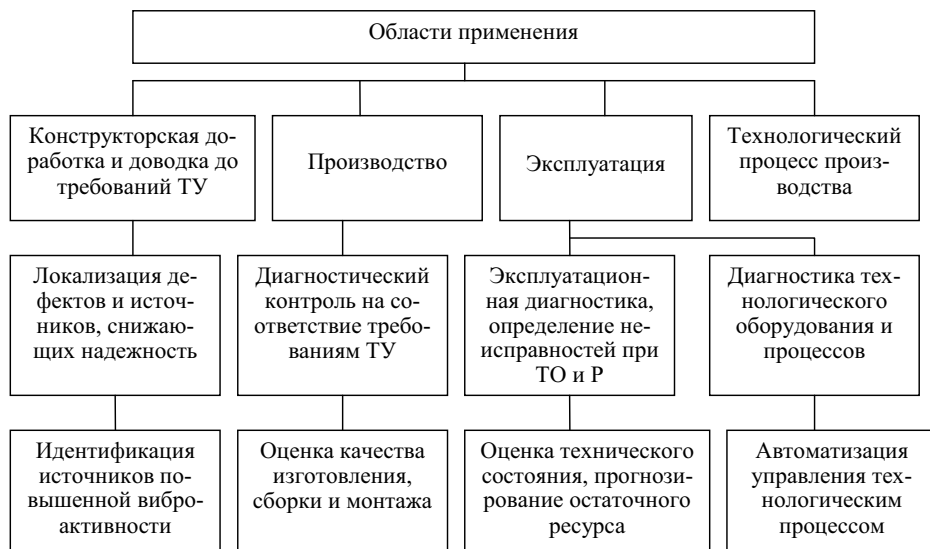


Рис. 1.1. Области применения диагностики

Основное назначение диагностики при проектировании состоит в обеспечении заданной надежности и ресурса машин за счет оптимизации

параметров конструкции при доводке и диагностического обеспечения на стадии проектирования, диагностического контроля технологии производства и эксплуатации автомобилей.

Основное назначение диагностики автомобиля в эксплуатации состоит в сохранении технической и экологической надежности и проектного ресурса за счет своевременного обнаружения и устранения неисправностей и оптимизации процессов технического обслуживания (ТО) [11].

Техническая диагностика является высшим уровнем технического контроля и дает ответ на главные вопросы: когда должна быть прекращена эксплуатация машины и что необходимо делать для ее продления. Получение информации о действующих процессах и техническом состоянии автомобиля в реальном времени позволяет определять оптимальную стратегию эффективного технического обслуживания, обеспечения готовности, технической и экологической безопасности машин (рис. 1.2).

Такой комплексный системный подход к диагностическому обеспечению управления техническим состоянием автомобилей позволяет получить максимальную эффективность процессов создания и использования машин.



Рис. 1.2. Результаты технического диагностирования машин

Предметом технической диагностики являются:

- дефекты проектирования, производства и эксплуатационные неисправности;
- диагностические параметры и признаки дефектов и неисправностей;
- методы диагностирования;
- средства диагностирования;
- определение исходных, допустимых и предельных значений диагностических параметров;

- методы прогнозирования остаточного ресурса;
- методы определения периодичности диагностирования;
- методы, правила и алгоритмы проведения диагностических операций;
- режимы диагностирования и коды неисправностей.

В основе диагностики лежат измерения технических параметров и определение внешних признаков, отражающих изменение рабочих процессов и технического состояния автомобиля.

При диагностике используют различные методы и средства, которые постоянно совершенствуются. Чем выше технический уровень методов и средств диагностики, тем точнее будут определены действующие рабочие процессы и техническое состояние автомобиля в целом. Контроль параметров рабочих процессов позволяет оптимизировать их в реальном времени, управлять ими и, соответственно, повышать эффективность эксплуатации автомобиля.

Объектом исследований технической диагностики являются процессы, протекающие в автомобиле, его составных частях, механических, газо-, гидро-, пневматических, электрических и электронных системах, параметры рабочих процессов, обеспечивающих эффективное использование автомобиля.

Техническая диагностика рассматривает любой объект машины как потенциальный источник дефектов и неисправностей, которые должны быть выявлены и устранены на всех стадиях жизненного цикла изделия.

В качестве субъекта создания, эксплуатации, использования и обслуживания машин выступает человек, выполняющий функции принятия решений и выработки управляющих воздействий. Во многих системах человек-машина человек удален от машины и взаимодействует с ней через некоторого посредника, олицетворяющего информационную модель объекта управления. Этим посредником является человеко-машинный интерфейс, воплощающий интеллектуальную составляющую системы диагностирования. Во многих случаях достоверность принятых решений диагностики сложных неисправностей внешними средствами зависит от уровня знаний (квалификации) диагноста.

Основное назначение диагностики технических систем автомобиля в эксплуатации состоит в сохранении их проектной надежности и ресурса за счет получения информации о техническом состоянии элементов автомобиля и рабочих процессов в реальном времени для локализации неисправностей и оптимизации рабочих процессов.

1.2. Задачи технического диагностирования

В общем случае диагностическая задача – это задача по установлению степени соответствия технического объекта предъявляемым к нему требованиям.

Задачами технического диагностирования, согласно ДСТУ 2389-94 «Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визна-

чения», являются (рис. 1.3):

- контроль технического состояния;
- поиск места и определение причины отказа (неисправности);
- прогнозирование технического состояния.



Рис. 1.3. Задачи технического диагностирования

Термин «Техническое диагностирование» применяют в наименованиях и определениях понятий, когда решаемые задачи технического диагностирования равнозначны или основной задачей является поиск места и определение причин отказа (неисправности).

Термин «Контроль технического состояния» применяют, когда основной задачей технического диагностирования является определение вида технического состояния.

В практике эксплуатации объектов отдельно каждая задача технического диагностирования решается редко, обычно задачи сочетаются. Например, определение работоспособности объекта и идентификация неисправности, приведшей к частичной потере работоспособности, в результате чего оценивается степень работоспособности объекта и локализуется причина, вызвавшая неисправность. Может быть и такой вариант: после идентификации неисправности переходят к решению задачи перспективного развития ситуации при условиях дальнейшего развития «неисправности», то есть прогнозируют тенденцию изменения технического состояния объекта диагностирования.

Решение любой из перечисленных задач возможно лишь в случае применения соответствующих средств технического диагностирования, включающих аппаратуру и программы, с помощью которых осуществляется процедура диагностирования, а также наличия диагностической модели – формализованного описания объекта [4, 5].

В зависимости от того, для какого времени проводится диагностирование, различают три типа решения диагностических задач.

Первый тип – это задачи определения технического состояния, в котором находился объект в некоторый момент времени в прошлом – задачи генезиса. Этот тип задач решается при расследовании автомобильных происшествий (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Три типа задач технической диагностики

Второй тип – это задачи определения технического состояния объекта в данный момент времени, которые называются задачами диагностирования. Этот тип задач важен при выполнении технического обслуживания и принятии решения о дальнейшей эксплуатации.

Третий тип – это задачи предсказания технического состояния, в котором окажется объект в будущий момент времени – задачи прогнозирования. Этот тип задач важен для предсказания (прогнозирования) остаточного ресурса.



Рис. 1.5. Эксплуатационные задачи технической диагностики

В целом технические службы диагностики на всех этапах эксплуатации автомобилей решают большой комплекс задач (рис. 1.5):

- определение вида технического состояния (ТС) изделия;
- определение места и причин появления отказов и неисправностей,

выдача рекомендаций по их устранению в условиях ТО и ремонта (Р) и по предотвращению их в дальнейшем;

- прогнозирование ТС изделия на заданный период с целью определения предотказного состояния;

- оценка выработки ресурса с целью установления остаточного ресурса;

- контроль правильности эксплуатации автомобиля и информирование водителя об изменениях в техническом состоянии автомобиля для принятия мер по предотвращению или парированию опасной ситуации;

- установление причин автомобильных происшествий или предпосылок к ним;

- накопление статистических материалов для обобщения опыта и совершенствования систем контроля и диагностики автомобиля и его системы эксплуатации.

Перечисленные задачи решаются на всех этапах эксплуатации автомобильной техники. Однако, для каждого типа этапа эксплуатации (поездка, ТО, ремонт) задачи, решаемые с помощью систем контроля и диагностики, имеют свою специфику.

Задачи диагностирования на заключительном этапе неразрывно связаны с задачами классификации, поскольку по имеющейся информации необходимо установить диагноз, то есть указать класс технического состояния, к которому относится объект диагностирования. Для классификации необходимо знать классы (диагнозы), которые устанавливаются до начала диагностирования на основе анализа самого объекта, его функций и отказов, возникающих в нем. В принципе количество классов может быть бесконечно велико. Но существуют достаточно общие принципы классификации, известные из теории надежности.

В теории надежности введены понятия для четырех видов технического состояния:

- работоспособное;
- неработоспособное;
- исправное;
- неисправное.

В технической диагностике функционирования машин вводится два вида технического состояния:

- состояние правильного функционирования;
- состояние неправильного функционирования.

Состояние правильного функционирования означает, что объект в текущий момент времени выполняет предписанный ему алгоритм функционирования.

Состояние неправильного функционирования означает, что объект в текущий момент времени не выполняет предписанный ему алгоритм функционирования.

В технической диагностике прогнозирования остаточного ресурса вводятся параметры технического состояния:

- исходные значения диагностического параметра;

- предельные значения изменения диагностического параметра в эксплуатации.

Допускаемое изменение диагностического параметра от исходного до предельного может быть разбито на несколько классов технического состояния, например:

- хорошее состояние;
- допустимое состояние;
- требует принятия мер;
- недопустимое состояние.

Необоснованные переборки нарушают приработку узлов и деталей и тем самым ускоряют их износ, вносят новые непредвиденные неисправности в виде перекосов осей, повышенных или пониженных зазоров, загрязнений и прочих технологических дефектов, которые сокращают срок службы машины и требуют новых ремонтных работ, образуя, таким образом, порочный замкнутый круг. Разорвать этот круг как раз и призвана диагностика.

Показатели достоверности и точности диагностирования в соответствии с ГОСТ 25518-87 приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Показатели достоверности и точности диагностирования

Задача диагностирования	Результат диагностирования	Показатели достоверности и точности
Определение вида технического состояния	Заключение в виде: 1. Изделие исправно и (или) работоспособно. 2. Изделие неисправно и (или) неработоспособно	Вероятность того, что в результате диагностирования изделие признается исправным (работоспособным) при условии, что оно неисправно (неработоспособно). Вероятность того, что в результате диагностирования изделие признается неисправным (неработоспособным) при условии, что оно исправно (работоспособно)
Поиск места отказа или неисправности	Наименование элемента (сборочной единицы) или группы элементов, которые имеют неисправное состояние и место отказа или неисправности	Вероятность того, что в результате диагностирования принимается решение об отсутствии отказа (неисправности) в данном элементе (группе) при условии, что данный отказ имеет место. Вероятность того, что в результате диагностирования принимается решение о наличии отказа (неисправности) в данном элементе (группе) при условии, что данный отказ отсутствует

Задача диагностирования	Результат диагностирования	Показатели достоверности и точности
Прогнозирование технического состояния	<p>Численное значение параметров технического состояния на задаваемый период времени, в том числе и на данный момент времени.</p> <p>Численное значение остаточного ресурса (наработки).</p> <p>Численное значение остаточного ресурса (наработки) соответствующего заданной вероятности (для изделий специальной техники)</p>	<p>Среднеквадратическое отклонение прогнозируемого параметра.</p> <p>Среднеквадратическое отклонение прогнозируемого остаточного ресурса.</p> <p>Вероятность безотказной работы, показатели изменения прогнозируемого диагностического параметра по ГОСТ 27302-86.</p> <p>Доверительная вероятность</p>

1.3. 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 автомобилей описана в работе [2].

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

Сущность дефекта заключается в том, что он обусловлен несоответствием хотя бы одному установленному требованию к продукции. Он относится только к процессу проектирования, изготовления машины и производству, ее ремонта и зависит только от конструктивных или производственных факторов. Понятие конструктивного дефекта связано с некорректным использованием системы знаний. К дефектам недопустимо относить эксплуатационные неисправности, обусловленные действием износа, коррозии, старения, усталости или действием случайных факторов. Например, трещина, появившаяся в процессе эксплуатации автомобиля, будет считаться не дефектом, а эксплуатационной неисправностью. Термин «дефект», по существу, неразрывно связан с термином «неисправность», но не является его синонимом.

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.

Рассмотренные понятия конструктивных, технологических дефектов и эксплуатационных неисправностей образуют классификацию понятий «дефект» и «неисправность» (рис. 1.6). Причина каждого дефекта и неисправности машины обусловлена объективными (система знаний, технология, среда) или субъективными факторами.

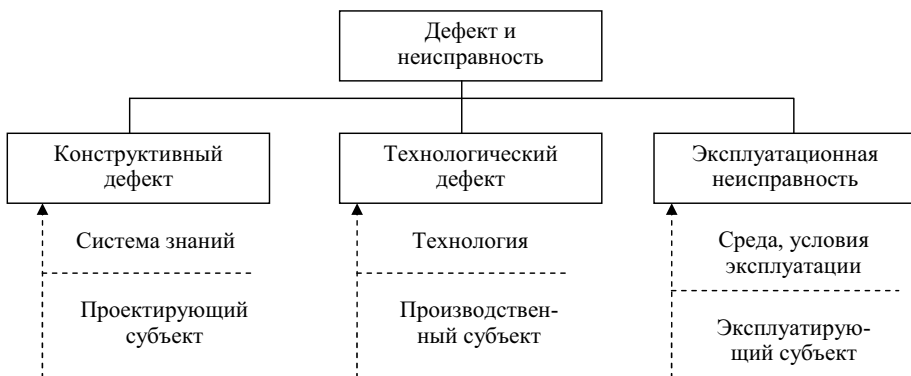


Рис. 1.6. Классификация дефектов и неисправностей по критерию «внешние причины»

1.4. Основные понятия диагностирования: контроль, самоконтроль и самодиагностика

Согласно стандарту ДСТУ 2389-94 контроль – это проверка соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации (норме), определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени. Такими видами могут быть: состояние исправности и состояние неисправности, состояние правильного функционирования и состояние неправильного функционирования, работоспособное состояние и неработоспособное (или отказное) состояние и т. п. В соответствии с тем же стандартом, техническое диагностирование – это определение технического состояния объекта с заданной точностью [13].

Контроль технического состояния является неременной первой процедурой технического диагностирования. Именно на результатах контроля базируются две последующих задачи технического диагностирования – поиск места отказа и прогнозирование технического состояния. Таким образом, любая система диагностирования должна содержать систему контроля

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

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

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

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

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

- контроль технического состояния – определение вида технического состояния изделия;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Понятие «самоконтроль» в отечественной научно-технической литературе применяют наряду с другими близкими понятиями: самопроверка,

самотестирование, самодиагностика. В иностранной литературе встречаются такие соответствия: self-monitoring (самоконтроль), self-verifying (самопроверка), self-diagnosing (самодиагностика), self-testing (самотестирование), built in test (BIT) – тестирование АСК, которая использует ресурсы самой АСК и др.

1.5. Характеристика объектов автомобиля

1.5.1. Характеристика объектов диагностирования

Объект технического диагностирования (контроля) – автомобиль и (или) его составные части, подлежащие диагностированию (контролю).

Автомобиль как материальный объект технического диагностирования является очень сложной системой. Общее число диагностических параметров достигает нескольких сотен, а количество отдельных подсистем и механизмов – несколько десятков. По мере электронизации автомобиля число диагностических параметров значительно возросло. Особенности решения задач диагностирования определяются, в первую очередь, особенностями объектов.

Выбор конкретных объектов диагностирования, структурных, ресурсных и функциональных параметров машин является одной из первоочередных задач, определяющих содержание последующих разработок в технической диагностике. Основные объекты диагностирования автомобиля приведены в упрощенном виде на рис. 1.7. Типы и названия измеряемых диагностических параметров приведены на рис. 1.8.

Все объекты в технической диагностике принято разделять на три группы: непрерывные объекты, дискретные и гибридные. К непрерывным объектам относятся объекты, параметры которых в процессе функционирования могут принимать множество значений. Это механические системы автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин, двигателей внутреннего сгорания, электродвигателей, строительных машин и т. д. К дискретным объектам относятся объекты этих машин, параметры которых задаются на конечных множествах и время отсчитывается дискретно. Это система зажигания двигателей, электронно-цифровые микросхемы систем управления, релейно-контактные схемы и др. Гибридные объекты технической диагностики представляют собой комбинации непрерывных и дискретных механизмов, агрегатов, устройств. Цикл их функционирования является постоянным во времени.

Дискретный объект – набор элементов, определенным образом связанных между собой. Элементы, независимо от их строения, рассматриваются как конечный шаг дробления объекта. В простейшем случае считается, что элемент может иметь только два технических состояния: работает-не работает. В дискретном объекте возможны три вида неисправностей: не работает один или несколько элементов; отсутствует связь между элементами там, где она должна быть; имеется связь между элементами там, где ее не должно быть. Обычно в дискретных объектах элемент может пребывать в

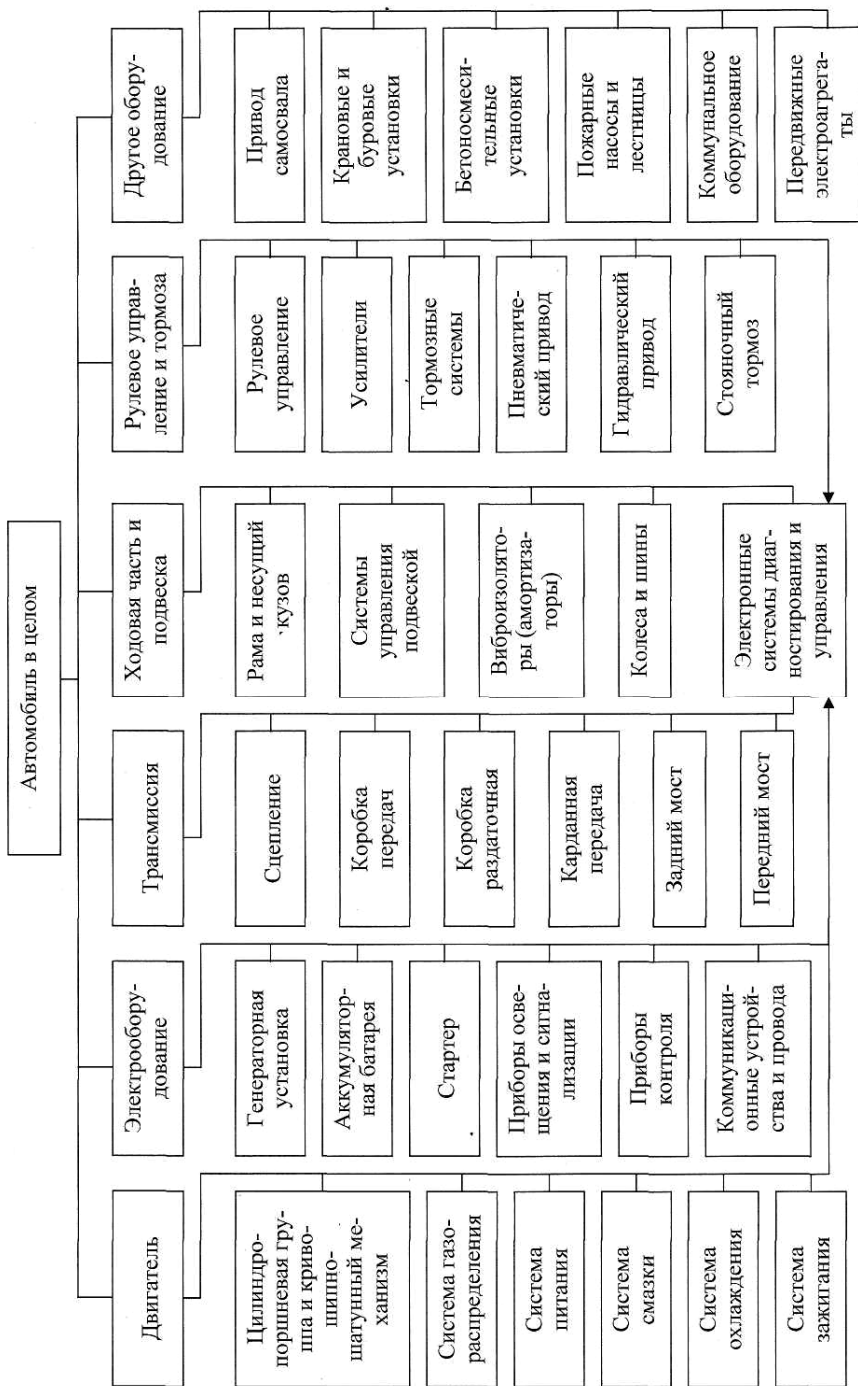


Рис. 1.7. Объекты диагностирования автомобиля

одном из двух рабочих состояний, например, открытом или закрытом (триггеры или вентили). Типичные дискретные объекты – электрические схемы. Пока схемы были просты, можно было пройти тестером последовательно по всем критическим узлам схемы и найти неисправность. С усложнением схем такой последовательный полный перебор стал слишком трудоемким и долгим. Начали создавать диагностические тесты.

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 и др.
→ Геометрические	Длина, зазор, площадь, кривизна линий и поверхностей и др.
→ Статические и динамические	Масса, сила, количество движения, работа, энергия, коэффициент упругости, моменты силы и инерции, массовый расход и др.
→ Механические и молекулярные	Путь, угол, уровень, наклон, скорость, 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. 1.8. Измеряемые физические характеристики объектов диагностирования

Диагностические тесты – это алгоритм действий по отысканию неисправности (дефекта) в дискретном объекте. Обычно стараются создать диагностический тест минимальный по числу проверок, длительности и трудоемкости, представляя объект моделями – таблицами функций неисправностей или переходов-выходов.

Простой пример дискретного объекта – система зажигания. Для нахождения неисправности проверяют свечи по очереди. Система имеет несколько выходов (свечей). При проверке прежде всего сокращают область

поиска – ищут, на каком выходе сигнал неправильный. Проще всего вынимать по очереди идущие к свечам провода высокого напряжения и подносить конец провода к массе, то есть головке блока работающего двигателя, чтобы проверить, есть ли искра. Если на всех проводах искра есть и она не слаба, значит, не работает свеча. Проверяют по очереди свечи, чтобы найти дефектную. Если один из проводов не дает искры, то, скорее всего, неисправен этот провод. Если все провода не дают искры, проверяют центральный провод, конденсатор, катушку зажигания и т. д. Следует знать, что этот способ проверки небезопасен на двигателях с электронными системами зажигания, так как может привести к дорогостоящему ремонту вышедших в этом случае из строя электронных блоков.

В диагностировании технических систем есть два основных направления: диагностирование непрерывных объектов и диагностирование дискретных объектов.

Если часть координат объекта задана на континуальных (непрерывных) множествах, а другие – конечными множествами, то такие диагностические объекты являются гибридными (смешанными), например, аналого-цифровые преобразователи (рис. 1.9).

Даже электронную схему можно считать дискретным объектом лишь до некоторой степени. Если в ней есть транзистор, это уже смешанный объект, поскольку транзистор выдает аналоговый сигнал. На выходе триггера сигнал либо есть, либо отсутствует – это один из двух ответов: да или нет. Аналоговое устройство не выдает сигнал да или нет, оно определяет «столько-то». Поэтому в большинстве случаев технические системы являются смешанными (гибридными). То есть часть координат объекта задана на непрерывном (континуальном) множестве, а другие – конечным множеством (например, аналого-цифровые преобразователи, встроенные электронные системы управления механизмами и др.).

Более значительное, чем в дискретной технике, многообразие физических принципов реализации аналоговых объектов затрудняет разработку общих теоретических и методических подходов по диагностированию технического состояния объектов этого класса. В качестве широко применяемых диагностических моделей аналоговых объектов можно назвать их логические модели и графы причинно-следственных связей. Эти модели пригодны лишь в тех случаях, когда возможна организация диагностирования на принципах допускового контроля параметров объекта.

Все физические величины являются дискретными или квантованными и все такие кванты очень малы. Поэтому мир представляется нам непрерывным, аналоговым. В результате объекты описываются параметрами, каждый из которых может иметь не два, а бесконечно большое число значений, то есть представляет собой аналоговую величину, а потому для оценки разных технических состояний таких объектов приходится определять численные значения этих параметров, то есть измерять их.



Рис. 1.9. Объекты и режимы диагностирования

1.5.2. Характеристика режимов диагностирования (контроля) и предельных состояний машины

Чем сложнее система, тем сильнее сказываются на ее параметрах условия или режим измерения диагностических параметров (режим диагностирования).

Режим – это сочетание скорости (линейной или угловой), преодолеваемых сил сопротивления (полезной и вредной нагрузки) и рабочей температуры. Иногда устанавливают отдельно скоростные, нагрузочные (силовые) и температурные режимы. Выделяют режимы частичные, реальные и полные.

Реальный – характерный рабочий режим (например, движение по ровной дороге с полной нагрузкой и нормальной скоростью, например, 60 км/ч). **Полный режим** – максимально возможный для объекта. **Частичный (сокращенный) режим** – небольшая скорость, неполная или нулевая нагрузка, небольшая температура и т. п. В тестовом режиме на вход объекта подают сигнал, достаточный, чтобы вызвать отклик на выходе и по нему судить о техническом состоянии объекта.

Например, силовые электрические системы проверяют тестером с батареей на 1,5 В.

Установившийся (статический) режим – постоянная скорость, нагрузка, температура (движение по горизонтальной дороге с постоянной скоростью; равномерное движение на затяжном спуске с постоянным притормаживанием).

Неустановившиеся (динамические) режимы – разгон, движение по инерции с отключенным двигателем или разобщенной трансмиссией (выбег), торможение с потерей скорости.

Одни диагностические операции выполняют на неработающем объекте. Другие – на работающем в частичных режимах. Операции диагностирования часто требуют полных режимов, поскольку:

- некоторые неисправности проявляются только в полных режимах;
- требования установлены нормативными документами для реальных или полных режимов и предусматривают проверку работоспособности объекта в реальных условиях, а не в условиях проверки на стендах диагностики.

Наконец, есть группа проверок, связанных с безопасностью движения, когда лучше довести машину до поломки при диагностировании и тем предотвратить более опасный случай – внезапную поломку в условиях реальной работы. Поэтому, когда начинают ранжировать требования к машине, всегда нужно ставить на первый план требования безопасности для людей и работы машин.

Основным критерием предельного состояния машины является то экстремальное значение параметра, которое допускается техническими условиями. Однако сам ход процесса изменения исходных параметров и наличие зон их резкого роста также является критериями для установления максимально допустимых значений X_{max} [10].

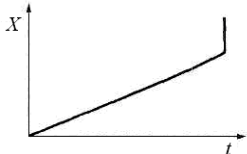
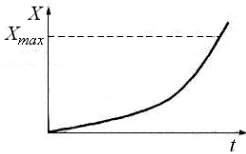
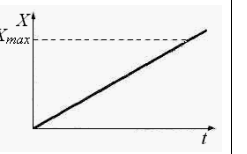
Возможны три основных группы критериев (табл. 1.2):

- в результате износа или других повреждений происходит скачкообразное изменение состояния машины и она перестает функционировать. Например, потеря герметичности резервуара во время коррозии, заклинивание машины во время ее износа, поломка детали в результате хрупкого разрушения и т. п. Здесь, как правило, трудно делать выводы по исходному параметру о близости к предельному состоянию, поэтому целесообразнее регламентировать максимально допустимую степень повреждения X_{max} ;

- в результате процесса повреждения появилась зона интенсивного роста исходных параметров машины – рост вибраций, температуры, шума. Здесь даже если эти параметры еще находятся в допустимых пределах, необходимо установить значение X_{max} , соответствующее началу интенсификации процесса потери работоспособности;

- основной случай назначения X_{max} – когда процесс повреждения не имеет экстремальных зон и исходные параметры определяются установленными на машину техническими условиями.

Критерии предельного состояния

Вид повреждения			
	1 группа	2 группа	3 группа
Потеря прочности и жесткости	Хрупкое разрушение	Усталостное разрушение поверхности	Деформация в пределах упругости
Тепловые деформации	Возникновение тепловых трещин	Деформация с возникновением пластических зон	Деформация без изменения состояния материала
Коррозия	Сквозная коррозия емкости	Потеря несущей способности детали	Окисление поверхности
Износ	Поломка в результате износа	Изменение вида износа	Искривление формы поверхности трения

1.5.3. Характеристики состояния машины

Состояние – это совокупность количественных значений параметров и качественных признаков, описывающих техническую систему с заданной точностью. Точность описания определяется степенью адекватности выбранной совокупности существенных свойств объекта диагностики и соответствующих параметров физических процессов целям обеспечения его безопасной, надежной и эффективной эксплуатации [10, 11].

Техническое состояние машин, зависит от многих факторов. В жизненном цикле состояния машин зависит от качества проектирования, включая качество доводки; качества производства и эксплуатации, включая качество ввода в эксплуатацию и технического обслуживания. Диагностическое обеспечение и выбор диагностических параметров зависит от качества проектирования машин и, прежде всего, от достигнутых показателей надежности.

В общем случае понятие «техническое состояние» определяет некоторую текущую характеристику технического изделия, зависящую от степени его соответствия техническим условиям на эксплуатацию.

Техническое состояние объекта – состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды значениями параметров, установленных технической документацией на объект. Техническое состояние характеризуется совокупностью свойств проектного состояния или подверженных изменению в процессе доводки, производства, эксплуатации и ремонта.

В процессе эксплуатации машин определенное конструкцией взаимное расположение деталей остается неизменным, а изменяется их взаимная

связь, например, зацепление шестерен, сопряжение пар трения в результате изнашивания. Чтобы определить, в каком состоянии находится автомобиль или его элемент, необходимо знать параметры его технического состояния, заданные нормативно-технической документацией. Управление техническим состоянием изделий в процессе эксплуатации может быть осуществлено как через управление режимами эксплуатации, так и путем непосредственного изменения состояния при ТО и ремонте изделия.

Признаками технического состояния объекта диагностирования могут быть качественные и количественные характеристики его свойств. Качественные признаки, используемые при диагностировании объекта, называются диагностическими признаками. Примерами качественных признаков являются оплавление изоляции, не характерные для нормального функционирования шум, вибрация, искрение щеток электрической машины, цвет отработавших газов и т. п. Оценка технического состояния машины может быть произведена на основании анализа функций ее состояния, под которыми понимают показатели ее процессов: технико-экономические, параметрические и расчетные (показатели надежности, показатели нагрузочно-деформационного состояния и др.).

Различают следующие виды технического состояния: исправное и неисправное, работоспособное и неработоспособное, правильное функционирование и неправильное функционирование.

Разные формы технического состояния машин проявляются через множество признаков, которые характеризуют это состояние.

Параметрами состояния могут быть режимы работы, внешние условия, качество изготовления, сборки, монтажа. Необходимо выбрать высокоинформативные точки измерений контролируемого параметра (сигнал), иначе цель диагностирования будет неосуществима или недостаточна для оценки реального технического состояния.

Параметр состояния – физическая величина, характеризующая работоспособность или исправность объекта диагностирования и изменяющаяся в процессе работы. Различают структурные и диагностические параметры состояния машины.

Параметры, непосредственно характеризующие работоспособность или исправность объекта диагностирования, называются структурными.

Структурные параметры характеризуют структуру машины, которая определяет связи и взаимодействия элементов, определяющих существенные свойства составных частей, деталей и сопряжений, рабочие характеристики. К структурным параметрам относятся размеры и геометрическая форма деталей, величина износа деталей, физико-химические свойства материалов, зазоры в сопряжениях подвижных деталей и клапанных механизмах, натяги и посадки деталей, несоосность, положение регулирующих элементов, параметры шероховатости поверхностей и микрогеометрия, биение вращающихся деталей, изменение ориентации и крепления деталей, засорение фильтров, воздухоочистителей, изгиб деталей, неплоскостность поверхностей, углы установки управляемых колес транспортных машин, свободный и рабочий ход тормозной педали, износ сопряжений гидроусилителя,

смещение агрегатов, рессор, виброизоляторов и др.

Возможность непосредственного измерения структурных параметров объектов диагностирования без их разборки весьма ограничена. Поэтому при определении технического состояния механизмов автомобиля используются диагностическими параметрами – косвенными величинами, связанными со структурными параметрами и несущими достаточную информацию о техническом состоянии объекта.

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

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

При исправном техническом состоянии машины значения всех параметров состояния находятся в допустимых пределах. Выход из этих пределов любого параметра означает, что машина неисправна.

Неисправность в ряде случаев не связана непосредственно с потерей работоспособности. Неисправный узел или агрегат не может выполнять все свои функции или выполняет их с определенными отклонениями. Если своевременно не устранить неисправность, может возникнуть отказ. Например, неустранимый стук в подшипниках коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания приводит к его заклиниванию.

Работоспособность – состояние изделия, при котором оно способно выполнять функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных нормативной технической документацией.

Машина называется работоспособной, если значения ее основных параметров находятся в допускаемых пределах изменения и если она нормально выполняет заданные функции. Постепенное изменение структурных параметров приводит к полной утрате работоспособности элементов структурной единицы и она не может выполнять свои функции. Утрата работоспособности называется отказом.

С расширением функциональных возможностей применяемых бортовых систем диагностирования автомобилей в эксплуатации методов и электронных средств контроля технического состояния все больше внезапных отказов может быть отнесено к числу постепенных. Разграничение отказов на постепенные и внезапные позволяет выбирать соответствующие методы и средства их локализации, а также методы прогнозирования остаточного ресурса.

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

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

Функциональный отказ – событие, которое приводит изделие в неработоспособное состояние. Функциональный отказ большей частью связан с разрушениями и недопустимыми деформациями конструкции, с обрывами, прогарам, разгерметизацией и т. п.

Параметрический отказ – событие, которое приводит к недопустимым изменениям параметров или характеристик изделия. Параметрический отказ не ограничивает возможность дальнейшего функционирования изделия, однако оно становится неработоспособным с точки зрения технических требований к нему.

Отказы возникают постепенно или внезапно. Признаком **постепенного отказа** служит предельное значение основного параметра состояния, вследствие чего составная часть постепенно приходит в неработоспособное состояние, препятствующее выполнению ею функций, заданных при конструировании (снижение мощности, износ шин, износ сопряжений). Признаком **внезапного отказа** является аварийная ситуация или предельное состояние составной части, наступающее внезапно и препятствующее ее дальнейшему использованию.

Внезапные отказы чаще являются следствием неконтролируемого в условиях эксплуатации постепенного качественного изменения физико-механических свойств, накопления в деталях усталостных повреждений или следствием действия недопустимых нагрузок, температур и т. д. Примерами внезапных отказов являются перегорание электрических ламп, пробой проводов высокого напряжения, обрыв рукавов высокого давления гидропривода.

Диагностические признаки характеризуются значительным разнообразием, однако их можно сгруппировать, принимая во внимание их некоторую общность. К этим признакам относятся параметры технического состояния: структурные, функциональные, сопутствующие и другие параметры, характеризующие структуру и функционирование машины, а также качественные и количественные характеристики ее свойств. Например, отсутствие зазора (или большой зазор) в зацеплении шестерен зубчатой передачи или подшипниках вызывает чрезмерный зазор и нагрев корпуса, стуки в сопряжениях, резкое снижение эффективности работы, что может приводить к отказам. Машина и ее структурные элементы, представляют собой упорядоченную структуру элементов, работа которой обусловлена их взаимодействием между собой.

Установление факта неисправности по внешним признакам является основанием для более углубленного диагностирования соответствующего агрегата путем измерения диагностических и структурных параметров состояния.

Независимый отказ – это отказ объекта, не обусловленный отказом другого объекта.

Зависимый отказ – это отказ объекта, обусловленный отказом другого объекта.

При **полном отказе** объект прекращает выполнение всех возложенных на него функций, а при **частичном** – некоторые функции объектом еще вы-

полняются.

Перемежающийся отказ (сбой) – это многократно возникающий самоустраняющийся отказ объекта одного и того же характера. Весьма важным в теории надежности является разделение отказов на внезапные и постепенные.

Внезапный отказ – это отказ, характеризующийся скачкообразным изменением значений одного или нескольких заданных параметров объекта.

Постепенный отказ характеризуется медленным изменением значений параметра объекта.

Конечно, деление отказов на внезапные и постепенные весьма условно. Поскольку физико-химические процессы, приводящие к отказам, во времени непрерывны, то в принципе внезапных отказов, как таковых, быть не может. Просто мгновенность быстро протекающих процессов приводит к внезапному проявлению отказов. Но при наличии совершенной контрольно-измерительной аппаратуры и правильно выбранной частоте контроля объектов можно прогнозировать появление отказа, то есть относить его к классу постепенных отказов.

В период приработки выявляются отказы по вине проектировщиков, конструкторов и изготовителей. Здесь характерны внезапные отказы объекта. Период нормальной эксплуатации характерен наименьшим количеством отказов и приблизительным постоянством интенсивности отказов.

В результате действия той или другой энергии может не сразу произойти повреждение материала объекта. Часто существует период «накопления воздействий», прежде чем начинается период внешнего проявления процесса, то есть повреждения объекта. Например, для начала развития усталостной трещины необходимо определенное число циклов переменных напряжений. При этом под повреждением материала понимают отклонение его контролируемых свойств от начальных. Если эти отклонения превосходят допустимый уровень, то может произойти отказ объекта.

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

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

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

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

1.6. Термины и определения в диагностике

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

Контролепригодность – свойство объекта, характеризующее его пригодность к проведению диагностирования (контроля) заданными средства-

ми.

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

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

По характеру воздействия на объект диагностирования параметры разделяют на входные и выходные.

Под входным параметром понимают меру воздействия на объект диагностирования извне. Например, нагрузка и характер ее приложения (переменная или постоянная), расход и качество топлива, климатические и атмосферные условия, дорожные условия и др.

Под выходным параметром понимают меру внешнего проявления свойств объекта диагностирования, например, мощность двигателя, температура охлаждающей жидкости, картерного масла и отработавших газов, дымность газов, состав отработавших газов и др.

Количественной мерой параметра состояния является его значение, которое может быть номинальным, допускаемым и предельным.

Исходный (номинальный) диагностический параметр – номинальное (расчетное) значение, определяемое для составных частей новых и отремонтированных машин, служит началом отсчета отклонений. При этом, как правило, обеспечивается максимальная эффективность эксплуатации составной части по технико-экономическим показателям (безотказности работы и экономичности). Номинальное значение параметра соответствует новым технически исправным машинам, агрегатам, узлам и элементам. Этот параметр нормируется с учетом заданной выборки элементов и их функциональным значением. Номинальные значения параметров состояния, могут также назначаться (определяться) и для капитально отремонтированных составных частей и элементов машин после их **обкатки и приработки**.

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

Предельное состояние машины, 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.

При этом дальнейшая эксплуатация составной части или машины в целом без проведения ремонта недопустима ввиду резкого увеличения интенсивности изнашивания сопряжений, чрезмерного снижения экономичности машины или нарушения требований безопасности.

Достижение предельного значения хотя бы одного из параметров означает, что данная составная часть находится в предельном состоянии.

Изменение диагностического параметра от номинального до предельного называют допустимым.

Допустимое значение параметра – значение, при котором обеспечивается безотказная работа составной части до очередного диагностирования

(контроля), исходя из необходимости обеспечения надежной работы. По мере увеличения изменений диагностического параметра от номинального (исходного) до предельного, ресурс и эффективность использования машины снижается в пределах допустимых значений.

Допускаемые параметры, характеризующие техническое состояние составных частей машины, имеет два значения. Одно из них рассчитывают, исходя из необходимости диагностирования при эксплуатации для обеспечения надежной работы составной части, а второе – для выбраковки деталей при ремонте.

Значения параметра, не выходящие за пределы допускаемых величин, называют нормальными. Они находятся в диапазоне между номинальными и допускаемыми величинами. Изменение допускаемых предельных значений параметра износа деталей, позволяющее повторное использование, не должно превышать 20-25%.

Допустимое значение регулировок – оптимальное значение начальной регулировки (настройки) с учетом минимальных затрат и потерь времени при выполнении работ. При нарушении начальной регулировки (например, настройки форсунки на давление начала впрыска) наблюдаются определенные потери, выражающиеся в снижении мощности, повышении расхода топлива, ухудшении качества сгорания топлива и, соответственно, в увеличении количества вредных веществ в отработавших газах.

При техническом диагностировании машин часто приходится оценивать состояние отдельных агрегатов по частным и обобщенным параметрам.

Обобщенный (или комплексный) параметр – диагностический параметр, характеризующий с допускаемой погрешностью техническое состояние нескольких составных частей машины в целом, например, эффективная мощность дизеля, удельный расход топлива, продолжительность поддержания требуемого давления в системах смазки и торможения, индикаторный КПД и т. п. Использование обобщенных параметров состояния позволяет в значительной мере снизить трудоемкость диагностирования, особенно при заявочном (внеплановом) техническом обслуживании машины.

Локальный (или частный) диагностический параметр характеризует состояние одного отдельного элемента.

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

Независимые и зависимые параметры. Независимые указывают на одну конкретную неисправность, а зависимые дают более общую информацию об объекте диагностирования. Например, общий люфт редуктора можно отнести к независимым параметрам, так как он свидетельствует об изнашивании зацеплений коробки передач, но не определяет размеры износа.

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

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

Диагностический тест – одно или несколько тестовых воздействий и

последовательность их выполнения, обеспечивающие диагностирование.

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

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

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

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

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.

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

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

Достоверность результатов диагностирования характеризуется способностью методов, средств измерения и режимов диагностирования отражать фактическое состояние объекта. Она зависит от полноты полученной исходной информации, назначенных предельных диагностических параметров, которые обусловлены выбором контролируемого параметра, от возможности потери информации вследствие несовершенства методов диагностирования, выбора и однозначности применения режимов диагностирования.

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

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

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

1.7. Виды диагностических параметров

Для оценки технического состояния объекта диагностирования необходимо определить текущее значение структурного параметра и сравнить его значение с нормативным. При несоответствии норме проводят диагностирование – определение места и вида неисправности [2].

Диагностические параметры, которые определяют техническое состояние объекта, принято делить на прямые и косвенные. Прямые параметры непосредственно характеризуют техническое состояние объекта. По косвенным параметрам судят о состоянии объекта на основании корреляционных связей этих показателей с показателями технического состояния.

Не только в механических, а в большинстве гидравлических и газоаэродинамических системах в качестве меры нарушения их структуры в большинстве случаев выступает величина зазора между деталями, соединенными в кинематическую пару.

Структура механизма определяется предписываемыми ему функциями. Это размеры и форма деталей, зазоры в кинематических парах и ряд других элементов механизмов, обеспечивающие его нормальную работу, состояние механизма.

Эта группа параметров связана со способом организации объекта, то есть сюда относятся физические, химические, электрические, геометрические свойства структурных блоков, характеристики динамических звеньев и другие сведения. Способ функционирования тесно связан со структурой организации объекта (элемента, сменного блока и т. д.), под которой понимается совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих структурных элементов, свойства и характер которых имеют существенное значение для работоспособности объекта (сменного блока).

Свойства структуры механизмов могут быть охарактеризованы различными наборами параметров, ограничивающих ресурс и функциональные состояния его составных частей, определяющих технико-экономические показатели и технику безопасности машины.

Структурная организация характеризуется рядом количественных параметров, которые и относятся к классу структурных. Отражение структурной организации объекта через посредство структурных параметров отображает его техническое состояние, выявление которого и является одной из задач технического диагностирования и которое изменяется под влиянием внешних условий, воздействий управления объектом, естественного износа и качества изготовления объекта (начальные условия состояния).

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. 1.3, 1.4). Поэтому основной задачей технической диагностики является выбор диагностических параметров, обеспечивающих максимальную информацию о техническом

состоянии объекта диагностирования.

Таблица 1.3

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

Большинство измеряемых диагностических параметров косвенно характеризуют структурные параметры элементов машины.

Таблица 1.4

Характеристика диагностических признаков и параметров

Структурный параметр	Диагностический признак
Ранний угол опережения подачи топлива в цилиндры	Жесткая работа двигателя, 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

Во многих случаях диагностические параметры более правильно характеризуют техническое состояние объекта диагностирования, чем структурный параметр, например, состояние цилиндропоршневой группы лучше определить по вибрационному параметру, количеству газов, прорывающихся в картер, по угару картерного масла, по компрессии, а не по зазорам в сопряжениях и другим структурным параметрам.

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

Между структурными и соответствующими им диагностическими параметрами существует определенная количественная связь, основанная на известной закономерности. Все структурные параметры состояния можно разделить на ресурсные и функциональные (рис. 1.10 [2]).

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, опре-

деляющих их.

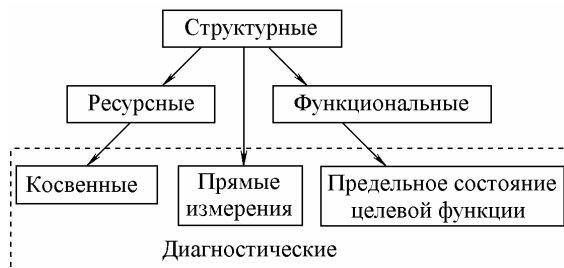


Рис. 1.10. Параметры состояния машин

К ресурсным структурным параметрам состояния объекта относятся зазоры в подшипниковых узлах, зубчатых передачах, клапанных механизмах; биения валов, прогиб рессор, высота протектора шины, натяг в сопряжениях, физико-химические свойства материалов и т. п., непосредственно обуславливающие техническое состояние механизма и машины в целом.

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. 1.11 [2]).

Параметры процесса функционирования объекта образуют характеристики множества подпроцессов, составляющих основной процесс функционирования структурного блока (элемента), позволяющий выполнить ему свое функциональное назначение.

Функциональные параметры – это обычно технические и рабочие характеристики машины и ее составных частей, интегрально отражающие определенную совокупность структурных параметров. Если систему машины характеризует совокупность элементов, то функциональные параметры как раз и определяют эти связи.

Изменение функционального параметра выше предельного значения обуславливает утрату работоспособности или неисправность составных частей, в результате изменения показателей технической характеристики объекта, восстанавливаемых при техническом обслуживании. Функциональные параметры характеризуют связи между элементами систем машин: снижение эффективной мощности двигателя или частоты вращения вала, производительности масляного насоса, давления открытия перепускного и предохранительного клапанов, напряжение на клеммах аккумуляторной батареи (см. рис. 1.11, график 3), тепловой зазор в клапанном механизме, зазор в масляном насосе, в сопряжении гильза-поршень [2].

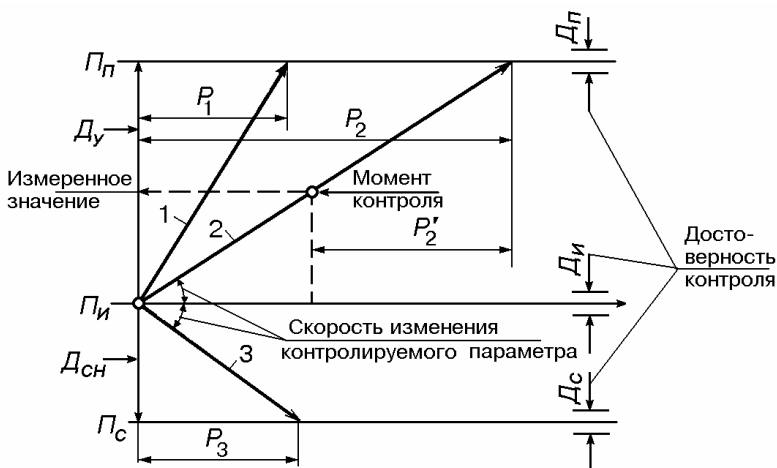


Рис. 1.11. Параметры технического состояния:

1, 2, 3 – линейные тренды диагностического параметра; P_1, P_2, P_3 – ресурсы отдельных элементов; $\Pi_{\text{П}}$ – предельное увеличение диагностического параметра; $\Pi_{\text{С}}$ – предельное снижение диагностического параметра; $D_{\text{У}}$ – допустимое увеличение; $D_{\text{СН}}$ – допустимое снижение; $\Pi_{\text{И}}$ – исходное значение диагностического параметра; P'_2 – остаточный ресурс; $D_{\text{И}}, D_{\text{С}}, D_{\text{П}}$ – достоверность определения исходных ($D_{\text{И}}$), предельных ($D_{\text{П}}$) параметров снижения ($D_{\text{С}}$)

Качественное техническое состояние можно определить совокупностью диагностических параметров. Различают следующие параметры: выходных рабочих процессов, сопутствующих процессов и структурные (геометрические). Физическая характеристика диагностических признаков, диагностических параметров и область их использования приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5

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

Диагностические признаки	Диагностические параметры	Объекты диагностирования
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
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

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

Параметры сопутствующих процессов сопровождают работу двигателя, агрегата, системы и косвенным образом свидетельствуют о состоянии машины 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 машины.

На реальный процесс изменения структурного параметра оказывает влияние значительное количество факторов. Их можно разделить на две группы: внутренние и внешние или конструктивные, технологические и эксплуатационные.

1.8. Взаимосвязь структурных и диагностических параметров

Диагностическими параметрами могут быть параметры рабочих и сопутствующих процессов или их производные. По значениям этих параметров можно судить о состоянии агрегата или автомобиля в целом.

Структурные параметры (геометрические определяют состояние сопряженных деталей и механизмов по величине зазоров, люфтов, биений, свободных ходов (например, тепловой зазор в клапанах двигателя). Взаимосвязь структурных и диагностических параметров на примере топливной аппаратуры двигателя показана в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Взаимосвязь структурных и диагностических параметров топливной аппаратуры дизеля

Название диагностического параметра	Что характеризует
Остаточное давление перед началом подачи топлива	Состояние нагнетательного клапана и форсунки
Момент начала нагнетания топлива	Состояние кулачков вала топливной помпы, плунжера и распределительных шестерен
Давление начала впрыскивания	Упругость пружины форсунки и износ торцевых поверхностей, на которые опирается пружина
Момент начала впрыскивания	Состояние привода топливной помпы, топливопроводов высокого давления
Интервал времени нарастания давления	Износ пары плунжера насоса
Максимальное давление	Регулировка усилия пружины форсунки
Длительность впрыскивания	Ход иглы, пропускная способность распылителя
Интервал времени спада давления	Состояние пары плунжера и пропускная способность распылителя форсунки

Для углубленного диагностирования сложных объектов выбирают и измеряют десятки параметров, например, для двигателя следующие:

- в системе зажигания – напряжение в первичной и вторичной обмотках катушки зажигания;
- угол опережения и сила токо-искрового разряда;
- в системе подачи воздуха – расход воздуха и разрежение во впускном коллекторе;
- в системе впрыскивания топлива – длительность впрыскивания, давление, температура и расход топлива;
- в цилиндропоршневой группе – давление в цилиндре и расход картерных газов;
- в системе выпуска – состав и оптическая плотность газов.

Окончательную номенклатуру диагностических параметров уточняют на этапе разработки диагностических средств и системы диагностирования.

Между структурными (S) и диагностическими (I) параметрами в зависимости от сложности объекта могут существовать различные взаимосвя-

зи (рис. 1.12 [11]).

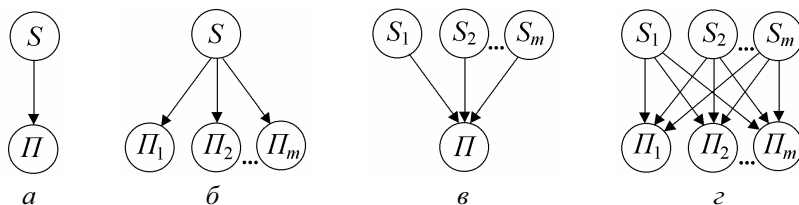


Рис. 1.12. Взаимосвязь диагностических параметров со структурными

Различают:

- единичную связь (рис. 1.12, а), когда с изменением конкретного структурного параметра (S) изменяется один диагностический (P_i);
- множественную связь (рис. 1.12, б), когда изменение одного структурного параметра ведет к изменению n диагностических;
- неопределенные связи (рис. 1.12, в), когда один диагностический параметр изменяется при изменении m структурных;
- комбинированные связи (рис. 1.12, з), когда возможны комбинации названных связей.

Из всего комплекса диагностических параметров выбирают лишь те, которые удовлетворяют требованиям однозначности, стабильности, чувствительности, информативности и технологичности [10, 11].

1.9. Характеристики скоростей изменения диагностических параметров и состояния машины

Автомобиль – нестационарная машина – эксплуатируется в различных режимах при выполнении разных работ в разных климатических и дорожных условиях. Поэтому исходное состояние в процессе эксплуатации изменяется по времени наработки.

Изменение структурных параметров составных частей по мере наработки в постоянных эксплуатационных условиях, отличающихся друг от друга скоростью изменения параметра, обычно имеет характер, близкий к плавному, монотонному (см. рис. 1.13, а). В этом случае оптимальное допустимое значение структурным параметрам (например, зазоры в сопряжениях ЦПГ, КШМ, ГРМ и др.) рассчитывается по технико-экономическим и вероятностным критериям. Кроме качественных показателей проектирования, на характер изменения диагностического или структурного параметров влияет большое количество эксплуатационных факторов. В результате характер изменения диагностических параметров перестает быть монотонным. Но отклонение функциональных параметров обычно происходит по монотонно возрастающей кривой [11].

В связи с различной скоростью изменения ресурсных (рис. 1.13, а, б) и функциональных параметров (рис. 1.13, г) их динамика в одноименной совокупности элементов автомобиля характеризуется пучком кривых. При

этом кривые, расположенные слева (рис. 1.13 (а) и рис. 1.14), отражают изменение параметров с относительно небольшим ресурсом, а расположенные справа отражают изменение параметров элементов с гораздо большим ресурсом. В случае реализации изменений параметров конкретного элемента в виде ломаной кривой пучок будет состоять из переплетающихся в большей или меньшей степени линий (рис. 1.13 (б), рис. 1.14, а).

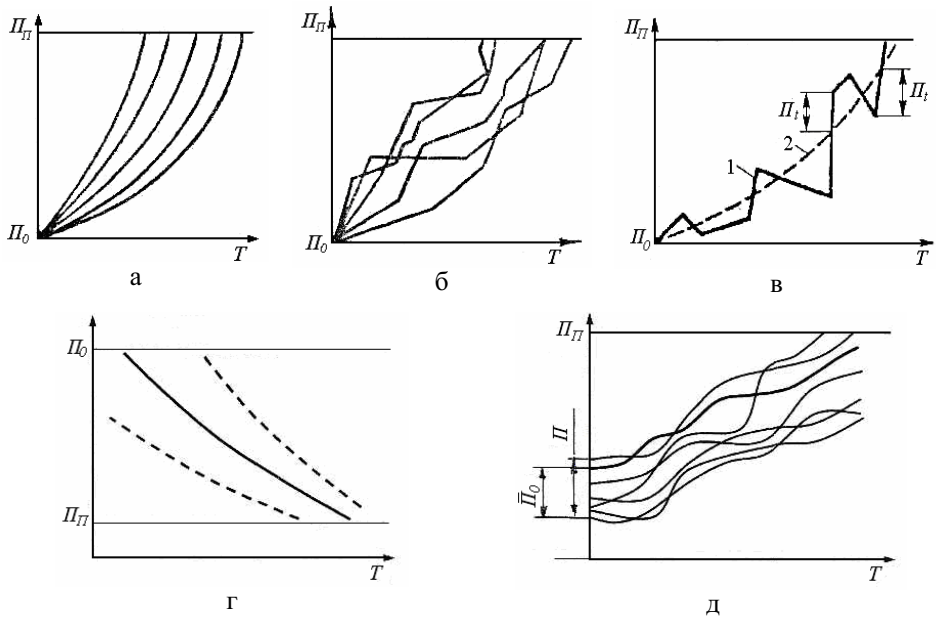


Рис. 1.13. Характер кривых отклонений диагностических параметров состояния элементов автомобиля:

а – плавные монотонно возрастающие кривые; б, в – ломаные немонотонно возрастающие кривые; 1 – фактическое отклонение параметра; 2 – усредненное отклонение; г – снижение функциональных характеристик машины; д – вариации процесса старения как случайные функции; $\Pi_{П}$ – предельное значение диагностических параметров; Π_0 – исходное состояние; T – наработка; Π_t – стационарная случайная функция отклонения параметра; $\bar{\Pi}_0$ – случайная величина исходного параметра прогнозирования процесса; Π – разброс исходных значений параметров качества изготовления

В практике ТЭА в большинстве случаев приходится иметь дело с вероятностными процессами. Например, диаметр цилиндров двигателя вследствие износа увеличивается неодинаково по мере наработки, тем более для разных двигателей той же модели (рис. 1.14 [7, 8]).

Во многих случаях достаточно знать не функцию (регрессию) $y = f(x)$, а числовые характеристики совокупности случайных величин x_1, x_2, x_3 и т. д.

Связь между предельным изменением и отказом имеет вероятностный характер. Тем не менее, в целях упрощения принимают, что потеря работоспособности элементов двигателя (рис. 1.14, а) – это момент пересечения кривой параметра состояния элемента линии Π_{II} , которая соответствует предельной величине параметра, установленной нормативно-технической документацией. Методы нормирования номинальных (Π_0) и предельных значений (Π_{II}) параметров приведены в работах [8, 9].

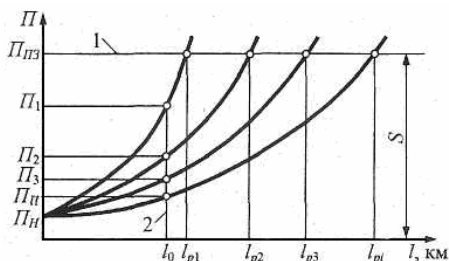
Ввиду большого разнообразия условий эксплуатации транспортных машин, режимов работы, исходного проектного технического состояния, уровня технического обслуживания изменение контролируемых параметров носит случайный характер. Отсюда следует, что скорость изменения параметров состояния даже одноименных сборочных единиц одноименных машин при одной технологии изготовления, одной и той же наработке неодинакова, случайная [11]. Поэтому фактические предельные значения параметров состояния одноименных сборочных единиц машин разного класса качества проектирования могут значительно отличаться от расчетных или среднестатистических. Это обуславливает, с одной стороны, неполное использование ресурса машин, а с другой – возникновение отказов в процессе их эксплуатации [11].

Реальные деградационные процессы не бывают гладкими (рис. 1.13, а). Это происходит из-за нестабильности рабочих процессов, появления неисправностей, отказов, проведения регулировочных работ и восстановления и т. д. Основные элементы деградационных изменений можно представить кривой (рис. 1.15).

На рис. 1.16 приведена схема изменения диагностического параметра виброускорений конструктивного элемента машины разного уровня проектирования на всех стадиях жизненного цикла (I-VI) [11], где 1, 2 – высокий (1) и низкий (2) уровни конструкторско-технологической разработки, изготовления и доводки машин; T_1 – период разработки и доводки машин; T_2 – период приработки; T_3 – период нормального функционирования (полный



а



б

Рис. 1.14. Возможные изменения диаметра цилиндров двигателя (а) и вариации ресурса (б) различных элементов (изделий) автомобиля при эксплуатации:

1 – срез случайного процесса по диагностическому параметру Π предельного зазора S ; 2 – сечение случайного процесса по пробегу l ; l_0 – момент контроля (ТО); Π_H – номинальный параметр; Π_{II} – параметр после приработки; Π_{II3} – предельное значение диагностического параметра (в случае превышения зазора)

ресурс); БР – безопасный ресурс; L_1 – начало плано-предупредительного обслуживания согласно назначенной системе (ППР); участок t_1-t_2 – период зарождения и развития неисправностей различной скорости снижения надежности; t_3 – фактический срок проведения ремонта; t_3-t_4 – период появления отказов; T_4 – предельное значение эксплуатации до ремонта; T_5 – период доводки и приработки после ремонта; L_0 – уровни вибрации после приработки (обкатки с доводкой); L_1 – уровни вибрации машины после изготовления; L_2 – уровни вибрации машины после доводки; L_3 – уровни допустимой вибрации для диагностируемого элемента машины; L_4 – уровни предельно допустимой вибрации, требующие остановки и решения о пригодности к ремонту, замене узла, агрегата или машины; L_5 – аварийные уровни вибрации машины; L_6 – уровни вибрации машины после ремонта ($L_6 \geq L_2$), которые больше не менее чем на 4 дБ; ОР – остаточный ресурс [11].

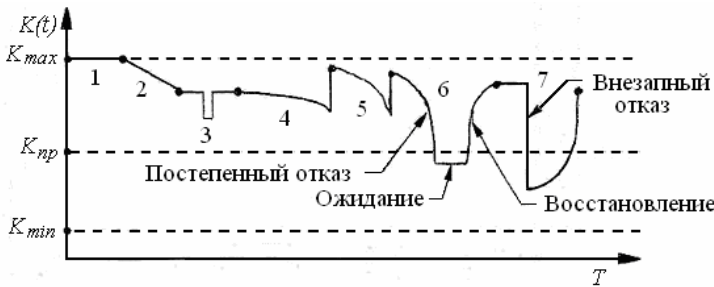


Рис. 1.15. Схема основных элементов деградационной кривой:

1 – стабильное качество; 2 – стабильная деградация; 3 – сбой и регулирование; 4, 5 – восстановление во время технического обслуживания или профилактики; 6 – постепенный отказ; 7 – внезапный отказ; $K(t)$ – обобщающий показатель качества технической системы; K_{np} – предельно допустимое снижение количественного или качественного показателя

Несмотря на всю схожесть физических причин деградации, они обладают тем общим свойством, что окончательный отказ (разрушение) конструкции произойдет из-за нехватки остаточной прочности – несущей способности, сохранившейся к этому моменту. Предельное по условиям прочности состояние конструкции, различное по своим физическим проявлениям (усталостная трещина, износ поверхности, наличие коррозионного повреждения), должно характеризовать

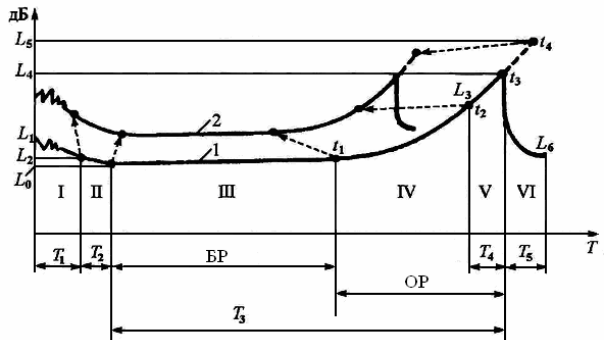


Рис. 1.16. Схема изменения диагностического параметра виброускорений в жизненном цикле (I-VI) машины (элемента)

ся, по существу, единым признаком – величиной остаточной прочности. Момент снижения прочности до допустимого уровня и следует считать моментом исчерпания ресурса по тем или иным деградационным причинам.

1.10. Диагностические нормативы параметров состояния

Для обеспечения технической и экологической безопасности транспортного средства необходим его постоянный или (и) периодический контроль на соответствие требованиям норм и проведение управляющих воздействий. Измеряемые диагностические параметры всегда определяются теми или иными изменениями физических параметров объектов диагностирования или их комбинаций (рис. 1.8).

Диагностические нормативы – это количественная мера диагностического параметра.

Параметры технического состояния узла, агрегата, детали (элемента) подразделяют по важности на две группы. К первой, группе относятся параметры, связанные с безопасностью эксплуатации автомобиля, а также параметры, от которых зависят экологические и эргономические показатели – шум, вибрация, токсичность отработавших газов, электромагнитные поля. Как правило, диагностические параметры этих механизмов хорошо отражают выходные (рабочие) показатели (например, тормозной путь, время срабатывания тормозов, содержание вредных веществ в отработавших газах и т. д.) и могут быть измерены непосредственно. Ко второй группе относятся параметры, связанные с технико-экономическими показателями, – это, например, расход топлива, углы схождения колес и т. п.

Важнейший этап разработки системы технической диагностики – определение нормативных значений структурных и диагностических параметров технического состояния элементов автомобиля, обеспечивающих постановку диагноза технического состояния.

К нормативным значениям параметров оценки технического состояния двигателя, отдельных узлов и систем относятся номинальные P_n , предельные P_{Π} и допускаемые P_d значения. Значения диагностических нормативов устанавливаются:

а) стандартами – такие значения, которые определяют безопасную эксплуатацию автомобиля (рулевой механизм, тормозная система, уровни вибрации, светотехнические приборы и т. п.);

б) нормативно-технической документацией (инструкциями, техническими условиями и т. п.) – все остальные значения диагностических нормативов (например, плотность электролита, тепловой зазор в клапанах двигателя и т. д.).

К первой группе относятся, в основном, диагностические параметры, которые характеризуют техническое состояние механизмов, узлов и систем. Они обеспечивают безопасность движения, но оказывают вредное воздействие на окружающую среду, технику безопасности. Это – тормозной путь, длительность срабатывания тормозного привода, величина тормозной силы на колесах, содержание вредных веществ в отработавших газах, уровни

вибрации, шума, магнитных полей и т.д. Корректировка нормативных показателей в эксплуатации возможна только в сторону ужесточения требований к ним.

Ко второй группе относятся диагностические нормативы, которые связаны с техническими допусками структурных параметров или оптимальными показателями надежности и экономической работы автомобиля.

Нормативы структурных параметров устанавливаются на стадии проектирования и корректируются в период доводки автомобиля. Это касается, например, зазоров в клапанах, в контактах прерывателя, кривошипно-шатунном механизме, шворневом соединении, углов установки колес автомобиля и т. п. Диагностические нормативы параметров определяют на основе их причинно-следственных связей с диагностическими параметрами по результатам лабораторно-стендовых исследований. Чтобы проконтролировать техническое состояние, используют также структурные параметры.

Номинальные и предельные значения структурных параметров составных частей агрегатов машин в соответствии с ГОСТ 21571-76 должны устанавливаться изготовителями машин и отраслевой НТД на основе технико-экономического или вероятностного критерия.

Среди нормативных показателей первой и второй групп выделяют промежуточные. Параметры этой группы связаны с повышением расхода топлива, снижением мощности двигателя, долговечности деталей и узлов и т. п. Особенность нормативов промежуточной группы – большая зависимость от условий эксплуатации и возраста автомобилей. Поэтому размер норматива нужно корректировать в зависимости от конкретных условий эксплуатации.

Нормативные показатели определяют корректировать ли на основании статистического метода, суть которого заключается в следующем. Разовая выборка значений диагностического параметра, измеренного в представительской совокупности объектов, будет отвечать исправному и неисправному состояниям. При этом предусматривается, что значения, которые отвечают неисправному состоянию, будут подлежать другой закономерности распределения, чем те, которые отвечают исправному состоянию. Закономерность рассеивания параметров исправных объектов может быть аппроксимирована вероятностным теоретическим законом. На основании теоретического распределения значений параметра для исправного объекта участок допустимого в эксплуатации рассеивания диагностического параметра можно ограничить нужным уровнем вероятности исправной работы. Определенные таким способом границы и будут нормативными диагностическими параметрами.

Критерием нормирования параметров автомобиля, вредно воздействующих на человека, является степень санитарно-гигиенических и (или) психофизической допустимости воздействия (шума, вибрации, магнитных полей и отработавших газов) на человека. Критерием нормирования параметров автомобиля, воздействующих на окружающую среду, являются экологические последствия их воздействия.

Методика выбора диагностических параметров предусматривает

следующие этапы:

- анализ статистических данных по эксплуатационным отказам и неисправностям с целью выявить наименее надежные составные части и установить наиболее часто повторяющиеся неисправности;
- установление схемы структурно-следственных связей;
- выбор методики поиска неисправностей и алгоритма диагностирования.

При обработке статистического материала вначале из исходной выборки удаляются значения, не характерные для естественного процесса изменения технического состояния (согласно ГОСТ 11.002-73). Затем согласно ГОСТ 11.006-74 проверяется гипотеза о нормальности распределения по одному из критериев (например, по критерию χ^2 -Пирсона).

Если неисправность или структурный параметр можно оценить несколькими диагностическими параметрами, то предпочтение отдают тому, который более точно оценивает определяемую величину, измерение которого связано с меньшими затратами и с помощью которого можно оценить несколько структурных или функциональных параметров автомобиля.

Когда понятие неисправности задается эксплуатационной технической документацией (например, в виде ограничений на выходные показатели), условное предельное значение диагностического параметра может быть определено путем пересчета на основе аналитической или регрессионной модели. Однако в большинстве случаев понятие неисправности количественно не задается, а определяется из опыта эксплуатации. Поэтому далее описаны три метода определения нормативных значений диагностических параметров:

1. Метод назначения предельного значения на основе толерантных границ.
2. Метод определения допускаемого значения по матрице переходных вероятностей.
3. Метод определения допускаемого значения диагностического параметра по его связи со структурным параметром.

Применение каждого из этих методов обуславливается информацией о реализациях диагностического параметра и о характере его связи с показателем работоспособности агрегата.

Первый метод позволяет находить предельное значение диагностического параметра при малой статистической информации, а также в случаях, когда невозможно установить экономические зависимости, например, для параметров, связанных с безопасностью движения. В качестве статистических данных используется разовая выборка значений диагностических параметров для объектов контрольной группы.

Во втором методе оптимизация проводится по критерию суммарных затрат на ремонт и регулировку (полное и частичное восстановление автомобиля) в предположении, что поведение диагностического параметра по мере наработки описывается так называемой «марковской моделью». Для таких параметров реализации отдельных объектов характеризуются резкими изменениями скорости нарастания на соседних участках наработки

(циклах контроля), причем наблюдается сильное «переплетение» реализаций параметра для различных объектов (например, ЦПГ, КШМ, ГРМ). В результате этого совокупность реализации уже не может быть удовлетворительно описана в виде веера плавных кривых (рис. 1.13, *а*) [10, 11].

Отклонение структурного или ресурсного параметра элемента под влиянием группы эксплуатационных факторов происходит уже не по гладкой, а по ломаной возрастающей кривой с изломами (рис. 1.13, *б*, *в*). Резкое увеличение скорости изменения параметра P_i в отдельные моменты обусловлено случайными неблагоприятными эксплуатационными условиями (большие нагрузки, скорости, запыленность воздуха, нарушение регулировок, недостаточная смазка и т. п.).

Анализ двух схем поведения диагностических параметров (рис. 1.13, *а*, *б*) показывает, что по физической сущности они отличаются степенью влияния «предыстории», то есть ретроспекции данного агрегата на последующее изменение его технического состояния.

В первом случае (рис. 1.13, *а*) скорость изменения параметра для каждого элемента и агрегата автомобиля, в основном, зависит от его «начального» (проектного и производственного) качества, случайные же эксплуатационные факторы оказывают второстепенное влияние. Наблюдение такого параметра на некотором интервале наработки в прошлом дает возможность достаточно хорошо экстраполировать его поведение в будущее. Приращения параметров на соседних межконтрольных циклах характеризуются при этом тесной корреляционной связью. Наличие, кроме этого, фиксированного предельного значения параметра (или по крайней мере достаточно узкого диапазона предельных значений) позволяет в результате прогнозировать для каждого отдельного агрегата процесс приближения его к отказу.

Во втором случае (рис. 1.13, *б*, *з*) картина иная – на процессы изменения технического состояния деталей автомобиля оказывает влияние не исходное качество, а в основном резко переменные эксплуатационные факторы. Корреляционная функция быстро убывает, в результате чего приращения параметра на отдельных циклах межконтрольной наработки оказываются слабо зависящими друг от друга. Иначе говоря, наблюдение параметра в прошлом дает недостаточно информации о его поведении в будущем. Единственное, что можно прогнозировать в таких условиях, – это вероятности тех или иных приращений параметра за цикл межконтрольной наработки. Поскольку во втором случае диагностический параметр имеет только стохастическую связь с работоспособностью агрегата (либо соответствующий структурный параметр является не прямой, а лишь косвенной причиной неисправности), то приходится ограничиться вероятностями неисправности агрегатов на предстоящей межконтрольной наработке при различных значениях параметра.

В качестве простого критерия для приближения реального процесса изменения диагностического параметра к марковскому можно использовать средний коэффициент корреляции между приращениями параметра на соседних циклах контроля:

$$r = \frac{D_1}{D_1 + D_2},$$

где D_1 – дисперсия средних скоростей изменения параметра по отдельным агрегатам, обусловленная различным «начальным качеством»; D_2 – дисперсия скоростей изменения параметра по циклам контроля относительно средней скорости для конкретного агрегата, обусловленная влиянием переменных условий эксплуатации.

Если $D_2 > D_1$ (соответственно $r < 0,5$), то данный процесс считается марковским.

Третий метод предполагает определение допустимого значения диагностического параметра по известной связи его со структурным при минимизации удельных издержек на эксплуатацию, ТО и ремонт с учетом точности измерения параметра.

Для обоснования номенклатуры диагностических признаков и параметров устанавливают совокупность всех диагностических параметров, сопутствующих изменению структурных параметров, исследуют диагностические параметры и определяют их связь со структурными. Выбирают диагностические параметры, обладающие максимальной информативностью, обеспечивающие допустимую погрешность косвенного измерения структурных параметров.

Для обоснования номенклатуры диагностических параметров проводят теоретические и экспериментальные исследования физических процессов, происходящих в машине, устанавливая взаимосвязь диагностических параметров со структурными. При этом сначала составляют структурную схему возможных состояний составных частей машин. Располагая данными об отказах опытных машин и аналогов, определяют вероятность появления каждого из возможных состояний составных частей машины. Затем на основе анализа закономерностей изменения параметров технического состояния выбирают только те параметры, которые поддавались бы несложным измерениям, были бы недорогими и могли бы характеризовать состояние объектов диагностирования в любой момент времени. Наконец, проводят экспериментальные исследования объектов диагностирования с использованием испытательных стендов и с применением универсальных средств, с помощью которых выполняют совместные измерения структурных и диагностических параметров. Экспериментально устанавливают (подтверждают) физические зависимости диагностических параметров от структурных, корреляционную и количественную связь диагностических параметров состояния с исходными, допускаемыми и предельными значениями контролируемого структурного параметра, а также использование полученных данных для прогнозирования остаточного ресурса, прогнозирования и установления объема и сроков работ по техническому обслуживанию и ремонту составных частей.

Все диагностические параметры можно условно разделить в зависимости от глубины контроля (диагностирования) на две группы: общие и частные. Исследования по выявлению диагностических параметров начинают

с установления обобщенных параметров, характеризующих общее состояние машины и агрегатов, функциональные зависимости параметров сигналов и состояний системы. Затем определяют частные диагностические параметры вплоть до оценки состояния отдельных сопряжений с последующим выбором из них наиболее информативных параметров.

Необходимо выбирать диагностические параметры, которые при высокой информативности о техническом состоянии обеспечивают минимальную погрешность косвенного измерения структурного параметра с учетом динамического характера изменения состояния отдельных элементов и машины. Выбор диагностических признаков должен определяться по критерию наибольшей информативности по отношению к анализируемому состоянию и малоинформативному по отношению к другим структурным параметрам. Ввиду сложности неисправностей в механизмах и необходимости анализа диагностических параметров (сигналов) используют большое число количественных характеристик сигналов и их комбинации. К ним относятся общеизвестные количественные характеристики детерминированных и случайных процессов.

Для установления количественной зависимости диагностических параметров от структурных используют зависимости изменения вибрации, температуры, давления, расход масла, топлива, изменение газов и их оптической плотности, электрического напряжения и силы тока, изменение частоты вращения, зазоров, степень пробуксовки, выходные реакции объекта диагностирования на рабочее воздействие и др.

Обоснование и выбор диагностических параметров в каждом случае определяются целью, которая ставится перед этой конкретной системой. Например, нужно определить правильность функционирования двигателя по мощностным параметрам. Для этого достаточно определить мощность двигателя, сравнить ее с нормативными показателями и выяснить, в каком состоянии двигатель. По-другому решается задача диагностирования, если нужно установить причины снижения мощности двигателя. Для этого следует знать значительно больше диагностических параметров.

Назначение диагностического параметра агрегата, узла, автомобиля в эксплуатационной документации может определяться следующими задачами контроля технического состояния (рис. 1.11).

1. Значение параметра, при достижении которого следует проводить ТО и восстановление состояния объекта.

Эти значения диагностических параметров могут находиться в широких пределах на участке от $P_{И}$ до $P_{П}$. Оптимальные значения параметра определяются стратегией технического обслуживания. Допускаемые значения параметра $P_{Д}$ технического состояния элемента (узла или агрегата) ближе к номинальному значению $P_{И}$ снижают риск отказа. Значения параметра $P_{Д}$ используются для определения целесообразности ремонта.

2. Значение параметра, при достижении которого деталь или сопряжение (при текущем или капитальном ремонте) не может быть повторно использованы для восстановления ремонтируемого элемента, узла, агрегата.

Эти значения допустимых параметров, как правило, не должны пре-

вышать отклонения от P_{II} больше, чем на 25%.

3. Значения предельного P_{II} , при достижении которого эксплуатация объекта по технологическим причинам запрещается или не рекомендуется по экономическому и (или) экологическому критериям и технике безопасности.

Этот вид значений параметра принимается как предельные значения диагностического параметра.

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 (исправен или нет на текущий момент);

- поиск мест неисправностей и повреждений, определение причин неисправностей и отказов с рекомендацией методов и средств восстановления работоспособности объекта;

- прогнозирование технического состояния объекта на предстоящий период эксплуатации с заданной вероятностью безотказной работы или определение с заданной вероятностью интервала времени, в течение которого сохраняется работоспособное состояние объекта.

Выбор и обоснование диагностических параметров базируется на частоте проявления неисправностей и отказов, анализе признаков, на 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 [13-16].

Задача выбора диагностического параметра состоит в определении из множества принципиально возможных физических параметров некоторого ограниченного их числа, содержащих достаточно полную информацию о состоянии конкретного элемента или узла объекта и позволяющего определить неисправность в объекте. На множество диагностических параметров накладываются дополнительные ограничения: эти параметры должны быть наиболее информативными и удобно измеряемыми или наблюдаемыми. Множество диагностических параметров, определенное на множестве вероятных состояний и неисправностей, описывающих эти состояния, должны быть оптимизированы по какому-либо критерию информативности, обеспе-

чивать оптимальную различимость неисправностей, обладать хорошей алгоритмичностью.

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 неисправностей.

При нормировании параметров состояния электронных систем, датчиков и компонентов указываются требования к параметрам диагностических сигналов, к форме осциллограммы сигнала, временным, амплитудным, частотным и другим характеристикам, к их нормализации и квантованию диагностических параметров (сигналов) [11, 12].

Параметры диагностического сигнала включают в себя числовые характеристики различных процессов, сопутствующих работе объекта, доступных для непосредственного измерения и служащих информацией о состоянии объекта. Выходные процессы объекта и изменение их параметров являются единственными видимыми извне проявлениями его состояния.

Диагностическим сигналом называют полную совокупность функций состояния, каждая из которых может быть непосредственно измерена на работающем объекте.

Нормализация – это приведение образа (диагностического сигнала) к нормальным условиям с целью сравнения с эталоном. При квантовании признака, который изменяется, непрерывный признак разбивается на поддиапазоны. Например, эталонное напряжение 220 В имеет поддиапазоны «нормальное напряжение 200 В $<U<233$ В», «Пониженное напряжение $U<200$ В», «Повышенное напряжение $U>233$ В». Сигнал текущих значений диагностического сигнала (параметра) получают при переходе границы поддиапазонов и микропроцессор обрабатывает сигнал.

Нормирование параметров рабочих процессов (электрическое напряжение, ток, давление, температура затраты ресурсов и т. п.) традиционно проводится для оценки технического состояния любой системы. Как уже указывалось, диагностические нормативы разделяют на две группы: установленные стандартами и обусловленные нормативно технической документацией заводов-производителей.

Нормирование исходных и предельных диагностических параметров транспортных машин производится, в основном, статистическими методами. Сложные математические модели далеко не всегда позволяют повысить достоверность определения исходных и предельных диагностических параметров [11]. Точное нормирование диагностических параметров невозможно.

но из-за влияния множества трудно учитываемых факторов (вследствие их незнания и отсутствия методов их выявления). Поэтому на практике нормирование для некоторых параметров часто является волевым актом при достижении компромисса между желанием полного описания и технико-экономическими возможностями это осуществить в реальных условиях при известных экспериментально-теоретических ограничениях, требованиях простоты и наглядности инженерных методов.

1.11. Нормирование классов качественной оценки технического состояния объекта диагностирования в эксплуатации

Определение классов нормативных значений структурных и диагностических параметров технического состояния составных частей является важнейшим этапом разработки систем диагностирования. К основным задачам оценки измеренных параметров состояния машин относятся выбор и обоснование структурных и диагностических моделей машин, разработка классов качественной и количественной оценки их технического состояния. Для разработки классов оценки технического состояния ресурсных и функциональных параметров весь диапазон допустимых значений диагностического параметра от Π_H до Π_{II} разбивается на зоны (рис. 1.17). К нормативным значениям диагностических параметров относятся: «хорошее», «допустимое», «требуется принятия мер», «недопустимое» - граничное значение.

Значения снижения диагностического функционального параметра	Классы качественной и количественной оценки технического состояния		Значения повышения диагностического ресурсного параметра
	Диапазон снижения	Диапазон повышения	
Π_H  Π_{II}		Недопустимое	Π_{II}  Π_H
		Требуется принятия мер	
		Допустимое	
		Хорошее	
	Допустимое	Отличное	
	Требуется принятия мер		
Недопустимое			

Рис. 1.17. Нормы и классы качественной оценки технического состояния функциональных и ресурсных элементов:

Π_H – номинальные (исходные) нормативные диагностические параметры; Π_{II} – предельные диагностические параметры

Номинальное (исходное) значение параметра Π_H соответствует новым, технически исправным машинам, агрегатам, узлам. Предельные значения

(«недопустимое») структурных и функциональных параметров соответствуют такому состоянию объекта, когда его дальнейшая эксплуатация становится технически невозможной или экономически невыгодной. Верхняя граница допустимого значения ресурсного параметра класса «требуется принятие мер» характеризует величину приближения к предельному – «недопустимому» значению, при котором обеспечивается заданный уровень вероятности отказа на предстоящей межконтрольной наработке (рис. 1.17). Для функциональных диагностических параметров нормативные значения могут определяться как исходное – «нормативное» (P_H), «допустимое», «требуется принятие мер» и предельное – «недопустимое» (P_{II}). Здесь верхняя граница допустимого значения диагностического параметра «требуется принятие мер» представляет собой жесточайшую величину предельного значения, при которой обеспечивается допустимое с экономических соображений техническое состояние машины.

Классификационные диапазоны предельного приращения (P_{II}) диагностического параметра в эксплуатации чаще всего определяют с разностью интервалов между близлежащими областями (зонами) в 20% изменения ресурсного параметра и 10% функционального параметра (рис. 1.17).

Разница между нормативными классами (зонами) технического состояния (приращение или снижение диагностического параметра) на 20% указывает на признак появления неисправности, а приращение или снижение на 40% свидетельствует об изменении технического состояния на уровне перехода механизма в другой класс технического состояния.

При системе технического обслуживания «по состоянию» допускаемое значение параметра выступает в качестве основного управляющего показателя. Сравнивая в момент контроля текущие значения диагностических параметров с допускаемыми, выносят решение об исправности объекта или о необходимости проведения технического воздействия – предупредительного ремонта или регулировки.

Пример разработанных норм контроля ресурсного состояния агрегатов машины по вибрационному диагностическому параметру виброускорений показан на рис. 1.18 [17].

В общем случае разница между нормативными классами (зонами) технического состояния (приращение или снижение диагностического параметра) на 20% указывает на признак появления неисправности (дефекта), а приращение или снижение на 40% свидетельствует об изменении технического состояния на уровне перехода механизма в другой класс технического состояния.

При системе технического обслуживания «по состоянию» допускаемое значение параметра выступает в качестве основного управляющего показателя. Сравнивая в момент контроля текущие значения диагностических параметров с допускаемыми, выносят решение об исправности объекта либо необходимости проведения технического воздействия – предупредительного ремонта или регулировки.

Значение диагностических параметров, дБ	Диапазоны вибрации, дБ	Классы качественной оценки		
		технического состояния в эксплуатации	регулируемых и ремонтных работ	
		Недопустимо	Недопустимо	
		Треб. прин. мер		
		Допустимо		
			Хорошо	Допустимо
				Допустимо
			Допустимо	Отлично
		Треб. прин. мер		
		Недопустимо		

Рис. 1.18. Нормы вибрации и классы качественной оценки технического состояния агрегатов машины:

$L_{и}$ – исходные уровни диагностических параметров; $\Delta L_{п}$ – предельные значения приращения уровней вибрации (20 дБ) элементов; $L_{н}$ – предельные значения снижения уровней вибрации; $\Delta L_{р}$ – предельные значения увеличения уровней вибрации (8 дБ) элементов; $\Delta L_{с}$ – снижение уровней вибрации

1.12. Критерии оценки предельного технического состояния

К эксплуатационным показателям машин относятся производительность (скоростные и нагрузочные характеристики), экономичность, удобства (комфортабельность), безопасность работы и обслуживания и др.

Для оценки технического состояния машины большое значение имеет такой показатель как надежность в эксплуатации.

Под надежностью машин в эксплуатации понимают свойство составных частей машины выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, которые соответствуют заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки.

Управляющими показателями технического состояния машин являются основные показатели надежности, периодичность ТО и ТР, предельные и допускаемые значения диагностических и структурных параметров, погрешность измерения этих параметров, полный и остаточный ресурсы, срок службы машины.

Надежность автомобильной техники характеризуется многими показателями: безотказность, сохраняемость, ремонтпригодность и др.

Важнейший показатель надежности автомобильной техники – ее готовность.

Готовность – это свойство техники находиться в таком техническом состоянии, которое обеспечивает ее успешное применение на протяжении

заданного времени после поступления в эксплуатацию.

Показатель надежности – это количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность изделия.

Под предельным состоянием системы машины понимают такое состояние, при котором ее дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна; или же восстановление ее работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно с точки зрения экономичности.

Пары трения являются элементами сложных механических систем – машин, агрегатов, механизмов. Поэтому влияние характеристик изношенного сопряжения на работоспособность всей машины и, соответственно, назначение предельно допустимого износа для каждой пары, является очень важным. Предельный износ сопряжения определяется на основании следующих положений:

1. Износ сопряжения может привести к потере работоспособности самой кинематической пары.
2. Износ сопряжения лимитируется влиянием последствий изнашивания на работоспособность других систем и механизмов.
3. Износ сопряжения влияет на изменение выходных параметров машины.

Эти три условия являются критериями для выбора предельно допустимого износа сопряжения.

Снижение и потеря работоспособности узлов, агрегатов и машины в целом может быть вызвано многими неисправностями, изменениями регулировочных размеров и предельными величинами износов.

На практике для определения предельных величин износов многих деталей и узлов машин руководствуются следующими критериями: техническими, функциональными, технико-экономическими и технологическими.

Технические критерии характеризуют предельное состояние составных частей, когда они не могут больше выполнять свои функции по техническим причинам (например, предельное увеличение шага цепи приводит к ее проскальзыванию на звездочках и спаданию) или когда дальнейшая эксплуатация объекта диагностирования с составными частями, достигшими предельного состояния, приводит к аварийному отказу (например, работа при предельном давлении масла в магистрали приводит к выходу дизеля из строя).

К техническим критериям относятся: срок службы элемента до предельного состояния, уровень безотказной работы, коэффициент технической готовности, информативность, точность, контролепригодность.

Согласно техническому критерию, предельным значением износа является то значение, которому соответствует:

- начало резкого возрастания интенсивности износа и вибрации;
- предельно допустимое снижение прочности изнашивающейся детали вследствие изменения ее размеров;
- выходящее за пределы допустимого влияние износа рабочего органа или детали соединения на работоспособность других деталей;
- самовыключение механизма из работы.

Изнашивание сопряженных деталей двигателя автомобиля зависит от продолжительности его работы, то есть от пробега.

На рис. 1.19 показана зависимость изменения зазора сопряженных деталей, в данном случае между шатунной шейкой коленчатого вала и вкладышами подшипника, от пробега автомобиля. На кривой зависимости имеются три области резкого изменения процесса изнашивания (от 0 до t_1 ; от t_1 до t_2 ; от t_2 до t_3). Это связано с тем, что в начальный период эксплуатации двигателя автомобиля происходит приработка деталей. В это время большое число микронеровностей поверхностей деталей как бы «сошлифовывается». При этом продукты изнашивания попадают в смазочный материал. Именно поэтому в период приработки предусмотрена замена масла через 3000-4000 км пробега автомобиля.

Затем наблюдается период от t_1 до t_2 нормальной работы (установившееся постоянное значение скорости изнашивания). В это время величина зазора находится в пределах допустимого. Износ увеличивается, но очень медленно. Причем износ сопряженных деталей может быть неодинаковым из-за использования различных материалов и других конструктивных особенностей. Например, вкладыши коренных и шатунных подшипников изготавливаются из более мягкого пористого материала и изнашиваются гораздо быстрее, чем шейки коленчатых валов. Поэтому вкладыши рекомендуется заменять через 70-80 тыс. км пробега автомобиля, что позволяет значительно продлить срок службы коленчатого вала.

Эксплуатация механизма или агрегата за пределами t_2 связана с постоянным ухудшением технического состояния и может привести к разрушению как отдельной детали, так и сопряженных с ней.

Увеличение коэффициента динамичности (вибрации) с ростом зазоров в шатунных подшипниках, появление ударов в реверсивной зубчатой передаче вследствие увеличения бокового зазора между зубьями, возникновение прогрессирующей концентрации нагрузки на зубья по их ширине из-за перекоса валов, вызванного износом подшипников, - таковы единичные примеры влияния износа одного соединения на прочность и износостойкость сопряженных деталей.

В отдельных случаях значительный износ может привести к нарушению кинематического взаимодействия деталей (например, КШМ, ГРМ), а в результате этого - к полному прекращению работы механизма.

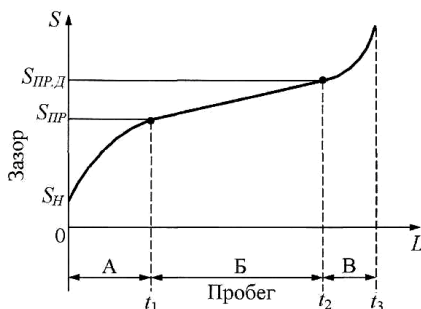


Рис. 1.19. Зависимость изменения зазора между шатунной шейкой коленчатого вала и вкладышами подшипника от пробега автомобиля: А – зона приработки; Б – зона нормальной работы; В – зона прогрессирующего износа и аварийных поломок; S_H – нормальный исходный зазор, необходимый для образования масляного клина; $S_{ПР}$ – зазор в конце приработки; $S_{ПР.Д}$ – предельно допустимый зазор

Технический признак может привлекаться также для оценки допустимого изменения характера неподвижного соединения (прессовая посадка, шлицевое или шпоночное соединение) вследствие контактной коррозии, релаксации напряжений и макропластической деформации деталей. Здесь возникают трудности установления числовых характеристик показателей износа.

По техническому критерию форсированный износ элемента или соединения в конце его службы не всегда является единственным основанием для заключения о его непригодности к дальнейшей работе; выбраковка может быть произведена по другим соображениям, когда аварийной ситуации в связи с данным элементом или соединением еще нет. Это еще более проявляется при подходе к величине износа по функциональному критерию.

По функциональному критерию предельный износ соответствует предельному допустимому отклонению качества работы от нормы.

Основанием для функционального критерия служит изменение качества функций, выполняемых узлом или машиной, вследствие неисправностей и износа деталей. Увеличение зазоров в рабочем сопряжении подвижного трения деталей: насоса, компрессора, цилиндропоршневой группы, двигателя и топливной аппаратуры – приводит не только к снижению производительности, но и к ненормальной работе системы смазки, количества подачи топлива, воздуха и т. п. Например, плунжерная пара выбраковывается при установившемся износе даже невысокой интенсивности, когда величина утечек превышает установленный предел или нарушается четкость отсечек жидкости.

По функциональным параметрам определяют мощность и крутящий момент двигателя, производительность топливного насоса, производительность насоса объемного гидропривода, частоту вращения коленчатого вала, скорость вращения поворотной платформы экскаватора, скорость подъема груза грузоподъемными машинами и т. п.

Технико-экономические критерии, характеризующие предельное состояние, указывают на снижение эффективности использования объекта диагностирования вследствие изменения технического состояния. Например, с ухудшением состояния топливной аппаратуры снижается мощность дизеля и увеличивается удельный расход топлива, количество вредных веществ в отработавших газах и др.

По технико-экономическому критерию оценивается заданная вероятность работы узла, агрегата для минимума затрат на техническое обслуживание при обязательном сохранении в пределах допуска качественных и экономических показателей.

По экономическому критерию оптимальный срок службы двигателя машины определяется наименьшими затратами на единицу выработки продукции при сохранении качества в заданных пределах; минимизацией суммарных приведенных затрат или суммарных удельных затрат на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт двигателя; межремонтным периодом; наибольшей эксплуатационной производительностью машины при сохранении качества выработки в заданных пределах.

Определение предельного износа механизмов двигателя по экономическому критерию состоит в следующем. Так как с увеличением срока службы амортизационные расходы на единицу продукции уменьшаются, а эксплуатационные затраты возрастают, то существует минимум суммарных затрат. Если построить в координатах «выработка-затраты в гривнах» графики амортизационных расходов на единицу продукции в зависимости от текущей выработки, эксплуатационных расходов и суммарных затрат, то значение минимальной ординаты последнего графика определяет предельный срок службы по экономическому критерию.

Если изношенные детали повторно используют после ремонта, то при экономическом анализе учитывают и расходы на ремонт, возрастающие при большой степени износа.

Экономический анализ является наиболее общим, но им можно руководствоваться лишь тогда, когда изменение того или иного измерителя износа или их совокупности заметно влияет на экономичность работы машины. В противном случае точность экономического анализа делается весьма проблематичной, и два других критерия в достаточно полной мере удовлетворяют требованиям экономичности. Технические и функциональные признаки являются основными в тех случаях, когда не нужно считаться с рентабельностью работы машины

Для одних машин критерий качества является основным, для многих других это признак, который важен только для рабочих органов и деталей механизмов управления. Он же служит основой для оценки износа с точки зрения техники безопасности. Технический критерий характерен для ресурсных деталей передач, механизмов преобразователей движения и многих других устройств.

Срок службы детали или узла определяется не только предельными износами в соответствии с тем или иным критерием, но и другими факторами такими, как усталость, контактная усталость, коррозия, отложения на деталях, прогар и др. Ресурс коленчатого вала с центробежной очисткой масла в полостях лимитируется отложениями в кривошипных шейках и износом. Переборка узла форсунки подачи топлива, редукционного клапана масляного насоса вызывается накоплением отложений. Коррозия является основной причиной выбраковки подшипников качения, расположенных в труднодоступных и плохо защищенных местах.

Для ряда гидравлических систем машин, например, дорожных, строительных или сельскохозяйственных, при оценке предельных величин износа и диагностических параметров используется технологический критерий.

Технологические критерии характеризуют резкое ухудшение качества выполнения работ по причине предельного состояния рабочих органов машин, обуславливающих снижение как качества, так и производительности, например, ухудшение работы подвески автомобиля приводит к снижению комфортабельности или потере качества перевозимого груза; затупление рабочих органов экскаватора или дорожных машин ухудшает качество работ.

1.13. Периодичность диагностирования

Надежность автомобиля во время эксплуатации изменяется, что обусловлено потерей работоспособности автомобиля и снижением эффективности его использования. Начиная с какого-то определенного уровня, заложенного конструкцией и технологией изготовления или восстановления, машина последовательно переходит от работоспособного состояния в неработоспособное. Время, затраченное на переход от одного состояния к другому, определяет ресурс машины. Всю совокупность возможных состояний, в которых находится машина во время эксплуатации, условно разделяют на три области: исходное, работоспособное и неработоспособное. В связи с этим значительную часть амортизационного времени она простаивает в различного рода ремонтах и обслуживании. Для поддержания автомобилей в работоспособном состоянии требуется проведение регулярного диагностирования, регулировочных и ремонтных работ, то есть технического обслуживания.

Время простоя оказывает определяющее влияние на затраты и техническую готовность, но техническая готовность зависит от периодичности обслуживания. Отсюда следует, что время простоя в ремонтах и обслуживании обязательно должно учитываться при определении периодичности обслуживания.

Диагностика автомобиля является основой ТО и профилактических воздействий. Под профилактикой подразумевается комплекс планируемых мероприятий, направленных на предупреждение возникновения отказов, сохранение работоспособности и обеспечение долговечности. Мероприятия включают в себя, кроме диагностики, регулировочные работы и устранение выявленных при диагностике неисправностей.

Поэтому после выбора диагностических параметров необходимо решить два важных вопроса: назначить периодичность диагностирования и выбрать допустимое значение диагностического параметра, при достижении которого следует проводить профилактические работы по восстановлению состояния объекта. Периодическое диагностирование целесообразно совмещать с плановыми ТО автомобиля. При встроенной автоматической диагностике периодичность диагностирования может быть связана с пробегом автомобиля, например, проводится после какого-то количества запусков двигателя, в реальном времени по результатам накопленных реализаций в заданном режиме диагностирования и т. п.

Универсальной характеристикой, отражающей поведение системы, является интенсивность отказов $\lambda(t)$:

$$\lambda(t) = \frac{f(l)}{l - F(l)},$$

где $F(l) = P\{U < l\}$ – функция распределения вероятностей отказов; U – случайная величина, соответствующая пробегу при возникновении отказов; l – пробег, км; $f(l) = F(l)$ – функция плотности вероятности распределения отка-



Рис. 1.20. Классификация факторов, влияющих на надежность

Предложенные во многих работах скорости изнашивания и потери прочности деталей не универсальны, их практическое применение усложняется многими эксплуатационными факторами. Скорость процессов механического разрушения деталей зависит от структуры и свойств материала, геометрической формы и состояния поверхности, от напряжения, вызываемого нагрузкой, температуры, режимов и условий эксплуатации машины. Фундаментальным свойством прочности является ее зависимость от времени, деформация и разрушение должны характеризоваться не предельным напряжением, а скоростью деформации, разрушения и, кроме того, долго-

вечностью – временем, которое необходимо для разрушения. Пределы упругости, текучести, прочности являются с этой точки зрения только определенными условными характеристиками.

Технический уровень проектирования, технологии производства и эксплуатации характеризует значительное рассеивание ресурсов, сроков изнашивания деталей и надежность узлов и агрегатов автомобилей.

Классификация факторов, влияющих на надежность автомобиля, представлена на рис. 1.20.

Интенсивность отказов отражает изменение надежности машин в процессе эксплуатации. Если сравнить характер изменения интенсивности отказов автомобиля с характером нарастания износа его агрегатов и узлов, то становится очевидной закономерность, приведенная на рис. 1.21 [18].

На первом этапе работы автомобиля интенсивность отказов достаточно высока и убывает по мере увеличения длительности его заботы. Здесь наблюдаются отказы, обусловленные невыявленными технологическими дефектами. На втором этапе скорость нарастания износа неизменна и интенсивность отказов остается постоянной. Третий этап эксплуатации характеризуется тем, что износ отдельных агрегатов возрастает, появляются износные отказы и интенсивность отказов увеличивается.

Совершенно очевидно, что периодичность обслуживания должна назначаться в соответствии с тем, на каком этапе эксплуатации в данный момент находится автомобиль, то есть периодичность зависит от изменения интенсивности отказов.

Однако, имеющиеся методы определения периодичности профилактических воздействии практически не учитывают интенсивности отказов и ее изменения в процессе эксплуатации. Действующие рекомендации по режимам профилактических обслуживаний предусматривают периодичность обслуживания, постоянную от начала эксплуатации автомобиля до его списания.

Из рис. 1.21 видно, что интенсивность отказов остается постоянной только на этапе нормальной эксплуатации (II), когда отказы носят внезапный характер.

В период нормальной эксплуатации, когда еще не наступил износ отдельных узлов и агрегатов, надежность автомобиля будет определяться только интенсивностью возникновения внезапных отказов агрегатов.

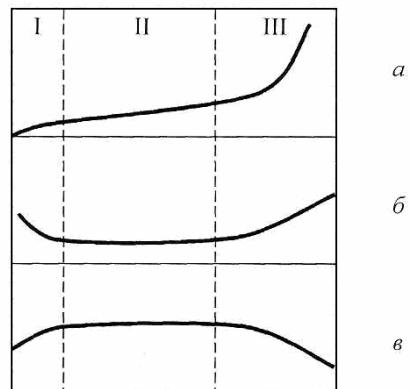


Рис. 1.21. Изменение износа, интенсивности отказов и периодичности профилактических мероприятий:
а – нарастание износа в агрегатах автомобиля; *б* – интенсивность отказов автомобиля; *в* – периодичность профилактических мероприятий

Организовать оптимальный процесс обслуживания автомобиля можно лишь на базе диагностической информации и прогнозирования ее изменения во времени. Практически прогнозирование состоит в определении периодичности диагностирования и установлении диагностических нормативов. Основу установления периодичности диагностирования составляют закономерности изменения технического состояния и экономические показатели.

Широко применяемая в настоящее время планово-предупредительная система технического обслуживания не может поддерживать необходимый уровень готовности и безотказности машин. Рассчитанные для усредненных условий нормативы технического обслуживания и ремонта (ТОР) не учитывают все процессы старения, сроки службы, индивидуальные конструктивно-технологические особенности механизмов, цикличность рабочих процессов и использование машин. Существующая система ТОР требует принципиальных изменений в сторону адаптации к фактическому состоянию машины и условиям ее использования. Адаптация ТОР к фактическому состоянию может быть обеспечена эффективными методами допустимых и предельных параметров состояния и определения остаточного ресурса.

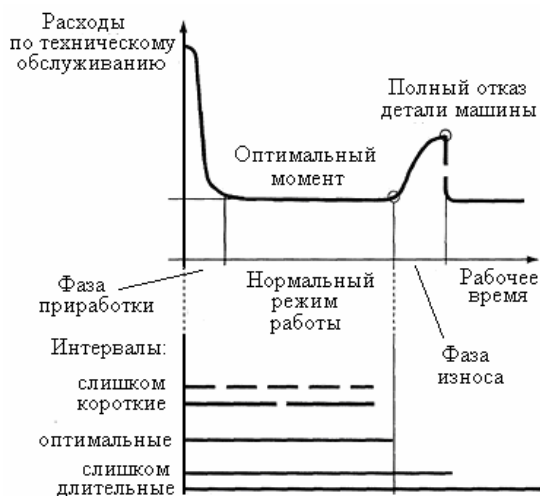


Рис. 1.22. Схема расходов по техническому обслуживанию машин при эксплуатации

На рис. 1.22 показана схема технического обслуживания машин, принятая в технической документации многих машин. Здесь нормальный режим работы характеризуется постоянством в среднем практически всех параметров трения, наблюдается стабилизация физико-механических свойств взаимодействия элементов. Отказы наступают только при значительных концентрациях нагрузок. Поэтому преимущественно имеют место внезапные отказы.

Расчет рациональной периодичности диагностирования зависит от видов технического обслуживания и ремонта автомобиля, пробега между ремонтами, а также от простоя на время обслуживания. Чтобы иметь полную и достоверную информацию о техническом состоянии автомобиля, необходимо как можно чаще проводить его контроль, учитывая при этом, что режимы диагностирования требуют значительных затрат времени, средств и определенной квалификации обслуживающего персонала. С другой стороны, чем меньше проверок, тем меньше затрат. Но уменьшение затрат может привести к внеплановым ремонтам, а в худшем случае – к аварийным ситуациям. Поэтому время между операциями диагностирования должно быть величиной оптимальной. Достичь оптимальной периодичности диагностирования можно при регулярном изменении диагностических параметров с помощью бортовых систем контроля.

Основными исходными данными для определения периодичности диагностирования являются:

- назначение автомобиля;
- условия эксплуатации (дорожные, климатические, нагрузочные и т. д.);
- условия исходной надежности и качества (технический уровень проектирования и изготовления);
- организационно-технические ограничения (наличие требуемого оборудования и т. п.).

Основными методами определения периодичности диагностирования являются:

- аналогий и уточнений;
- визуальный;
- по допустимому уровню безотказности;
- технико-экономический.

Метод аналогий и уточнений – применение нормативов ТО с автомобилями-прототипов (аналогов). Этот метод базируется на аксиоме о полезности учебы на ошибках других, но во многих случаях этот метод может давать существенные ошибки. Например, в схожих по конструкции двигателях могут использоваться масла, произведенные из разной нефти; периодичность замены масла в этом случае не обязательно должна быть одинаковой. Кроме того, не всегда есть уверенность в том, что режимы обслуживания автомобиля-прототипа являются оптимальными.

Визуально-диагностический метод – периодичность ТО определяется на основе внешнего осмотра или диагностики (долив масла, моечные операции, крепежные операции и т. п.). Этот метод приемлем только для легко и постоянно наблюдаемых объектов.

Метод определения периодичности ТО по допустимому уровню безотказности может быть применен при известных законах распределения вероятностей наработки до отказа обслуживаемой системы. Например, при уменьшении зазора до нулевого значения возникает необходимость регулирования теплового зазора в газораспределительном механизме (ГРМ). Наработка до этого момента зависит от интенсивности изменения зазора в про-

цессе эксплуатации и является случайной величиной, распределенной по некоторому закону.

Принято считать, что безотказность систем автомобиля, отвечающих за его безопасность, должна быть не менее 0,95, а всех остальных систем - 0,8. Задаваясь требуемой безотказностью, по кривой закона распределения вероятностей всегда можно найти требуемую периодичность ТО. Можно заметить, что выбор величины безотказности во многом субъективен, и метод не учитывает многих весьма существенных других условий эксплуатации автомобиля.

Технико-экономический метод основан на минимизации суммарных затрат на техническое обслуживание и ремонт автомобиля. Затраты на ТО $C_{ТО}$ и ремонт C_P для установленной технологии выполнения работ являются некоторыми постоянными величинами (рис. 1.23). Периодичность ТО $x_{ТО}$ является искомой величиной, а ресурс обслуживаемого агрегата x_P является некоторой функцией периодичности ТО (чем реже будет производиться ТО агрегата, тем меньше будет его ресурс). Характер изменения удельных затрат

$$C_{ТО}^v = \frac{C_{ТО}}{x_{ТО}}; \quad C_P^v = \frac{C_P}{x_P}$$

показан на рис. 1.23. По минимуму суммарных затрат

$$C_{\Sigma} = C_{ТО}^v + C_P^v$$

можно найти оптимальную периодичность ТО $x_{ТО}^{ОПТ}$, обеспечивающую минимальные издержки на обслуживание и ремонт автомобиля. Аналитически оптимальную периодичность ТО можно найти как экстремум целевой функции суммарных затрат из условия

$$\frac{dC_{\Sigma}}{dx_{ТО}} = 0$$

Конкретный расчет оптимальной периодичности ТО зависит от особенностей обслуживаемой системы. Можно считать, что автомобиль состоит из основных и вспомогательных систем. Основные системы обеспечивают выполнение автомобилем своих функций как транспортного средства (колеса, подвеска, двигатель, трансмиссия и т. п.), а вспомогательные - условия нормального функцио-

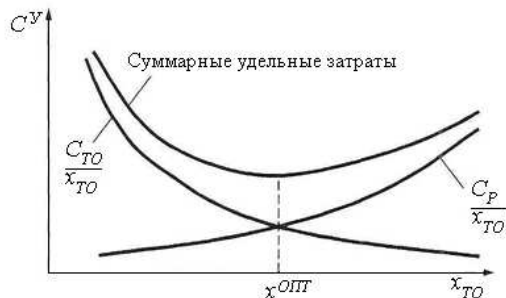


Рис. 1.23. Определение периодичности ТО по минимуму суммарных затрат

нирования основных систем (смазка, фильтры и т. п.). При ТО воздействуют главным образом на вспомогательные системы, которые по своему влиянию на безотказность автомобиля можно разделить на параллельно или последовательно включенные (по аналогии с елочной гирляндой).

Вспомогательные системы, при отказе которых автомобиль не теряет работоспособности, но начинает быстрее ухудшать свои эксплуатационные показатели, можно считать включенными параллельно. Вспомогательные системы, при отказе которых автомобиль тоже отказывает, можно считать последовательно включенными. По мере работы автомобиля вспомогательные системы могут менять свои характеристики постепенно (плавно) или скачкообразно (дискретно).

Предложенная классификация вспомогательных систем позволяет получить три расчетные формулы, с помощью которых можно определять оптимальную периодичность ТО многих реальных систем автомобиля.

На стадии фазы износа вследствие накопления необратимых изменений в элементах механизмов под воздействием всех внутренних и внешних факторов наступает период, когда сопротивляемость нагрузкам заметно снижается, то есть наблюдается процесс интенсивного изнашивания, который для пары трения характеризуется резким увеличением коэффициента трения, скорости изнашивания, температуры, ухудшением условий смазки, увеличением линейного износа деталей и повышением зазоров в сопряжениях. Постоянное накопление повреждений в результате изнашивания, усталости, пластической деформации, коррозии, диффузии и других физико-химических процессов является прямой причиной отказов по схеме накопления изменений. Этот период характеризуется повышенной вероятностью как внезапных, так и постоянных отказов, возникающих из-за старения технической системы, закономерных изменений материалов и структурных параметров.

Согласно рис. 1.22 любая стратегия технического обслуживания во время нормальной эксплуатации машин обеспечивает максимальную экономическую эффективность при проведении профилактического ремонта в «оптимальный момент», а именно к началу возникающей неисправности. Такие рекомендации всегда эффективны с точки зрения технической и экологической безопасности для технического обслуживания автомобилей. Однако вывод из эксплуатации автомобилей на этой стадии может быть неэффективен для многих элементов машин, поскольку приводят к недоиспользованию ресурса «фазы интенсивного износа» t_1-t_3 (см. рис. 1.16, 1.19, 1.22): К тому же диагностирование зарождающейся неисправности усложняет методы диагностирования. Выработка машинами ресурса на участке «нормальный режим работы» (рис. 1.22) составляет, в зависимости от технического уровня проектирования, в основном 75-80% от общего ресурса машины. Профилактическая замена деталей и профилактический ремонт весьма дорого обходятся потребителям машин. Практика требует разработки такой периодичности диагностирования, методов и средств, которые позволяют использование части ресурса «фазы износа» (рис. 1.22) и планирование изменения режимов эксплуатации машины и срока физически обос-

нованного ремонта, не доводя влияние неисправности на состояние других механизмов и аварийного состояния изнашивания.

Сложность решения такой задачи заключается в том, что количественная характеристика периода нормальной работы и скорость накопления дефектов определяются уровнем конструкторско-технологического совершенства разработки машины (см. рис. 1.16) скоростными, нагрузочными, температурными и другими условиями эксплуатации. Разное влияние этих многочисленных факторов по наработке на техническое состояние сопряжений деталей и механизмов машин требуют на стадии фазы износа (см. рис. 1.16, 1.17) индивидуальной периодичности диагностирования (стадия «требуется принятия мер»). При применении ручных аппаратных средств и стационарного диагностического оборудования уменьшение периодичности контроля параметров состояния приводит к повышению стоимости диагностических работ и оправдано при применении эффективных автоматизированных диагностических бортовых и внешних электронных систем. Однако современные автоматические бортовые и стационарные электронные системы позволяют определять работоспособность систем управления в классе «работоспособно - не работоспособно» и лишь в редких случаях позволяют точно по элементам определять место и вид дефекта или неисправности и совсем в ограниченных случаях определять остаточный ресурс.

Область работоспособного состояния машин в «фазе износа» (рис. 1.22) характеризуется большим многообразием скорости протекания деградационных процессов, происходящих с машиной в течение эксплуатационного периода, которые часто требуют индивидуальной оптимизации периодичности диагностирования.

Статистический анализ отказов и времени их устранения в эксплуатации (табл. 1.8, 1.9) позволяет установить определяющие элементы автомобиля.

В табл. 1.7 приведен пример значений показателей надежности городского автобуса большого класса по сезонам в умеренном климатическом районе.

Таблица 1.7

Средние значения показателей надежности городских автобусов большого класса по сезонам в умеренном климатическом районе

Показатель	Сезон			
	летний*	осенний	зимний	весенний
Наработка на случай ремонта, %	100	97	81	94
Наработка на линейный отказ, %	100	88	77	88
Потери линейного времени по техническим причинам:				
число случаев, %	100	114	128	115
часов, %	100	112	125	112

* Условно принято за 100%

Распределение отказов автобусов среднего класса

Элемент (агрегат, система)	Количество отказов	Трудоемкость устранения		Расходы на запас- ные части	Простои на ре- монте, %
		средний отказ, чел. час	отка- зов, %		
Двигатель	17,7	3,5	37,7	42,1	36,9
Система питания	2,5	1,0	1,5	1,8	2,4
Система выпуска	3,3	0,6	1,3	1,3	1,5
Система охлаждения	8,8	2,1	11,4	12,4	11,2
Сцепление	6,3	1,6	6,4	1,4	4,9
Коробка передач	5,6	2,2	7,5	5,8	6,7
Карданная передача	5,0	1,2	3,8	5,2	3,6
Задний мост	1,4	1,6	1,4	0,1	2,8
Подвеска	4,9	1,3	4,1	7,4	4,4
Передний мост	4,6	1,9	5,5	3,6	3,6
Колеса и ступицы	0,6	2,1	0,8	0,8	0,8
Рулевое управление	2,0	0,5	0,7	0,9	0,8
Тормозная система	5,5	1,7	5,7	4,3	6,0
Электрооборудование и приборы	10,7	0,6	4,4	5,9	5,6
Остальные	21,1	-	7,8	7,0	7,8

Примечание. Нарботка 200 тыс. км.

В табл. 1.9 приведено распределение времени простоев автомобиля с дизельным двигателем в текущем ремонте из-за отказов его агрегатов.

Полученные таким образом данные используются для коррекции технологии и организации ТО и ремонта с учетом надежности элементов системы, а также для предъявления требований к производителям автомобилей и выбора последних.

Таблица 1.9

Время простоя автомобиля в текущем ремонте

Агрегат (система) автомобиля	Время простоя, процент от общего
Двигатель	19,5
Коробка передач	15,5
Сцепление	10,1
Задний мост	9,9
Карданная передача	3,3
Подвеска	8,7
Тормозная система	6,4
Рулевое управление	4,8
Кабина, кузов, рама	4,5
Электрооборудование	4,1
Прочее	13,2

Из табл. 1.8, 1.9 следует, что основным объектом диагностирования является двигатель, далее следует коробка передач и сцепление, то есть основной объект диагностирования в составе автомобиля – силовой агрегат (двигатель, сцепление и коробка передач).

Для регламентации периодичности диагностирования при характерных случаях его проведения следует учитывать [17]:

- при плановом ТО в целях выявления потребности в регулировочных работах отдельных агрегатов и элементов транспортного средства;
- с целью выявления потребности в ремонтных работах, когда диагностирование может совмещаться или предшествовать ТО (или ремонту);
- как самостоятельное техническое воздействие с целью определения технического состояния или прогнозирования остаточного ресурса агрегатов и элементов транспортного средства.

При совмещении диагностирования с ТО необходимо учитывать периодичность их проведения. При этом изменение общих затрат C_{Σ} на обслуживание, ремонт и диагностирование агрегата находится в зависимости от периодичности диагностирования. Естественно, что для новых (при вводе в эксплуатацию) агрегатов оптимальная периодичность диагностирования больше, чем на участке (этапе) III (рис. 1.21, а).

1.14. Условия эффективного применения диагностики автомобилей

1.14.1. Формы технической эксплуатации и их эффективность

Диагностика автомобилей в АТП – информационно-контролирующая подсистема управления их техническим состоянием. Целью управления техническим состоянием автомобиля является восстановление потерянного им в эксплуатации качества. Основу процесса восстановления качества составляет и часть, связанная с качественным изменением технического состояния, то есть технологическая. Для организации оптимального технологического процесса необходимо, в первую очередь, знать в каждый конкретный момент времени перечень операций, их количество и характер, трудоемкость выполнения, объем работы для конкретного автомобиля. Эта задача решается на базе диагностической информации.

Весьма разнообразные формы технической эксплуатации автомобилей, зависящие от принадлежности автомобиля, его назначения, режимов использования и т. д., можно свести к трем характерным видам [12].

1. Автомобили эксплуатируются в течение максимального возможного срока при выполнении минимальных объемов работ по техническому обслуживанию и ремонту. При резком ухудшении технического состояния они направляются в капитальный ремонт или утиль. Этот метод экономически неоправдан и совершенно нежелателен в аспекте безопасности движения автомобилей.

2. Устанавливаются конкретные пробеги автомобилей, по истечении

которых в плановом порядке проводятся определенные объемы работ по техническому обслуживанию всех основных систем автомобиля. Этот метод до сих пор находит наиболее широкое применение в крупных автомобильных транспортных предприятиях (АТП), руководствующихся Положением о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта.

3. После определенного пробега в принудительном (плановом) порядке проводятся только контрольные операции и простейшие работы по содержанию автомобиля. Регулируемые и другие операции технического обслуживания, так же, как и ремонтные работы, выполняются по потребности на основании результатов контроля (диагностики).

Две последние формы организации технической эксплуатации автомобиля (ТЭА) являются практически оправданными и в некотором роде конкурирующими. Условие целесообразности применения диагностики в ТЭА можно выразить величиной удельных затрат следующим образом:

$$\frac{C_{отк}^D}{\bar{X}_{отк}^D} + \frac{C_{пр}(1-Q)}{\bar{X}_{пр}} + \frac{C_D}{X_D} \leq \frac{C_{отк}}{\bar{X}_{отк}} + \frac{C_{ТО}}{X_{ТО}},$$

где $C_{отк}^D$ - средняя стоимость отказа при использовании диагностики; $C_{пр}$ - средняя стоимость профилактических работ; C_D - стоимость диагностических работ; $C_{отк}$ - средняя стоимость отказов при плановой системе технического обслуживания; $C_{ТО}$ - стоимость ТО; $\bar{X}_{отк}^D$ - средняя наработка до отказа при наличии диагностики; $\bar{X}_{пр}$ - средняя наработка проведения профилактических работ; X_D - периодичность диагностирования; $\bar{X}_{отк}$ - средняя наработка до отказа при плановой системе ТО; $X_{ТО}$ - периодичность ТО; Q - вероятность отказов автомобиля при наличии диагностики.

Очевидным условием эффективности диагностики является существенное снижение вероятности отказов автомобиля, а также исключение излишних (ошибочных) профилактических работ, что достигается при хорошо отработанной системе диагностирования. Нацеливая диагностику на контроль наиболее важных агрегатов и систем, можно снизить стоимость отказов автомобиля. Перспективным направлением снижения затрат на диагностику является разработка встроенной диагностики, позволяющей проводить частый контроль без простоев автомобиля.

Эффективность диагностики в значительной степени зависит от коэффициента вариации наработки до предельного состояния элементов автомобиля. При достаточно стабильных величинах этой наработки, можно надежно прогнозировать момент наступления отказа и своевременно проводить плановые технические воздействия (ТО). Если отказы могут происходить в случайные, непредсказуемые моменты, то роль диагностики существенно возрастает.

Использование диагностической информации в системе управления выдвигает новые требования к контрольно-диагностическим средствам, их достоверности, быстрдействию, использованию. В настоящее время про-

водится работа по созданию автоматизированных систем внешнего и встроенного диагностирования, которое с помощью электронных модулей обеспечивает автоматическое задание тестовых режимов, постановку диагноза, накопление и выдачу диагностической информации как на рабочее место, так и в центр управления производством.

Активная организация управления техническим состоянием автомобилей во время эксплуатации на основе опыта водителя еще не используется в полной мере. При этом, как показывает опыт, мастерство водителей позволяет повышать долговечность автомобиля на 30-40%, экономить запасные части, материалы и топливо. Рациональное использование опыта водителя возможно за счет освоения встроенного диагностирования. Значительное внимание при этом уделяют контролю параметров, которые характеризуют эксплуатационные качества автомобиля: топливная экономичность, тормозные свойства, уровень загрязнения окружающей среды, стойкость и управляемость.

Создание системы контрольно-диагностических работ нужно начинать с выбора и обоснования такого критерия оценивания эффективности, который позволил бы синтезировать оптимальный процесс контрольно-диагностических работ с учетом наиболее весомых показателей эффективности. К таким критериям можно отнести:

- вероятность правильности определения технического состояния автомобиля с учетом системы диагностирования;
- информационную способность алгоритмов диагностирования и контрольно-диагностических средств;
- точность и достоверность диагностической информации;
- технологичность системы диагностирования и удобство проведения работ;
- металло- и энергоемкость контрольно-диагностических средств;
- стоимость изготовления и эксплуатационные затраты, экономичную эффективность системы диагностирования.

Сложность оценки эффективности системы диагностирования одним критерием определяется необходимостью одновременного учета качества функционирования контрольно-диагностических средств, технико-экономических возможностей и экономической целесообразности самого диагностирования. В связи с этим рассмотрим отдельные критерии эффективности системы диагностирования, а также обобщенный функционально-статистический критерий, отвечающий перечисленным условиям.

Отказ автомобиля, связанный с его техническим состоянием, фиксируется в следующих случаях:

- опоздание при выходе на линию;
- прекращение уже начатого транспортного процесса (линейный отказ);
- досрочный возврат с линии (неполное выполнение задания);
- принудительное обоснованное недопущение автомобиля к работе или ее прекращение на линии контрольными органами автоинспекции, транспортной инспекцией или экологической милицией.

Все остальные отклонения технического состояния автомобиля от нормы классифицируются как неисправности.

Комплексными показателями надежности автомобиля являются коэффициенты технической готовности и использования.

Коэффициент технической готовности – вероятность нахождения автомобиля в работоспособном состоянии в любой момент времени, кроме планируемого, когда его использование по назначению не предусмотрено.

Коэффициент технической готовности рассчитывается по формуле

$$\alpha_T = \left(1 + \frac{l_{cc} D_{op} K_4^2}{1000} + \frac{D_{кр}}{L_{кр\text{ ср}}} \right)^{-1},$$

где l_{cc} – среднесуточный пробег автомобиля; D_{op} – продолжительность простоя автомобиля при ТО-2 и текущем ремонте на 1000 км пробега; K_4 – коэффициент корректирования продолжительности простоя при техническом обслуживании и ремонте в зависимости от пробега автомобиля с начала эксплуатации; $D_{кр}$ – продолжительность простоя автомобиля на капитальном ремонте; $L_{кр\text{ ср}}$ – принятая к расчету средневзвешенная величина межремонтного пробега капитального ремонта.

В настоящее время автомобили практически не ставятся на капитальный ремонт и $D_{кр}=0$, тогда

$$\alpha_T = \left(1 + \frac{l_{cc} D_{op} K_4^2}{1000} \right)^{-1}$$

Коэффициент технического использования – отношение времени пребывания автомобиля в работоспособном состоянии за определенный период эксплуатации к сумме математических ожиданий интервалов времени его пребывания в работоспособном состоянии, простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтами за тот же период эксплуатации.

Коэффициент технического использования рассчитывается по формуле

$$\alpha_{и} = \frac{\alpha_T D_{рГ}}{D_{кГ}},$$

где $D_{рГ}$ – число дней работы автомобилей на линии в году; $D_{кГ}$ – число календарных дней в году.

1.14.2. Экономическая эффективность диагностирования

Решение о целесообразности создания и внедрения системы диагностирования принимается на основе годового экономичного эффекта, который представляет собой суммарную экономию всех производственных ре-

сурсов, получаемых народным хозяйством в результате освоения системы диагностирования. Годовой экономичный эффект рассчитывается по следующей формуле:

$$Q=(Z_1-Z_2)A_2,$$

где Z_1, Z_2 – приведенные затраты единицы транспортной работы, выполненной с помощью базовой системы обслуживания и системы диагностирования, внедряемой на производстве; A_2 – годовой объем транспортной работы, выполняемой с помощью системы диагностирования.

Приведенные затраты – это сумма себестоимости и нормативной прибыли:

$$Z=C+E_HK,$$

где C – себестоимость единицы транспортной работы, грн.; E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; K – капитальные вложения в производственные фонды, грн.

По данным передовых автотранспортных предприятий затраты на ТО и ремонт автомобилей могут быть снижены за счет применения диагностирования от 10 до 20%. Кроме снижения затрат на ТО и ремонт эффект от применения диагностирования может быть получен в результате более полного использования ресурса агрегатов и узлов автомобилей, гарантированного заводами-изготовителями, а также путем более точного информационного обеспечения таких мероприятий как ТО, ремонт, снабжение запасными частями и эксплуатационными материалами

Экономическая эффективность от увеличения использования ресурса агрегатов автомобиля за год эксплуатации может быть определена как

$$\Delta \text{Э} = \frac{1}{T_c} (\Delta \Pi + \Delta \text{Э}),$$

где T_c – срок службы агрегата автомобиля до первого капитального ремонта, год; $\Delta \Pi$ – прирост прибыли автотранспортного предприятия за счет увеличения использования ресурса; $\Delta \text{Э}$ – экономия от увеличения срока службы агрегата автомобиля при его постоянной цене.

Увеличение прибыли определяется уравнением следующего вида:

$$\Delta \Pi = 0,15 \cdot Z_{\Sigma} \cdot (l_p - l_p^1),$$

где Z_{Σ} – общие затраты автотранспортного предприятия на 1 км пробега автомобиля, грн; l_p – ресурс агрегата автомобиля, гарантируемый заводом-изготовителем, 1000 км; l_p^1 – фактический ресурс агрегата автомобиля в автотранспортном предприятии, 1000 км.

Экономия от увеличения срока службы агрегата автомобиля определяется как

$$\Delta \mathcal{E} = C \cdot \left(\frac{\rho_1 + 0,1}{\rho_2 + 0,1} - 1 \right)$$

где C – цена агрегата автомобиля, грн; ρ_1 и ρ_2 – коэффициенты реновации (коэффициенты обновления основных фондов).

Коэффициенты реновации определяют по формуле

$$\rho_1 = \frac{1}{T_{c1}} \text{ и } \rho_2 = \frac{1}{T_{c2}},$$

где T_{c1} – срок службы агрегата автомобиля при полном использовании его ресурса; T_{c2} – срок службы агрегата автомобиля при недоиспользовании его ресурса.

Контрольные вопросы к подразделам 1.1-1.3

1. На каких стадиях жизненного цикла требуется диагностика?
2. Какое назначение диагностики при проектировании и эксплуатации автомобиля?
3. Какие задачи диагностики при эксплуатации автомобилей?
4. Охарактеризуйте три типа диагностических задач.
5. Какие вводят понятия в теории надежности и диагностики функционирования машин?
6. Приведите показатели точности и достоверности диагностирования согласно ГОСТ 27518-87.
7. Охарактеризуйте понятия «дефект» и «неисправность».
8. Чем отличаются понятия «контроль», «самоконтроль» и «самодиагностика»?

Контрольные вопросы к подразделам 1.4, 1.5

9. Приведите примеры объектов диагностирования: непрерывные, дискретные и гибридные.
10. Объясните понятие «диагностический тест».
11. Какие применяются режимы диагностирования?
12. Какие критерии оценки предельного состояния машин?
13. Какие бывают виды технического состояния машин?
14. Какие могут быть отказы?

Контрольные вопросы к подразделам 1.6-1.8

15. Что характеризует «диагностический параметр» и чем он отличается от других видов параметров машин?
16. Какие диагностические параметры называются структурными?. Приведите примеры.
17. Какие факторы влияют на изменение структурного параметра?
18. Какие структурные параметры относятся к ресурсным?
19. Какие диагностические параметры называются функциональными?
20. Какие параметры рабочих процессов определяют функциональные свойства автомобиля?

21. Приведите характеристики параметров сопутствующих процессов.
22. Приведите примеры взаимосвязи диагностических и структурных параметров.
23. Приведите примеры единичной, множественной, неопределенной и комбинированной связи структурного параметра с диагностическим.
24. Какой характер изменения диагностических параметров состояния элементов автомобиля по времени наработки?
25. Какие эксплуатационные факторы влияют на характер изменения диагностического параметра?

Контрольные вопросы к подразделам 1.9-1.10

26. Зачем вводят нормативы диагностических параметров?
27. Кто и в каких документах устанавливает нормативные значения диагностических параметров?
28. Приведите методы определения нормативных диагностических параметров.
29. Какие устанавливаются этапы обоснования номенклатуры диагностических параметров?
30. Какие задачи контроля технического состояния автомобиля?
31. Как производится нормализация диагностических сигналов с целью сравнения с эталонными?
32. Какие методы используются при нормировании исходных и предельных значений диагностических параметров?
33. Как производится нормирование классов качественной оценки технического состояния функциональных и ресурсных параметров?

Контрольные вопросы к подразделу 1.11

34. Приведите эксплуатационные показатели автомобилей.
35. Что понимают под надежностью машин в эксплуатации?
36. Охарактеризуйте такой показатель надежности автомобиля как готовность.
37. Какая существует типовая зависимость изменения зазоров в парах трения? Охарактеризуйте зоны приработки, нормальной работы и интенсивного износа.
38. Приведите параметры технических критериев оценки предельного состояния автомобиля.
39. Какие параметры функциональных критериев оценки предельного состояния автомобиля?
40. Приведите технико-экономические критерии оценки предельного состояния автомобиля.
41. Приведите технологические критерии оценки предельного состояния агрегатов автомобиля.

Контрольные вопросы к подразделу 1.12

42. Зачем назначается периодичность диагностирования и какая его роль в обеспечении работоспособности автомобиля?
43. Какие факторы влияют на скорость изменения диагностических параметров?
44. Приведите графическую зависимость появления отказов элементов автомобиля по времени наработки.
45. Приведите схему расходов на техническое обслуживание автомобиля при эксплуатации.
46. Как влияет слишком частая и длительная периодичность диагностирования на

расходы по техническому обслуживанию?

47. Какие исходные данные требуются для определения рациональной периодичности диагностирования?

48. Приведите основные методы определения периодичности диагностирования.

49. Охарактеризуйте метод определения периодичности технического обслуживания по минимуму суммарных затрат.

50. Какие статистические данные показателей надежности могут служить для коррекции типовых норм периодичности диагностирования?

2. ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ АВТОМОБИЛЕЙ ПО НОРМАТИВНЫМ ДИАГНОСТИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

2.1. Формы организации диагностирования

Одним из основных недостатков диагностирования грузовых транспортных машин на АТП и СТО является большая разнотипность, а также недостаточная приспособленность машин к бортовому и стационарному диагностированию. Большинство транспортных машин ранних выпусков не имеют универсальных устройств сопряжения со средствами технического диагностирования. В связи с этим предприятия определяют под свои машины разные производственные структуры стационарных диагностических линий и комплексов диагностирования транспортных средств.

По форме организации производства диагностические работы подразделяют на:

- **централизованное**, при котором работы одного или нескольких видов диагностирования централизованы в масштабе региона, транспортного объединения, комбината или выполняются централизованным техническим обслуживанием;

- **децентрализованное**, при котором все работы производятся на предприятиях базирования транспортных машин;

- **распределенное**, при котором одна часть работ централизована, а другая выполняется децентрализованным методом (рис. 2.1).

Организационная структура комплексов диагностирования характеризуется специализацией постов и степенью совмещения диагностирования с техническим обслуживанием, что позволяет разделить методы диагностирования на:

- **специализированные**, при которых работы по отдельным воздействиям технического диагностирования транспортных машин производятся на отдельных специализированных участках;

- **комплексные**, при которых все диагностические работы на предприятии выполняются на универсальном диагностическом посту с комплексным (комбинированным) стендом;

- **совмещенные**, при которых все диагностические работы выполняются на постах технического обслуживания и текущего ремонта с помощью передвижных средств диагностирования.

По последовательности выполнения работ (относительно других работ технического обслуживания и текущего ремонта) диагностирование можно подразделить на:

- **предварительное**, которое выполняется перед проведением остальных работ технического обслуживания и текущего ремонта;
- **заключительное**, которое выполняется после проведения названных работ;
- **сопутствующее**, операции которого сопутствуют выполнению регулировочных работ в процессах технического обслуживания и текущего ремонта.



Рис. 2.1. Классификация видов диагностирования по организационным признакам

По периодичности проведения диагностирование может быть:

- **плановым** – производится в обязательном порядке всем машинам, запланированным на техническое обслуживание;
- **непрерывным** – осуществляется непрерывно в процессе движения машины или работы отдельного ее агрегата (например при обкатке);
- **выборочным** – проводится дополнительно к плановому диагностированию и реализуется путем выборочных проверок объектов транспортных машин не на участках (постах) диагностирования, а в дорожных условиях – на постах экспресс-диагностирования.

По типу основных средств диагностирование может классифицироваться как:

- **стационарное** – производится внешними средствами диагностирования транспортных машин в стационарных условиях;
- **бортовое** – осуществляется встроенными или установленными на машине средствами диагностирования;
- **мобильное** – выполняется с помощью передвижных станций и средств диагностирования транспортных машин.

2.2. Перечень обязательных контрольных операций диагностирования автомобиля

2.2.1. Последовательность осмотра автомобиля

Технический осмотр – мероприятие, выполняемое вручную или автоматически с помощью встроенных или внешних средств с целью определения технического состояния объекта.

Диагностирование органами чувств человека следует рассматривать как неотъемлемую часть технической диагностики автомобиля.

При приемке автомобиля на СТОА осуществляются приемка и выдача автомобилей на специализированном участке с проведением внешнего осмотра в следующей последовательности: проверка его комплектности, агрегатов и узлов, на неисправность которых указывает владелец автомобиля, а также влияющих на безопасность движения, технического состояния автомобиля с целью выявления дефектов, не заявленных владельцем [23]. Автомобиль осматривают в соответствии со схемой (рис. 2.2) и регистрируют все обнаруженные неисправности независимо от предварительных заявок заказчика. Осмотру подлежат следующие агрегаты и узлы (показатели):

1 – левая передняя дверь (проверить работу замка двери, стеклоподъемника, петель двери и ограничителя открывания двери, состояние обивки), стеклоочиститель, омыватель стекла, звуковой сигнал, приборы освещения и сигнализации, легкость пуска двигателя, люфт рулевого колеса; салон автомобиля, педали управления и ремни безопасности;

2 – левое переднее крыло, капот, колесо, работа двигателя, подкапотное пространство (проверить уровень масла в двигателе), приборы электрооборудования двигателя;

3 – передняя панель кузова и облицовка радиатора;

4 – аккумуляторная батарея (проверить уровень электролита и заряженность батареи), правые передние крыло и колесо;

5 – правая передняя дверь (то же, что для левой), правые задние крыло и колесо;

6 – правая задняя дверь (то же что и для передних);
7 – кузов сзади (проверить работу замка багажника или задней двери), задний бампер;

8 – левые задние крыло и колесо, левая задняя дверь (то же, что и передние);

9 – днище кузова, агрегаты и узлы, расположенные снизу автомобиля.

При выдаче осуществляется контроль выполненных работ, указанных в заказе-наряде, внешний осмотр в той же последовательности, что и приемка, проверка комплектности.

При приемке и выдаче автомобилей возможно и целесообразно использование диагностического оборудования.

Диагностические признаки характеризуются значительным разнообразием, однако их можно сгруппировать, принимая во внимание их некоторую общность. К этим признакам относятся параметры технического состояния: структурные, функциональные, сопутствующие и другие параметры, характеризующие структуру и функционирование машины, а также качественные и количественные характеристики ее свойств.

Установление факта неисправности по внешним признакам является основанием для более углубленного диагностирования соответствующего агрегата путем измерения диагностических и структурных параметров состояния.

2.2.2. Нормативные параметры

Нормативные значения номинальных, допустимых и предельных параметров механизмов, деталей и сопряжений автомобилей частично представляются в эксплуатационной документации. Далее приведены некоторые виды нормируемых параметров:

- зазоры в сопряжениях подшипников, зубчатых передач и других деталей;

- допустимый дисбаланс карданных валов;
- толщина фрикционных накладок;
- свободный и полный ход педалей;
- цилиндропоршневая группа двигателя;
- кривошипно-шатунный механизм двигателя;
- система смазки двигателя;
- тепловой зазор топливной системы двигателя;

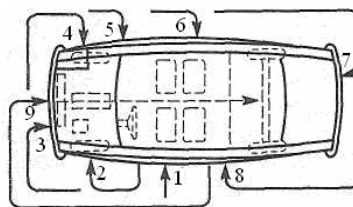


Рис. 2.2. Последовательность осмотра автомобиля

- контроль топливных насосов;
- контроль свечей зажигания;
- характеристики распределителя зажигания;
- контроль датчиков системы управления двигателем;
- тормозной путь;
- износ деталей тормозной системы;
- колебания кузова автомобиля;
- допустимый люфт рулевого колеса;
- параметры установки колес;
- параметры подвески и ходовой части;
- дисбаланс колес с шинами и без шин;
- значение давления воздуха в шинах;
- параметры герметичности гидросистемы;
- параметры объемной подачи масла насосом;
- контроль генератора тока и стартера.

Нормы на допустимые значения приведенных диагностических параметров указываются в технической документации и регламентируются стандартами.

В диагностике целесообразно различать следующие группы параметров состояния:

- параметры эффективности транспортной машины, производительность, удельные энергетические затраты и т. п.;
- параметры надежности объекта;
- параметры диагностических сигналов.

В зависимости от задачи диагностирования и сложности объекта диагноз может различаться по глубине. Для оценки работоспособности агрегата, системы автомобиля в целом используются выходные параметры, на основании которых ставится общий диагноз типа «да», «нет» («годен», «не годен»). Для определения потребности в ремонтно-регулирующих операциях требуется более глубокий диагноз, основанный на локализации конкретной неисправности. Постановка диагноза в случае, когда приходится пользоваться одним диагностическим параметром, не вызывает особых методических трудностей. Она практически сводится к сравнению измеренной величины диагностического параметра с нормативом.

2.3. Объекты контроля состояния автомобиля по обеспечению их технической и экологической безопасности

На практике применяются следующие формы диагностирования:

- комплексное, т. е. проверка всех параметров автомобиля в пределах технических возможностей оборудования. Частным случаем комплексного диагностирования является экспресс-диагностирование, при котором объем работ ограничен в первую очередь узлами, влияющими на безопасность движения;
- выборочное, при котором осуществляются проверки, заявленные владельцем автомобиля. В этом случае все операции диагностирования раз-

бывают на проверки отдельных систем автомобиля. За владельцем оставляется право самостоятельного выбора той или иной работы. Такая форма позволяет варьировать объемы диагностирования в зависимости от технического состояния автомобиля, и поэтому она более гибкая, чем комплексное диагностирование.

Первоочередной технической контроль автомобиля производится в соответствии с ДСТУ 3649-2010 «Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану і методи контролю» и ГОСТР 51709-2001 «Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки». Эти стандарты распространяются на дорожные транспортные средства (ДТС), которые находятся в эксплуатации. Стандарты устанавливают эксплуатационные требования и методы контроля технического состояния ДТС и их систем, влияющих на безопасность движения. Требования стандарта являются обязательными для граждан и предприятий, учреждений и организаций, которые действуют на территории Украины, независимо от форм собственности и видов деятельности.

ДСТУ 3649-2010 не распространяется на дорожные транспортные средства, у которых:

- максимальная скорость, установленная заводом-изготовителем, не превышает 25 км/ч;
- меньше четырех колес, если их полная масса не превышает 1 т;
- установленная нагрузка на ось более 115 кН.

Техническое состояние и оборудование дорожного транспортного средства должно отвечать требованиям действующей нормативной документации по безопасности дорожного движения и охраны окружающей среды.

Не допускается вносить изменения в конструкцию дорожного транспортного средства и использовать эксплуатационные материалы, не предусмотренные предприятием-изготовителем ДТС, без согласования с ним или с другой уполномоченной на это организацией.

Внешнему осмотру подлежат: кабины, кузова, оперения, платформы, ходовые части, стекла, приборы освещения и сигнализации. Номерные и опознавательные знаки должны быть чистыми и не иметь повреждений. Внешним осмотром проверяют состояние шин, колес, отсутствие утечек воздуха, тормозной жидкости, горюче-смазочных материалов и других автожидкостей. Для контроля автомобиля снизу с целью выявления неисправностей ходовой части, рулевого управления, трансмиссии и т. п. служит гидравлический подъемник

Проверяются идентификационные номера ДТС: кузова (шасси) и двигателя. Наличие и содержание предусмотренных предприятием-изготовителем номерных кодовых табличек, государственный регистрационный номер, идентификационные данные. Характеристики используемого оборудования, условия проведения и результаты контроля должны быть занесены в протокол контроля. Методика, оборудование для проверки и основные параметры внешних осветительных приборов должны отвечать

ДСТУ 3649-2010.

Автомобили с бензиновым двигателем подлежат проверке на содержание оксидов углерода (СО) и углеводородов (СН) в отработавших газах по ДСТУ 4277:2004; для дизельных двигателей – по ДСТУ 4276:2004. Данные приведены в работах [24, 25].

2.3.1. Контроль технического состояния рулевого управления

Не допускаются: не предусмотренные конструкцией перемещения деталей и узлов рулевого управления, ходовой части относительно один другого или опорной поверхности; повреждения, деформация или трещины деталей рулевого управления, обнаруженные визуально; произвольный поворот рулевого колеса усилителем рулевого управления от нейтрального положения во время его неподвижного состояния и с работающим двигателем; подтекание рабочей жидкости в гидросистеме усилителя. Вращение рулевого колеса должно осуществляться без рывков и заеданий во всем диапазоне угла его поворота. Не допускаются осевые перемещения и шатания рулевого колеса в плоскости управляемых колес и подтекания жидкостей из рулевой системы автомобиля.

Таблица 2.1

Нормы максимально допустимого люфта в рулевом управлении

Подвижной состав	Суммарный люфт, не более, град
Легковые автомобили и созданные на их базе грузовые автомобили и автобусы	10
Автобусы	20
Грузовые автомобили	25

Регулировочные работы заключаются в восстановлении без замены деталей и механизмов параметров технического состояния объекта до установленных технической документацией норм, величин зазоров, люфтов, свободных ходов, приводных усилий. Проводят их по результатам диагностирования и контроля качества выполненного ТО или ремонта, Параметры (нормы) регулирования необходимо определять в инструкциях по эксплуатации конкретного автомобиля. Например, свободный ход педали сцепления (для большинства отечественных автомобилей раннего выпуска равен 30-50 мм) регулируют по зазору между концами рычажков и подшипников муфты выключения сцепления (1,5-4 мм), изменяя длину тяги педали вращением гайки или вилки тяги. При обслуживании сцеплений, у которых сжатие дисков осуществляется центральной пружиной, регулировке свободного хода педали предшествует регулировка силы сжатия пружины. У сцеплений с гидравлическим приводом свободный ход педали дополни-

тельно регулируют, изменяя зазор между толкателем и поршнем главного цилиндра.

Регулировка механизма переключения коробки передач заключается в изменении длины промежуточных тяг для согласования положения рычага переключения передач и шестерен коробки передач. По результатам диагностирования давления масла в ГМП и проверки зазоров между концами толкателей электромагнитов и регулировочными винтами механизма управления золотниками клапанов выявляют потребность в регулировках в системе автоматического управления переключением передач.

Регулировкой затяжки подшипников главной передачи устраняют осевой зазор вала ведущей шестерни. Это достигается за счет уменьшения толщины регулировочных шайб до такой затяжки, при которой момент вращения ведущей шестерни, измеренный при помощи динамометрической рукоятки, не будет превышать 10-35 Н·м. Аналогично изменением числа стальных прокладок восстанавливают предварительный натяг подшипников промежуточного вала главной передачи. После регулировки подшипников регулируют зацепление конических шестерен главной передачи, изменяя число прокладок между фланцем стакана вала ведущей шестерни и торцом картера редуктора, а также переставляя прокладки под крышками роликовых подшипников промежуточного вала. Зацепление контролируют по отпечатку контакта зубьев шестерен.

2.3.2. Контроль технического состояния тормозной системы

Проверка технического состояния тормозных систем осуществляется в соответствии с ДСТУ 3649-2010.

Предусмотрены два вида испытаний рабочей тормозной системы (РТС): дорожные и стендовые. Дорожные испытания РТС выполняют на горизонтальном участке сухой и чистой дороги с твердым покрытием в снаряженном состоянии дорожного транспортного средства (ДТС) с водителем и средствами измерений (а в случае необходимости и с оператором-испытателем). Тормозные механизмы должны быть холодными (РТС не использовались перед испытаниями на протяжении 30-40 мин; для сравнения по Правилам 13 ЕЭК ООН для новых автомобилей тормоз считается холодным, если наружная поверхность тормозного барабана имеет температуру не более 100 °С). Начальная скорость торможения должна быть в пределах от 35 до 45 км/ч. Усиление на тормозной педали ≤ 490 Н для ДТС категорий M_1 и N_1 и 686 Н для прочих категорий. В процессе торможения не допускается корректировка водителем траектории движения, если это не требуется для обеспечения безопасности, иначе результат испытаний считается недействительным. В соответствии со стандартом допускается оценивать работоспособность РТС по установившемуся замедлению ДТС ($j_{уст}$), которое должно быть не менее $5,0 \text{ м/с}^2$ для ДТС категории M_1 . При этом необходимо контролировать время срабатывания тормозной системы, которое для ДТС с гидравлическим приводом тормозной системы должно быть не более 0,5 с и

для ДТС с другим типом привода – не более 0,8 с. По ДСТУ 2886-94 время срабатывания тормозной системы (t_c) – это промежуток времени от начала торможения до момента времени, в который замедление (тормозная сила) ДТС принимает установившееся значение.

Проверяют овальность тормозных барабанов (биение тормозных дисков), измеряют сопротивления качению колес, общую удельную тормозную силу, коэффициент осевой неравномерности и время срабатывания.

Перечень неисправностей и условий, при которых запрещается эксплуатация тормозных систем транспортных средств, приведен в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Нормы эффективности торможения рабочей тормозной системой

Подвижной состав	Тормозной путь, не более	Установившееся замедление, не менее, м/с
Легковые автомобили, в том числе с прицепом	14,7	5,8
Грузовые автомобили и автобусы	18,3	5
Грузовые автомобили с прицепом (полуприцепом)	19,5	5
Двухколесные мотоциклы и мопеды	7,5	5,5
Мотоциклы с боковым прицепом	8,2	5

Проверку переднего тормозного диска проводят по следующему алгоритму:

- затянуть стояночный тормоз, ослабить болты крепления переднего колеса, поднять с помощью домкрата переднюю часть автомобиля и установить ее на опоры. Снять соответствующее переднее колесо;
- медленно вращая тормозной диск, проверить по обе стороны всю его поверхность. При обнаружении значительных задирок или трещин диск необходимо заменить;
- измерить микрометром толщину тормозного диска (рис, 2.3, а);
- индикаторной головкой измерить биение тормозного диска (рис, 2.3, б). Если биение больше допустимого, заменить диск или шлифовать его, однако перед этим целесообразно проверить состояние подшипника ступицы.



Рис. 2.3. Контроль толщины (а) и биения (б) тормозного диска

Прокачка тормозов необходимо для удаления воздуха из гидропривода, наличие которого значительно снижает эффективность рабочей тормозной системы. Воздух может попасть в гидропривод вследствие разгерметизации системы при ремонте или замене отдельных узлов, а также при замене тормозной жидкости. На наличие воздуха в приводе тормозов указывает увеличенный ход педали тормоза и ее «мягкость». Перед удалением воздуха из тормозной системы необходимо убедиться в герметичности всех узлов привода тормозов и их соединений, следует очистить крышку и поверхность вокруг крышки бачка, тщательно очистить штуцеры для прокачки. Прокачка тормозной системы необходима после каждого ремонта тормозной системы, если открывалась гидравлическая система привода тормозов. На моделях с ABS штуцеры для удаления воздуха из гидравлического модулятора выворачивать нельзя.

Если разгерметизирована была только часть системы и при этом были соблюдены все предохранительные мероприятия, необходимые для минимизации потерь жидкости, то воздух необходимо удалить только из этой части системы (то есть из первого или второго контура). Если необходимо удалить воздух из всей системы, то это следует выполнять в следующем порядке: правый задний тормоз; левый задний тормоз; правый передний тормоз; левый передний тормоз.

Двухсекционный тормозной кран должен срабатывать при усилии на рычаге в 9 Н, ход рычага должен быть 26 мм. При полностью нажатой педали тормоза давление в камерах на двухстрелочном манометре должно быть одинаковым. Утечка воздуха не допускается. Общий ход рычага должен быть 35 мм при давлении 0,75 МПа. Педаль не должна доходить до пола на 35 мм [24].

Основными диагностическими параметрами эксплуатационных свойств автомобиля являются: колесная мощность N_K и ее производные; скорость движения v_a ; сила тяги P_K , сопротивление движению P_f и выбег s_b ; путь S_p , время t_p и ускорение j_p разгона; удельный расход топлива Q на характерных скоростных и нагрузочных режимах; тормозной путь s_T , тормозные силы P_T ; путь s_3 , время t_3 и величина замедления j_3 ; боковые силы P_b , действующие в пятне контакта шин с дорогой; токсичность отработавших газов CO, уровень шума А (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Диагностические параметры и средства для их измерения

Эксплуатационные свойства автомобиля	Диагностические параметры	Средства диагностирования	
		специализированные	универсальные
Тягово-экономические	$N_K, P_K, v_a, P_f, s_b, S_p, t_p, j_p, CO, A, Q$	Стенд тяговых качеств	Комбинированный стенд
Тормозные	P_T, s_T, s_3, t_3, j_3	Тормозной стенд	То же
Ходовые	P_b	Стенд ходовых качеств	«»

Контроль и регулирование механизмов рабочей барабанной тормозной системы грузовых автомобилей типа КамАЗ осуществляется щупом через окно опорного тормозного диска в верхней части колодок. Зазор не должен превышать 0,4 мм. Регулировку осуществляют поворотом разжимного кулака поворотом квадратных хвостовиков осей червяка. Контроль выхода штоков тормозных камер выполняют линейкой при нажатии педали тормоза. Выход штоков камер переднего моста должен быть 20-30 мм, а камер тележки моста – 25-35 мм. Разница выходов штоков левых и правых колес не допускается.

При подаче воздуха под давлением 0,01-0,015 МПа необходимо достичь равномерного прилегания колодок к барабану, обеспечить зазор 0,1 мм. Щуп не должен проходить вдоль всей ширины накладок. Затянуть гайки осей и болты крепления кронштейна разжимного кулака. Зазор у разжимного кулака должен быть 0,4 мм, а в осей колодок – 0,2 мм. Наименьший ход штоков после регулирования должен быть не меньше, чем 20 мм.

Компрессор тормозной системы должен развивать номинальное давление не ниже 0,7 МПа. Проверку осуществляют: по открытию – 0,65 МПа и по закрытию – 0,75 МПа разгрузочного клапана регулятора давления – с помощью двухстрелочного манометра в кабине. Регулятор давления автоматически поддерживает давление в тормозной системе в пределах 0,62-0,75 МПа. Давление регулируется регулировочным болтом в верхней части регулятора.

При контроле технического состояния тормозной системы, подвески и двигателя не допускается:

- повреждение тормозных шлангов – надрывы, порезы;
- детали подвески автотранспортных средств не должны иметь ослабление моментов затяжки нарезных соединений или подтеканий виброизоляторов. Рессоры, рычаги и пружины не должны иметь трещин или разрушений;
- система питания бензиновых двигателей и дизелей не должна иметь подтеканий топлива. Наличие или отсутствие подтеканий проверяется визуально. Крышки топливных баков и устройств перекрытия топлива должны быть в рабочем состоянии.

Для приблизительной оценки толщины накладок тормозных колодок легкового автомобиля подсвечивают переносной лампой смотровое окно суппорта и визуально оценивают толщину накладок тормозных колодок.

Для точного определения толщины накладок тормозных колодок необходимо снять переднее колесо и измерить толщину внешней и внутренней тормозной накладки.

Тормозные колодки всегда следует менять попарно (в комплекте 4 штуки), даже если износилась накладка только одной колодки и одновременно на обоих тормозных механизмах передних колес. Переставлять местами тормозные колодки запрещено. Если толщина накладки составляет 2 мм, то достигнута предельная граница износа накладки и колодки необходимо заменить.

Проверку вакуумного усилителя выполняют нажатием на педаль тор-

моза при неработающем двигателе 5-6 раз, чтобы создать в вакуумной и атмосферной камерах вакуумного усилителя одинаковое давление, близкое к атмосферному. Удерживая педаль тормоза в нажатом положении, запустить двигатель. В случае исправного вакуумного усилителя педаль тормоза после запуска двигателя должна «пойти вперед» и должно ослабнуть усилие сопротивления на ногу за счет усиления вакуума. Если педаль тормоза не «идет вперед», необходимо проверить герметичность соединительного шланга между впускным каналом и усилителем или же исправность самого вакуумного усилителя.

Причиной неисправности вакуумного усилителя также может быть обратный клапан, а на автомобилях с дизельными двигателями следует проверить работу вакуумного насоса. С помощью отвертки осторожно выдавить клапан и продуть его в направлении стрелки, выбитой на клапане.

2.3.3. Контроль технического состояния ходовой части

Высота рисунка протектора шин должна быть не менее: для ДТС категорий М₁ и N₁ – 1,6 мм; М₂ и М₃ – 2 мм; N₂ и N₃ – 1 мм; О – тех же значений, что и для тягачей.

Шины не должны иметь местных повреждений (проколы, порезы), оголяющих корд, а также местных отслоений протектора. Не допускается наличие посторонних предметов между сдвоенными колесами. Давление воздуха в шинах должно отвечать значению, установленным ИЕ и правилами эксплуатации шин. Сдвоенные колеса должны быть установлены так, чтобы вентиляльные отверстия были смежными между собой. Не допускается замена золотников заглушками, пробками или другими приспособлениями.

ДТС должны быть укомплектованы шинами, указанными в инструкции по эксплуатации. Не допускается установка на одну ось ДТС шин разных размеров, конструкций (радиальной, диагональной, камерной, бескамерной) моделей, с разными рисунками протектора, шин с шипами противоскольжения и без них; установка на колеса ДТС шин, восстановленных по классу, не отвечающему категории ДТС, шин с отремонтированными местными повреждениями на переднюю ось ДТС. Классы восстановления шин должны отвечать приведенным в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Классы восстановления шин

Категории ДТС	Классы восстановления шин	
	для передней оси	для задней оси
М ₁ , N ₁ , М ₂ , М ₃ *	1	1,2 D
О ₁ , О ₂	1,2	1,2
N ₂ , N ₃ , О ₃ , О ₄ ,	1,2	1,2 D

* - на переднюю ось междугородных автобусов запрещено использовать шины, восстановленные по любому классу.

Не допускается:

- отсутствие хотя бы одного болта или гайки крепления дисков или ободьев колес;
- ослабление момента затяжки крепления колес;
- наличие трещин на дисках или ободьях колес;
- наличие местных повреждений и расслоений шин, оголяющих корд;
- не предусмотренные конструкцией перемещения колес на шкворнях или в шаровых шарнирах поворотных стоек;
- отсутствие или ослабление момента затяжки болта (гайки) крепления дисков и ободьев колес, а также наличие на них трещин.

Нарезные сопряжения должны быть затянуты и зафиксированы установленным способом.

Протокол контроля ДТС на соответствие требованиям безопасности к техническому состоянию

(наименование организации/предприятия, выполняющего контроль)

Идентификационные данные ДТС:
Марка ДТС _____
Категория _____; государственный номер _____
Номер кузова (шасси) _____; номер двигателя _____
Год изготовления _____; пробег _____ км
Владелец ДТС _____
Контроль проводится по пунктам стандарта: _____
По методике (методикам) _____
Средства измерительной техники: _____

Наименование	Характеристики	Данные о поверке (аттестации)
Результаты контроля _____ (приводятся результаты контроля, количественные показатели указываются с характеристиками точности и/или достоверности, делается категорический вывод о соответствии или несоответствии технического состояния требованиям стандарта)		

Дата проведения контроля _____
Подписи лиц, проводивших контроль:

(подпись)	(ФИО)	(дата)
(подпись)	(ФИО)	(дата)
(подпись)	(ФИО)	(дата)

Рис. 2.4. Протокол контроля

Проверка падения давления в контурах задней тележки и передней оси

проводится с помощью двухстрелочного манометра в кабине автомобиля. Падение не должно превышать 0,03 МПа за 30 минут. Падение давления в отдельных контурах следует проверять с помощью штатного манометра, присоединенного к клапанам контрольных выводов. При падении давления в контурах должна срабатывать звуковая и световая сигнализация. Падение давления воздуха в баллонах не должно превышать 0,015 МПа за 15 минут при свободном положении органов управления тормозным приводом.

Если давление не отвечает норме, необходимо выполнить регулировочные работы непосредственно на автомобиле или снять элементы тормозной системы и выполнить регулировочные работы и ремонт в специальных зонах.

Результаты технического контроля заносят в протокол контроля (рис. 2.4) количественные показатели и по ним делают вывод о техническом состоянии в соответствии с требованиями ДСТУ 3649-2010.

2.4. Основные методы контроля технического состояния

Различают контроль (диагностирование) периодический и непрерывный. Периодическое диагностирование осуществляют через определенные периоды наработки объекта перед ТО или ремонтом автомобиля, а непрерывное – при помощи встроенных на автомобиле диагностических средств в процессе его эксплуатации.

По характеру взаимодействия между объектом и средством диагностирования различают функциональное и тестовое диагностирование (рис. 2.5).

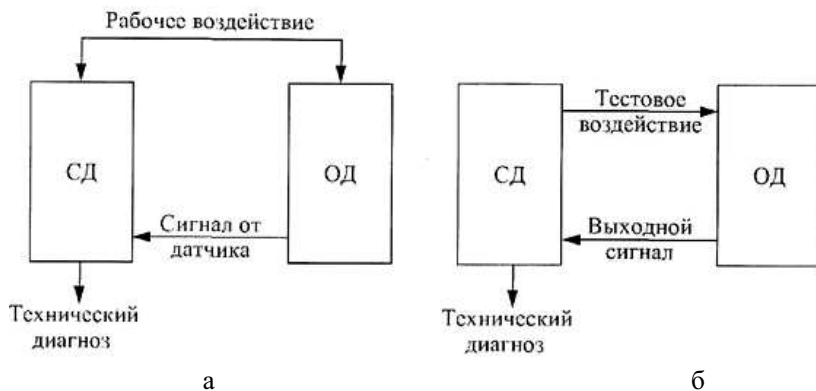


Рис. 2.5. Виды диагностирования:

а – функциональное; б – тестовое; СД – средство диагностирования; ОД – объект диагностирования

Функциональный контроль осуществляется в процессе непосредственного использования объекта контроля по назначению, когда на него по-

ступают только рабочие влияния, предусмотренные алгоритмом функционирования объекта. Во многих случаях рабочие влияния могут подаваться и на автоматизированные системы контроля (АСК) (рис. 2.6, 2.7).



Рис. 2.6. Схема функционального контроля с использованием АСК

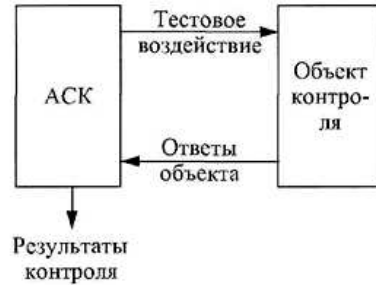


Рис. 2.7. Схема тестового контроля с использованием АСК

Системы тестового диагностирования являются системами управления, поскольку в них реализуется разработка и осуществление специально организованных управляющих тестовых действий на объект с целью определения его технического состояния. Системы функционального диагностирования являются типичными системами контроля, которые не требуют подачи на объект целенаправленных воздействий.

Системы как тестового, так и функционального диагностирования пользователь может назвать системами контроля технического состояния объекта. Исходя из этой точки зрения, системы, которые получили название систем неразрушающего контроля, являются классом систем тестового диагностирования, а виброакустические системы контроля технического состояния – классом систем функционального диагностирования.

В системах обоих видов средства диагностирования воспринимают и анализируют ответы объекта на входные (тестовые или рабочие) воздействия и выдают результат диагностирования – объект исправен или неисправен, работоспособен или неработоспособен, функционирует правильно или неправильно, имеет такую-то неисправность (дефект) и т. п. Системы тестового диагностирования необходимы для проверки исправности и работоспособности, а также поиска нарушающих исправность или работоспособность объекта. Системы функционального диагностирования необходимы для проверки правильности функционирования и для поиска неисправностей, нарушающих правильное функционирование объекта.

Функциональный контроль с использованием АСК обеспечивает возможность немедленного реагирования системы контроля рабочими процессами и управления объектом на нарушение правильности функционирования, обеспечивает переключение режимов работы объекта, выключение элементов, которые отказали, и т. п. В результате повышается безопасность и эффективность эксплуатации автомобиля. Недостатком этого типа кон-

троля является то, что рабочие влияния не могут выбираться из условия оптимизации процесса контроля и не всегда обеспечивается необходимая глубина контроля.

2.4.1. Тестовое диагностирование

Развитие тестовых методов. Для дискретных объектов одной из основных задач технической диагностики остается задача построения тестов. Динамика развития методов построения тестов сопровождалась соответствующим развитием средств построения тестов и диагностического моделирования дискретных объектов. Сначала преобладал детерминированный подход к построению тестов. Ускорению процедур построения тестов содействует применение вероятностного подхода с сохранением моделирования с целью оценки эффективности получаемых тестов.

Для начального периода развития технической диагностики дискретных объектов характерным было стремление получать оптимальные или оптимизированные решения (в частности, минимальные по длине тесты) на основе представления комбинированных объектов таблицами функций неисправностей, а последовательных объектов – таблицами переходов-выходов. Основной моделью дефектов был класс постоянных неисправностей, а основными методами построения тестов – методы перебора вариантов (методы получения покрытия, методы теории экспериментов над автоматами).

Для второго периода развития характерен отказ от отмеченных «рафинированных» постановок задачи построения тестов, переход к структурным и структурным аналитическим моделям дискретных объектов и к новым методам обработки этих моделей, отказ от оптимизации тестов. Все это было вызвано, главным образом, увеличением размерности практических задач.

Третий период развития связывают с появлением больших и сверхбольших интегральных схем, микропроцессорных наборов и других изделий высокого уровня интеграции. Высокая размерность задачи привела к необходимости функционального представления дискретных объектов на макроуровне, рассмотрению функциональных неисправностей вместо постоянных, широкого применения вероятностного подхода к построению тестов.

Современные системы диагностирования объединяют, как правило, оба подхода – детерминированный и вероятностный. Интерес к детерминированному построению тестов сохраняется до сих пор. Применение мощных быстродействующих вычислительных машин позволило существенно поднять «уровень» размерности решаемых задач построения тестов и диагностического моделирования. Последующих успехов в этом направлении позволяют достичь проблемно ориентированные многопроцессорные вычислительные системы, специализированные на решении задач диагностического обеспечения сложных дискретных объектов.

Методы тестового диагностирования применяются для механических, газо-, гидродинамических и электрических систем на логическом уровне и

уровне применения инструментов.

При тестовом диагностировании на объект (автомобиль, агрегат, систему) подаются специальные тестовые воздействия механические, электрические, гидравлические и другие воздействия. С помощью датчиков фиксируют реакцию объекта в виде диагностического сигнала. Этот вид диагностирования применяется тогда, когда необходимо проверить исправность функционирования или обнаружить неисправность, влияющую на работоспособность проверяемого объекта. Методы тестового диагностирования представлены на рис. 2.8.



Рис. 2.8. Методы тестового диагностирования

Результаты тестовых или рабочих воздействий (ответы) во всех видах систем диагностирования от объекта поступают на входы средств диагностирования. Ответы объекта могут сниматься с основных выходов (то есть с тех выходов, которые используются объектом по его назначению) и с дополнительных (специально предназначенных для диагностирования). Все выходы (основные и дополнительные) представляют собой контрольные точки объекта.

Диагностирование охватывает совокупность операций контроля, которые выполняются в определенной последовательности. От того, насколько быстро и просто эти точки контроля дают возможность получить информацию, в большой степени зависит эффективность диагностирования.

Для решения задачи тестового диагностирования динамических систем привлекаются методы, основанные на результатах теории чувствительности. Относительно линейных аналоговых систем разработаны методы

дешифровки результатов физических экспериментов над такими объектами с целью как выявления, так и поиска их неисправных блоков. Тестовыми воздействиями при этом являются гармоничные входные сигналы. Методы, которые получили общее название методов интегральной диагностики, основаны на анализе переходных процессов, которые вызваны специальными входными воздействиями, и применяются для диагностирования относительно простых «неделимых» объектов. При этом путем обработки результатов диагностирования удается определять наличие скрытых дефектов, которые влияют, например, на показатели долговечности изделий.

При диагностировании реализуются специальные алгоритмы, состоящие из элементарных этапов контроля. Окончательный диагноз ставится по полученным результатам элементарного контроля механических, гидравлических, пневматических и электронных систем. При этом используются эвристические подходы, диагностические модели аналитических описаний или графоаналитических представлений основных свойств объекта и разработанные на их основе алгоритмы диагностирования в виде совокупности последовательных операций.

Тестовое диагностирование осуществляют как при функционировании объекта, так и в тех случаях, когда объект не выполняет своих рабочих функций. При тестовом диагностировании необходимо принять меры, исключающие влияние тестовых воздействий на правильность функционирования объекта. При тестовом диагностировании нефункционирующего объекта может потребоваться введение его в режим диагностирования (прогрев, включение и т. п.).

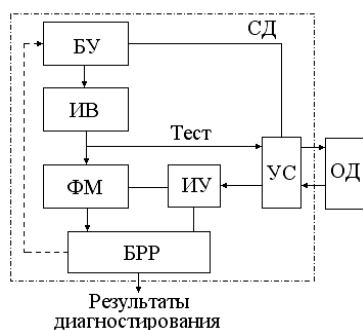


Рис. 2.9. Структурная схема систем тестового диагностирования:

БУ – блок управления; ИВ – источник воздействия; ФМ – физическая модель; ИУ – измерительное устройство; УС - устройство связи объекта диагностирования (ОД) с системой диагностирования (СД); БРР – блок расшифровки результатов диагностирования

способность объекта диагностирования. Для дискретных объектов алгоритмы тестового диагностирования строятся по структурным или функцио-

При тестовом диагностировании сигнал контроля формируется в блоках системы диагностирования и по каналам передачи информации подается на входы объекта диагностирования; при этом тестовые воздействия могут подаваться на основные входы объекта (то есть на те входы, которые используются для входа или выхода рабочих сигналов) и дополнительные, используемые специально для целей диагностирования (рис. 2.9).

Проверочные тесты предназначены для проверки исправности или работоспособности объекта, а тесты для поиска неисправностей (дефектов) – для указания места и, возможно, причин неисправностей, которые нарушают исправность или работо-

нальным моделям объектов диагностирования. Для простых объектов модели могут быть явными, для сложных объектов всегда применяются неявные модели. Тесты могут быть детерминированными или вероятностными. Среди последних значительное место занимают тесты, которые представляют собой псевдослучайные последовательности входных влияний.

Достаточно часто тесты воздействия выбираются из «физических» соображений, например, влияния типа скачка или импульса входного сигнала в методах интегральной диагностики, а также воздействия, которые применяются в методах неразрушающего контроля технического состояния.

Алгоритм диагностирования, в общем случае, состоит из определенной совокупности так называемых элементарных проверок объекта, а также правил, которые устанавливают последовательность реализации элементарных проверок и правил анализа результатов последних. Каждая элементарная проверка определяется своим тестовым или рабочим воздействием, которое подается или поступает на объект, и совокупностью контрольных точек, с которых снимают ответы объекта на это воздействие.

В автоматизированных системах диагностирования часть функций формирования тестов или анализа ответов возлагается на оператора. Для объектов диагностирования, которые работают по изменяемой программе (объектов вычислительной техники), содержание тестов и анализы ответов полностью или частично могут быть реализованы программно.

Существует широкий спектр средств тестового диагностирования: от самых простых внешних или встроенных до универсальных многофункциональных внешних средств. Последние часто предназначены не только для диагностирования, но и для решения других задач наладки сложных объектов. Такие средства содержат управляющую ЭВМ, имеют развитые устройства связи с объектом и снабжены соответствующим программным обеспечением.

Для реализации алгоритма диагностирования средства диагностирования должны иметь источники воздействий (в системах тестового диагностирования), измерительные устройства, устройства связи и обработки информации.

Тестовое диагностирование осуществляют одиночным воздействием, например, одиночным импульсом (то есть в результате одного элементарного контроля) или многократным воздействием (серией импульсов), то есть в результате совокупности элементарных этапов контроля. Многократное воздействие характерно для тестового диагностирования дискретных объектов, когда на вход подается серия (последовательность) импульсов. При тестовом диагностировании возможен одномерный случай, когда оценивают один показатель, или многомерный, когда оценивают более одного показателя.

Результатом элементарной проверки являются конкретные значения сигналов от объекта из соответствующих контрольных точек. Диагноз (окончательный вывод о техническом состоянии объекта) устанавливается, в общем случае, по совокупности полученных результатов элементарных проверок.

Любая система диагностирования является специфической системой управления или контроля. Специфика заключается в цели управления (контроля), которая состоит в определении технического состояния объекта диагностирования.

Многомерные случаи специфичны для дискретных объектов, когда на вход подают, а с выхода снимают векторные величины. К многомерному сводится и случай, когда на выходе объекта оценивают один выходной сигнал по нескольким показателям (например, амплитуда и частота).

Для сложного многофункционального объекта, состоящего из нескольких взаимосвязанных элементов, можно использовать комбинированное диагностирование – сочетание разных методов при диагностировании различных элементов. При этом допустимо применение для одного объекта как функционального, так и тестового диагностирования.

Целью анализа результатов контроля является установление диагноза.

Результаты контроля представляются в виде значений сигналов в контрольных точках, а результаты диагностирования должны быть представлены в другой форме, более удобной для практического использования. В простейшем случае данные диагностирования или их расшифровка представляют собой результаты сравнения значений сигналов в контрольных точках с заданными эталонными значениями этих сигналов. Операцию расшифровки полученных сигналов можно проводить с использованием вычислительных устройств или автоматизированных схем.

2.4.2. Диагностирование по функциональным параметрам

Функциональное диагностирование заключается в обработке информации характеризующей качество функционирования объекта диагностирования. Когда определяются параметры работоспособности узла, агрегата, системы по выполнению основных функций.

Функциональный подход к диагностике требует анализа не только выходных информационных сигналов, но и внутренних процессов, происходящих в механической, электрической или потокосодержащей системе машин. Существует много деталей и узлов, ухудшение структурных параметров которых (износ или расположение) тесно связано с выполнением основных функций механизмом. Это такие параметры, как снижение точности работы, расход энергоносителей, потеря мощности, ухудшение качества работы тормозных механизмов и другие. На рис. 2.10 приведена классификация методов функционального диагностирования.

К функциональным методам контроля двигателей относится измерение диагностических параметров, которые непосредственно характеризуют мощность и расход топлива, колебания давления в системах подачи топлива, оценку дымности и токсичности отработавших газов. Работоспособность системы смазки оценивается давлением масла в магистрали, а степень пригодности масла – по количеству осадка в роторе центрифуги за определенный промежуток времени. Эффективность работы узлов системы охлаждения оценивают как по значению, так и по перепаду температур на входе и

выходе из радиатора.

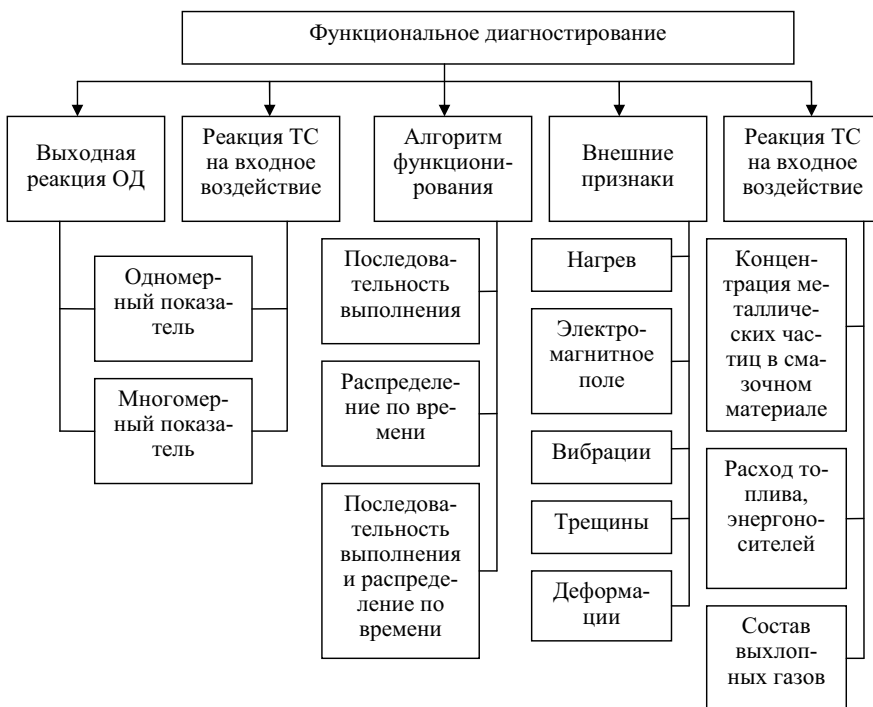


Рис. 2.10. Методы функционального диагностирования

Для сцепления такой комплексной оценкой будет измерение скольжения при определенном моменте сопротивления. Для гидроусилителя важно оценить эффективность его действия по усилию на рулевом колесе и быстродействию.

Функциональное диагностирование осуществляется в процессе функционирования объекта в рабочем режиме. По функциональному назначению средства технической диагностики подразделяют на комплексные для диагностирования автомобиля и средства для углубленного диагностирования.

Задачи контроля работоспособности по комплексным параметрам состоят в выявлении (без указания места и причины) определенной совокупности дефектов при диагностировании по обобщенным параметрам: мощности, топливной экономичности, безопасности движения и влияния на окружающую среду. При отклонениях от нормальных значений параметров выполнения основной функции необходимости начинается поиск места, вида и причины конкретного дефекта. Во всех этих случаях выбирают наиболее простые способы контроля, позволяющие ответить лишь на вопрос, работоспособен объект или нет, при этом необходимо затратить минимум времени и средств именно на контроль работоспособных объектов.

Наибольшее распространение получили методы диагностирования по эффективным параметрам рабочих процессов: по герметичности рабочих объемов; по геометрическим параметрам; по тепловому состоянию; по колебательным процессам; по составу эксплуатационных материалов и отработавших газов; по периодически повторяющимся процессам или циклам (стробоскопический метод) и пр.

Метод диагностирования по периодически повторяющимся процессам основан на использовании стробоскопического эффекта, сущность которого заключается в том, что вращающаяся деталь кажется неподвижной при освещении ее кратковременными вспышками с частотой, равной (или кратной) частоте вращения детали. Этим методом можно диагностировать узлы и детали автомобилей, совершающие возвратно-поступательные и качательные движения. Широкое применение метод находит для определения правильности установки угла опережения зажигания, контроля пробуксовки колес и пр.

При функциональном диагностировании на основные входы объекта диагностирования поступают рабочие воздействия согласно его рабочему алгоритму функционирования, а сигналы диагноза снимаются с объекта, используя контрольные точки (рис. 2.11).

Техническое диагностирование (ТД) производят по алгоритму функционирования ОД: фиксируется последовательность выполнения всех операций или временные интервалы и продолжительность выполнения операций или и то, и другое. Выбор метода определяет специфика ОД и особенности построения алгоритма его функционирования. При функциональном ТД на вход ОД должны поступать нормальные рабочие сигналы и он должен функционировать в нормальных условиях.

Техническое состояние (ТС) ОД в процессе его функционирования оценивается по различным внешним признакам. В качестве параметров обычно используются выходные показатели (параметры технической характеристики) объекта, отражающие его соответствие назначению. Так, для системы питания дизеля это будет цикловая подача и ее фазы, скорость нарастания и колебание давления топлива в аккумуляторе, несоответствие заданного давления, создаваемого насосом. Для трансмиссии – мощность механических потерь, для гидроцилиндра – тяговое усилие на штоке, для реле-регулятора – регулируемое напряжение, для тормозов – эффективность торможения по сопутствующему нагреву отдельных деталей или вообще тепловому полю, создаваемому ОД при его функционировании. Искажение этого поля свидетельствует о том, что со-

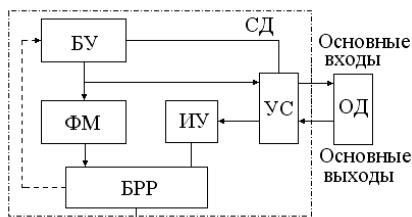


Рис. 2.11. Структурная схема функционального диагностирования:

БУ – блок управления; ИВ – источник воздействия; ФМ – физическая модель; ИУ – измерительное устройство; УС – устройство связи объекта диагностирования (ОД) с системой диагностирования (СД); БРР – блок расшифровки результатов диагностирования

стояние объекта изменилось. Нагрев элементов ОД выше допустимого характеризует возникновение к ним неисправности. Состояние электротехнических и электронных объектов оценивается по электромагнитному полю, создаваемому ими при функционировании, искажение которого свидетельствует об изменениях ТС ОД. Большие возможности для оценки ТС ОД с поврежденными элементами вращательного и поступательного движения имеют виброакустические методы.

Анализ виброакустического поля ОД позволяет обнаружить ненормальности в его работе, вызванные изменением его ТС. О состоянии механических объектов при их функционировании судят и по различным косвенным признакам. Так, в ОД с трущимися деталями изнашивание сопровождается увеличением концентрации металлических включений в смазочном материале. Фиксируя эти изменения, судят о степени изнашивания трущихся деталей и, следовательно, об изменении ТС ОД. Информацию о ТС ОД дает расход (потребление) энергии.

В качестве тестовых могут быть использованы входные воздействия, которые являются рабочими при применении объекта по назначению. Это имеет место при организации тестового диагностирования аналоговых объектов, в том числе тогда, когда последние представлены их логическими моделями или графами причинно-следственных связей. Составленные таким способом тесты называются функциональными. Функциональные тесты чаще всего пригодны только для проверки работоспособности объектов, так как полнота обнаружения и глубина поиска неисправностей (дефектов), которая ими обеспечивается, обычно недостаточна для решения задачи проверки исправности и поиска дефектов.

При диагностировании с помощью функциональных тестов нет необходимости в специальном генераторе тестов. Анализаторы ответов могут быть оборудованы выносными зондами и адаптерами, которые позволяют снимать ответы объекта на тесты воздействия с внутренних контрольных точек последнего. Это, в частности, имеет важное значение при поиске неисправностей (дефектов). Средства тестового диагностирования, как правило, являются внешними, однако не исключаются случаи применения встроенных в объект средств.

При выводе объекта диагностирования на заданный режим работы необходимую информацию получают от сигналов датчиков, характеризующих диагностические параметры. Сигналы преобразуются (модулируются) в электрические, например, с помощью аналого-цифрового преобразователя и аналогового мультипликатора, поступают непосредственно в средства отображения информации и считываются оператором или в микропроцессор (микропроцессоры), где с учетом информации, содержащейся в блоке памяти, осуществляется анализ, а в ряде случаев и прогноз. Полученная информация передается в средства отображения.

В ряде диагностических приборов на дисплее может выдаваться рекомендация по конкретному перечню работ, которые необходимо выполнить по данному автомобилю. В блоке памяти могут содержаться сведения о предыдущем контроле данного автомобиля, что позволяет проследить ди-

намику изменения диагностических параметров и дать прогноз наработок до предельно допустимого и предельного значений параметров технического состояния.

Средства функционального диагностирования дискретных объектов являются, чаще всего, встроенными средствами контроля. Существуют формализованные методы синтеза схем контроля для произвольных дискретных устройств. Обычные (не самопроверяющиеся) средства контроля имеют тот недостаток, что для проверки их исправности или работоспособности необходимо периодическое или эпизодическое тестирование с имитацией неисправностей контролируемых объектов. Этого недостатка лишены самопроверяющиеся средства контроля, которые наряду с неисправностями контролируемых объектов должны выявлять собственные неисправности (из заданного класса). Двухвыходные схемы встроенного контроля самопроверяются. Известны подобные схемы с одним выходом, исправность (работоспособность) которых проверяется автоматически путем самого простого их тестирования при подаче на дополнительный вход двоичного сигнала, который периодически изменяется. Высокая размерность задачи при диагностировании решается достаточно удовлетворительно в результате выделения в сложном объекте его относительно простых функционально самостоятельных частей. Для каждой части строится своя локальная система диагностирования. Выходы локальных систем могут быть использованы «на месте», например, для индикации неисправных функционально законченных частей, а также для получения обобщенного сигнала о техническом состоянии объекта в целом.

Для решения задачи функционального диагностирования аналоговых объектов, которые представляют собой системы с обратными связями, находят применение методы, которые основаны на введении дополнительных (избыточных) переменных для получения при исправном состоянии объекта постоянных значений сигналов в организованных специальных контрольных точках, например, уровней вибрации и шума.

Хотя в принципе функциональное диагностирование предназначено, в первую очередь, для проверки правильности функционирования объектов на протяжении всего процесса их использования по назначению, оно может осуществляться как непрерывно, так и периодически. Периодичность работы средств функционального диагностирования может также определяться характеристиками надежности объектов.

2.5. Постановка диагноза по нормативным значениям диагностических параметров

Допустимый норматив P_d является основным диагностическим нормативом при периодическом диагностировании, проводимом при ТО автомобиля. Он представляет собой ужесточенное значение предельного норматива P_{DP} , при котором обеспечивается заданный или экономически оптимальный уровень вероятности отказа на предстоящем межконтрольном

пробеге автомобиля. На основе допустимого норматива ставят диагноз о состоянии объекта и принимают решение о необходимости текущего ремонта или регулировок.

Методы диагностирования по нормативным параметрам основаны на сопоставлении текущих значений измеренных параметров износов, зазоров, углов, утечек жидкостей и газов, скоростей, нагрузок мощности, временных параметров, уровня вибрации и др. с установленными нормами стандартов, техническими условиями и эксплуатационной документацией.

Предельный норматив P_{II} соответствует такому состоянию объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация становится нецелесообразной по технико-экономическим соображениям (высокий расход топлива, масла и т. п.) или по соображениям безопасности (возможна авария автомобиля).

Именно по величине диагностических нормативов делается заключение о техническом состоянии машины. Диагностические нормы измеряемых параметров технических систем приведены в технической документации на автомобиль, а нормы периодичности ТО и пробега подвижного состава приведены в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Нормативы периодичности технического обслуживания подвижного состава

Тип подвижного состава	Нормативы периодичности технического обслуживания, не менее, км		
	ЕО	ТО-1	ТО-2
Автомобили легковые	Один раз в рабочие сутки независимо от числа рабочих смен	5000	20000
Автобусы		5000	20000
Автомобили грузовые, автобусы на базе грузовых автомобилей или с использованием их основных агрегатов		4000	15000
Автомобили-самосвалы карьерные		2000	10000
Прицепы и полуприцепы		4000	16000
Прицепы и полуприцепы тяжеловозы		3000	12000

Значение P_n соответствует новому или технически исправному объекту. В процессе эксплуатации P_n используют как величину, до которой надо довести норматив путем регулировки или ремонта объекта.

В эксплуатации допустимый норматив принимается условно как граница неисправных состояний объекта для заданной периодичности его межконтрольного пробега. Состоит допустимый норматив P_d из начального значения P_0 и допустимого приращения или снижения ΔP , то есть

$$P_d = P_0 + \Delta P.$$

Если текущее значение диагностического параметра P_i выходит из допустимого норматива, это означает, что хотя объект и является работоспособным, его не следует выпускать на линию без регулировки или текущего

ремонта из-за высокой вероятности отказа или при пониженных технико-эксплуатационных свойствах (рис. 2.12).

Для количественной оценки технического состояния значения диагностического параметра (ресурсного или функционального) от исходного (номинального Π_0) до предельного ($\Pi_{пр}$, рис. 2.12) можно разбивать на классы технического состояния, например «хорошо», «допустимо», «требует принятия мер», «недопустимо» (см. рис. 1.17). Оценка технического состояния объекта диагностирования производится путем сравнения текущих значений параметра с нормативными классами технического состояния.

Необходимо иметь в виду, что определяемое предельное значение параметра для одноименных объектов, входящих в выборку, будет иметь естественное рассеивание. В силу этого одни и те же значения параметра могут соответствовать как исправному, так и неисправному (предотказному) состоянию, то есть возможны ошибки первого и второго рода при использовании предельного значения параметра $\Pi_{пр}$.

Под ошибкой первого рода понимают признание исправного объекта неисправным, а под ошибкой второго рода понимается пропуск неисправного, когда неисправный объект признается годным к дальнейшей эксплуатации. Ошибки первого рода приводят к неоправданным разборочно-сборочным и контрольным работам, простою автомобиля в ремонте. Ошибки второго рода приводят к возникновению аварийных отказов непосредственно в эксплуатации или к значительным потерям за счет повышенного расхода топлива, расхода масла и т. п.

Часто изменение диагностического норматива по пробегу машин принимают равномерным или линейного характера (см. рис. 2.13).

Если при текущем диагностировании автомобиль достигает нормативного значения Π_D (точка 1), то при этом возможны два варианта действий инженерно-технической службы АТП:

- первый – продолжить дальнейшую эксплуатацию машины, и вскоре она достигнет своего предельного значения $\Pi_{пр}$ (точка 2), а значит и предельного пробега $l_{пр}$ (точка 3, область, заштрихованная по диагонали), что весьма нежелательно по технико-экономическим условиям;

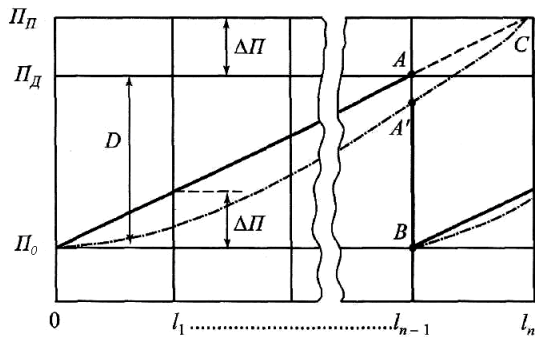


Рис. 2.12. Схема формирования диагностических нормативов при линейной зависимости параметра Π от пробега l :

Π_D – допустимое приращение параметра; AB – профилактическое восстановление объекта; l_i – периодичность планового диагностирования; $\Delta\Pi$ – приращение параметра за межконтрольный пробег; точка C – аварийное состояние объекта; n – количество диагностических операций за $l_p \approx l_n$;

$$l_p \approx 1$$

- второй – прекратить дальнейшую эксплуатацию машины при данном пробеге (точка 4) и выполнить ей ТО или ТР, что соответствует пробегу $l_{ТР(ТР)}$, и тем самым довести значение $П_d$ до $П_H$ (точка 5), а затем снова продолжить эксплуатацию автомобиля. Эти действия повторяются n -е количество раз

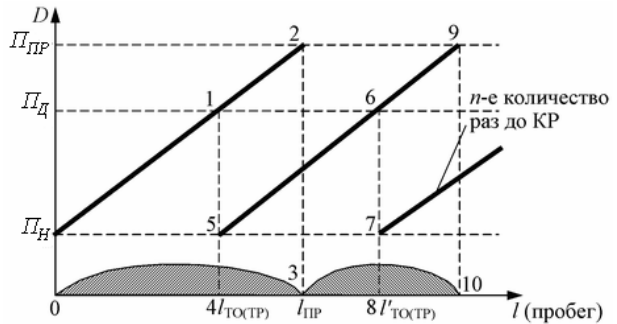


Рис. 2.13. Характер изменения диагностических нормативов в зависимости от пробега машин

(точка 6 и т. д.) до достижения машиной такого состояния, при котором значение $П_H$ уже нельзя достичь путем проведения ТО или ТР, а только за счет выполнения капитального ремонта. Такая стратегия назначения ТО или ТР по результатам текущего диагностирования автомобилей позволяет в значительной степени повысить их надежность и ресурс (область, заштрихованная в виде сетки). Этот вариант действий инженерно-технической службы наиболее рационален и положен в основу текущего диагностирования машин, их технического обслуживания и ремонта.

Постановка диагноза заключается в измерении текущих значений – диагностических нормативов $П_i$ и сравнении их с величинами $П_H$, $П_d$ и $П_{ПР}$. При этом различают три возможных варианта постановки диагноза:

а) когда $П_i$ равно или больше $П_{ПР}$, то есть $П_i \geq П_{ПР}$, и в этом случае объекту следует выполнить ремонт;

б) когда $П_i \geq П_d$, но меньше $П_{ПР}$, и тогда объекту следует выполнить ТО или ТР;

в) когда $П_i$ меньше $П_d$, то есть $П_i < П_d$, и тогда объект может продолжить эксплуатацию без проведения ТО или ТР.

Теоретически постановка диагноза сводится к тому, чтобы с помощью диагностических параметров, которые связаны с конкретными неисправностями объекта, можно было бы из множества возможных его состояний выявить одно наиболее вероятное. Эта задача, которая, на первый взгляд, представляется достаточно простой, на деле является весьма сложной и трудоемкой. Для решения задачи требуется углубленное диагностирование.

Нормы и классы качественной оценки технического состояния объекта по мере приращения (снижения) диагностического параметра ($П_d$) в эксплуатации представлены на рис. 2.12, 2.13, где $П_d$ соответствует классу «требуется принятия мер».

2.6. Постановка диагноза по комплексу диагностических параметров

Постановка диагноза, когда производится поиск неисправности у сложного механизма или электронной системы и используется несколько

диагностических параметров, требует иного подхода. В этом случае необходимо на основе данных о надежности объекта выявить связи между его наиболее вероятными неисправностями и используемыми диагностическими параметрами.

Из практики и опыта технической диагностики диагноз в таких случаях, как правило, ставится не по одному, а по нескольким признакам. При анализе совокупности признаков у диагноста интуитивно возникает «догадка» о наиболее вероятном диагнозе. Чем глубже знания и больше опыт диагноста, тем достовернее выдвигаемый им диагноз.

При разработке системы автоматической диагностики необходимо располагать алгоритмом постановки диагноза, на основании которого может действовать некоторая схема (в общем случае компьютер). Для этой цели в практике диагностирования автомобилей наиболее часто применяют диагностические матрицы.

Диагностическая матрица, приведенная в табл. 2.6, представляет собой логическую модель, описывающую связи между диагностическими параметрами P и возможными неисправностями D объекта.

Таблица 2.6

Элементарная матрица диагнозов и диагностических параметров

Диагнозы (неисправности)	Диагностические параметры				
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
D_1	1	1	1	1	0
D_2	1	1	1	0	0
D_3	1	1	1	0	1

При изменении технического состояния автомобиля различные неисправности могут частично сопровождаться одинаковыми диагностическими параметрами. Например, негерметичность клапана поплавковой камеры карбюратора (D_1) сопровождается повышенным расходом топлива – P_1 , большим содержанием углеводородов (C_nH_m) в выхлопных газах – P_2 , большим содержанием CO в выхлопных газах – P_3 , загрязнением карбюратора – P_4 . Износ топливных жиклеров (D_2) сопровождается: повышенным расходом топлива – P_1 , большим содержанием C_nH_m в выхлопных газах – P_2 , большим содержанием CO в выхлопных газах – P_3 . Неправильная регулировка холостого хода (D_3) сопровождается указанными ранее признаками P_1 , P_2 , P_3 и неустойчивой работой двигателя на холостом ходу – P_5 . Описание диагнозов удобно свести в матрицу, обозначая наличие признака «1», а отсутствие – «0» (табл. 2.6).

Говоря об отсутствии или наличии некоторого диагностического признака, имеем в виду, что диагностический параметр меньше или больше выбранного допустимого значения диагностического параметра P_D (ведь работающий двигатель всегда имеет какой-то расход топлива, какую-то температуру и т. д.).

Контролируемые диагностические параметры имеют случайный разброс из-за ошибок измерения, случайного сочетания режимов работы раз-

ных элементов автомобиля и т. п. Поэтому наличие или отсутствие диагностического признака при определенном диагнозе D_1 не является достоверным событием («1» или «0»), а наблюдается с некоторой условной вероятностью $P_{D_i}(II_j)$.

Наблюдая за большой группой автомобилей, можно установить, насколько часто встречаются интересующие нас диагнозы $P(D_i)$ и с какой вероятностью при этих диагнозах существуют принятые для разрабатываемой системы диагностические параметры $P_{D_i}(II_j)$. Для определения вероятностей наблюдения различных признаков, можно искусственно вносить в автомобиль интересующие нас неисправности (нарушать регулировки и т. п.).

Для примера примем, что результаты статистических исследований по ранее рассматриваемому примеру будут представлены в табл. 2.7.

Поскольку используется вероятностный подход, то к трем рассматриваемым в табл. 2.6 диагнозам, в табл. 2.7 прибавлен еще один, образующий полную группу событий, диагноз D_4 – все остальное, то есть все возможные другие неисправности.

Таблица 2.7

Рабочая матрица, используемая для постановки диагноза по комплексу признаков

Диагноз	Вероятности наблюдения диагностических параметров					Вероятность диагноза $P(D_i)$
	$P_{D_i}(II_1)$	$P_{D_i}(II_2)$	$P_{D_i}(II_3)$	$P_{D_i}(II_4)$	$P_{D_i}(II_5)$	
D_1	1,0	0,8	0,9	1,0	0,2	0,05
D_2	0,9	0,7	0,9	0,0	0,2	0,10
D_3	0,6	0,1	0,9	0,1	0,9	0,30
D_4	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,55

2.7. Контроль и диагностирование автомобилей на станциях технического обслуживания

2.7.1. Варианты планировки станции диагностики и технического обслуживания

В крупных АТП, где нужна большая пропускная способность, станции диагностики строят в виде поточных линий со специализированными постами. Обычно на первом посту выполняют подготовительные работы: в мокрую погоду или зимой сушат колеса, обдувая их горячим воздухом (для этого в полу могут быть устроены подводящие каналы от калорифера с вентилятором, закрытые сверху решетками, на которые устанавливают колеса). Здесь же проверяют и доводят до нормы давление воздуха в шинах – это обязательная операция перед диагностикой на стенде с беговыми барабанами и площадочных стендах; осматривают автомобиль снаружи – сверху и снизу, проверяют суммарные угловые зазоры в трансмиссии.

На втором посту располагают стенд для проверки тормозов. Длина поста состоит из длины автомобиля (L_a) плюс колесная база (B), так как авто-

мобиль должен устанавливаться в две позиции: проверки передних и задних колес. Это не требуется на полноопорных стендах, но там выигрыш во времени проверки утрачивается из-за потерь времени на крепление и освобождение автомобиля. Однако выигрыш в производственной площади остается.

Стенд (или комплект) для проверки рулевого управления удобно (но не обязательно) ставить после тормозного стенда на расстоянии примерно 0,5 колесной базы, когда автомобиль еще не переехал в позицию проверки задних тормозов. Прибор для проверки фар ставят дальше этой позиции, на таком расстоянии, чтобы автомобиль стоял на барабанах задними колесами.

Площадочный стенд для проверки развала и схождения может стоять в любом месте, но так, чтобы автомобиль проезжал по нему прямолинейно и чтобы задние колеса не проезжали в этот момент по каким-то неровностям.

Тяговый стенд устанавливают на третьем посту. Если позволяет длина линии, то между вторым и третьим постом оставляют свободное место, чтобы при диагностировании Д-1, когда не нужна проверка силового агрегата, автомобиль мог съехать с линии в сторону. Если места нет, автомобиль при выезде будет переезжать через тяговый стенд. Если применен комбинированный тягово-тормозной стенд, его устанавливают на втором посту вместо тормозного. Расходомер топлива всегда ставят на посту проверки тяговых свойств. Пульты управления и рабочие места операторов располагают с левой стороны – так оператору удобнее переговариваться с водителем и подавать ему команды жестами.

Пост углубленного диагностирования двигателя можно объединить с постом проверки тяговых свойств либо вынести в сторону, чтобы не мешать проезду тех автомобилей, которым углубленное диагностирование не нужно. На этом посту стоит мотор-тестер (дизель-тестер, мотор-дизель-тестер) и стеллаж с переносными приборами, имеется подвод сжатого воздуха и местная вытяжная вентиляция для отвода отработавших газов.

При мощности менее 200 автомобилей АТП поточные линии не всегда могут окупить себя экономически. В небольшом АТП поточная линия не нужна, все оборудование (кроме решеток для сушки колес) можно собрать на один пост, но его длина все равно будет увеличенная из-за необходимости проверки тормозов.

На СТО чаще используют параллельные тупиковые или проездные посты, что позволяет, во-первых, выполнять только те проверки, которые закажет клиент, во-вторых, совмещать проверки с регулировками, не нарушая ритмичность производства. Обычно на СТО делают три поста проверки и регулировки: для тормозов, двигателя и ходовой части (с подъемником).

Диагностику автомобилей выполняют в плановом порядке. Диагностические стенды могут быть отдельными и комбинированными. Например, оборудование для комплексной диагностики тормозных систем устанавливают на проездных постах перед зоной технического обслуживания. Комбинированные диагностические стенды предназначены для проведения диагностики автомобиля в рабочем режиме.

Предпочтение отдается отдельным стендам, так как они позволяют разделить процесс диагностики с учетом принятой технологии технического

обслуживания и ремонта автомобилей на данном СТО.

Например, тормозные показатели автомобиля определяются значительно чаще других показателей и стенд для определения данных параметров более загружен. Поэтому на крупных автопредприятиях и СТО устанавливают не один стенд для проверки тормозной системы.

При наличии комбинированного стенда, более дорогого и сложного, не всегда возможно обеспечить его рациональное использование. Комбинированные диагностические стенды могут быть платформенные и барабанные, последние наиболее распространены.

Раздельные стенды также позволяют выполнять диагностику автомобилей по месту: тормозные качества автомобиля проверяют около контрольно-пропускного пункта, а мощностные – в зоне технического обслуживания или ремонта.

Однако комбинированные стенды занимают меньше производственной площади, чем раздельные стенды. На комбинированных стендах легче осуществить автоматизацию процессов и сократить время диагностики одного автомобиля.

Обычно для грузовых автомобилей и автобусов трудоемкость ТО-1 равна 3-4 чел.-ч, что позволяет проводить обслуживание автомобилей в межсменное время, не допуская простоев. Трудоемкость ТО-2 для автомобилей обычно равна 12-20 чел.-ч и для проведения обслуживания в течение одной смены работами должны заниматься несколько рабочих, необходимое их количество может быть продиктовано результатами диагностики.

Типаж поточных линий ТО-1 включает два типа линий; на два и три рабочих поста (рис. 2.14) [23]. Для трехпостовой поточной линии с производительностью 17-30 автомобилей в смену при семи рабочих на постах распределение видов работ может иметь далее описанный вид.

Первый пост предназначен для выполнения контрольно-диагностических, крепежных и регулировочных работ, связанных с вывешиванием колес автомобиля (по переднему и заднему мостам, тормозной системе, рулевому управлению и подвеске автомобиля). На втором посту выполняются контрольно-диагностические, крепежные и регулировочные работы, не связанные с вывешиванием колес автомобиля (по электрооборудованию, системе питания, КПП, сцеплению и др.). На третьем посту производятся работы по двигателю, смазочные, заправочные и очистительные операции по всему автомобилю.

На линии может быть предусмотрен нерабочий пост, который чаще всего используется для стоянки автомобиля, ожидающего ТО.

Схема производственного процесса на СТО, основными элементами которого являются ТО и ТР автомобилей, показана на рис. 2.15 [21]. При необходимости выявления скрытых неисправностей и отказов отдельных агрегатов и систем или по желанию клиента может быть выполнена диагностика автомобиля. По результатам диагностики автомобиль направляется на текущий ремонт, а если автомобиль не требует технических воздействий, его направляют на участок выдачи клиенту.

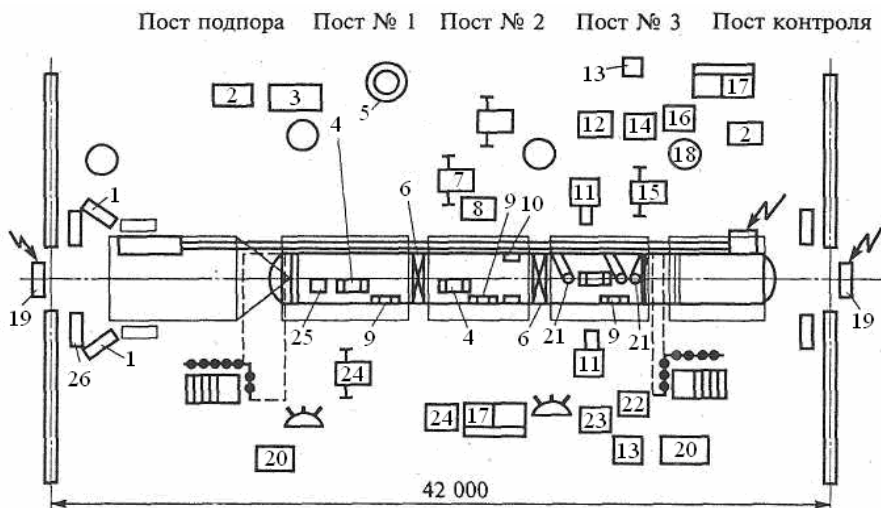


Рис. 2.14. Технологическая планировка поточной линии ТО-1 на трех постах:

1 – направляющий ролик; 2 – конторский стол; 3 – слесарный верстак; 4 – регулируемые подставки под ноги; 5 – стеллаж-вертушка для крепежных деталей; 6 – переходный мостик; 7 – передвижной пост электрика; 8 – тележка для транспортировки аккумуляторных батарей; 9 – ящик для инструмента и крепежных деталей; 10 – гидравлический передвижной подъемник; 11 – гайковерт для гаек колес; 12 – стол-ванна для промывки фильтров; 13 – воздухоподаточная автоматическая колонка; 14 – маслораздаточная колонка; 15 – передвижной пост смазчика-заправщика; 16 – маслораздаточный бак; 17 – ларь для обтирочных материалов; 18 – установка для отсоса отработавших газов; 19 – механизм привода ворот; 20 – лари для отходов; 21 – воронка для слива отработавших масел; 22 – установка для заправки трансмиссионным маслом; 23 – передвижной нагреватель смазки; 24 – передвижной пост слесаря-авторемонтника; 25 – гайковерт для гаек стремянок рессор; 26 – установка для тепловой завесы ворот

На СТО, работающих в комплексе с автомобильным магазином, имеются дополнительные участки хранения автомобилей, поступивших с завода, специальные посты предпродажной подготовки и места хранения готовых к продаже автомобилей.

Техническое обслуживание и ремонт автомобилей осуществляются на рабочих постах, т. е. участках производственной площади, снабженной технологическим оборудованием и приспособлениями и включающей в себя одно или несколько рабочих мест. Рабочее место – это

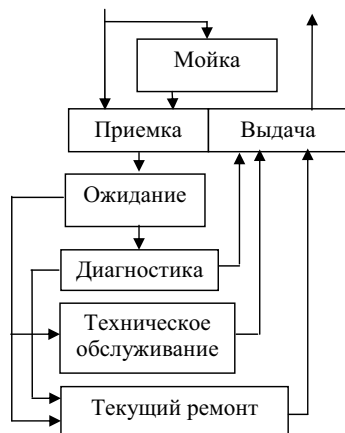


Рис. 2.15. Схема производственного процесса на СТО

зона трудовой деятельности исполнителя. Рабочие посты по характерным признакам могут быть классифицированы следующим образом:

- тупиковые или проездные;
- параллельные или последовательные;
- универсальные или специализированные.

На тупиковые посты въезд автомобиля и съезд осуществляются с одного направления, что удобнее по сравнению с одиночным проездным постом, требующим некоторой площади производственного корпуса и на въезд, и на выезд. Обычно тупиковые посты размещают параллельно. Но если проездные посты расположить последовательно, то затраты производственной площади на въезд и выезд автомобиля в расчете на один пост можно свести к минимуму.

Проездные посты чаще всего образуют единую смотровую канаву. Следует, однако, иметь в виду, что при разной трудоемкости выполняемых на постах работ и невозможности автономного перемещения автомобиля могут возникать вынужденные простои в очереди расположенных друг за другом автомобилей.

На универсальных постах выполняют весь или, по крайней мере, широкий перечень работ ТО или ТР. В некоторых случаях удобнее иметь специализированные посты, например, для снятия двигателей автобусов или среднего моста трехосного автомобиля и т. п. Конфигурация и оснащенность такого поста специальным оборудованием позволяет выполнять предусмотренные работы с наименьшими затратами труда и высоким качеством. Площадь производственного поста, в основном, определяется размерами автомобиля в плане и требуемым местом для удобной деятельности производственных рабочих.

Работы по обслуживанию и ремонту снятых с автомобиля агрегатов проводят в специализированных отделениях (цехах): моторном, агрегатном, медницком, карбюраторном, электротехническом, кузнечно-рессорном, кузовном и т. д. Отделения обычно располагают в самостоятельных помещениях, как правило, по периферии производственного корпуса, что обеспечивает использование дневного освещения через окна и лучший пожарный доступ, если производство пожароопасное.

Размеры СТО, как правило, выражают числом постов, под которым понимают количество машино-мест, вмещаемых производственным корпусом. Площадь одного машино-места обычно принимают равной 34 м². СТО на 5 и менее постов считают малыми, на 11-35 постов – средними, а более 35 постов – большими. Производственная площадь средней СТО по видам выполняемых работ распределяется примерно следующим образом (в %):

- | | |
|--|-----|
| - зона постов ТО и ТР | 50; |
| - отделения внепостовых работ | 10; |
| - окрасочный участок | 13; |
| - кузовной участок | 12; |
| - участок приемки-выдачи и диагностики | 10; |
| - участок моечно-уборочных работ | 5. |

Распределение трудоемкости по видам работ на средней СТО выража-

ется примерно следующим образом (в %):

- кузовные работы	35;
- покрасочные	25;
- ремонт агрегатов	10;
- ТО в полном объеме	8;
- регулировочные по тормозам и углам установки колес	6;
- обойные и арматурные работы	5;
- ТО систем питания и электрооборудования	4;
- диагностические	4;
- смазочные	2;
- шиномонтажные	1.

На малых СТО кузовные и покрасочные работы не производятся, и основная доля работ приходится на ТО и ТР, а также регулировку углов установки управляемых колес.

В существующих крупных АТП работы зоны ТР и отделений обычно организуют в дневное время, а уборочно-моечные работы и ТО-1 проводят в межсменное время, что снижает простои автомобилей и увеличивает коэффициент их технической готовности. ТО-2 обычно проводят в дневное время, поскольку при этом виде обслуживания, сопровождающемся частичной разборкой агрегатов, часто возникает необходимость сопутствующего ремонта, который могут выполнить только соответствующие специалисты (сварщик, электрик и др.). При необходимости для проведения ТО-2 могут быть использованы посты ТО-1, которые днем не заняты. СТО обычно работают в дневное время, удобное для клиентов и производственного персонала (в одну или две смены).

Пример планировки участка диагностирования Д-2 (ТО-2) представлен на рис. 2.16 [23].

При проведении ТО-2 допускается выполнение сопутствующих ремонтных операций, имеющих относительно малую трудоемкость (до 20 чел.-мин), при общем их объеме не более 20% от нормативного объема работ ТО-2. К таким операциям относятся замена рулевых тяг, топливного насоса, тормозных колодок, карданного вала и т. п.

Для обеспечения ритмичности в работе поточной линии предусматривается выделение нескольких «скользящих» слесарей-ремонтников.

Распространению поточных линий ТО-2 препятствует значительная сложность организации их работ. Наиболее трудно сохранить заданную расчетом ритмичность в работе поточной линии, так как выполнять ТО-2 без операций ремонта не удастся (объем работ ремонта при ТО-2 достигает 50% и более от трудоемкости самого обслуживания).

Таким образом, основными показателями для применения ТО-2 на потоке должны стать: улучшенная организация снабжения; большая равнопрочность и долговечность узлов и агрегатов автомобиля (что позволит уменьшить объем ремонтных работ и стабилизировать перечень операций при ТО-2); применение углубленной диагностики автомобилей перед постановкой их на ТО-2 с целью уточнения состава требуемых операций ре-

монта; оснащение большего числа АТП зданиями, позволяющими оборудовать поточные линии в соответствии с рациональной технологией обслуживания.

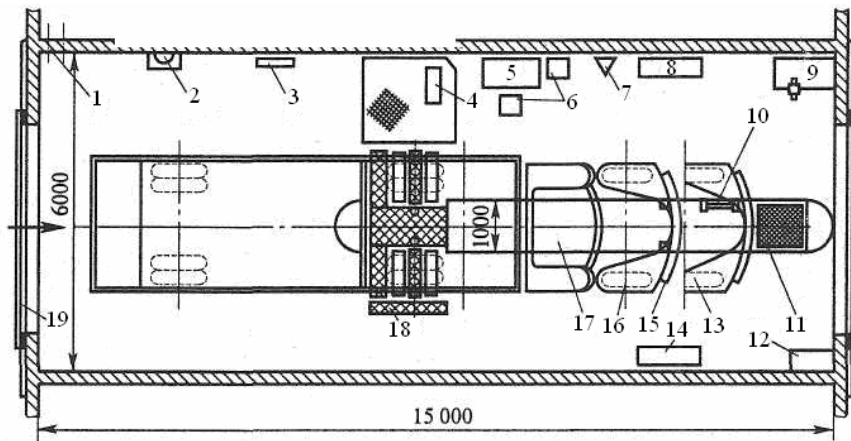


Рис. 2.16. Планировка участка диагностирования Д-2:

1 – вывод отработавших газов; 2 – раковина для мытья рук; 3 – шкаф для одежды; 4 – пульт управления стендом; 5 – стол; 6 – стул; 7 – подвод воздуха; 8 – прибор для проверки системы зажигания; 9 – верстак с параллельными тисками; 10 – переносная лестница; 11 – площадочный винтовой подъемник; 12 – вентилятор для охлаждения; 13 – второе положение автомобиля; 14 – шкаф для переносного оборудования; 15 – передвижной подъемник; 16 – первое положение автомобиля; 17 – осмотровая канава; 18 – стенд для диагностики тягово-экономических показателей; 19 – раздвижные ворота

Операционно-постовой метод ТО-2. Основными идеями метода являются: выполнение всего объема ТО-2 и сопутствующего ремонта ($ТР_{соп}$) только в межсменное время, в несколько приемов-заездов, осуществляемых в течение ряда следующих друг за другом дней; распределение и специализация рабочих по определенным группам обслуживаемых и ремонтируемых агрегатов и систем автомобиля.

Практически весь объем ТО-2 по данному методу распределяется на шесть групп операций («постов»), каждая из которых выполняется рабочими определенного поста. Число приемов-заездов на обслуживание ограничивается четырьмя или двумя, в каждый из которых работы на автомобиле выполнялись сразу несколькими «постами».

Под словом «пост» при операционно-постовом методе понимается не автомобиле-место, а группа операций, выполняемая рабочими определенной специализации. Специализация автомобиле-мест (за исключением работ по кузову) не осуществляется. Сутью метода является не перестановка автомобиля в процессе выполнения работ ТО-2 с поста на пост, а перемещение по постам передвижных групп исполнителей. В состав общей бригады ТО-2, кроме закрепленных специалистов, могут входить некоторые специалисты, не закрепленные за отдельными постами, – арматурщики, элек-

трики и др.

Внедрение операционно-постового метода позволяет довести коэффициент технической готовности автомобилей парка до 0,97.

Недостатками метода являются: отсутствие специализации автомобиле-мест, свойственной поточному методу; отсутствие строгой технологической связи между автомобиле-местами и производственными цехами; нечеткое распределение функций между основной бригадой, выполняющей ТО-2 и большую часть ремонтов, и вспомогательной бригадой, выполняющей только ТР, что снижает ответственность отдельных исполнителей за качество работ и, как следствие, способствует излишней повторяемости ремонта.

2.7.2. Организация контрольно-диагностических процессов

Организационные принципы диагностирования автомобилей зависят от места проведения, применяемого оборудования, наличия бортовой системы диагностирования и взаимодействия процесса диагностирования с ТО и ремонтом.

При планировании диагностирования машины в первую очередь необходимо установить место его проведения (участок, мастерские по ремонту и обслуживанию транспортных средств). Место проведения позволяет определить применяемое оборудование, которое оказывает непосредственное влияние на характер и содержание технологических операций. Как правило, диагностирование в мастерских проводится на специализированных участках с помощью стационарных стендов и комплектов приборов. На участке работы машины диагностирование проводят с помощью передвижных станций, укомплектованных переносными приборами.

На организационные принципы диагностирования оказывает влияние совмещение его с ТО и ремонтом. В этом случае определяется техническое состояние машины, устанавливаются необходимые объемы предупредительных работ по поддержанию работоспособности сборочных единиц и систем, оценивается целесообразность ремонта. Каждому виду ТО соответствует диагностирование с определенным перечнем и последовательностью выполняемых операций. Причем операции по регулировочным работам могут выполняться на участке диагностирования или на отдельных участках. При ТО основная задача диагностирования – определить сборочные единицы и системы, лимитирующие безотказную работу до следующего контрольного мероприятия, т. е. ТО или ремонта.

Операции диагностирования группируют с учетом максимальной и равномерной загрузки всех участков обслуживания или ремонтов машин, минимального времени диагностирования при заданной вероятности безотказной работы сборочных единиц и систем. Первоначально разрабатываются технологические пооперационные карты диагностирования сборочных единиц и систем, а завершающим этапом является создание технологии диагностирования машины в целом.

Совмещенное диагностирование не требует какого-либо организаци-

онного изменения технологического процесса. Здесь только происходит корректировка с учетом имеющихся особенностей. В общем случае создаваемая технология должна быть рассчитана на прогрессивные формы ТО и ремонта, серийные диагностические средства, требования техники безопасности, оптимальную структуру диагностирования, рациональные диагностические параметры, требования инструкции по эксплуатации машины.

Организацию профилактического обслуживания и текущего ремонта (ТР) машин по техническому состоянию в транспортных предприятиях рассмотрим на примере АТП (рис. 2.17).

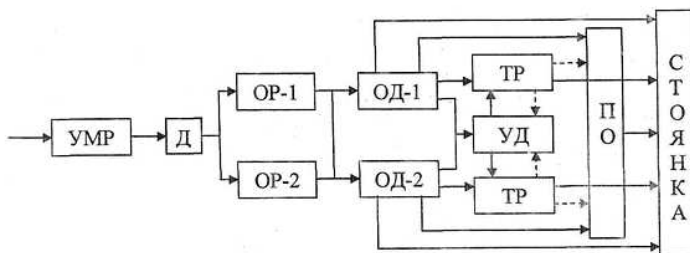


Рис. 2.17. Схема технологического процесса на АТП

Автомобиль, поступающий на плановое обслуживание, проходит зону уборочно-моечных работ (УМП). Затем в зоне диагностики (Д) отбираются пробы моторных и трансмиссионных масел для анализа, в зоне обязательных работ (ОР) выполняются необходимые крепежные, смазочные работы и по результатам анализа браковочных показателей принимается решение о замене масла и фильтров или дальнейшей эксплуатации транспортной машины на этих маслах. После прохождения общего диагностирования (ОД-1 или ОД-2) при положительных результатах диагностирования (машина исправна) она направляется на стоянку, при отрицательном – в зону профилактического обслуживания (ПО) для проведения необходимых работ. При неизвестной причине неисправного состояния на углубленную диагностику (УД) или устранения неисправности в зону ТР. С такой организации работ часть контрольных операций из перечня Д-2, которая предусмотрена действующим «Положением про ТО и ремонт дорожных транспортных средств автомобильного транспорта», предлагается передать в зону ОД-2 (для определения работоспособного состояния всех агрегатов автомобиля по общим параметрам с периодичностью ТО-2). Углубленное диагностирование всего автомобиля и систем, влияющих на безопасность движения, осуществляется в зоне УД.

Функции основных производственных подразделений по ТО и ремонту приведены в табл. 2.8.

На рис. 2.18 показана наиболее типичная форма организации диагностирования автомобилей на АТП средней мощности, которая в зависимости от мощности АТП несколько видоизменяется. Соответственно изменяются и наборы необходимых средств диагностирования. Для внедорожных автомобилей, работающих в отрыве от постоянных баз, диагностирование про-

водят на местах стоянки автомобилей, или же в полевых парках, применяя, главным образом, встроенные, бесстендовые, переносные и подвижные средства. На небольших автотранспортных предприятиях Д-1 и Д-2 объединяют на одном участке. Здесь используют комбинированные стационарные средства (стенды). На АТП средней мощности участки диагностирования Д-1 и Д-2 специализируют, а для Д_р используют Д-2. На крупных АТП дополнительно специализируют и Д_р, а на базах централизованного обслуживания все средства диагностирования централизуют и оптимально автоматизируют.

Таблица 2.8

Функции производственных подразделений по ТО и ТР автомобилей

Подразделение	Производственные, информационные функции, принимаемые решения
Контрольно-технический пункт (КТП)	Выявление из общего потока неисправных автомобилей и определение у них отклонений параметров технического состояния механизмов, обеспечивающих безопасность движения
Комплекс ЕО	Проведение работ ЕО
Комплекс углубленной диагностики (Д-2)	Проведение регулировочных работ и определение неисправностей в соответствии с перечнем работ комплекса Д-2. Уточнение причин отказов и отклонений от нормативных диагностических параметров технического состояния узлов, агрегатов и систем, эксплуатационных свойств автомобиля
Комплекс общей диагностики с ТО-1 (Д-1 с ТО-1)	Хранение автомобилей в ожидании ТО-1. Проведение работ по ТО-1. Определение при ТО-1 отклонений от нормативных значений диагностических параметров
Комплекс ТО-2 с диагностикой Д _{ТО-2} (ТО-2 с Д _{ТО-2})	Хранение автомобилей в ожидании ТО-2. Проведение работ по ТО-2. Уточнение при ТО-2 причин отказов и отклонений от нормативных диагностических параметров технического состояния автомобилей
Комплекс диагностики перед ТР (Д _{ТР})	Уточнение при ТР отклонений диагностических параметров технического состояния автомобилей. Уточнение выявленных на ТП причин отказов и отклонений от нормативных диагностических параметров технического состояния автомобилей
Комплекс ТР с диагностикой ТР, Д _{ТР}	Хранение автомобилей в ожидании ТР. Проведение работ по ТР автомобилей. Определение при ТР отклонений от нормативных диагностических параметров технического состояния автомобилей
Комплекс технического контроля (Д _{ОТ})	Уточнение после ТР, ТО-1, ТО-2 значений отклонений от нормативных диагностических параметров технического состояния и эксплуатационных свойств автомобилей

На схеме, представленной на рис. 2.18, сплошными линиями показан основной путь следования автомобилей через соответствующие производственные участки с момента их прибытия до выпуска на линию. Поскольку прибытие автомобилей происходит в течение относительно короткого времени, а пропускная способность зоны ЕО рассчитывается на одну или две рабочие смены, то большая часть автомобилей после приема направляется в зону хранения, откуда в порядке очереди они поступают в зону ЕО и далее в

соответствии с графиком на посты обслуживания или в зону хранения.

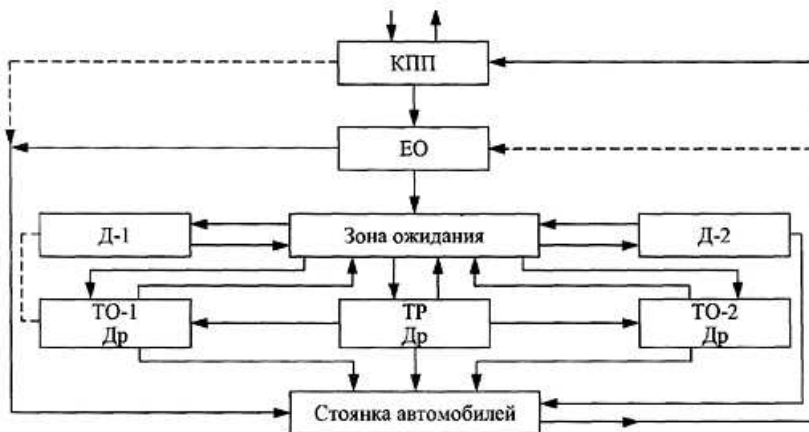


Рис. 2.18. Схема производственного процесса АТП

Диагностика и управление техническим состоянием автомобилей.

Диагностирование на АТП представляет собой человеко-машинную систему получения и обработки индивидуальной информации, необходимой для управления техническим состоянием автомобиля и технологическими процессами ТО и ремонта. Источниками информации являются: водитель, механики АТП, встроенные и внешние средства диагностирования Д-1, Д-2, Др (диагностический комплекс).

При потребности автомобиля в ТО, первичная информация о его техническом состоянии, полученная при помощи диагностического комплекса непосредственно обеспечивает слесарей бригады ТО (рис. 2.19). Параллельно эта же информация поступает в центр управления производством АТП в целях принятия решений о ТО и ремонте, подготовки производства, а также для обеспечения контроля и учета выполненной работы.



Рис. 2.19. Схема использования диагностирования для оперативного управления ТО и ТР на АТП

При потребности автомобиля в ремонте информация направляется в ремонтную бригаду и в центр управления. Простейшие ремонтные работы оперативно выполняются бригадой ТР и по ее информации учитываются и контролируются ЦУПом. В сложных случаях диагностическая информация используется для подготовки производства (получения ремонтных агрегатов и запчастей, планирования постов и рабочей силы и т. п.) предстоящего ремонта. В случае исправности автомобиль направляется на хранение.

Из сказанного следует, что диагностирование обеспечивает два уровня управления: техническим состоянием в звене «слесарь-автомобиль» и технологическими процессами в звене «центр управления-комплекс подготовки производства-рабочий-автомобиль». На первом уровне диагностирование непосредственно связано с технологией проведения ТО, а на втором оно в большей степени связано с организацией технологических процессов, главным образом текущего ремонта автомобилей.

Дальнейшее развитие диагностирования на крупных АТП и в АТО связано с созданием автоматических диагностических компьютеризованных средств, являющихся элементом автоматизированных систем управления производством, а также развитием встроенного диагностирования. Это позволяет перейти к автоматизированным экспертным системам.

2.7.3. Условия нормальной работы и документация зоны диагностики

Знания, необходимые диагносту для эффективного диагностирования автомобилей. Для использования диагностики и прогнозирования в системе технического обслуживания и ремонта необходимы знания (см. подраздел 2.4):

1. Типовых неисправностей и минимального перечня их параметров и количественных значений (нормативов), позволяющих разделить работоспособное и неработоспособное состояние объекта.

2. Качественных и (или) количественных признаков, характеризующих неработоспособное состояние объекта и те или иные характерные неисправности.

3. Методов и технологий, рациональных приемов выполнения диагностических работ и режимов диагностирования, на которых следует выявлять качественные признаки и измерять количественные значения диагностических параметров.

4. Предыстории конкретного объекта диагностирования для последующего прогнозирования остаточного ресурса.

5. Статистических закономерностей изменения параметров технического состояния объекта с привязкой к условиям эксплуатации – для прогнозирования остаточного ресурса.

6. Технически и экономически рациональной периодичности выполнения диагностических работ и перечней проверок по видам работ.

7. Постоянное накопление и систематизация всех перечисленных видов знания для данного класса машин и объектов диагностирования с при-

вязкой к условиям эксплуатации вообще и специфическим условиям работы в данном предприятии.

8. Оборудование (помещения, стенды, приборы, измерительные устройства и системы) для выполнения диагностических работ, а также для накопления, упорядочения (систематизации) и удобного использования информации (бланки, таблицы, картотеки, ЭВМ, программное обеспечение). Вспомогательные средства и материалы, обеспечивающие работу оборудования и людей (электроэнергия, сжатый воздух и др. энергоносители, вентиляция и другие сантехнические устройства, топливо, смазочные материалы и т. п.).

9. Персонал, обладающий необходимыми знаниями и навыками.

10. Финансовые, организационные и психологические условия, гарантирующие функционирование службы диагностики и должный учет ее рекомендаций в процессе технической эксплуатации автомобилей.

Документация зоны диагностики.

1. Диагностические карточки – бланки, куда записывают модель и номер автомобиля, пробег, дату диагностирования, жалобы водителя, измеренные значения параметров, вычисленные значения расчетных показателей, поставленный диагноз, рекомендации по устранению неисправностей.

2. «Досье» на каждый автомобиль – накопительные карты либо подшитые в хронологическом порядке диагностические карточки, если в зону устранения неисправностей передают только талон с рекомендациями.

3. План Д-1 и Д-2 (корректируется по результатам прогнозирования).

4. Технологическая документация – маршрутные и операционные карты, карты эскизов, сводные таблицы режимов проверок и нормативных значений параметров по разным моделям автомобилей; методики (и программы для ЭВМ) определения расчетных показателей.

5. Метрологическая документация – аттестаты, протоколы периодических проверок измерительных средств и т. п.

6. Инструкции по эксплуатации, обслуживанию и ремонту диагностического оборудования.

7. Методики (и программы для ЭВМ) накопления и математической обработки статистических данных для прогнозирования.

8. Инструкции и журнал инструктажей по технике безопасности и пожарной безопасности.

Персонал станции диагностики.

1. **Начальник станции диагностирования** (главный диагност) – высококвалифицированный инженер-автомобилист, имеющий дополнительную подготовку по диагностике и прогнозированию, а также по работе с диагностическим оборудованием и его ремонту.

2. **Операторы-диагносты** – опытные механики или рабочие, имеющие дополнительную подготовку по диагностированию и работе с диагностическим оборудованием.

3. **Водители помощники операторов** – водители, обученные выполнению вспомогательных операций при диагностировании.

Обычный режим работы станции диагностирования: дневная смена –

Д-2, ночная смена – Д-1.

Минимальный состав рабочей смены: 1 оператор, 1 водитель.

Меры безопасности в зоне диагностики. Кроме обычных для АТП (СТО) мер безопасности, в зоне диагностики необходимо соблюдать следующие специфические меры предосторожности:

- не работать на роликовых стендах без предохранительных и отбойных роликов, без фиксации автомобиля колодками против самовывезда вперед или назад; колодки плотно забивать под колеса спереди и сзади;
- не работать на стендах с движущимися частями без кожухов;
- не работать при бездействующей общей и местной вентиляции;
- не допускать в зону диагностики людей, не прошедших инструктажа по технике безопасности;
- не разрешать людям ходить по барабанам или наступать на них.

Основными документами по организации диагностирования являются: инструкция по эксплуатации автомобиля; технологическая пооперационная карта диагностирования; диагностическая карта; накопительная карта; инструкции по эксплуатации диагностических средств.

Технологическая пооперационная карта является основным документом диагностирования. В ней указываются: параметры технического состояния с учетом их номинальных и предельных значений; вид диагностирования и периодичность его проведения; операции диагностирования и технические условия; средства диагностирования и место их подключения; исполнители и их квалификация; трудоемкость выполняемых работ.

Диагностическая карта (табл. 2.9) предназначена для регистрации результатов диагностирования во всех случаях диагностирования и принятия решения о необходимых работах при техническом обслуживании и ремонте автомобиля. Диагностическая карта является исходным документом при разработке накопительной карты во всех случаях диагностирования.

В диагностической карте отражаются результаты диагностирования, дается заключение о содержании и объеме технического воздействия на машину. Эта карта заполняется на каждую машину.

Таблица 2.9

Технологическая карта

Номер операции	Операция	Код исполнителя*	Рабочее место	Оборудование, приспособления, инструмент	Технические условия
1	Установка автомобиля передними колесами на ролики стенда; останов двигателя	1 2	Пульт управления диагностическим стендом	Стенд КИ-8925 или КИ-4998	Колеса не должны касаться отбойных роликов

Номер операции	Операция	Код исполнителя*	Рабочее место	Оборудование, приспособления, инструмент	Технические условия
2	Проверка состояния шин и давления воздуха в них (при необходимости установить нормальное давление)	1	Рабочая зона поста диагностики	Воздухораздаточная колонка С-401	Не допускаются глубокие порезы, вспучивание, наличие посторонних предметов в протекторе шин. Давление воздуха в шинах должно соответствовать паспортным данным
3	Проверка состояния и натяжения ремней жидкостного насоса, генератора, компрессора, насоса гидросилителя руля (при необходимости отрегулировать натяжение ремней)	1	У двигателя	Устройство КИ-8920, набор инструмента № 2446	Ремни должны быть сухими и не иметь расслоений. Натяжение ремней проверяют нажатием на их середину – нормально натянутые ремни прогибаются на 10-15 мм при усилии 40 Н, на 5-8 мм при усилии 30 Н (для компрессора)
4	Проверка величины свободного хода педали сцепления (при необходимости отрегулировать)	1К (два человека)	Кабина, осмотровая канава	Устройство КИ-8929, набор инструмента № 2446	Заедание педали не допускается. Свободный ход педали сцепления 34-43 мм при отсутствии воздуха в пневмосистеме
5	Проверка величины свободного хода педали тормозной системы (при необходимости отрегулировать)	1 2	Кабина, осмотровая канава	Устройство КИ-8929, набор инструмента № 2446	Заедание педали не допускается. Свободный ход тормозной педали 14-22 мм
6	Проверка давления воздуха в пневмосистеме и падение давления при одном нажатии на педаль тормозной системы	2	Кабина	Манометр автомобиля	Давление воздуха в пневмосистеме тормозного привода должно быть 0,7-0,8 МПа. Падение давления воздуха при одном нажатии на тормозную педаль не должно превышать 0,07 МПа

Номер операции	Операция	Код исполнителя*	Рабочее место	Оборудование, приспособления, инструмент	Технические условия
7	Проверка тормозных качеств колес переднего моста: силу сопротивления качению колес, эллипсность тормозных барабанов	1 2	Пульт управления диагностическим стендом и кабина	Стенд КИ-8925 или КИ-4998	Шины и тормозные накладки колес должны быть сухими. Без нажатия на тормозную педаль отклонение стрелки прибора от начальной отметки не должно превышать одного деления. Плавным нажатием на тормозную педаль при давлении воздуха в тормозной камере до 0,3 МПа зафиксировать минимальное колебание стрелки прибора (стрелка не должна колебаться)

* Код исполнителя: 1 – мастер-диагност; 2 – слесарь четвертого разряда.

Накопительная карта заполняется на основе данных диагностической карты. В ней накапливается информация об изменениях диагностических параметров в зависимости от наработки машины. Накопительную карту ведут по каждой машине в течение всего срока эксплуатации. Количество параметров, подлежащих занесению в карточку, определяется на СТО. Важно учитывать изменение диагностических параметров, наиболее полно отражающих техническое состояние тех агрегатов или механизмов, которые определяют необходимость ремонта или пригодность автомобиля к дальнейшей эксплуатации на определенный гарантированный срок (табл. 2.10).

Занесенные в нее данные позволяют прогнозировать остаточный ресурс и вероятность безотказной работы в пределах межконтрольного периода. При реализации алгоритма диагностирования хранение информации производится в ЭВМ по каждой машине в процессе ее эксплуатации. При очередном диагностировании вводят информацию по наработке с начала эксплуатации или после капитального ремонта и численные значения контролируемых параметров. На дисплей или печатающее устройство выводятся данные о техническом состоянии машины и рекомендации по поддержанию ее работоспособности. В этом случае заполнять диагностическую и накопительную карты не целесообразно. При необходимости эту информацию выдаст вычислительная техника в удобном для оператора виде. Общая схема автоматизированного управления контролем технического состояния автомобилей приведена на рис. 2.20.

Накопительная карта

Дата диагностики	Пробег автомобиля, км	Мощность двигателя, кВт	Расход топлива, кг/ч	Прорыв газов в картер, л/мин	Состояние подшипника коленчатого вала	Состояние трансмиссии	Примечания
12.05	15000	68	2,56	25,38	Удовлетворительное	Удовлетворительное	Рег. № В-00234
17.12	30200	67,8	2,562	25,5	Удовлетворительное	Удовлетворительное	Замена масла
25.06	46159	67,78	2,6	25,8	Удовлетворительное	Требуется замены шарниров	Шарниры заменены. Гарантия 6 мес.

Все измеренные величины в цифровом и графическом виде могут быть занесены в базу данных до 50 000 машин. Система сбора и обработки данных обладает функцией автоматического сравнения данных диагностики с граничными значениями в соответствии с действующими техническими нормативным и правовыми актами.

Перед использованием любой программы компьютерной диагностики необходимо провести осмотр технического состояния диагностируемого автомобиля согласно ДСТУ 3649-2010 «Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану і методи контролю».

Форма диагностической карты при использовании программы PSD приведена на рис. 2.21.

Разработанное специальное программное обеспечение позволяет вызвать окно базы данных диагностической карты, которая содержит данные о всех проведенных технических осмотрах и нормативные диагностические параметры. Создание новой записи о результатах диагностирования транспортного средства выполняется введением текущих значений параметров в форме текста и цифр.

Заказчику выдается справка о прохождении технического контроля установленной формы, например, представленной на рис. 2.22.

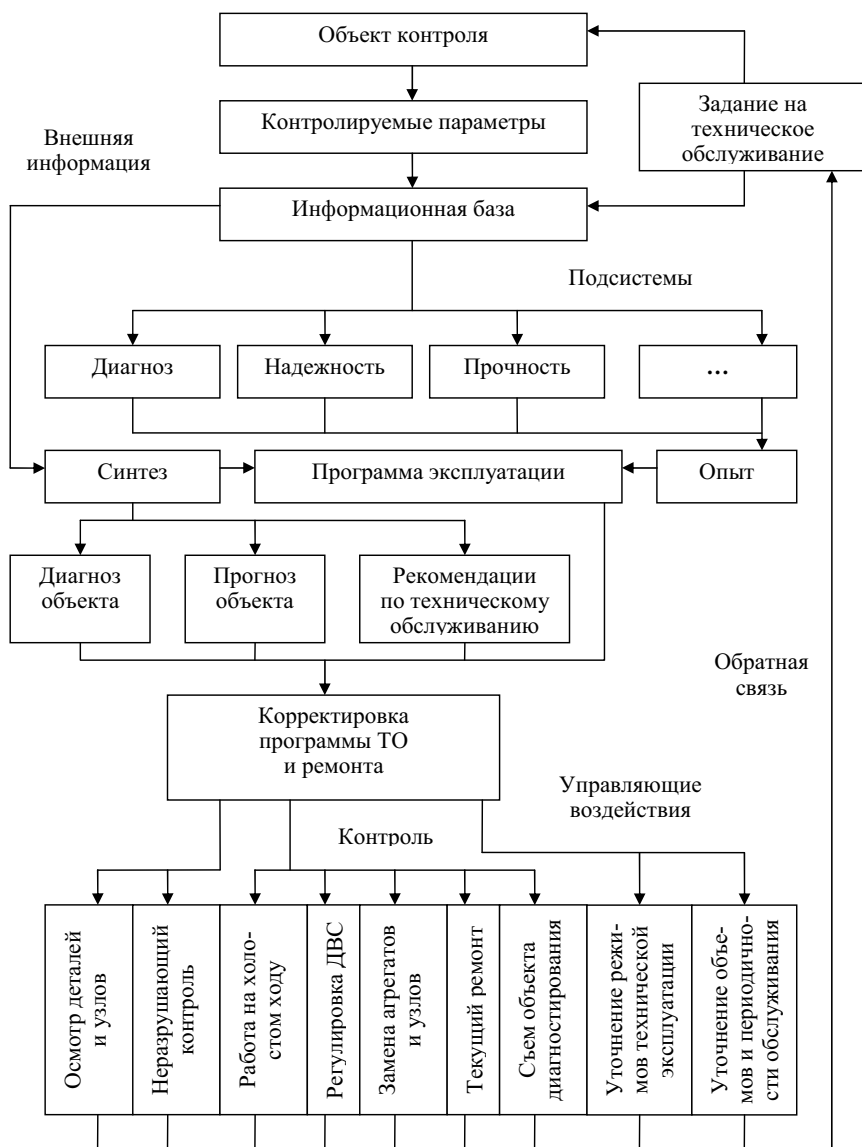


Рис. 2.20. Структурная схема автоматизированного управления техническим состоянием транспортного средства в эксплуатации

Владелец _____ Адрес проживания владельца _____

Модель транспортного средства _____ Гос. номер _____ Год выпуска _____

Элементы автомобиля	Код	Параметры	Норматив	Диагноз	
				слева	справа
1. Устройства внешние световые					
Фары Световые сигнальные огни	1.1	Сила ближнего света, кд	760-1600 не меньше 10000 исправность исправность исправность исправность исправность		
	1.2	Сила дальнего света, кд			
	1.3	Указатели поворотов			
	1.4	Сигналы торможения			
	1.5	Габаритные огни			
	1.6	Стояночные огни			
	1.7	Огни заднего хода			
2. Ходовая часть					
Рулевое управление	2.1	Суммарный угловой зазор, град	не более 10		
	2.2	Максимальное усилие, Н	не более 13		
	2.3	Состояние рулевых тяг	исправность		
Шины и колеса	2.4	Давление воздуха в шинах	по инструкции		
	2.5	Высота рисунка протектора, мм	не менее 1,6		
	2.6	Состояние шин	нет повреждений		
3. Рабочая тормозная система (V=50 км/ч)					
Передние колеса	3.1	Время срабатывания, с	не более 0,5		
	3.2	Осевая неравномерность, %	не более 20		
Задние колеса	3.3	Время срабатывания, с	не более 0,5		
	3.4	Осевая неравномерность, %	не более 20		
Тормозная система	3.5	Общая удельная тормозная сила	не менее 0,59		
	3.6	Эквивалентный тормозной путь, м	не более 21,6		
	3.7	Эквивалентное замедление, м/с ²	не менее 5,8		
	3.8	Антиблокировочная система	исправность		
4. Стояночная тормозная система					
Задние колеса	4.1	Общая удельная тормозная сила	не менее 0,16		
5. Двигатель и его системы					
Проверка токсичности отработавших газов	5.1	Объемная доля СО на N _{мин} , %	не более 1,5		
	5.2	Объемная доля СО на N _{полн} , %	не более 2,0		
	5.3	Объемная доля СН на N _{мин} , %	не более 1200		
	5.4	Объемная доля СН на N _{полн} , %	не более 600		
	5.5	Объемная доля NO _x , млн ⁻¹	не более 1200		
Системы двигателя	5.6	Каталитический нейтрализатор	исправность		
	5.7	Внешний шум, дБА	77-82		
	5.8	Подтекание топлива	отсутствует		
6. Другие элементы конструкции					
Исправность	6.1	Звуковой сигнал	исправность		
	6.2	Замки дверей	исправность		
	6.3	Спидометр	исправность		
	6.4	Ремни безопасности	исправность		
	6.5	Стеклоочиститель и стеклоомыватель	исправность		
7. Комплектность автомобиля					
Наличие	7.1	Огнетушитель	наличие		
	7.2	Медицинская аптечка	наличие		
	7.3	Знак аварийной остановки	наличие		

Вывод по результатам диагностирования автомобиля:

Дата _____ Время _____ Вывод сделал _____

Рис. 2.21. Форма диагностической карты легкового автомобиля

СПРАВКА № _____
о техническом состоянии транспортного средства

Транспортное средство _____
Номерной знак _____ Год выпуска _____
Кузов № _____
Двигатель № _____
Свидетельство о регистрации: серия _____ № _____
Транспортное средство зарегистрировано _____
Владелец _____
(фамилия, имя, отчество владельца или название организации)

Транспортное средство испытано на соответствие требованиям нормативов
по безопасности дорожного движения, определено технически исправным,
неисправным
(ненужное зачеркнуть)

Обнаружены технические неисправности: _____

(коды неисправностей в соответствии с диагностической картой)

Техническое состояние проверено _____

(название лаборатории диагностики технического состояния ДТС, ее адрес)

Дата проведения проверки _____
Ответственный мастер _____
(подпись, фамилия, имя, отчество)

МП

Справка действительна в течение _____ дней со дня выдачи

**Рис. 2.22. Форма справки, выдаваемой владельцу
по результатам контроля технического состояния транспортного
средства**

**2.7.4. Общая характеристика и содержание контрольно-
диагностических и регулировочных работ**

При эксплуатации транспортных машин предусмотрены два основных вида плановых технологии диагностирования (Д-1 и Д-2), соответствующих первому и второму техническому обслуживанию (ТО-1 и ТО-2). Вне эксплуатационных транспортных предприятий могут иметь место контрольное (Д_к), заявочное (Д_з), регулировочное (Д_р), годовое (Д_г), экспресс (Д_э), плановое (Д_п) и выборочное (Д_в) диагностирование.

Диагностирование Д-1. Предназначено для выявления неисправностей механизмов и систем, определяющих безопасность движения транспортных машин, а также соединений в узлах и агрегатах машин, имеющих малую наработку на отказ или регулировку. Это диагностирование должно проводиться с целью заключительного контроля качества выполненных технического обслуживания и текущего ремонта. При плановом диагности-

ровании Д-1 на эксплуатационных предприятиях для автомобилей, проверяются исправность тормозов, рулевого управления, шин, внешних приборов освещения и сигнализации, уровень токсичности отработавших газов, топливная экономичность, а также установка передних колес по боковому уводу.

Д-1 может либо ограничиваться только определением годности объекта к дальнейшей эксплуатации (экспресс-диагностирование), либо включать в себя определение основных неисправностей и сопровождаться регулировочными работами с последующим контролем качества их выполнения. Экспрессное Д_э производится на контрольном пункте при возвращении автомобиля в парк, а Д-1 при ТО-1 или перед ним. Кроме того, для проведения ТО-1 используют информацию, полученную при помощи средств встроенного диагностирования.

Если по результатам Д-1 автомобиль, трактор или транспортно-технологическая машина не могут быть выпущены на линию (в эксплуатацию) и не поддаются регулировке на участке Д-1, то они должны быть направлены в зону текущего ремонта для устранения неисправностей с последующей проверкой.

Плановое диагностирование Д-1 на эксплуатационных предприятиях рекомендуется производить, как правило, с периодичностью ТО-1. Оно должно выполняться как заключительная проверка при ТО-1 и ТО-2 и обеспечивать выпуск на линию технически исправных в отношении безопасности движения транспортных средств. Выборочно на участке Д-1 проверяются машины по направлению с контрольно-пропускного пункта и после текущего ремонта систем обеспечения безопасности движения. Проведение планового диагностирования систем обеспечения безопасности движения с периодичностью, меньшей ТО-1, целесообразно только при работе транспортных средств в условиях повышенной опасности (на горных дорогах, при перевозке пассажиров и т. п.). В обычных условиях эксплуатации, в том числе и в крупных городах, диагностирование элементов обеспечения безопасности движения машин с периодичностью ТО-1 полностью обеспечивает необходимую вероятность безотказной работы этих элементов (не менее 0,90). Возможность повышения периодичности ТО-1 (и, соответственно, Д-1) лимитируется как элементами обеспечения безопасности движения, так и некоторыми крепежными соединениями и узлами смазки через пресс-масленки. Однако в случае необходимости при некотором повышении периодичности ТО-1 и Д-1, требуемый уровень вероятности безотказной работы может быть достигнут и ужесточением предельно допустимых значений диагностических параметров.

Учитывая изложенное и то, что крепежные и смазочные работы, составляющие основу ТО-1, не зависят от результатов диагностирования, а трудоемкие ремонтные работы при Д-1 выполняются редко, плановое диагностирование Д-1 должно быть заключительной операцией ТО-1, что и предусмотрено основными организационно-технологическими документами. Выполнять чаще это диагностирование в обычных условиях не имеет смысла.

Диагностирование Д-2 предназначается для диагностирования автомобиля в целом по тягово-экономическим показателям и выявления неисправностей его основных агрегатов, систем и механизмов, их места, характера, причин и способов устранения. Основной целью Д-2 является поиск неисправностей, устранение которых требует выполнения ремонтных работ большой трудоемкости, которые нецелесообразно совмещать с работами ТО-2. В соответствии с требованиями рациональной технологии эти неисправности подлежат устранению на участке текущего ремонта до начала ТО-2. Кроме отбора трудоемких работ, в зоне текущего ремонта при диагностировании Д-2 производятся предусмотренные технологией диагностирования нетрудоемкие регулировочные работы, а также определяются виды регулировочных и ремонтных работ, которые допускается совмещать с ТО-2. При плановом диагностировании Д-2 проверяется эффективность рабочих процессов по тяговым показателям, расходу топлива, по величине механических потерь, утечек, по вибрации, уровню шума, стукам, по составу отработавших газов и другим признакам, определяющим работоспособность, долговечность и безотказность транспортных машин. При этом диагностируются двигатель и его системы, агрегаты трансмиссии и ходовой части, технологические и вспомогательные механизмы транспортно-технологических машин, электрооборудование, проверяются установка фар, исправность контрольно-измерительных приборов и др. При Д-2 производится также поэлементная проверка таких систем, влияющих на безопасность движения, как усилители рулевого управления, шкворневые соединения, карданные передачи и т. п. Из изложенного вытекает, что диагностирование Д-2 может давать информацию для планирования работ по производству технического обслуживания и текущего ремонта транспортных машин. Оно должно предшествовать второму техническому обслуживанию, что и признано всеми исследователями и закреплено в нормативных документах.

Диагностирование автомобиля в целом. Диагностирование автомобиля в целом проводят для определения уровня показателей его эксплуатационных свойств: мощности, топливной экономичности, безопасности движения и влияния на окружающую среду. Выявив снижение этих показателей по сравнению с установленными нормами, проводят углубленное диагностирование, определяют конкретные неисправности, регулируют механизмы и выполняют заключительный контроль.

Диагностирование автомобиля возможно при ходовых испытаниях или использовании стационарных стендовых средств. В эксплуатационных условиях ходовые испытания применяют ограниченно, главным образом для инспекторской проверки тормозов и линейного расхода топлива.

Более эффективным является стационарное диагностирование автомобиля при помощи специальных стендов, позволяющих задавать скоростные и нагрузочные тестовые режимы работы автомобиля, Пример основных диагностических параметров приведен на рис. 1.15 и в табл. 2.3.

Диагностирование автомобилей по показателям мощности, экономичности и влияния на окружающую среду. Мощностные и экономические данные автомобиля являются основными факторами его эффектив-

ности. Исследования показывают, что до 30% автомобилей АТП эксплуатируют со значительным недоиспользованием мощности и перерасходом топлива. Около 50% указанных потерь могут быть восстановлены силами и средствами АТП путем несложных регулировок и устранения мелких неисправностей.

После диагностирования и устранения обнаруженных неисправностей средняя максимальная сила тяги увеличилась, а средний контрольный расход топлива уменьшился в среднем на 13%, кроме того, значительно снизилось рассеивание этих показателей.

Восстановление колесной мощности автомобиля повышает его среднюю скорость движения, а следовательно, и производительность работы автомобилей, а также снижает расход топлива. Расчеты показывают, что в городских условиях в результате восстановления мощности техническая скорость автомобиля может возрасти на 7-8%, а его производительность и экономичность на 4-5%.

Неисправности, приводящие к снижению мощностных и тягово-энергетических показателей автомобиля (рис. 2.23, [32]), выявляют путем измерения диагностических параметров, приведенных в табл. 2.3 при помощи стендов тяговых качеств.

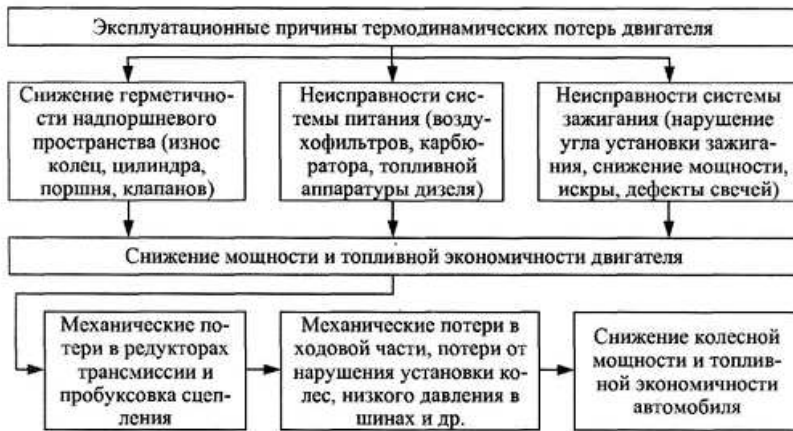


Рис. 2.23. Схема последовательности причин потерь колесной мощности и снижения топливной экономичности автомобиля в эксплуатации

Диагностирование Др. Дополнительным технологическим видом диагностических работ на эксплуатационных предприятиях являются сопутствующие выполнению регулировочных работ контрольно-диагностические операции (Др), которые производятся на постах обслуживания и ремонта с помощью передвижных средств диагностирования или посредством оборудования, дублирующегося с Д-1 и Д-2. В то же время они не заменяют Д-1 и Д-2.

Регулировочные работы включают регулировочные операции по

восстановлению работоспособности агрегатов, механизмов и систем автомобиля с помощью предусмотренных в них регулировочных устройств, до уровня, требуемого правилами, нормами технической эксплуатации автомобиля или техническими условиями (например, величины зазоров, люфтов, частоты оборотов коленчатого вала двигателя на холостом ходу, свободного хода педали сцепления и др.).

Крепежные работы состоят из проверки состояния резьбовых соединений деталей (болтов, шпилек, шплинтов) и крепления их (подтяжки), постановки крепежных деталей взамен утерянных и замены негодных.

Диагностирование Д_к. Контрольное диагностирование производится как обязательное заключительное воздействие на машину при техническом обслуживании для контроля систем, определяющих безопасность движения, после текущего ремонта. Его назначение и состав технологических операций аналогичен диагностированию Д-1, применяемому на эксплуатационных предприятиях.

Контрольно-диагностические работы заключаются в контроле состояния или работоспособности агрегатов, механизмов, приборов, систем и автомобиля в целом по внешним признакам (выходным параметрам) без разборки или вскрытия механизмов (рис. 2.24).



Рис. 2.24. Схема контрольно-диагностических работ агрегатов при ТО автомобиля

Пример перечня параметров, используемых при проведении общего и углубленного диагностирования дизеля приведен в табл. 2.11.

Контрольно-диагностические работы служат для определения технического состояния автомобиля, его агрегатов и узлов без их разборки и являются элементом управления технологическими процессами обслуживания и ремонта подвижного состава. Объем контрольно-диагностических работ для современных автомобилей составляет по отношению к объему исполнительской части около 30%.

При диагностировании выявляют автомобили, техническое состояние которых не отвечает требованиям безопасности движения, а перед ТО определяют потребность в устранении неисправностей или проведении ремонта,

контролируют качество ТО и ТР, определяют возможность исправной работы агрегатов и механизмов автомобиля в предстоящем межконтрольном пробеге, собирают и обрабатывают информацию, необходимую для управления производством.

Таблица 2.11

Перечень параметров, используемых при проведении общего и углубленного диагностирования дизеля

Диагностируемые системы и механизмы	Диагностические параметры	Д-1	Д-2
Дизель	Частота вращения коленчатого вала	+	-
	Мощность двигателя	+	-
	Удельный расход топлива	+	-
Кривошипно-шатунный механизм	Шумы и стуки	-	+
Цилиндропоршневая группа	Компрессия в отдельных цилиндрах	-	+
	Количество газов, прорвавшихся в картер	-	+
Система воздухоподачи	Степень загрязненности воздухоочистителя	-	+
	Герметичность впускного воздушного тракта	-	+
Система топливоподачи	Пропускная способность фильтрующих элементов грубой и тонкой очистки	-	+
	Давление впрыска и качество распыла топлива форсунками	-	+
	Производительность топливного насоса	-	+
	Степень неравномерности подачи топлива элементами топливного насоса	-	+
	Угол опережения впрыска топлива	-	+
Система смазки	Частота вращения кулачкового вала топливного насоса	-	+
	Давление масла	+	-
	Частота вращения центрифуги	-	+
Механизм газораспределения	Продолжительность вращения центрифуги	-	+
	Плотность прилегания клапанов	-	+
	Зазоры между элементами механизма	-	+
	Угол начала открытия впускных клапанов	-	+
Система охлаждения	Стук и шумы	-	+
	Натяжение ремня вентилятора	+	-

Электротехнические работы заключаются в проверке внешнего состояния источников электроэнергии (аккумуляторной батареи, генератора с реле-регулятором и выпрямителем переменного тока) и потребителей электроэнергии (приборов батарейной системы зажигания, стартера, приборов освещения и сигнализации и контрольных измерительных приборов), очистки от пыли, грязи и следов окисления контактных соединений, устранения неисправностей в результате диагностирования систем электрооборудования автомобиля.

Работы по системе питания двигателя включают проверку внешне-

го состояния приборов системы питания (карбюратора, топливного насоса, воздушного фильтра и др.) герметичности трубопроводов, устранение неисправностей и регулировку по результатам диагностики.

Смазочно-очистительные работы включают периодическое пополнение и смену масла в картерах агрегатов (двигателе, коробке перемены передач и др.), смазку подшипников и шарнирных соединений трансмиссии, ходовой части, рулевого управления и кузова, заправку автомобиля специальными жидкостями (тормозной, амортизаторной), очистку всех фильтров, замену фильтрующих элементов и отстойников системы смазки.

Шинные работы включают проверку внешнего состояния шин (покрышек) с целью установления необходимости ремонта, удаление из протектора покрышек застрявших острых предметов, проверку внутреннего давления и доведение его до необходимого. Кроме того, шинные работы при ТО могут включать перестановку и замену шин.

Контрольные работы после обслуживания состоят из проверки работы двигателя, действия тормозов управления и других агрегатов и механизмов.

Диагностирование Д_з. Такое диагностирование производится по заявкам клиентов, в основном, как предварительный контроль. При выполнении этого вида диагностирования в полном объеме используется технология обычного Д-2. Однако владелец машины имеет право заказать и частичный объем диагностирования Д-2 (Д_з) с выполнением на соответствующем участке последующих работ технического обслуживания и ремонта, а затем контроля на участке Д_к. В связи с этим трудоемкость Д_з является переменной величиной, что требует более четкого учета перечней выполняемых операций. Д-2 проводят также по заявкам перед ТР в случаях необходимости выявления неисправностей и определения потребного объема ремонта.

Диагностирование Д_э. Под быстродействующим («экспресс») диагностированием (Д_э) понимается технический контроль ускоренными методами по ограниченному числу параметров в основном механизмов и систем транспортных машин, отказы которых могут вызвать аварийные ситуации или отрицательное влияние на окружающую среду. При Д_э по принципу «годен-не годен» (к дальнейшей эксплуатации) проверяются эффективность действия тормозов, рулевого управления, состояние шин (элементов движителя), устройств сигнализации, внешних световых приборов и состав отработавших газов. Этот вид быстродействующего диагностирования производится выборочно, чаще на дорожных постах служб безопасности движения, а иногда и на станциях технического обслуживания транспортных машин. Он близок по составу операций к Д-1, но не требует выявления конкретных неисправностей.

Диагностирование Д_г, Д_а, Д_п. При годовом техническом осмотре транспортных машин государственными органами безопасности дорожного движения могут использоваться как средства диагностирования Д-1 систем обеспечения безопасности движения, так и средства, входящие в состав Д-2 (для проверки расхода топлива, состава отработавших газов, потерь в трансмиссии, элементов карданных передач, подвесок, гидро- и пневмоуси-

лителей и т. д.). Производится диагностирование (D_r) в объеме Д-1 и Д-2. На ремонтных заводах диагностированию отводятся специфические функции контроля качества ремонта в период приработки агрегатов (D_A) – диагностирование агрегатов. Выборочно, примерно в объеме Д-1 и Д-2, плановый контроль (D_n) проводится на специальных станциях диагностирования.

Контрольные вопросы к подразделам 2.1-2.3

1. Приведите классификацию видов диагностирования по организационным признакам.
2. Какая последовательность осмотра автомобиля?
3. Кто устанавливает нормы на диагностические параметры автомобиля?
4. Какие объекты автомобилей являются первоочередными при контроле технического состояния?
5. В чем заключаются регулировочные работы?
6. Приведите алгоритм контроля технического состояния тормозной системы.
7. Приведите диагностические параметры и средства их измерения.
8. Как осуществляют контроль технического состояния ходовой части?
9. Какие результаты контроля технического состояния заносятся в протокол контроля ДТС?

Контрольные вопросы к подразделу 2.4

10. Приведите основные методы контроля технического состояния машин.
11. Как производится тестовое диагностирование?
12. Приведите методы тестового диагностирования.
13. Приведите блок-схему тестового диагностирования.
14. Как производят диагностирование по функциональным параметрам?
15. Приведите классификацию методов функционального диагностирования.

Контрольные вопросы к подразделам 2.5, 2.6

16. Какие вводятся параметры при периодическом диагностировании?
17. Приведите простую формулу допустимых параметров.
18. Что собой представляют исходный и предельный диагностические параметры?
19. Как разрабатывают классы технического состояния?
20. Приведите схему формирования диагностических параметров при линейной зависимости параметра от пробега автомобиля.
21. Приведите схему характера изменения диагностических нормативов ТО в зависимости от пробега автомобиля.
22. Как установить диагноз по нормативным диагностическим параметрам?
23. Как производят диагностирование по комплексу диагностических параметров?
24. Приведите матрицу диагнозов и диагностических параметров.

Контрольные вопросы к подразделу 2.7

25. Приведите схему производственного процесса на СТО.
26. Приведите схемы вариантов планировки станций диагностики и технического

обслуживания автомобилей ТО-1 и ТО-2.

27. Приведите схему машино-мест СТО размером 34 м².
28. Какое распределение по трудоемкости (в %) по видам работ на средней СТО?
29. Приведите планировку участка диагностирования Д-2.
30. Приведите схему технологических процессов на АТП.
31. Какие функции основных производственных подразделений по ТО и ремонту?
32. Приведите схему диагностического оперативного управления ТО и ТР на АТП.
33. Какие условия должны быть созданы для нормальной работы диагностического участка СТО и АТП?
34. Какие знания необходимы диагносту для эффективного диагностирования автомобилей?
35. Какой должен быть минимальный персонал станции диагностики?
36. Приведите содержание диагностической карты.
37. Что является основой для заполнения накопительной карты?
38. Приведите пример содержания операций технологической карты.
39. Что необходимо указывать в справке о диагностике технического состояния транспортного средства?
40. Приведите общую характеристику и содержание контрольно-диагностических и регулировочных работ Д-1, Д-2 и диагностики автомобиля в целом.

3. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

3.1. Знания, необходимые для разработки диагностических моделей

Диагностические модели и алгоритмы диагностирования разрабатывают для решения частных задач поиска мест и видов неисправностей и отказов.

Оптимальные решения задач технической диагностики сложных объектов могут быть получены только в результате анализа множества состояний, в которых эти объекты могут находиться в эксплуатации. В связи с этим требуются специальные методы для теоретического анализа множества возможных состояний сложных технических объектов на диагностических моделях.

Диагностическая модель – это формальное описание механизмов и процессов, учитывающее возможность определять изменения их состояния при эксплуатации. Рассматриваются логические абстрактные модели на основе эмпирических исследований. В большинстве случаев диагностическая модель должна поддаваться математической обработке связей внутренних и внешних, управляющих и возмущающих параметров и реакций технического объекта.

Исходя из этого, общее определение диагностической модели можно сформулировать следующим образом. Диагностическая модель объекта – это любое знание, используемое в процессе решения диагностической задачи и представленное в определенной форме.

Для систематизации многообразных знаний, используемых субъектом диагностической деятельности при разработке диагностической модели и алгоритмов диагностирования, можно выделить пять видов знаний [11]. Знание типовых и возможных неисправностей и дефектов, их причин и прямых и косвенных показателей; знание структурной организации и методов морфологического анализа объекта диагностирования; типовых и возможных диагностических параметров; инструментальных методов и средств диагностирования; возможных диагностических экспериментов – элементарные проверки.

Для разработки диагностической модели требуется морфологический анализ объекта диагностирования (рис. 3.1).

При рассмотрении структурной организации и морфологического анализа объекта диагностирования технического устройства нас интересуют его структурные и функциональные связи, определяемые организацией и способом функционирования; совокупность взаимосвязей элементов, их характер и свойства, определяющие работоспособность механизма.

Способ функционирования устройства проявляется во взаимодействии механизма с управляющими сигналами и внешней средой. Структурная функциональная организация устройства и способ функционирования тесно связаны между собой, находятся в причинно-следственном отношении друг

с другом и могут рассматриваться в отдельности только абстрактно. Каждый конкретный способ функционирования механизма определяется его конкретной организацией и функциональными связями с элементами.

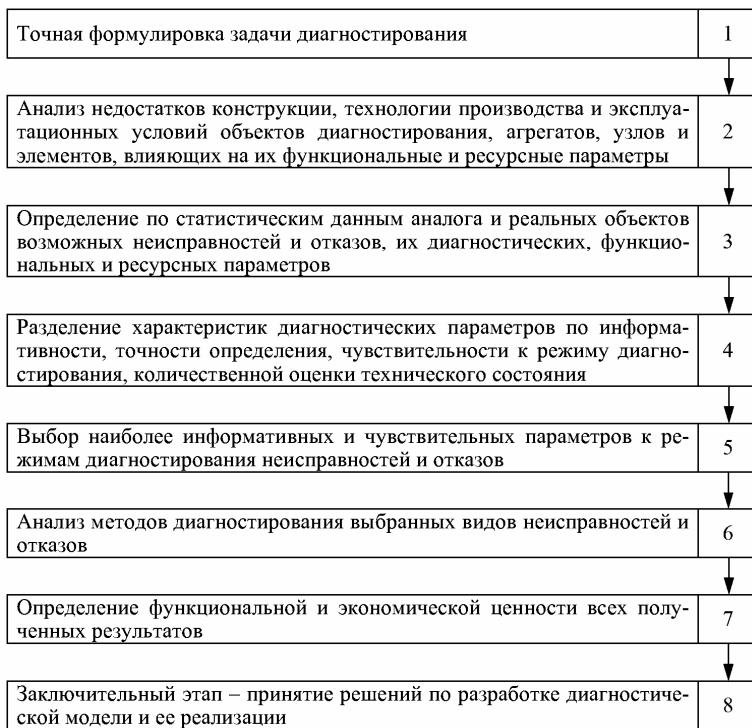


Рис. 3.1. Последовательность морфологического анализа объекта диагностирования

В диагностической задаче искомыми являются неизвестные свойства структурной организации обследуемого процесса или механизма, а способ его функционирования считается заданным. Определяемые свойства структуры в дальнейшем будем называть состоянием механизма, состоянием и качеством рабочих процессов.

При работе механизма возникает большое число разнообразных технических процессов, параметры которых доступны непосредственному измерению. Например, для двигателя это отдача мощности, выпуск газов, температура, давление, шум, вибрация, процессы подачи и потребления топлива и т. д.

Для объектов «с процессом» данный вид знаний дополняется знанием о функциональном процессе. Будем различать объективную (физическую), функциональную и диагностическую структуры объекта. Две последние обобщает термин «логическая структура». Первая определяется сборочно-разборочными, крепежными, монтажными и тому подобными отношениями

между неделимыми частями объекта; она существует объективно в единственном варианте. Вторая может иметь несколько разновидностей в зависимости от степени детализации функциональных элементов и определяется динамическими или прагматическими отношениями на множестве этих элементов. Многовариантность диагностической структуры обуславливается, в первую очередь, заданной извне глубиной поиска дефектов.

3.2. Классификация объектов диагностирования и диагностических моделей

Все объекты в технической диагностике (как уже было указано в разд. 1) принято разделять на три группы: непрерывные объекты, дискретные и гибридные или смешанные (см. рис. 1.9, на котором приведена классификация объектов и режимы их диагностирования).

В соответствии с классификацией объектов диагностирования диагностические модели также подразделяются на три больших группы: непрерывные, дискретные и гибридные (или комбинированные, смешанные, специальные).

Классификация диагностических моделей приведена на рис. 3.2.

Непрерывными моделями представляют объекты машин в том случае, когда рассматриваемые процессы протекают в непрерывно изменяющемся времени, которое является аргументом соответствующих функций. Непрерывные модели составляют наибольшую группу, так как основные процессы изменений качества технических объектов носят непрерывный характер.

Непрерывные объекты при решении задач диагностирования можно представить аналитической моделью – адекватным математическим (алгебраическими и дифференциальными уравнениями) описанием объекта в виде совокупности функциональных соотношений, передаточных функций. Аналитические модели широко используются для описания объектов любых типов, например, механических, электрических, электромеханических или пневмогидравлических. При этом неисправности объекта моделируются как недопустимые изменения значений параметров диагностирования. В свою очередь, алгебраические и дифференциальные уравнения могут быть линейными и нелинейными. Объекты машин, представляющие собой линейные динамические объекты, могут быть представлены диагностической моделью в виде передаточных функций или характеристических уравнений в пространстве состояний.

Дискретные диагностические модели определяют состояние объекта только для последовательности дискретных значений независимой переменной, например, времени, но без учета характера протекания процесса в промежутках. Эти модели можно представить конечно-разностными уравнениями, дискретными уравнениями в пространстве состояний или конечными автоматами.

Дискретные диагностические модели в основном используют при опи-

сании импульсных и цифровых устройств, поскольку в них прерывистая структура импульсных сигналов служит принципиальной основой их полезных функций. Однако дискретные диагностические модели можно применять и при разработке диагностического обеспечения в процессе проектирования непрерывных объектов.

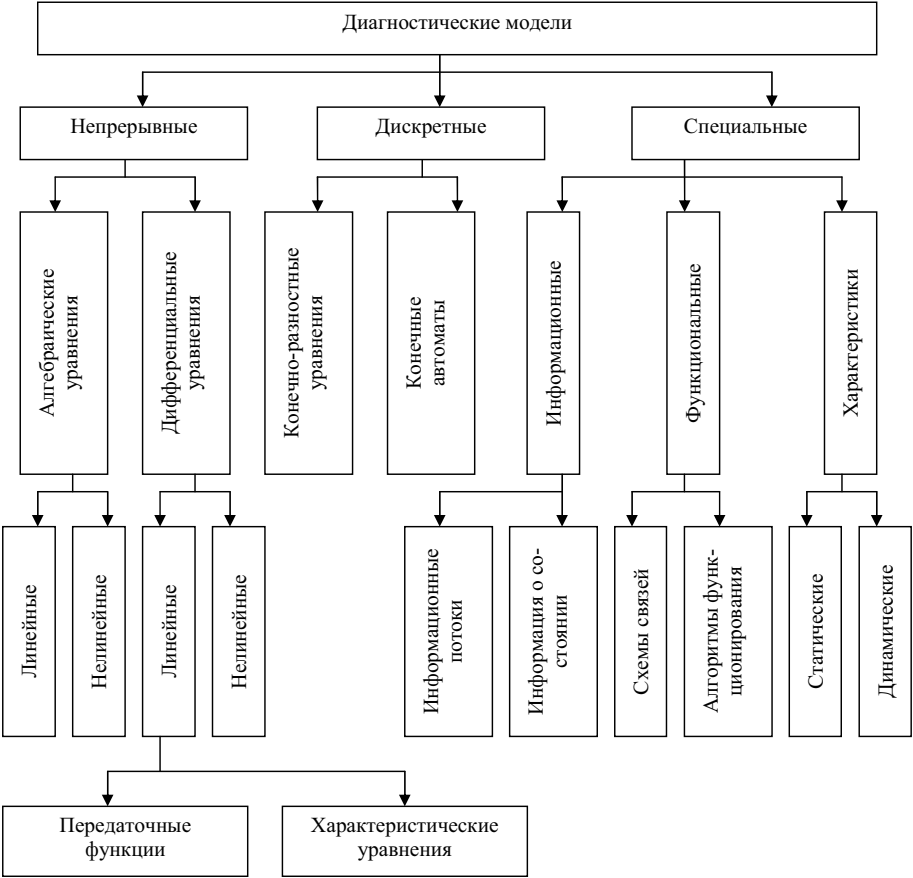


Рис. 3.2. Классификация диагностических моделей

Гибридные (комбинированные) модели описывают реальные объекты, включающие устройства как непрерывного, так и дискретного действия. У специальных моделей построение определяется спецификой объектов и особенностями диагностического обеспечения (функциональные модели, модели информационных потоков и др.).

Диагностическое обеспечение проектируемой машины разрабатывают в ходе анализа диагностической модели, который выполняют различными методами с использованием разнообразного математического аппарата.

По методам представления взаимосвязей между состоянием объекта, его элементами и параметрами выходных сигналов методы построения и анализа моделей можно разделить на аналитические, графоаналитические, функционально-логические и информационные.

Информационные модели представляют собой информационные описания систем и процессов контроля и диагностирования, которые циркулируют в объектах машины. В этом случае диагностирование рассматривают как преобразователь информации. К информационным диагностическим моделям также относят и описания, представляющие собой информационную оценку изменения состояния. Информационные диагностические модели наиболее универсальны, поскольку не зависят от принципа построения и действия объекта диагностирования.

Основой для построения моделей служат функциональная, структурная и принципиальная схемы объекта, которые позволяют получить все интересные зависимости и набор диагностических параметров, если известны алгоритм функционирования объекта и физические процессы в нем.

При построении и исследовании диагностической модели необходимо учитывать следующее: существующие теоретические разработки для аналогичных объектов; возможность и уровень их использования; информативность и достоверность модели; особенности проявления отказов в системе, имеющей функциональные и конструктивные отличия; необходимость и достаточность глубины поиска дефекта; возможность практической реализации процедур контроля работоспособности и поиска дефектов; уровень контролепригодности объекта.

Примером практической информационной модели могут быть эксплуатационные инструкции.

Имитационные модели дают возможность экспериментально исследовать сложные внутренние взаимодействия с большой размерностью по количеству изменяемых связей между элементами модели, изучать действия на функциональные системы информационных и организационных изменений, которые имеют случайный характер, нелинейность, ограничения различных типов. По имитационным моделям можно оценить поведение системы в новых ситуациях, проверять новые стратегии и правила принятия решений.

По глубине описания модели объекта делятся на линейные и нелинейные, детерминированные и стохастические.

По способу формирования модели объекта можно выделить три группы: аналитические, эмпирические (экспериментальные) и полуэмпирические (экспериментально-аналитические). Преимуществом аналитических моделей является их общность для описания процессов в широком круге объектов, а недостатком – невысокая точность в ряде случаев из-за отсутствия адекватных моделей для сложных процессов. Преимущество эмпирических моделей – их точность, а к недостаткам относятся необходимость большого объема экспериментов и адекватность моделей для ограниченного круга объектов и условий. Наибольшее распространение получили полуэмпирические модели, при формировании которых используются как общие

физические закономерности, так и данные экспериментов, которые позволяют учесть многие особенности процесса, не учитываемые аналитическими моделями. Для выбора наиболее удобной формы уравнений для эмпирических и полуэмпирических моделей используются методы теории идентификации.

В ряде практических случаев в качестве диагностических моделей можно использовать характеристики объекта машины как статические, так и динамические.

Выбор модели зависит от условий эксплуатации, возможных конструктивных исполнений, степени изученности этого объекта, или его отдельной системы, степени абстрагирования от реальной системы и т. п.

Приведенную на рис. 3.2 классификацию диагностических моделей можно дополнить физическими, символическими и интуитивными моделями (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Классификация физических, символических и интуитивных диагностических моделей

Вероятностные модели разделяются на информационные, опознавательные образы и корреляционные. В информационных моделях реальный объект составляет совокупность исходных процессов, которые несут определяющее количество информации о состоянии объекта. Под вероятностными моделями опознавательных образов понимают совокупность исходных процессов, которые принадлежат одному классу совокупности значений структурных параметров.

Корреляционные модели определяют степень взаимосвязи исходных

процессов и структурных параметров. Детерминированные модели можно разделить на аналитические, функциональные, конечные автоматы, адаптивные и экстремальные.

Адаптивные модели синтезируют в процессе идентификации реального объекта и исходной модели, идентичной реальному объекту при номинальных значениях его структурных параметров. Экстремальные модели используются в случае, если состояние реального объекта характеризуют не значениями структурных параметров при фиксированном режиме его работы, а зависимостями обобщенного параметра реального объекта от обобщенных параметров его частей при соответствующих режимах его работы. В этом случае под моделью понимают зависимости, которые получают при оптимизации обобщенного параметра реального объекта по результатам настройки обобщенных параметров его частей при условии, что эти настройки можно осуществить на реальном объекте.

Интуитивная модель характеризует представление человека о связях исходных процессов реального объекта и его структурных параметров. Представление реального объекта той или иной моделью определяется степенью наших знаний о нем. Модель строится на основании обобщения данных эксперимента или наблюдения, которые отображают свойства реального объекта как объекта диагностики.

В процессе моделирования в первую очередь решают вопрос о возможности получить детерминированную модель. Она простая и указывает конкретный путь к выбору метода диагностирования и средств его реализации без предварительных статистических исследований реального объекта или сбора статистической информации о его функционировании в процессе эксплуатации.

Диагностическая модель определяет также методы диагностирования, самые распространенные из которых – методы диагностирования дискретных объектов и их функционирования. Эта модель описывается аппаратом математической логики. Разработку метода диагностирования и его оптимизацию сводят к составлению логических функций и их оптимизации, то есть эта задача сугубо математическая. Конечно, задачу разработки методов диагностирования непрерывных объектов можно возвести к математической задаче в случае, когда функционирование объектов описывается математическими зависимостями.

Таким образом, этот метод диагностирования в первую очередь определяется математическими зависимостями, которые достаточно точно описывают функционирование объекта. В этой связи методы диагностирования можно разделить на индикационные, поисковые и интуитивные.

3.3. Структурные модели

Структурные модели систем диагностирования относятся к классу графа и имеют фундаментальное значение для системного анализа проблемы. Они имеют наглядность и понятны широкому кругу специалистов, являются удобной формой представления результатов. Структурная модель

объекта диагностирования может быть выражена графически в виде матрицы, графов, номограмм и на других языках моделирования структур. Построение структурных моделей сводится к установлению первичных, наименее взаимосвязей между элементами исследуемой системы диагностирования. В реальных системах любые связи носят причинно-следственный характер (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Структурно-наследственная диагностическая модель цилиндропоршневой группы двигателя

На рис. 3.4 на уровне I располагаются высокоотказные механизмы (элементы) объекта диагностирования; на II – соединения между ними, то есть структурные параметры; на III – показатели отклонения этих величин, которые превышают предельные значения, то есть характерные неисправности. На уровне IV размещают рабочие или сопутствующие диагностические признаки, которые соответствуют структурным параметрам. На уровне V размещают диагностические параметры, то есть физические величины, с помощью которых можно измерять сопутствующие или рабочие процессы объекта диагностирования и таким образом определить техническое состояние объекта без его разборки.

Структурно-наследственная модель создается на основе инженерных знаний о конструкции и функционировании, на основе статистического анализа неисправностей, отказов и диагностических параметров объекта.

В представленной на рис. 3.5 структурной вибрационной модели 1, 2, 3 – источники вибрации подшипниковых узлов, зубчатых передач и валов.

На уровни их собственной вибрации влияют погрешности сборки и монтажа отдельных узлов, агрегатов и валопроводов машины. Конструктивными участками, реагирующими на вибрационную нагрузку, возбуждаемую источниками 1-4, являются соединения элементов, корпуса и несущая конструкция машины. Эти участки конструкции машины являются подсистемами, которые могут рассматриваться как вторичные источники возбуждения (усиления) или снижения (затухания) вибрации. Их влияние на уровни вибрации первичных и вторичных источников вибрации определяется динамическими свойствами конструкции 2-4 (источник 5, рис. 3.5), взаимодействующими с другими подсистемами машины. На уровни вибрации, возбуждаемой внутренними источниками погрешностей 1-5 кинематических пар и динамических характеристик систем, оказывают влияние внешние возмущающие силы 6, рис. 3.5. При определении вибрационных характеристик не учитывается влияние на уровни виброускорений механизмов машины ряда внешних воздействий: движение машины по неровной дороге, характеристики силового воздействия, пульсации крутящего момента, нагрузки, пуски, торможение, реверс, сброс и набор нагрузки, характер «отбора мощности», качество энергоносителей (рис. 3.5, силы 6).

Таким образом, все подсистемы источников вибрации 1-6 (рис. 3.5) находятся в тесной взаимосвязи с протекающими процессами в парах трения и присоединительных деталях конструкций машины. Вся взаимосвязанная система первичных и вторичных источников вибрации создает вибрационную нагрузку конструкции трансмиссии и машины. Поэтому расчеты надежности и ресурса трансмиссии машины на стадии проектной разработки без учета взаимосвязи всех возмущающих сил 1-6, прежде всего группы источников 4-6, могут быть лишь ориентировочными. Фактические возмущающие силы могут быть определены по вибродиагностическим характеристикам отдельных узлов, агрегатов и комплектной машины в заданных режимах работы.

Минимизацию динамической напряженности и виброактивности трансмиссии и всей машины можно вести поэтапно (1-3, рис. 3.5), но подлинная вибрационная оптимизация конструкции возможна только при изучении источников вибрации динамических и импедансных свойств всей системы в целом 2-4 (источники 1-6, рис. 3.5).

Под действием возмущающих сил 1-6 (рис. 3.5) в отдельных кинематических парах и механической системе машины возникают вибрационные движения, дополнительные к основному рабочему движению (7, рис. 3.5). Они образуют поток информационных диагностических сигналов о дефектах и техническом состоянии элементов. При этом спектр вибрации механизмов в заданных режимах работы указывает на технический уровень конструкции, а идентификация дефектов позволяет распознавать качество проектирования, изготовления, сборки, монтажа, эксплуатации и ремонта отдельных агрегатов и комплектной машины (8, 9, рис. 3.5).

Источники внутренних и внешних возмущающих воздействий механического происхождения

1	2	3	4	5	6
Подшипниковые узлы качения	Зубчатые передачи	Валы привода и их соединения	Погрешности сборки и монтажа отдельных узлов агрегатов и комплектной машины	Динамические свойства конструкции	Внешние возмущающие силы
Погрешности изготовления подшипников	Пересопряженные зубьев	Дисбаланс	Дисбаланс	Распределение собственных частот деталей, узлов корпусов, агрегатов трактора в сборе	Нагрузочные режимы
Отклонения формы беговых дорожек колеи подшипника	Отклонение размера и формы зубьев	Зазоры в опорах валов	Измененные формы беговых дорожек колец подшипников при посадке на вал и корпус (стакан)	Жесткостные характеристики деталей, валов, узлов, корпусов, соединений	Скоростные режимы
Отклонение формы тел качения	Цилиндрическая ошибка зацепления	Несоосность валов	Повреждение беговых дорожек и тел качения при сборке подшипникового узла	Демпфирующие свойства материалов	Климатические условия
Разнообразие тел качения	Радиальное биение	Изгиб валов	Перекосы подшипников при монтаже	Демпфирующие свойства конструктивных элементов	Характеристика силового воздействия
Погрешность сепаратора	Боковой зазор между зубьями шестерен	Овальности шеек валов	Смещение наружного кольца подшипника относительно внутреннего	Резонансная чувствительность элементов конструкции к изменению внутренних и внешних возмущений	Пульсация крутящего момента
Погрешность изготовления посадочных мест подшипника	Отклонение осевого расстояния между валами шестерен	Неодинаковые моменты инерции	Изгиб вала	Податливость и способность противостоять изгибным и крутильным колебаниям, переменной нагрузке	Пульсация нагрузки, пуск, торможение, реверс, сброс и набор нагрузки, характер "отбора" мощности
Отклонение формы посадочных мест вала и корпуса подшипникового узла	Непараллельность зубьев	Дефекты соединений валов муфтами	Перекосы в сопряжении зубчатых передач	Качество энергии источников	Смазки
Погрешности изготовления посадочных мест, неперпендикулярности буртиков валов, корпусов и крышек	Инерционные жесткостные параметры шестерен валов	Характер посадок деталей на вал	Создание местных напряжений в элементах и соединениях	Качество энергии источников	Смазки
Погрешности сборки подшипниковых узлов			Нарушение нормативных зазоров и натягов в сопряжениях элементов		Движение по неровностям дороги

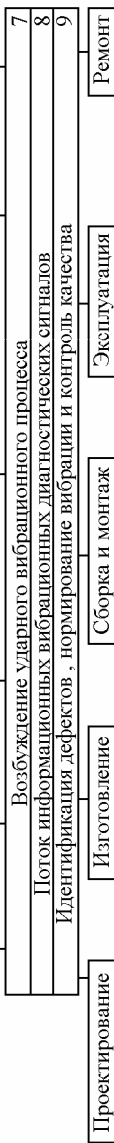


Рис. 3.5. Структурная вибрационная модель механической системы машины

Среди наиболее распространенных моделей выделяют класс дерево-

подобных или иерархических структур. Дерево декомпозиции позволяет определить соотношение между объектами структурными элементами, взаимосвязи между разными подсистемами и элементами диагностирования, выявить область поиска информации, выделить структурные элементы, необходимые для оценки технического состояния или проверки.

Сложные технические системы практически всегда могут быть представлены в виде иерархической структуры, каждый уровень которой содержит одну или несколько составных частей, выполняющих в рамках системы свои локальные функции. Принцип декомпозиции на уровни (подсистемы) может быть различным: функциональный, конструктивный, организационный. Указанные системы характеризуются многомерностью, многосвязностью, разнообразной природой элементов, составляющих систему и обуславливающих разнородность информационных и энергетических потоков, относительной самостоятельностью функций подсистем, направленных на достижение заданной цели функционирования системы в целом.

3.4. Построение функционально-логических и функционально-структурных моделей

Функционально-логические модели – это модели, построенные на основе логического анализа функциональных схем изделий, учитывающие их особенности, а также описывающие их работу в режиме диагностирования. Логическими моделями можно представить большой класс реальных технических объектов в виде блочной функциональной или структурной схемы. При построении логической модели каждому функциональному элементу ставится в соответствие совокупность логических блоков так, чтобы выход каждого логического блока характеризовался только одним параметром и при этом остаются только те входы, которые формируют данный выход.

Применение логической модели основывается на применении допусковых способов диагностирования, характеризующихся тем, что заключение о правильности функционирования объекта делается на основании качественной оценки некоторой совокупности диагностических параметров. Если значение сигнала находится в допустимых пределах, то значение данного выходного сигнала полагается равным 1, в противном случае – 0.

Функциональные диагностические модели отражают совокупность операций, выполняемых машиной и ее отдельными частями (объектами) в процессе функционирования. В качестве функциональных диагностических моделей рассматривают схемы связей между отдельными объектами, диаграммы прохождения сигналов (ориентированные графы) или алгоритмы функционирования.

Если модель представляется в виде графа, то вершинам соответствуют параметры объекта (выходные и входные, основные и вспомогательные, структурные параметры), а дугам – известные аналитические или статистические зависимости и качественные соотношения между параметрами.

В ряде практических случаев в качестве диагностических моделей можно использовать характеристики объекта машины, как статические, так и динамические.

Различные виды диагностических моделей применяют самостоятельно и в различных сочетаниях в зависимости от специфики конкретного агрегата машины.

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

Для дизельного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) функционально-структурная схема (модель) может быть представлена, например, в виде графа-дерева, показанного на рис. 3.6.

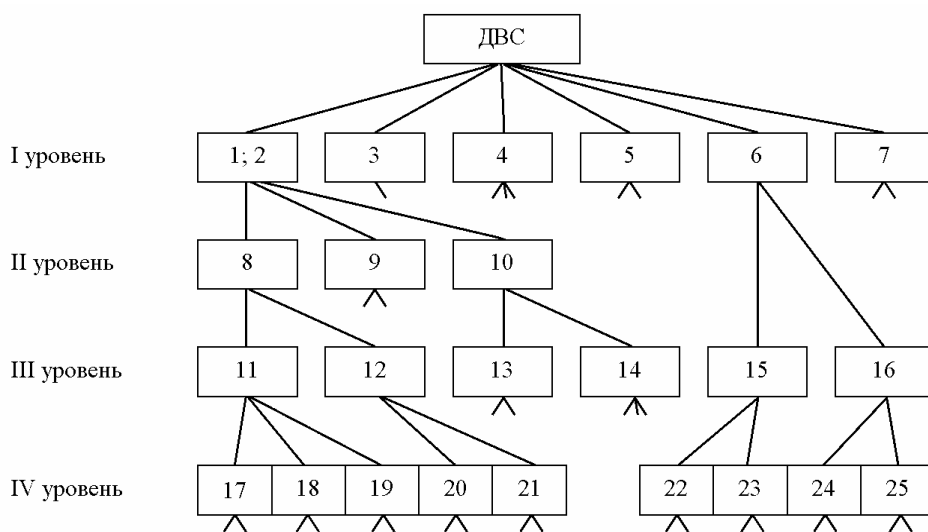


Рис. 9.12. Функционально-структурная схема дизельного ДВС:

I уровень (энергопреобразование): 1 – эффективная мощность; 2 – удельный расход топлива; 3 – система смазки; 4 – система охлаждения; 5 – система пуска; 6 – кривошипно-шатунный механизм; 7 – газораспределительный механизм; II – уровень (обеспечение рабочего процесса в двигателе): 8 – топливоподача; 9 – воздухоподача; 10 – герметичность камеры сгорания; III – уровень (приборы и узлы): 11 – топливный насос высокого давления (ТНВД); 12 – форсунка; 13 – клапанная группа; 14 – цилиндропоршневая группа (ЦПГ); 15 – кривошипно-шатунная группа (КШГ); 16 – шатунно-поршневая группа (ШППГ); IV уровень (единичные сопряжения и процессы): 17 – герметичность плунжерной пары; 18 – герметичность нагнетательного клапана; 19 – угол опережения впрыска; 20 – герметичность форсунки; 21 – давление впрыска; 22 – зазор в коренном подшипнике; 23 – то же, в шатунном подшипнике; 24 – зазор в сопряжении «палец-поршень»; 25 – то же, «палец-шатун»

С корневой вершиной сопоставлен ДВС, а с вершинами I уровня (ран-

га) – энергопреобразование: эффективная мощность двигателя (1); удельный расход топлива (2); системы ДВС (3, 4, 5) и его механизмы (6 и 7).

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

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

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

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

Под функциональной моделью диагностируемой системы будем понимать модель, состоящую из функционально связанных между собой элементов до уровня которых может осуществляться поиск неисправности. То есть, если система состоит из N элементов, то в каждый момент времени она может находиться либо в исправном, либо в одном из N неисправных состояний по количеству функциональных элементов. Отказ двух и более элементов одновременно считается событием маловероятным.

Функциональная модель может совпадать с функциональной схемой диагностируемой системы, если диагностика будет осуществляться до уровня элементов функциональной схемы. Рассмотрим функциональную модель диагностируемой системы, изображенную на рис. 3.7.

Система состоит из семи функциональных элементов и может находиться либо в исправном состоянии, либо в одном из семи неисправных состояний. На вход модели подается сигнал X , а с выходов снимаются контролируемые сигналы Z_i . Определение различных технических состояний диагностируемой системы, а так же учет влияния отказов каждого функционального элемента на все остальные осуществляется с помощью таблицы

неисправностей (матрицы неисправностей).

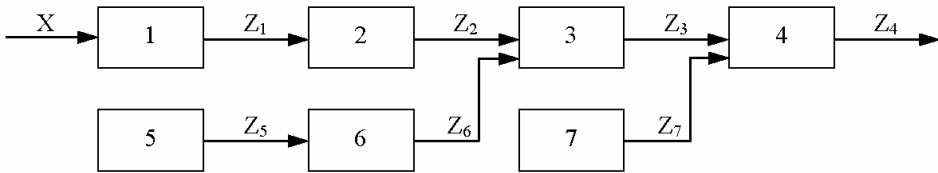


Рис. 3.7. Модель диагностируемой системы

Для диагностируемой системы, функциональная модель которой изображена на рис. 3.7, таблица неисправностей имеет вид табл. 3.1.

Таблица 3.1

Таблица неисправностей

S_i/Z_j	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Z1	1	0	1	1	1	1	1	1
Z2	1	0	0	1	1	1	1	1
Z3	1	0	0	0	1	0	0	1
Z4	1	0	0	0	0	0	0	0
Z5	1	1	1	1	1	0	1	1
Z6	1	1	1	1	1	0	0	1
Z7	1	1	1	1	1	1	1	0

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

Простейшим подходом к построению логической модели объекта сложной структуры является эвристический, базирующийся на знании причинно-следственных связей между основными функциональными звеньями и их обобщенными диагностическими параметрами (признаками). На системном уровне декомпозиции структуры объекта строится его функционально-логическая модель.

Разработка блок-схем структурно-следственных связей осуществляется по следующей цепи: агрегат – элемент – структурный параметр – неисправность – признак – диагностический параметр. Этим определяются уровни поиска неисправностей:

- 1-й включает в себя основные агрегаты и узлы, из которых состоит диагностируемая система;

- 2-й содержит сопряжения и элементы узлов и агрегатов, имеющие в процессе эксплуатации наиболее ощутимые износы и отклонения структурных параметров;

- 3-й включает в себя структурные параметры сопряжений и элементов. Состав структурных параметров определяется на основе анализа взаимодействия элементов и сопряжений с учетом критериев эксплуатационной надежности;

- 4-й содержит перечень возможных неисправностей объекта;

- 5-й – перечень признаков, посредством которых проявляется каждая неисправность;

- 6-й – предварительный перечень всех возможных диагностических параметров, из которых выбираются только удовлетворяющие перечисленным требованиям.

Построение функционально-структурной модели. Потребность в представлении функционально-структурной модели объекта возникает при отсутствии статистических данных об изменении технического состояния объекта диагностирования по времени. При большом количестве составных частей объекта эксперименты по установлению степени их взаимного влияния трудоемки при непрерывном совершенствовании и изменении конструкции. В такой модели часть конструктивных элементов, непосредственно влияющих на рабочую функцию, обособлена. Такой подход способствует правильному выбору функционального и тестового диагностирования всего объекта (рис. 3.8).

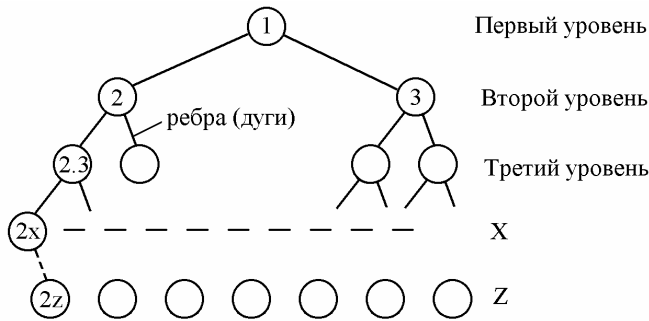


Рис. 3.8. Идеализированная структурная диагностическая модель

Элементы модели (2, 2.3, 2x, 2z) каждого уровня должны быть взаимно независимыми, зависеть от элементов нижнего уровня и влиять на элемент вышестоящего уровня. При этом вершинами дерева будут структурные составляющие объекта диагностирования, а ребрами – функциональные и структурные связи. Граф должен удовлетворять таким условиям: не содержать замкнутых циклов (петель) и несвязанных вершин, то есть иметь форму дерева. Один цикл структуры дерева (2, 2.3, 2x, 2z) должен быть рассчитан на поиск одной неисправности (отказа). После построения структуры дерева поиска дефектов, можно выделить приоритеты отдельных ветвей диагностирования.

Интегральный параметр может быть выбран, исходя из назначения системы или узла машины. При выборе элементов модели необходимо учи-

тывать возможность их контроля современными диагностическими средствами. На основе структуры диагностической модели (рис. 3.8) строится условный алгоритм поиска дефекта, направление поиска при этом определяется критерием скорости получения информации о состоянии n -го элемента. Для этого в случае электронных систем диагностирования может быть применена программа поиска дефектов, а для диагностирования органами чувств и мышления разрабатываются таблицы поиска неисправностей с представлением иллюстраций типа рис. 3.9 или других графов.

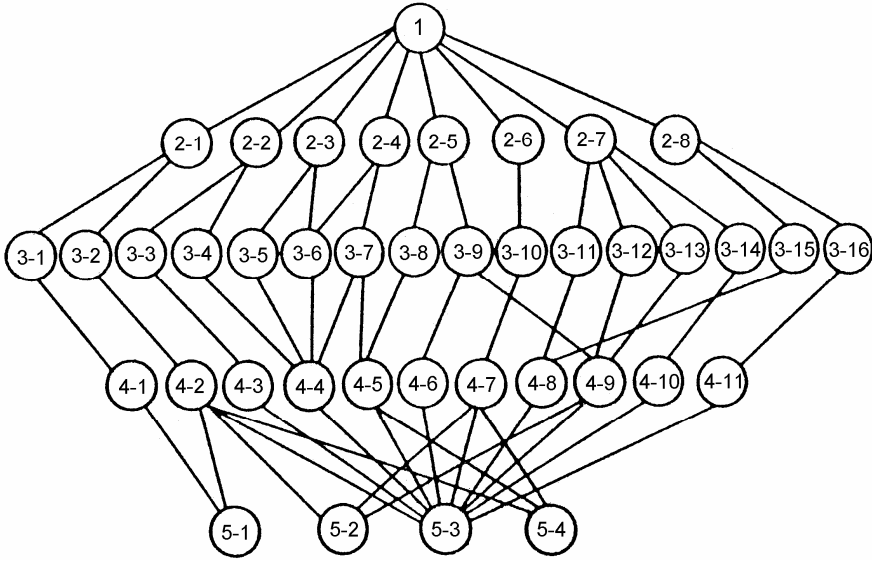


Рис. 3.9. Виброакустическая граф-модель асинхронного короткозамкнутого электродвигателя:

- 1 – электродвигатель; 2-1 – обмотка статора; 1-1 – активное железо статора;
- 2-3 – корпус статора; 2-4 – подшипниковые щиты; 2-5 – подшипники;
- 2-6 – обмотка ротора; 2-7 – ротор с валом и активным железом; 2-8 – вентилятор;
- 3-1 – параметры изоляции; 3-2 – пространственная симметрия обмотки;
- 3-3 – плотность опрессовки; 3-4 – размеры и форма расточки; 3-5 – качество сборки;
- 3-6 – размеры посадочных мест; 3-7 – качество посадки;
- 3-8 – размеры, форма и микрогеометрия тел и поверхностей качения, смазка;
- 3-9 – радиальный зазор; 3-10 – пространственная симметрия обмотки;
- 3-11 – уравнишенность; 3-12 – размеры и форма бочки ротора;
- 3-13 – форма оси вала; 3-14 – плотность опрессовки; 3-15 – уравнишенность;
- 3-16 – качество сборки; 4-1 – ухудшение изоляции; 4-2 – обрывы, замыкания;
- 4-3 – ослабление опрессовки; 4-4 – статический эксцентриситет;
- 4-5 – изменение формы колец; 4-6 – увеличение зазоров; 4-7 – обрывы, замыкания;
- 4-8 – неуравнишенность; 4-9 – динамический эксцентриситет;
- 4-10 – ослабление опрессовки; 4-11 – ослабление посадки на вал;
- 5-1 – сопротивление изоляции; 5-2 – ток статора; 5-3 – вибрация; 5-4 – температура

Граф – система объектов произвольной природы (вершин) и связей (ребер), соединяющих некоторые пары этих объектов. Граф считается за-

данным, если имеются множество вершин, множество ребер и трехместный предикат (индексатор), означающий высказывание: «ребро x_i соединяет вершину x_n с вершиной x_m ». Вершины делятся на два типа: преобразователи, из которых исходят две или более дуги и которые являются предикаторами, меняющими переход программы, поиск неисправности, ход вычислений.

Из граф-модели (рис. 3.9) можно определить источники неисправностей и отказов, что позволяет выбирать методы их диагностирования. Например, источники (5-3) можно диагностировать вибрационными методами, а другие параметры 5-1, 5-2 и 5-4 – дополнительно по измерению электрических параметров и температуры.

Представление объекта с помощью граф-моделей является частью теории распознавания образов в задачах определения надежности и технического диагностирования сложных технических систем, в которых совмещаются алгебраические методы распознавания и топологические свойства объекта.

3.5. Построение граф-моделей в пространстве свойств и параметров

В теории распознавания образов совмещаются алгебраические методы распознавания и топологические представления объекта граф-моделями. Описание сложных объектов граф-моделями находит широкое распространение в различных областях знаний, при построении процедур диагностирования с учетом топологических свойств объекта.

Топология – раздел математики (геометрии), изучающий топологическое пространство и составляющий основу современного теоретико-множественного метода. Множество, на котором задана топологическая структура, называется топологическим пространством.

Задачи технического диагностирования сложных объектов граф-моделями широко распространены в различных областях знаний при построении процедур диагностирования с учетом топологических свойств объекта.

В транспортных задачах широко распространены графы взвешенные, в которых каждой дуге x соответствует некоторое число, называемое ее весом. К таким задачам относятся задачи о кратчайшем пути, о максимальном потоке и др.

Метод граф-моделей основан на использовании теорий отношений и теории графов. Применение этого метода позволяет значительно сократить объем вычислений при достаточной точности решения.

Задачу технической диагностики, связанную с построением программы поиска неисправностей и контроля работоспособности, можно отнести к задачам математического программирования. Одним из вариантов решения задач математического программирования является метод «ветвей и границ». Преимущество данного метода заключается в том, что для него не требуется точных количественных соотношений между параметрами. Топо-

логическая модель позволяет описать работу сложного объекта в целом и дает возможность легкого построения модели в случае конструктивных изменений в объекте.

На рис. 3.10 показана процедура построения граф-модели в пространстве свойств функционирования тормозной системы грузового автомобиля с пневматическим приводом.

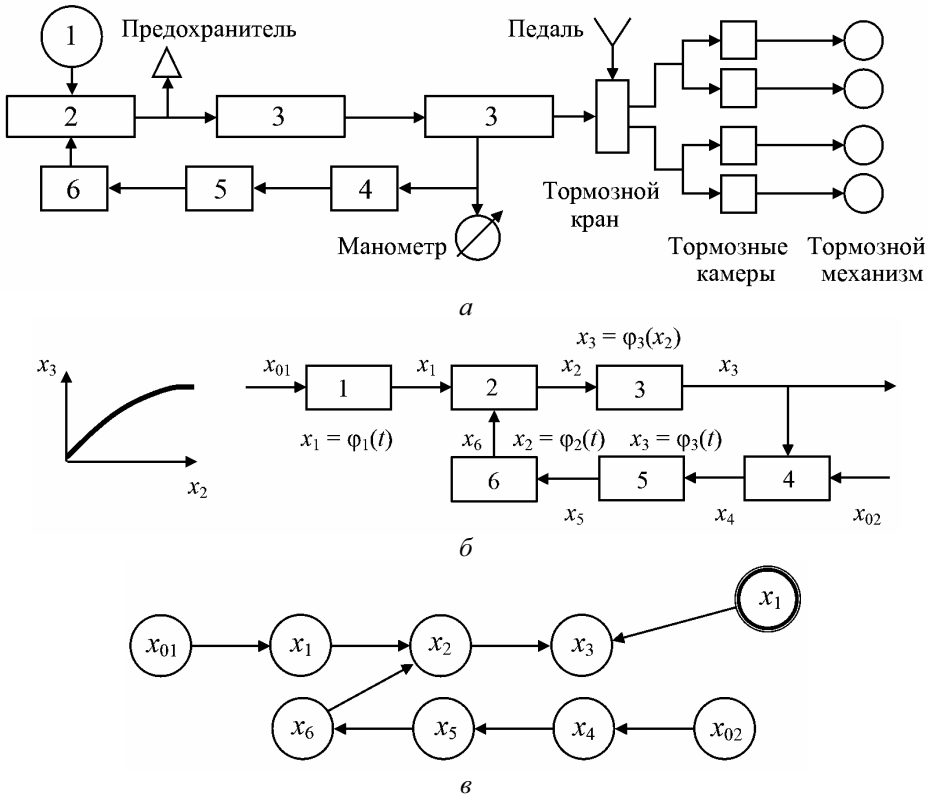


Рис. 3.10. Построение граф-модели в пространстве свойств:

$a, б$ – функциональные схемы объекта; $в$ – граф-модель объекта в пространстве свойств; 1 – привод компрессора; 2 – компрессор; 3 – баллоны ресивера; 4 – регулятор; 5 – камера диафрагмы; 6 – разгрузочные клапаны; x_{01} – вращательное движение коленчатого вала двигателя; x_{02} – установка необходимого давления в пневмосистеме; x_1 – передача вращения на компрессор; x_2 – производство сжатого воздуха; x_3 – аккумуляция давления в ресивере; x_4 – воздействие регулятора; x_5 – перемещение диафрагмы; x_6 – воздействие клапанов разгрузки на компрессор; x_7 – негерметичность пневмосистемы

Первоначально при синтезе модели производится выбор множества наиболее существенных свойств функционирования объекта. На функциональной схеме объекта цифрами обозначаются основные функциональные элементы, а символами $x_{01}, x_{02}, x_i, \dots, x_{06}$ связи между ними (рис. 3.10, $a, б$). Основные функциональные свойства объекта представлены на модели ве-

личинами x_i ; (в виде вершин графа (рис. 3.10, в)).

На втором этапе осуществляется выделение причинно-следственных связей между свойствами объекта. Если соединить ребрами вершины с учетом причинно-следственных связей, получим граф-модель функционирования объекта в пространстве свойств.

На третьем этапе синтеза модели выполняются уточнение граф-модели и более детальный анализ свойств с учетом возможных неисправностей (например, наличие негерметичности системы x_7). При этом любое свойство x_i первоначальной модели заменяется характеризующими его параметрами (рис. 3.11, б).

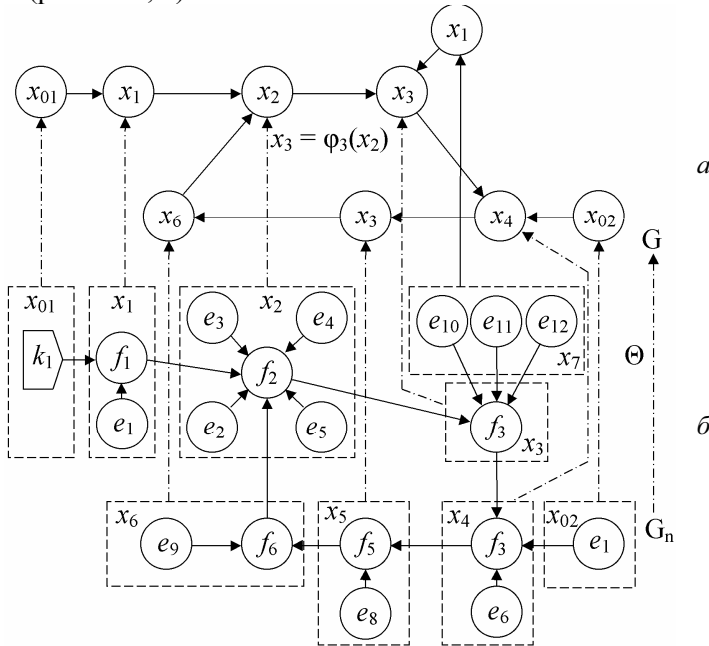


Рис. 3.11. Построение граф-модели в пространстве параметров:

a – в пространстве свойств; *б* – в пространстве параметров; x_{01} – вращательное движение коленчатого вала; x_{02} – установка необходимого давления в пневмосистеме; x_1 – передача вращения на компрессор; x_2 – производство сжатого воздуха; x_3 – аккумуляция давления в ресивере; x_4 – воздействие регулятора на компрессор; x_5 – перемещение диафрагмы; x_6 – воздействие клапанов разгрузки на компрессор; x_7 – негерметичность пневмосистемы; f_1 – частота вращения вала компрессора; f_2 – полезная производительность компрессора в единицу времени; f_3 – давление воздуха в системе; f_4 – степень срабатывания регулятора; f_5 – перемещение диафрагмы; f_6 – степень открывания клапанов разгрузки; e_1 – натяжение приводного ремня; e_2 – герметичность сопряжения клапан-седло разгрузочных клапанов компрессора; e_3 – герметичность задней стенки картера компрессора; e_4 – суммарный зазор поршень-цилиндр; e_5 – состояние нагнетательных клапанов; e_6 – техническое состояние регулятора давления; e_7 – номинал срабатывания регулятора (уставки); e_8 – состояние диафрагмы; e_9 – регулировка, состояние привода разгрузочных клапанов; e_{10} – регулировка, состояние вентиля; e_{11} – герметичность сопряжения клапан-седло вентиля; e_{12} – герметичность соединительных трубопроводов; k_1 – частота вращения коленчатого вала двигателя

При решении задач диагностирования необходимо переходить к модели пространства параметров, что составляет четвертый этап синтеза граф-модели.

В пневматических тормозных системах насчитывается около 30 основных параметров, которые необходимо учитывать при диагностировании системы. Любая неисправность оказывает влияние на эффективность работы тормозов.

Например, давление в баллоне ресивера x_3 (f_3) зависит от состояния вентиля (e_{10}), герметичности сопряжения клапан-седло вентиля (e_{11}), герметичности соединительных трубопроводов (e_{12}) и от производительности (исправности) компрессора в единицу времени (f_2), которая, в свою очередь, зависит от герметичности сопряжения клапан-седло разгрузочных клапанов компрессора (e_2), герметичности задней стенки картера компрессора (e_3), суммарного зазора поршень-цилиндр (e_4), состояния нагнетательных клапанов (e_5), частоты вращения вала компрессора (f_1) и натяжения приводного ремня (e_1).

3.6. Выбор и описание диагностических моделей

3.6.1. Выбор диагностических моделей

Основные объекты диагностирования автомобиля приведены в упрощенном виде на рис. 1.7.

Первоочередными объектами диагностирования являются [10, 11]:

- структурные параметры агрегатов, узлов и недолговечных элементов, ограничивающих ресурс или высокие качества функционирования механизмов;

- обеспечение технической безопасности машины, труда операторов (водителей) и экологической надежности машины.

Для разработки диагностической модели собирают и анализируют отказы всех деталей, сопряжений и механизмов объекта диагностирования, изучают технические характеристики компонентов и действующих процессов, выделяют структурные параметры, обуславливающие каждый отказ элементов, аналогов и опытных образцов при ресурсных испытаниях. Далее определяют вероятность отказа и издержки, связанные с его устранением и предупреждением. На основе этого обосновывают структурные параметры и последовательность разработки признаков, методов и средств их косвенного диагностирования или прямого инструментального измерения.

Описание модели может быть представлено в аналитической форме дифференциальными уравнениями, логическими соотношениями, в табличной, векторной, графической, структурно-последовательной и другой форме представления основных свойств объекта. Это позволяет отвлечься от его физической природы, формализовать решение диагностической задачи и разработать алгоритм диагностирования в виде совокупности последовательных операций. Для осуществления диагностических процедур и создания средств их реализации широко используется теория тестов, распознава-

ния образов, теория вопросников и др.

Диагностическая модель может быть задана в явном или неявном виде. Явная модель – это совокупность формальных описаний работоспособного объекта, всех его неисправностей и неработоспособных состояний. Неявная модель – это формальное описание объекта, математические модели его физических неисправностей и правила получения по этим данным описания других состояний.

Наконец, модели объектов диагностирования могут быть детерминированными и вероятностными. К вероятностному моделированию прибегают чаще всего при невозможности или неумении описать детерминированное поведение объекта.

Для построения наилучшей модели необходимо иметь глубокие и всесторонние знания не только по проблеме диагностирования, но и по смежным наукам, хорошо знать практические аспекты исследуемой задачи. От того, насколько удачно выбрана модель, зависит результат – достоверность диагностирования с помощью модели.

Теоретический анализ (мысленный эксперимент) многих возможных состояний автомобиля в целом или его отдельных частей производят сравнением исправных и неисправных состояний, в которых может быть объект, и экспериментально в период эксплуатации автомобиля. Однако, проведение такого эксперимента в эксплуатации осложняется из-за большого количества возможных состояний объекта диагностирования. Такие методы основываются на исследовании диагностических моделей.

Спектр форм диагностической модели широк – от образов неисправностей и их признаков в сознании отдельного специалиста-практика по обслуживанию и ремонту объекта диагностирования до математических конструкций, реализованных в формальных диагностических программах.

Любая диагностическая модель, формализующая процесс поиска неисправности, нужна для двух применений: для построения алгоритмов диагностирования и для построения эталонной модели объекта диагностирования. При автоматизации процессов диагностирования алгоритм поиска неисправности служит основой для синтеза технических средств диагностирования, а эталонная модель является носителем исправного технического состояния в этих средствах.

Модели объектов бывают функциональные и структурные. Первые отображают только выполняемые объектом (исправным или неисправным) функции, определенные относительно рабочих входов и рабочих выходов объекта, а другие, кроме того, содержат информацию о внутренней организации объекта, его структуре. Функциональные модели позволяют решать задачу проверки работоспособности и правильности функционирования объекта. Для проверки исправности (в общем случае) и поиска неисправностей с глубиной большей, чем объект в целом, нужны структурные модели.

3.6.2. Построение математической модели

С целью сокращения объема работ по диагностированию объекта, ус-

тановления взаимосвязи между параметрами, вскрытия физической сущности происходящих процессов, идентификации измеряемых величин и параметров технического состояния, применяют методы физического и математического моделирования. При физическом моделировании модель и исследуемый объект, а также происходящие в нем процессы имеют одну и ту же физическую природу. Примером такого моделирования является исследование процессов коррозии и изнашивания на образцах-свидетелях. Математическое моделирование осуществляют с помощью математических моделей формализованного представления об объекте и происходящих с ним процессов. При разработке таких моделей широко применяют системный анализ процессов функционирования и изменения объекта во времени.

Математическая модель является конечным продуктом процесса абстракции, формализации изучаемого явления. На рис. 3.12 представлена схема построения математической модели. Первой стадией разработки математической модели является построение структурной модели объекта диагностирования. Задачей математического обеспечения является формализация структурной модели. Следующая стадия – математизация структурной диагностической модели, установление необходимой совокупности параметров и функциональных характеристик, установление определенных связей между ними.

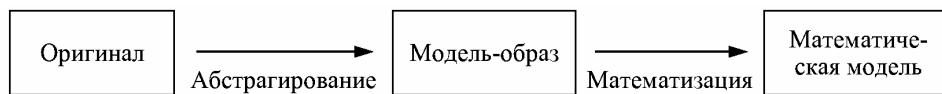


Рис. 3.12. Схема построения математической модели

Математическая модель может быть задана в явном или неявном виде. **Явная модель** объекта диагностирования представляет собой совокупность формальных описаний его исправного состояния и всех возможных неисправных состояний. **Неявная модель** объекта диагностирования содержит, как правило, одно формальное описание объекта и чаще всего исправное его состояние, по которому можно в дальнейшем построить любые модели неисправных модификаций.

Аналитические методы позволяют в ходе анализа применить удобные способы оптимизации и получить соотношения, характеризующие машину при изменении ее состояния. К аналитическим методам анализа диагностических моделей относят методы малого параметра, теории чувствительности, планирования и вычислительного эксперимента, распознавания образов и математической логики.

Аналитические модели более полно описывают процессы диагностирования, позволяют получать соотношения между состояниями объекта, диагностическими параметрами и показателями качества в аналитическом виде (уравнения различного вида, формулы для преобразований сигналов, функции чувствительности и др.). С помощью аппарата математической логики можно анализировать специальные диагностические модели, характеризующиеся различным числом состояний. Однако при большом количестве

структурных элементов и внешних эксплуатационных факторов, которые действуют на систему, получаются громоздкие модели, что затрудняет их применение для получения выходных параметров (рис. 3.13).

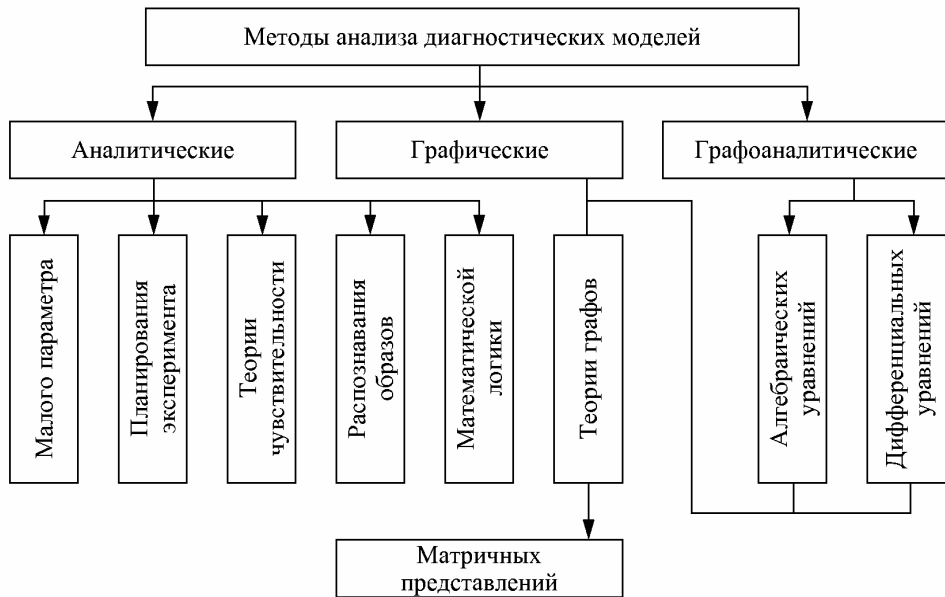


Рис. 3.13. Классификация основных методов, используемых при исследовании диагностических моделей

В этом случае для решения задач различимости неисправностей объектов механического или пневмогидравлического типа предлагается использовать топологическую или графическую модель. Топологическая модель задается в пространстве параметров совместным представлением совокупности физических свойств объекта и его топологии в виде графа или матрицы с указанием причинно-следственных связей между физическими свойствами.

Математическую модель объекта диагностирования можно представить в аналитической, графической, векторной или табличной формах. Обозначим символом X n -мерный вектор, компонентами которого являются значения n входных переменных x_1, x_2, \dots, x_n (рис. 3.14). Аналогично Y является m -мерным вектором значений m внутренних переменных y_1, y_2, \dots, y_m , а Z — k -мерным вектором значений k выходных функций z_1, z_2, \dots, z_n . Выходная функция $Z = \psi(X, Y_{нач}, t)$ является **математической моделью исправного объекта**. При этом $Y_{нач}$ выражает начальное значение внутренних переменных параметров объекта, а t — фактор времени. В процессе работы объекта происходит изменение внутренних переменных y_1, y_2, \dots, y_m и возможно появление одиночных или кратных отказов. Под одиночной неисправностью понимают элементарный отказ, не являющийся совокупностью более мел-

ких незначительных неисправностей. Кратная неисправность является совокупностью одновременного появления двух и более одиночных неисправностей.

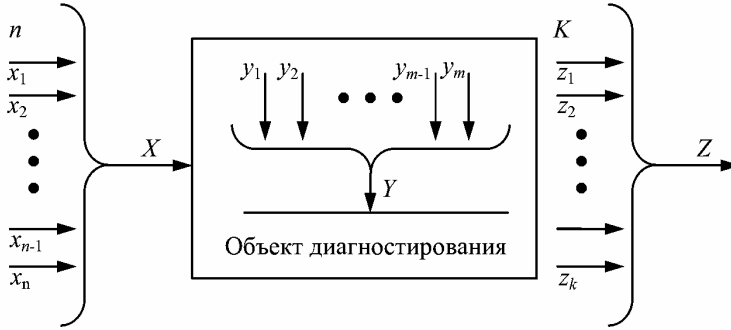


Рис. 3.14. Математическая модель объекта диагностирования

Объект диагностирования, находящийся в i -неисправном состоянии, реализуется системой передаточных функций $Z^i = \psi^i(X, Y_{нач}, t)$ и является математической моделью i -неисправного объекта. Но для решения задач построения и реализации алгоритмов диагностирования необходимо иметь понятие об элементарных проверках объекта. Обозначим символом Π множество элементарных проверок π_j , где $j = 1, 2, 3, \dots$. Каждая элементарная проверка характеризуется значением воздействия, подаваемого на объект при реализации элементарной проверки и ответом объекта на это воздействие. Значение a_j воздействия в элементарной проверке $\pi_j \in \Pi$ определяется составом входных переменных x_1, x_2, \dots, x_n и последовательностью времени t их значений X_j^t , а также начальным значением $Y_{нач}^t$ внутренних переменных. В элементарной проверке π_j ответ объекта характеризуется составом $\{Y\}$ контрольных точек и значений R_j^i , зависящим от технического состояния объекта. Таким образом, результат R_j^i элементарной проверки представляется в общем случае последовательностью $\{Y\}_j$ -мерных векторов и является функцией значения a_j воздействия

$$R_j^i = \psi^i(a_j, \{Y\}_j).$$

Более короткая запись: $R_j = \psi(\pi_j)$ – для исправного объекта и $R_j^i = \psi^i(\pi_j)$ – для неисправного объекта.

Математическую модель диагностируемого объекта можно представить в табличной форме, используя результаты элементарных проверок. Отказ хотя бы одного из элементов системы может привести ее в неработоспособное состояние, что можно определить как с помощью таблицы функций неисправностей, так и аналитическим способом. Но для построения оптимальных алгоритмов диагностирования объекта необходимо учитывать параметры надежности объекта, такие как: вероятность отказа, частота отказов, исходя из соответствующего закона распределения, и другие параметры.

Определим эти величины для произвольных законов надежности элементов объекта, для чего рассмотрим небольшой отрезок времени, ограниченный точками t и $t + \Delta t$. Введем случайную величину T – время возникновения отказа в объекте. Вероятность попадания отказа в промежуток времени $[t, t + \Delta t]$ обозначим $P(t \leq T \leq t + \Delta t)$.

Для любой случайной величины с плотностью распределения $f(t) = F'(t)$, где $F'(t)$ – закон ее распределения, вероятность попадания в малый отрезок Δt равна

$$f(t)\Delta t = F'(t)\Delta t.$$

Для экспоненциального закона распределения отказов $P_i(f) = \Gamma^{\lambda_i t}$ вероятность отказа каждого элемента при условии отказа системы есть величина постоянная для данной системы и выражается формулой

$$P_i = \lambda_i t \sum_{i=1}^N \lambda_i.$$

Эта формула позволяет утверждать, что оптимальный алгоритм проверок элементов системы, построенный с учетом вероятностей P_i , будет оптимальным во время всего периода эксплуатации системы.

Используя математическую модель объекта контроля, можно создать наиболее рациональные методы диагностирования конкретной системы в целом или отдельных ее функциональных узлов и блоков. Основными достоинствами аналитических диагностических моделей являются их глубина и полнота описаний, но они сложны в расчетах и не обладают инженерной наглядностью. Чтобы избежать этих недостатков, при разработке диагностических моделей используют графоаналитические модели.

3.7. Графоаналитические модели

Графоаналитические модели – это своеобразные диаграммы, отображающие процессы в объектах и позволяющие вскрывать важные для диагностических задач связи и влияния (описания объектов на базе теории множеств и теории графов).

Графоаналитические методы представляют собой разнообразные комбинации графических и аналитических методов анализа.

При выполнении анализа непрерывных моделей, представленных линейными алгебраическими и дифференциальными уравнениями, а также при использовании теории графов широко применяют матричный аппарат. Это позволяет представить решение и исследовать системы уравнений в удобной и лаконичной форме, а кроме того, облегчает процедуру построения алгоритмов для реализации процессов на ЭВМ.

Графические методы обладают большой наглядностью и могут служить как для непосредственного анализа, так и для иллюстрации аналитических методов. Они весьма полезны при исследовании быстро протекаю-

щих процессов или характеристик. Среди графических методов особое место занимают методы, основанные на теории графов, ориентированных и неориентированных. При исследовании структурных свойств графов часто оказывается удобным использование матричных представлений.

Ориентированные графы дают одно из наиболее наглядных представлений объектов диагностирования. При этом, если объект диагностирования можно описать системой линейных алгебраических уравнений, то его можно представить функцией-диаграммой прохождения сигналов на основе функциональных зависимостей между отдельными блоками. В основе любой функциональной схемы заложена логическая модель, с помощью которой ведется построение графов. Любая функциональная или принципиальная схема автомобиля может быть представлена в виде логической модели. Логическая модель строится на основе принципиальной электрической схемы. Между функциональными блоками строятся логические связи в виде ориентированных графов со стрелками [10, 11]. Ориентированный граф обозначим символом $G(X, V)$, где $X(x_1, \dots, x_n)$ и $V(v_1, \dots, v_n)$ – соответственно множества вершин и дуг. С понятием «ориентированный граф» связан термин «отображение». Отображение показывает, как вершина отображается в других вершинах. Граф (рис. 3.15) имеет отображение следующего вида:

$$\text{Гр } x_1 = \{x_2, x_3\}, \text{Гр } x_2 = \{x_4, x_5\}, \text{Гр } x_3 = \{x_5\}, \text{Гр } x_4 = \{x_5\}, \text{Гр } x_5 = \emptyset$$

Последнее равенство указывает на отсутствие отображения. Отображение ориентированного графа $G(x_i, \text{Гр})$ позволяет наглядно проследить взаимное влияние предыдущих выходов на последующие и определить взаимное влияние параметров.

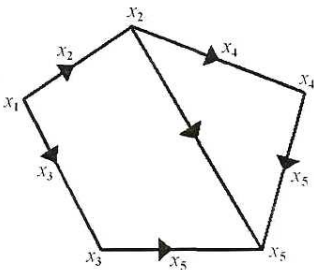


Рис. 3.15. Ориентированный граф

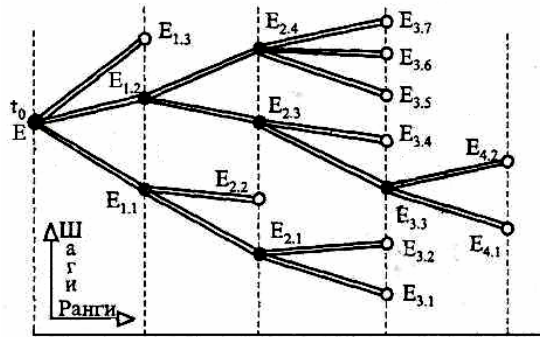


Рис. 3.16. Дерево диагноза

При рассмотрении некоторых задач диагностического анализа используется особый вид графа, который называется **деревом диагноза** (рис. 3.16). Особенность этого графа состоит в том, что в нем нет контуров и в вершину не заходит ни одна дуга. Дерево имеет вершины двух типов: вершины, из которых исходит хотя бы одна дуга, и вершины, из которых не исходит ни одной дуги. Вершина, в которую не заходит ни одна дуга, называется **на-**

чальной, или **корнем дерева** ($t_0 \in E$). Вершины, из которых не исходит ни одной дуги, называются **конечными**, или **висячими**. Остальные вершины дерева называются **внутренними**. **Рангом вершины** дерева называется число дуг пути, начинающегося в начальной вершине t_0 и заканчивающегося в рассматриваемой вершине.

Рассмотрим, каким образом дерево представляет алгоритм диагностирования. В начальной вершине представлены элементарная проверка t_0 и множество E всех возможных технических состояний объекта диагностирования. Элементарная проверка t_0 имеет три возможных результата $a(t_0)=3$ и тем самым разбивает множество E на три подмножества $E_{1.1}$, $E_{1.2}$, $E_{1.3}$, не различаемых этой проверкой технических состояний. Первые два из этих подмножеств относятся к внутренним вершинам ($E_{1.1}$ и $E_{1.2}$) и поэтому подлежат дальнейшему разбиению элементарными проверками, соответственно $t_{1.1}$, $t_{1.2}$. Третье подмножество $E_{1.3}$ представляет собой висячую вершину и поэтому разбиение его на подмножества алгоритмом диагностирования не предусмотрено. Далее элементарная проверка $t_{1.2}$ разбивает подмножество $E_{1.2}$ на два подмножества $E_{2.4}$ и $E_{2.3}$, которые, в свою очередь, разбиваются на три и четыре подмножества с висячими и внутренними вершинами. Аналогично рассматриваются и другие множества и вершины дерева.

Таким образом, дерево имеет четыре ранга, а в каждом ранге от двух до семи шагов. В каждом ранге все множества считаются равнозначными при выполнении элементарных проверок по единому принципу, а алгоритм диагностирования, представленный таким деревом, называется **безусловным алгоритмом**. Если же в дереве найдется хотя бы один ранг с несколькими внутренними вершинами, которые представлены разными методами их элементарной проверки, то алгоритм диагностирования, представляемый этим деревом, называется **условным алгоритмом**. Другими словами, в условных алгоритмах диагностирования выбор или назначение некоторых или всех элементарных проверок проводится с учетом результатов предыдущей, уже реализованной элементарной проверки. Достоинством безусловных алгоритмов является их простота представления в средствах диагностирования, так как необходимо хранить лишь состав элементарных проверок множеств и единственную последовательность их реализации. Для условных же алгоритмов необходимо хранить, кроме состава элементарных проверок множеств состояний, не одну, а несколько последовательностей реализации элементарных проверок.

3.8. Требования к построению алгоритмов диагностирования

Алгоритм – это совокупность предписаний, однозначно определяющих содержание и последовательность решения поставленной задачи. Во главе алгоритма целесообразно поставить четко сформулированный признак, а при проектировании – четко удовлетворяющий некоторым требованиям.

В конструкторской документации назначают лишь те алгоритмы, которые могут гарантировать достижение заданных характеристик объектов машины, в технологической описываются те, которые обеспечивают заданные проектные параметры. В ремонтной и эксплуатационной документации подробно приводят все алгоритмы, обеспечивающие сохранение проектного технического состояния.

Алгоритм – это определенное на некотором языке конечное предписание, задающее дискретную последовательность исполняемых элементарных операций для решения проблемы, Процесс выполнения предписания состоит из отдельных шагов, на каждом из которых выполняется одна очередная операция. Алгоритмы в интуитивном смысле не являются математическими объектами, к ним не применимы формальные методы исследований и доказательств.

Алгоритм технического диагностирования устанавливает состав и порядок проведения элементарных проверок объекта диагностирования и правила анализа их результатов.

Алгоритмы процесса диагностирования строят на основе алгоритмов диагностирования, получаемых при разработке диагностического обеспечения с учетом требований, сформулированных при решении задач организации систем диагностирования.

При построении этих алгоритмов руководствуются базовыми алгоритмами решения основных задач диагностирования. Базовые алгоритмы представляют собой обобщенную последовательность действий, характерную для решения конкретной задачи диагностирования. Базовые алгоритмы строят на основе анализа возможных вариантов решения основных задач диагностирования и описывают на алгоритмических языках в виде логических, матричных и графических схем.

При значительном разнообразии способов формирования алгоритмов диагностирования можно выделить два основных направления их разработки:

- алгоритмы контроля технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса, в том числе прогнозирования развития событий;
- алгоритмы поиска неисправностей и их причин. Возможны также и комбинации обоих направлений.

Для построения алгоритма диагностирования технического состояния некоторого объекта необходимо иметь описание объекта, принципы его функционирования и поведения в исправном и неисправном состояниях (математическая модель).

Для правильной организации диагностирования такие основные исходные данные, как состав обнаруживаемых дефектов и глубина их поиска, должны быть заданы в виде конкретных перечней неисправностей.

Одна из главных задач, решаемых на основе диагностирования – предсказание состояния машины в некоторый будущий момент времени (прогнозирование). Важнейшие аспекты прогнозирования – определение срока службы машины или периодичности профилактических проверок и ремонтов. Решение задач прогнозирования весьма важно, в частности, для органи-

зации технического обслуживания машины по состоянию (вместо обслуживания по пробегу).

Построение алгоритмов функционального диагностирования состоит в определении условий работы средств, реализующих эти алгоритмы. Средства функционального диагностирования во многих случаях являются встроенными. Обычно стремятся к тому, чтобы при нормальном функционировании машины в условиях применения ее по назначению средства встроенного контроля на своих выходах выдавали известные постоянные значения сигналов и меняли эти значения при нарушении правильности функционирования машины.

Эффективность процессов диагностирования, оцениваемая, например, временем диагностирования или затратами аппаратуры на хранение и реализацию алгоритмов диагностирования, в некоторых случаях существенно зависит от качества последних.

Необходимость увеличения производительности труда на операциях диагностирования, сокращения времени обнаружения, поиска и устранения неисправностей, уменьшения и сложности средств диагностирования вызывает интерес к разработке методов построения оптимальных алгоритмов, требующих минимальных затрат на их реализацию. Построение оптимальных алгоритмов во многих случаях сопряжено с большим объемом вычислений и поэтому зачастую удовлетворяется оптимизированными алгоритмами диагностирования, затраты на реализацию которых хотя и уменьшены, но не обязательно минимальны.

Эффективность процессов диагностирования определяется не только качеством алгоритмов диагностирования, но и в не меньшей степени качеством средств диагностирования. Последние могут быть аппаратными или программными, внешними или встроенными, ручными, автоматизированными или автоматическими, специализированными или универсальными.

Средства функционального диагностирования являются, как правило, встроенными и поэтому разрабатываются и создаются одновременно с машиной.

Наличие объективных статистических данных о вероятности возникновения неисправности, а также о средних расходах на поиск и их устранение, расширяет возможности эффективной организации процессов диагностирования. Для сбора таких данных необходимо применять надежно работающие внешние и встроенные средства диагностирования, которые обеспечивают получение объективной и полной информации.

Для совершенствования методов диагностирования необходимо, основываясь на анализе причинно-следственных предпосылок отказов, разрабатывать логическую модель поиска и локализации неисправностей. Техническое программное обеспечение сложных причинно-следственных неисправностей и отказов без логического анализа диагностом отдельных операций диагностирования не позволяет решать такие задачи.

Исправный или неисправный объект может быть представлен как динамическая система, состояние которой в любой момент времени определяется значениями входных, внутренних и внешних параметров. При этом

наиболее достоверными будут те параметры, которые получают в динамическом состоянии объекта. В любом сложном объекте можно выделить достаточное количество элементов и узлов, которые можно представить как отдельные законченные блоки, взаимосвязанные и взаимозависимые между собой. Выход из строя одного блока влияет на работоспособность и техническое состояние другого блока.

Построению диагностической модели должны предшествовать различные исследования, в результате которых необходимо выяснить структуру объекта, выполняемые функции блоков и объекта в целом, режим работы, состав элементов и связи между ними, наличие обратных связей и возможность их разрыва на время диагностирования, признаки и параметры нормального функционирования, рабочие сигналы, диапазон измерения параметров при нормальном функционировании, характерные отказы элементов и их комбинации, наличие узлов регулирования.

Основой в решении этих вопросов является база знаний, которая включает описание с определенной мерой детализации каждого из известных технических состояний автомобиля; закономерности функционирования объекта диагностирования; способы и средства диагностирования и физические процессы, связанные с ними.

Решение этих задач должно сопровождаться минимальными расходами ресурсов на контрольно-измерительные операции, достаточным уровнем точности и, соответственно, достоверностью результатов. Каждой из трех задач отвечает определенный методологический аппарат. Учитывая, что для решения диагностических задач используются информационно-аналитические базы, можно создать общую схему решения.

Рациональная организация поиска дефекта, неисправности или отказа возможна при создании достаточно совершенных «мыслительных» алгоритмов поиска. Начальный этап алгоритмизации поиска заключается в разбиении объекта диагностирования на функциональные подсистемы, далее анализируется математическая модель и характер влияния неисправностей в подсистемах различного уровня на их работоспособность, то есть анализируется диагностическая модель.

Локализация неисправностей, то есть их поиск и устранение, - неотъемлемая часть технологического процесса диагностирования. Основные метрологические требования, которым должны удовлетворять методы и средства локализации неисправностей, не отличаются от требований к самому процессу диагностирования. Это – точность, достоверность, быстрдействие и эффективность.

Точность локализации характеризуется степенью возможности выявить неисправность того или иного элемента технической системы. Иногда этот термин называют глубиной контроля, диагностирования или локализации.

Достоверность локализации неисправности – это вероятность того, что место (источник) отказа определено правильно.

Нестабильность диагностического параметра снижает достоверность оценки технического состояния механизма при его использовании, что в не-

которых случаях вынуждает отказаться от быстродействующих и удобных методов диагностирования.

Быстродействие характеризует скорость поиска и устранения неисправности, которая определяется выбранным алгоритмом его поиска.

Эффективность – комплексная оценка метода локализации – определяет снижение трудоемкости при оптимизации алгоритма поиска и устранения неисправности.

3.9. Разработка алгоритмов поиска и локализации неисправностей

Для большинства деталей, особенно сложных систем машины, характерно протекание нескольких разрушительных процессов, приводящих к отказу детали. В этом случае все попытки определить неисправность или рассчитать остаточный ресурс детали, выделив только один из деградиционных процессов, не дают положительных результатов. Более реальным подходом к разработке методики диагностирования является построение алгоритма.

Частичные и полные диагностические модели неисправностей. Нам неизвестны научные работы, в которых бы формально описывалась полная диагностическая модель. Хотя в практике диагностирования использование полных неформальных диагностических моделей – это норма. Пример этому дают разнообразные инструкции по техническому обслуживанию и ремонту сложных технических систем. В них обязательно есть раздел «возможные неисправности и методы их устранения», в котором, как правило, приводится таблица с перечнем неисправностей, их диагностических показателей и методов устранения. В этой таблице сконцентрированы все пять видов диагностических знаний. Кроме того, в инструкциях обычно точно сказано, с чего следует начать осмотр. Если обнаруживаются те или иные особенности функционирования объекта диагностирования, то в инструкции сказано, какие дополнительные наблюдения или измерения необходимо сделать, какие профилактические мероприятия надо провести или, наконец, указывается действие, устраняющее неисправности. Для этого описываются алгоритмы диагностирования и ремонта.

Построение формальной диагностической модели – процесс неоднозначный. Несмотря на объективный характер модели, в деятельности исследователя очень много субъективного. Это, прежде всего, уровень детализации объекта диагностирования. Диапазон «степеней свободы» при построении динамической диагностической модели, в основном, ограничивается перечнем типовых динамических звеньев, а при построении логической модели – принципом функциональной близости, который заключается в том, что на любом уровне деления объекта диагностирования на части каждый диагностический элемент должен иметь только один выход.

Диапазон варьирования диагностической структуры всегда имеет два предельных случая. В первом случае, когда установлен уровень деления

объекта диагностирования на простейшие неделимые части, диагностические элементы модели должны отражать эти неделимые части (детали). Во втором противоположном случае, когда объект диагностирования физически или директивно вообще не делится на части, в качестве единственного диагностического элемента модели рассматривается сам объект. Внутри этого диапазона диагностические элементы всегда отражают делимые части объекта.

Для диагностирования нужно применять методы, которые основываются на исследовании графоаналитических представлений свойств объекта диагностирования и называются диагностическими моделями, их классификация приведена на рис. 3.17.

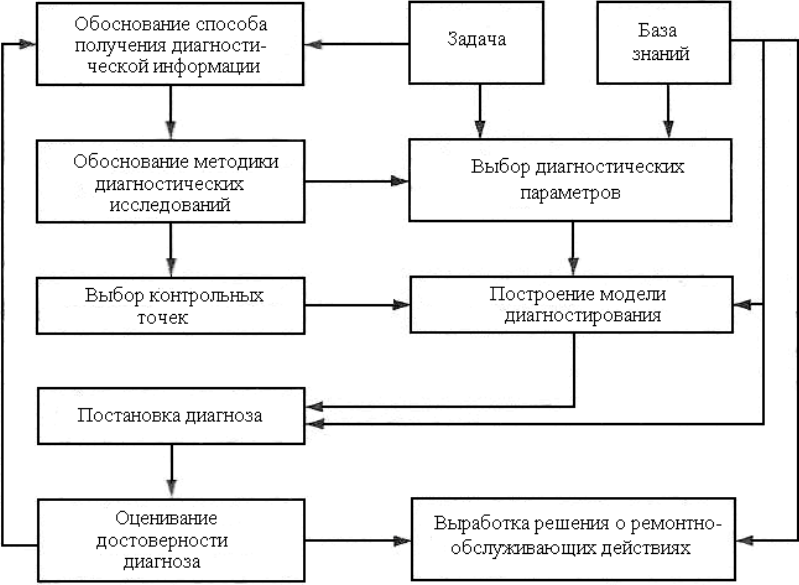


Рис. 3.17. Схема решения диагностических задач

Логические диагностические модели алгоритмов всегда позволяют найти такую условную или безусловную последовательность элементарных проверок, которая гарантирует фиксацию всех логически неисправных диагностических элементов. Кроме того, логическая диагностическая модель – это идеальный аппарат для построения систем функционального диагностирования распределенных объектов диагностирования. Здесь каждый диагностический элемент взаимно однозначно моделирует пространственно обособленную часть объекта диагностирования, и тем самым обеспечивается изоморфизм объекта диагностирования и его диагностической модели.

Сложные технические объекты как объекты моделирования обладают функциональным и структурным разнообразием, что требует системного подхода и определяет вид соответствующей диагностической модели. Отличительными признаками методологического подхода являются следую-

шие: формулировка цели, многоуровневая декомпозиция, установление связей между подсистемами, анализ и последующий синтез фрагментов, направленные на достижение поставленной цели.

Процесс поиска неисправности заключается в логической обработке некоторой объективно существующей информации, поступающей от работающих агрегатов в определенный отрезок времени. Эта информация поступает в виде системы внешних признаков, прямо или косвенно характеризующих состояние автомобиля.

Очень важно при поиске неисправности подобрать такие признаки, которые бы полностью характеризовали состояние агрегата (узла) автомобиля, подавались бы несложным измерениям и были бы наиболее дешевыми. Разрабатывая систему диагностики, следует выполнять необходимые вычислительные и экспериментальные работы и устанавливать функциональные зависимости параметров сигналов и состояний системы.

Процесс поиска неисправностей автомобиля разрабатывается на основе табличного представления, структурных схем, граф-моделей, деревьями. Они строятся по различным признакам, например, по функциональным, в пространстве свойств элементов или в пространстве параметров. Поэтому алгоритм поиска неисправностей также различен. Наилучшим считается алгоритм, позволяющий локализовать неисправность с меньшим числом проверок и с меньшей трудоемкостью.

На рис. 3.18 представлен простой алгоритм последовательности диагностирования дизель-генераторов, состоящих из дизеля, передачи и генератора. Процедура 1 состоит в подготовке к контролю дизель-генераторной установки, запуске дизеля и переводе его на нормальное возбуждение.

Процедура 2 предусматривает сравнение частоты вращения коленчатого вала дизеля с установленной нормой. В случае необходимости выполняется регулировка или замена регулятора (процедура 3).

Измерение мощности генератора и ее сравнение с нормативной величиной предусматривает процедура 4. В случае необходимости выполняются регулировочные работы по специальному алгоритму (процедура 5). Испытание и контроль внешней характеристики дизель-генераторной установки выполняются по алгоритму процедуры 6.

Измерение мощности на определенном участке внешней характеристики и контроль полярности подключения регулировочной обмотки и силы тока осуществляются по алгоритму процедур 7 и 8. Процедуры 9 и 10 включают анализ этих данных с учетом установленных норм и последующие работы, связанные с регулировкой тока в цепи обмотки, восстановлением це-

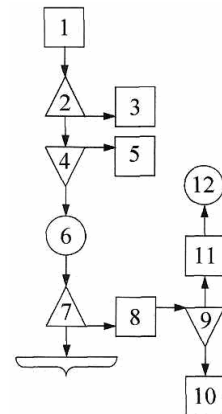


Рис. 3.18. Схема алгоритма диагностирования дизель-генераторной установки

пи и заменой индуктивного датчика.

В дальнейшем, в случае необходимости, выполняются работы по отключению обмотки (процедура 11), контролю и восстановлению нормативных параметров (процедура 12).

На рис. 3.19 приведена схема алгоритма автоматического управления микроклиматом в салоне автомобиля.

Элементарная проверка определяется рабочим или тестовым воздействием, поступающим или подаваемым на объект, а также составом признаков и параметров, образующих реакцию (ответ) объекта на соответствующее воздействие. Конкретные значения признаков и параметров, получаемые при диагностировании, являются результатами проверок или значениями реакций объекта. Проверки могут различаться между собой только составом воздействий, только составом реакций или воздействиями и реакциями.

Реакции объекта на воздействия определяются на выходах, называемых контрольными точками. Контрольная точка может быть частью объекта или находиться на некотором удалении от него. В контрольной точке размещают датчик, начало вывода к измерительному прибору и т. п.

Графическое представление. Множество видов состояния объекта $E = \{e_j\}$ по результатам проверок из множества $U = \{u_i\}$ разделяется на подмножества неразличимых выполненными проверками видов состояния. Например, возможны следующие результаты проверки: значение параметра в допуске, значение параметра меньше нижнего предельного значения, значение параметра больше верхнего предельного значения.

Проверка, имеющая более двух возможных результатов, сводится к нескольким проверкам с несовместимыми бинарными (альтернативными) результатами. Бинарная оценка проверки относительно просто реализуется

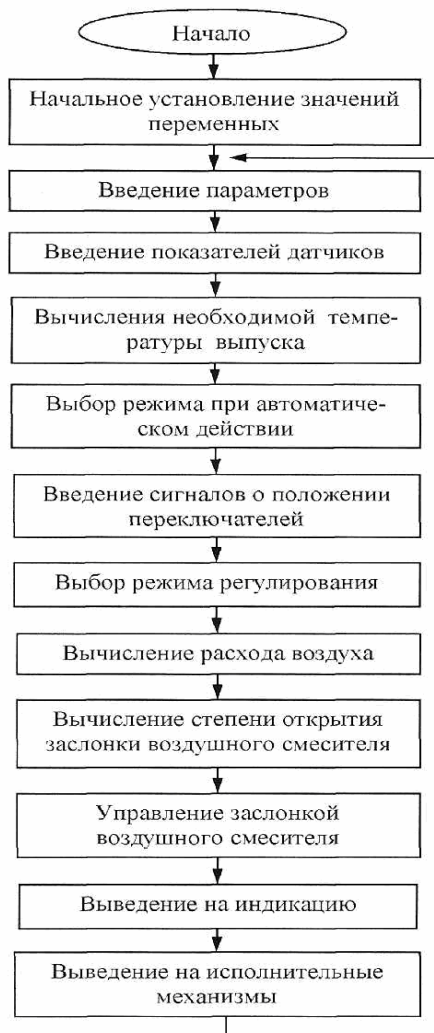


Рис. 3.19. Схема алгоритма управления

средствами диагностирования. Используя такую трактовку проверок и их результатов, любой алгоритм диагностирования можно представлять моделью в форме бинарного дерева

Пример представления алгоритмов диагностирования бинарными ранжированными деревьями показан на рис. 3.20.

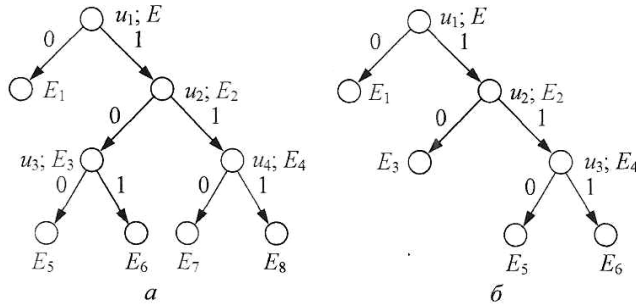


Рис. 3.20. Представление алгоритмов диагностирования деревьями

Основу бинарного дерева составляет связный ациклический неориентированный граф. Дугами образуются ориентированные пути из корня дерева ко всем внутренним и висячим вершинам. Ранг вершины равен числу дуг ориентированного пути, начинающегося в корне и завершающегося в рассматриваемой вершине.

Корню и внутренним вершинам сопоставляются проверки, а исходящим из вершины дугам – возможные результаты проверки. Недопустимый результат проверки обозначается символом u_i^0 или «0», а допустимый – символом u_i^1 или «1». Кроме того, корню сопоставляется множество возможных видов состояния объекта, а остальным вершинам – подмножества неразличимых выполненных проверками видов состояния.

Диагностирование начинается с проверки u_1 , по результатам которой множество видов состояния E разделяется на подмножества неразличимых этой проверкой видов состояния E_1, E_2 . Подмножество видов состояния E_1 сопоставлено висячей вершине и его дальнейшее разделение не предусматривается. Подмножество видов состояния E_2 сопоставлено внутренней вершине и подлежит дальнейшему разделению проверкой u_2 . Аналогично в любой другой внутренней вершине подмножество видов состояния разбивается очередной проверкой на два подмножества.

Диагностирование прекращается и определяется его результат (диагноз), как только в процессе реализации входящих в алгоритм проверок будет достигнута висячая вершина дерева. Фактический вид состояния объекта принадлежит подмножеству видов состояния, сопоставленному достигнутой висячей вершине.

Алгоритмы диагностирования подразделяются на условные, у которых очередные проверки выбираются в зависимости от результатов предыду-

щих, и безусловные, у которых порядок выполнения проверок определяется заранее. В дереве условного алгоритма найдется хотя бы один ранг с несколькими внутренними вершинами, которым сопоставлены разные проверки (см. рис. 3.20, а). Для каждого ранга дерева безусловного алгоритма выполняется условие, состоящее в том, что всем внутренним вершинам ранга сопоставляется одна и та же проверка (см. рис. 3.20, б).

Безусловным алгоритмом диагностирования может предусматриваться составление диагноза после выполнения всех проверок (алгоритм с безусловной остановкой) или анализ результатов диагностирования после выполнения каждой проверки (алгоритм с условной остановкой). В дереве алгоритма с безусловной остановкой все висячие вершины имеют одинаковый ранг. Дерево алгоритма с условной остановкой имеет не менее двух висячих вершин разных рангов. Условный алгоритм диагностирования является алгоритмом с условной остановкой.

Табличное представление алгоритма диагностирования. В автоматизированных средствах технического диагностирования при помощи специального логического устройства, функционирующего на базе микропроцессора, выполняется автоматическая постановка диагноза и выдаются рекомендации о возможности дальнейшей эксплуатации или необходимости ремонтно-регулирующих операций и замен неисправных элементов.

Локальный диагноз, когда производится поиск неисправности у сложного механизма и используется уже несколько диагностических параметров, существенно сложнее. Для решения задачи постановки диагноза в этом случае необходимо на основе данных о надежности объекта выявить связи между его наиболее вероятными неисправностями и используемыми диагностическими параметрами. Для этой цели в практике диагностирования автомобилей наиболее часто применяют диагностические матрицы.

Диагностические матрицы (таблицы) представляют собой логическую модель, описывающую связи между диагностическими параметрами и возможными неисправностями объекта (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Диагностическая матрица

Диагностические параметры	Неисправности		
	X ₁	X ₂	X ₃
П ₁	1	1	0
П ₂	1	0	1
П ₃	0	1	1

Рассмотрим принцип составления алгоритма выявления одной из возможных неисправностей сложной системы (узла, механизма и т. п.). Пусть известно, что механизм имеет три типичных неисправности X₁, X₂, X₃ и три порождаемых ими диагностических параметра П₁, П₂, П₃. Взаимосвязь между неисправностями и параметрами можно представить в виде таблицы состояний (теста поиска неисправности, табл. 3.2, в которой столбцы соответ-

ствуют всем возможным проверкам (параметрам), а строки – всем возможным состояниям. При этом каждая проверка имеет два исхода: 0 или 1, и предполагается, что все состояния, образующие группу событий, равновероятны. Единица в месте пересечения строки и столбца означает возможность существования неисправности, а ноль – отсутствие такой возможности. С помощью диагностической матрицы решается задача локализации одной из трех возможных неисправностей объекта с помощью четырех диагностических параметров. Физический смысл решения задачи заключается в определении соответствия полученной комбинации диагностических параметров, вышедших за норму, существованию одной из неисправностей.

Анализируя таблицу состояний, нетрудно заметить, что наличие у механизма первой неисправности сопровождается первым и вторым диагностическими параметрами, наличие второй – первым и третьим, наличие третьей – вторым и третьим. Из этого следует, что при возникновении диагностических параметров P_1 и P_2 механизм имеет неисправности X_1 при наличии параметров P_1 и P_3 – неисправность X_2 , а параметров P_2 и P_3 – неисправность X_3 . Подобные тесты поиска неисправностей составляют на основе изучения и логического анализа структурных связей между элементами системы, параметрами ее технического состояния и диагностическими параметрами. Реальные задачи контроля технического состояния и поиска неисправности значительно сложнее из-за большого числа диагностических параметров и неисправностей, а также из-за множественных связей между ними, что зачастую делает необходимым применение ЭЦВМ.

Примером конкретной реализации алгоритма диагностирования для топливной аппаратуры дизеля при высокой дымности отработавших газов служит схема, приведенная на рис. 3.21. Измерением дымности выпускных газов при поочередном отключении нагнетания топлива отдельными секциями топливного насоса высокого давления выявляется неисправная топливная аппаратура (секция насоса, форсунка), в которой сначала контролируется работа форсунки, а затем – секции насоса. Приведенный алгоритм может быть значительно усовершенствован, если для выявления диагноза, кроме дымности, использовать дополнительные диагностические параметры – температуру выпускных газов, максимальное давление сгорания и другие параметры.

Диагностические матрицы являются основой автоматизированных логических устройств, применяемых в современных средствах технического диагностирования.

Рассмотренные методы постановки диагноза относятся к инструментальному диагностированию, требующему использования датчиков, приборов, устройств и стендов.

В табличном методе установлены связи между неисправностями двигателя и его систем. Анализ этих таблиц позволяет установить причину неисправности.

Сам процесс диагностирования предусматривает наличие умения и способности производить целенаправленные действия. Эти способности и определяют алгоритм управления, то есть совокупность правил, методов и

способов, которые дают возможность производить управление. Организовать такое целенаправленное действие (управление) можно только тогда, когда известно действительное состояние объекта управления.



Рис. 3.21. Алгоритм диагностирования топливной аппаратуры при высокой дымности выпускных газов

Построение алгоритмов диагностирования заключается в выборе такой совокупности элементарных проверок, по результатам которых в задаче выявления неисправностей можно отличить исправное, работоспособное состояние или состояние правильного функционирования объекта от его неисправных состояний, а также в задачах поиска неисправностей различать разные виды неисправных состояний (или группы неисправных состояний).

При построении алгоритмов диагностирования по явным моделям объектов элементарные проверки выбирают путем попарного сравнения тех описаний, технические состояния которых нужно различать. В задаче тестового диагностирования контрольные точки объекта часто определены заранее и они одинаковы для всех элементарных проверок. В таких случаях выбирают только входные действия элементарных проверок – это задача построения тестов. В задачах функционального диагностирования, напротив, входные действия элементарных проверок определены заранее рабочим алгоритмом функционирования объекта и выбору подлежат только контрольные точки.

Формализованные методы построения тестов нашли широкое применение для дискретных объектов и редко используются для аналоговых объектов. Последнее объясняется тем, что для аналоговых объектов не является естественным ни выделение значительного количества различных входных действий, ни, что самое главное, определение значений ответов на эти действия исправного объекта и его неисправных модификаций.

Существующие системы построения тестов для дискретных объектов электронной техники работают с неявными моделями и обычно ограничиваются проверяющими тестами для выявления неисправностей. Для дискретных объектов даже средней сложности сложность вычислений вынуждает отказываться от построения тестов поиска неисправностей с заданной глубиной. Для дискретных объектов высокой сложности имеющиеся системы не позволяют получить даже проверяющие тесты с приемлемыми расходами времени. Для эффективной организации диагностического обеспечения таких объектов нужно повышение их контролепригодности и применение современных внешних программных средств тестового диагностирования. Вместе с этим необходима разработка проблемно ориентированных систем проектирования диагностического обеспечения.

Построение алгоритмов функционального диагностирования заключается в определении условий работы средств, которые реализуют эти алгоритмы. Средства функционального диагностирования, как правило, являются встроенными в объект диагностирования и их часто называют средствами встроенного контроля. Обычно стремятся к тому, чтобы при нормальном функционировании объекта в условиях применения его по назначению, средства встроенного контроля на своих выходах выдавали известные постоянные значения сигналов и изменяли эти значения при нарушении правильности функционирования объекта. По этому принципу строятся схемы встроенного контроля дискретных объектов (схемы сравнения, схемы контроля по модулю и др.). Эту же идею применяют при построении средств встроенного контроля методом избыточных переменных для аналоговых объектов. При организации проверки правильности функционирования или поиска неисправностей, которые нарушают правильное функционирование аналоговых объектов, на основе допустимого способа контроля параметров задание построения алгоритма диагностирования сводится к выбору состава контрольных точек.

Эффективность процессов диагностирования, которая оценивается, например, временем диагностирования, применением аппаратуры, реализацией алгоритмов диагностирования, и их качеством.

Оптимизация алгоритмов диагностирования возможна тогда, когда число элементарных проверок, достаточных для решения конкретной задачи диагностирования, меньше числа всех допустимых (то есть физически возможных и реализуемых) элементарных проверок данного объекта. Для разных элементарных проверок могут быть необходимы различные расходы на их реализацию, эти проверки могут давать разную информацию о техническом состоянии объекта. Кроме того, одни и те же элементарные проверки могут быть реализованы в разной последовательности.

Поэтому для решения одного и того же задания диагностирования можно построить несколько алгоритмов, которые различаются составом элементарных проверок или последовательностью их реализации или, наконец, тем, что требуют различных расходов на их реализацию. Построение оптимальных алгоритмов во многих случаях связано с трудностями вычислений и поэтому часто удовлетворяются оптимизированными алгоритмами диагностирования, затраты на реализацию которых несколько меньше, но не обязательно минимальные.

Задача построения оптимальных алгоритмов диагностирования при невысокой размерности может успешно решаться методами обработки таблиц покрытий (для безусловных алгоритмов) и методами теории опросов (для условных алгоритмов).

Алгоритм диагностирования должен быть построен таким образом, чтобы по выбранному перечню параметров можно было определить работоспособность системы, сравнить ее с нормой, принять решение о локализации имеющейся неисправности и прогнозировать остаточный ресурс.

Особенность методов локализации заключается в том, что поиск неисправностей ведется не после наступления отказа, а в его предположении. Поэтому алгоритмизация поиска должна базироваться на логике и вероятностной основе с учетом функциональных связей между параметрами.

Логическая алгоритмизация поиска основана на использовании структурно-следственных связей с жестко заданными параметрами диагностирования. Глубина локализации неисправностей определяется эксплуатационными и экономическими факторами и устанавливается до съемного в условиях эксплуатации блока или элемента. Кроме того, при диагностировании должны выявляться те элементы, неисправности которых могут быть устранены путем регулировок при техническом обслуживании.

Контрольные вопросы к подразделам 3.1-3.4

1. Сформулируйте понятие «диагностическая модель».
2. Какая последовательность морфологического анализа объекта диагностирования?
3. Приведите классификацию диагностических моделей.
4. В чем сущность гибридных и дискретных объектов?
5. Приведите пример информационной модели.
6. Назовите примеры моделей объектов по способу их формирования.
7. В чем сущность имитационных и интуитивных моделей?
8. К какому классу моделей относятся структурные модели?
9. В чем заключаются преимущества структурных моделей?
10. Что лежит в основе функционально-логической модели?
11. Приведите пример функционально-структурной модели.
12. Приведите схему идеализированной структурной диагностической модели объекта.
13. Объясните метод построения граф-моделей.

Контрольные вопросы к подразделам 3.5-3.9

14. Какие объекты диагностирования являются первоочередными?

15. Приведите схему построения математической модели.
16. Какие существуют методы анализа диагностических моделей?
17. Приведите схему ориентированного графа.
18. Объясните понятие «алгоритм технического диагностирования».
19. Что значит условный и безусловный алгоритм?
20. Приведите пример полного и частичного алгоритма.
21. Какие преимущества логических диагностических моделей?
22. Представьте простой алгоритм диагностирования дизель-генератора.
23. Представьте алгоритм диагностирования деревьями.
24. Как можно представить табличный алгоритм диагностирования?

4. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

4.1. Основные теоретические и эвристические методы диагностирования

Для контроля и диагностирования автомобилей в эксплуатации требуется большой арсенал теоретических, эвристических и эмпирических методов, знаний конструкции объекта и средств диагностирования [10, 11].

Основными методами теоретического и эвристического анализа (исследования) диагностической информации являются:

- мысленный эксперимент;
- идеализация;
- метод восхождения от абстрактного к конкретному;
- аксиоматический метод;
- гипотезо-дедуктивный метод;
- методы математической статистики (корреляционного, регрессивного, ковариационного анализа) и др.

Эвристический метод базируется на знании причинно-следственных связей между основным функциональным звеном и их обобщенными диагностическими параметрами. Минимальной необходимой информацией при этом является описание функциональной модели объекта диагностирования и логическая алгоритмизация процесса распознавания.

Эвристика – это некоторые правила, стратегия, методы упрощения, которые значительно уменьшают объем пространства решений [26]. Понятно, что человек не сможет воспользоваться эвристикой, если у него отсутствуют знания предметной области, к которой относятся решаемая задача, и опыт решения аналогичных задач. Для того, чтобы эффективно решать сложные задачи, необходимо иметь опыт и экспертные знания.

Эвристическими считаются методы решения особо сложных задач диагностики (исследований), для которых нельзя точно очертить границы применимости и оценить возможные ошибки. Эвристика обычно используется для сокращения перебора вариантов решения, активизации и синхронизации знаний и операций поиска неисправностей, направления и регули-

рования поиска решения. Эвристические операции являются разновидностью мышления.

На теоретическом уровне используют логические методы подобности, отличности, сопутствующих изменений, логического анализа собранных фактов, выработки понятия, предположения, делают выводы. Осознанное (правильное) использование этих методов необходимо рассматривать как основное условие получения новых знаний и успешное решение проблемы. Эти методы не могут, например, заменять творческую мысль человека (исследователя), его способность анализировать, делать выводы и допущения. Но использование правильных методов направляет движение мысли человека, открывает перед ними кратчайший путь для достижения цели и обеспечивает таким образом возможность рационально расходовать энергию и время.

К методам теоретических исследований и диагностирования автомобиля относятся: анализ и синтез кинематических, рабочих и физических процессов, дедукция и индукция, аналогия, абстрагирование, моделирование, формализация, идеализация, метод восхождения от абстрактного к конкретному, ранжирование, мнимый эксперимент, классификация, эксперимент, сравнение, методы математической статистики, обобщение, испытание, морфологический анализ, аксиоматический, исторический, гипотетический методы [21, 25].

Теоретические исследования включают в себя:

- анализ физической сущности процессов и явлений;
- разработку физической модели;
- проведение математического исследования;
- анализ теоретических решений.

На их основе выводятся практические следствия и определяются способы их реализации, разрабатываются алгоритмы и программы, оценивается полезный эффект.

В процессе теоретических исследований приходится непрерывно ставить и решать разнообразные по типам и сложности формальные задачи. Логика не приводит к открытиям. Но логика абсолютно необходима при проверке самых блестящих озарений и опровержении чужих мнений, формальной проработке и описании результатов, а поэтому должна входить в арсенал каждого ученого, каждого диагноста.

Все логические принципы диагностических исследований проявляются в **трех формах мышления человека**: наглядно-действующем, понятийно-логическом и чувствительно-образном [26]. В этом плане можно сформулировать основы, которые отражают тот или иной преимущественно-ориентированный подход действующего человека до разрешения вопросов.

Наглядно-действующее мышление является непосредственной формой связи с действительностью на основе практики.

Понятийно-логический тип мышления тесным образом связан с формированием выводов, эмпирических знаний и научных основ технической деятельности человека.

Чувствительно-образный тип мышления связан с образными осно-

вами деятельности. Основную помощь при этом оказывает воображение, фантазия, ассоциации, предчувствие. Символическое представление аналогий в виде геометрических фигур, иконических знаков обеспечивает наибольшую продуктивность мышления при наименьших затратах.

Важнейшими правилами рассуждений и принципами логики являются:

- анализ самого объекта, а не нашего представления о нем;
- рассмотрение конкретного объекта в конкретных условиях;
- анализ всех тех и только тех его свойств и связей, которые существенны в этих условиях.

С понятием диагностирования связываются необходимые и достаточные в совокупности диагностические признаки предмета. При образовании понятия дефекта (неисправности) сначала надо отделить существенные признаки от несущественных и т. д.

Творчество человека-диагноста в любых его проявлениях, в том числе и в форме исследования объекта диагностирования, где, казалось бы, должны доминировать сугубо рациональные приемы получения и переработки информации, представляет собой сложный сплав осознанного и неосознанного, строгого расчета и интуитивных прозрений. Уровень интуитивных представлений о процессах и явлениях определяется знаниями и опытом.

В сложных вопросах углубленного диагностирования руководствуются, прежде всего, логическим мышлением. Чуткое возвышенное сознание умеет прислушиваться к глубинному мышлению: предвосхищение, прогноз – ключевые моменты интуиции. С точки зрения диагноста и исследователя основные свойства бессознательного – это множество протекающих в нем параллельных между собой и параллельных сознанию процессов, а также их тесная связь с эмоциями. Сила эмоции есть функция от потребности и от дефицита информации для ее удовлетворения.

Бессознательные процессы не упорядочены во времени и не меняются сами по себе. При выключенной «логической машине» (это происходит во время сна) мысли превращаются в образы и обрабатываются как таковые, причем связи между образами получают эмоциональную стимуляцию и окраску. Результатом завершения такой обработки может стать полученный наутро ответ на долго мучивший «сновидца» вопрос.

Задача принятия решения состоит в выборе среди множества возможных решений (их называют также вариантами, планами и т. п.) такого решения, которое являлось бы в определенном смысле лучшим или оптимальным. Выбор решения производит некоторый объект (лицо) принимающий решение, которым преследует вполне определенные цели. В зависимости от конкретной ситуации в роли принимающего решение, может выступать как отдельный человек (оператор, диагност, инженер, научный сотрудник и т. п.), так и целый коллектив (группа специалистов, занятая решением одной задачи).

Каждое возможное решение характеризуется определенной степенью достижения цели. В соответствии с этим у лица, принимающего решение, имеется свое представление о достоинствах и недостатках решений, на ос-

новании которого одно решение предпочитается другому.

Оптимальное решение – это решение, которое с точки зрения субъекта, принимающего решение, предпочтительнее других возможных решений. Таким образом, понятие оптимального решения связано с предпочтениями субъекта, принимающего решение. Эти предпочтения на практике выражаются в различной форме, и их математическая формализация может составить сложную задачу, поскольку субъект, принимающий решение, как правило, не может ясно и четко сформулировать их.

Цель теории принятия решений состоит в разработке методов, которые помогли бы субъекту, принимающему решение, наиболее полно и точно выразить свои предпочтения в рамках соответствующей математической модели и в конечном счете обоснованно выбрать действительно оптимальное решение.

Логика и интуиция. Первейшие условия для проявления всплеск интуиции – максимальное расширение поля поиска, переоценка причин и ценностей, уравнивание главного и неглавного перед лицом смутного хаоса неясностей.

Характерными чертами научной интуиции являются [26]:

- принципиальная невозможность получения искомого результата посредством чувственного познания или прямого логического вывода;
- внезапность и неожиданность полученного результата;
- неосознанность механизма творческого акта;
- необычайные легкость, простота и скорость прохождения пути от исходных данных к решению;
- безотчетная уверенность в истинности результата (который, конечно же, требует логической или экспериментальной проверки) и ярко выраженное чувство самодовольствия.

Дальнейшая логическая обработка найденного результата позволяет ввести его в обычные логические формы (индукция и дедукция, анализ и синтез, переход от конкретного к абстрактному и обратный).

Факты, по-видимому, «дозревают» в памяти, притираясь и укладываясь на свои места. Все данные, попавшие когда-либо в гигантский миксер нашей подсознательной памяти, постоянно сталкиваются друг с другом, причем родственные элементы могут объединяться, образуя полезные сочетания. Воображение – бессознательная способность комбинировать факты новыми способами. Новообразованные группы идей в состоянии произвольно управлять целенаправленными действиями, даже не становясь осознаваемыми. Грезы прорываются в сознание в «сумеречных» состояниях – на грани сна и бодрствования.

Интуиция позволяет увидеть задачу в целом, преодолеть ограниченность известных подходов к решению и выйти за рамки привычных, одобряемых логикой и здравым смыслом представлений. Ее можно уподобить и туннельному эффекту – происходит проникновение сквозь барьер старых представлений.

Озарению обязательно предшествуют длительный и напряженный труд, инкубация и физический отдых, необходимый для свежести воспри-

ятия и выхода из накатанной колеи. Такие смены обязательны для восходящей спирали сознания.

Внезапные вдохновения происходят лишь после нескольких дней сознательных усилий, которые казались абсолютно бесплодными, когда предполагаешь, что не сделано ничего хорошего и когда кажется, что выбран совершенно ошибочный путь. Эти усилия, однако, не являются бесполезными, как это думают; они пустили в ход бессознательную машину, без них она не пришла бы в действие и ничего бы не произвела.

Необходимость второго периода сознательной работы после озарения еще более понятна. Нужно использовать результаты этого озарения, вывести из них непосредственные следствия, привести в порядок, отредактировать доказательство. Но особенно необходимо их проверить. Правила вычислений строги и сложны, они требуют дисциплины, внимания и воли и, следовательно, сознания. В подсознании же царит, напротив, некая свобода, если можно назвать этим словом простое отсутствие дисциплины и беспорядок, рожденный случаем. Но только этот беспорядок рождает неожиданные комбинации.

Обязательными условиями вспышки интуиции являются:

- предшествующая, иногда весьма длительная и мучительная работа диагноста, изобретателя;
- сохранение на достаточно высоком уровне интеллектуальной потребности в решении задачи;
- стрессовая ситуация (например, острейший дефицит времени).

Очевидно, что простая ссылка на бессознательное, как источник постижения, недостаточна. Все большее число авторов склоняются к тому, что в основе интуиции лежит предметная логика, реализующая категориальный строй данной области творческой деятельности человека, следовательно, здесь работает скорее надсознание, чем подсознание.

«Кибернетический» подход полагает, что в мозгу исследователя создается информационная динамическая модель, начинающая самостоятельную жизнь и автономно устанавливающая новые связи и отношения между элементами проблемной ситуации; после решения задачи результаты как бы выдаются поставившему ее человеку.

Интуитивный метод диагностирования – это метод, при реализации которого необходимую информацию получает оператор, порядок действий которого (стратегия поиска) обуславливается не коротким алгоритмом, а его личным опытом (интуицией).

Автомобиль как сложная система имеет части разной физической природы, процессы в которых описываются математическими зависимостями. Это привело к большому количеству разработанных разнообразных методов их диагностирования. Практически любой из этих методов может быть использован для диагностирования автомобиля. При этом задача заключается в оптимальном выборе определенного метода с точки зрения получения минимума стоимости поиска. Вообще преимущество должно быть на стороне детерминированного метода как самого простого, корректного и универсального. В противовес ему при вероятностно-детерминированных и веро-

ятностных методах необходимо первоначальное накопление статистической информации по результатам испытаний и эксплуатации. Результат диагноза при этом имеет вероятностный характер. Главный изъян этих методов – необходимость повторных накоплений статистической информации при конструктивных изменениях и изменении условий эксплуатации. Преимущество детерминированных методов над вероятностными становится очевидным, когда глубину диагноза определяют не обобщенным параметром системы, а ее структурными параметрами. Потребность в такой глубине диагноза возникает при прогнозировании отказов элементов системы.

Исходные процессы определяются структурными параметрами, их взаимосвязью, возмущениями и режимом функционирования. Наиболее информативными исходными процессами являются процессы при динамическом режиме действия механизма. Поэтому динамический режим работы механизма при его нормальном функционировании является наиболее благоприятным с точки зрения диагностирования этого механизма.

4.2. Классификация методов диагностирования

По применяемым средствам диагностирования методы диагностирования разделяют на два класса: интеллектуальные (органолептические) и инструментальные (объективные).

Методы диагностирования автомобилей, их агрегатов и узлов, характеризуются способом измерения и физической сущностью диагностических параметров, наиболее приемлемых для использования в зависимости от задачи диагностирования и глубины постановки диагноза.

Методы диагностирования разделяются на организационные и технологические. Организационные методы определяют характер основных задач контроля и диагностирования, применение и выбор средств, алгоритмов и программ диагностирования.

Технологическое диагностирование – это множество способов и приемов подачи входных сигналов (тестов), регистрации выходных сигналов, измерения диагностических параметров и обнаружения диагностических признаков технического состояния.

Методы диагностирования, применяемые к автотранспортным средствам, к их агрегатам и системам, отличаются между собой измеряемыми параметрами, приемами измерения и способами обработки результатов.

По диагностическим параметрам все методы разделяют на три группы, в зависимости от того, характеризует ли параметр рабочий процесс машины или ее составной части, сопутствующий процесс или непосредственно структурный параметр (рис. 4.1, табл. 4.1).



Рис. 4.1. Классификация методов диагностирования автомобилей

Таблица 4.1

Классификация методов диагностики и области их применения

Виды методов	Области применения
1. Интеллектуальные системы	
Органами чувств человека – органолептические. Теоретические. Эвристические. Экспертные. Опроса и интервью. Когнитивный анализ и отбор информативных диагностических признаков. Логические, математическая логика. Логическая алгоритмизация выбора диагностических параметров и поиска дефектов и неисправностей. Структурно-следственные и функционально-структурные методы распознавания неисправностей. Детерминированные. Статистические. Математического моделирования.	Фундаментальные теоретические познания объектов, методов, средств и ключевых понятий диагностики на стадиях конструирования, изготовления и эксплуатации двигателей. Определение взаимосвязей, обобщение, систематизация, обоснование и принятие решений. Разработка диагностического обеспечения, моделирование, алгоритмизация и программирование процессов диагностирования.

Виды методов	Области применения
2. Неразрушающий контроль	
<p>Магнитный. Электрический по регистрации электрических полей. Вихревой. Визуально-оптический. Радиоволновой. Тепловой. Радиационный. Оптический. Акустический. Проникающих веществ. Акустической голографии.</p>	<p>Контроль качества материалов, технологических процессов, конструкций, соединений деталей при изготовлении, ремонте и эксплуатации двигателей, прогнозирование остаточного ресурса деталей и конструкций.</p>
3. Распознавание технического состояния и рабочих процессов по эталонам, маскам и нормативным параметрам	
<p>Сравнение с эталонным образцом. Совмещение с опорным спектром процесса. Сравнение показаний измерительного прибора с показаниями эталонного прибора. Сравнение текущих значений диагностического параметра с нормативным значением.</p>	<p>Создание программного обеспечения автоматизированных бортовых, переносных и стационарных систем диагностирования с элементами распознавания неисправностей, прогнозирования остаточного ресурса.</p>
4. Тепловые и оптические	
<p>Измерение теплового инфракрасного излучения. Контактные методы. Неконтактные методы. Электронно-оптические преобразователи. Термография. Ультразвуковые. Оптико-электронные. Визуальные (эндоскопы, энтроскопы). Измерение отражаемого света. Оптические лазерные методы.</p>	<p>Тепловой контроль перегрева деталей и узлов трения, электрических контактов, электрических соединений, электронной аппаратуры. Визуально-оптический контроль, обнаружение трещин, расслоения, отклонения геометрических форм от заданных, измерение дымности, контроль качества масла.</p>
5. Газоаналитические	
<p>Методы химического анализа состава отработавших газов двигателя. Методы инфракрасного излучения (поглощение отдельных газов).</p>	<p>Контроль общего технического состояния ЦПГ, состава топливной смеси, системы подачи и сгорания топлива, электрооборудования системы управления двигателем по составу отработавших газов газоанализаторами.</p>
6. Контроль износа трущихся деталей и смазки	
<p>Микрометрирование. Профилографирование. Взвешивание. Метод искусственных баз. Виброакустический.</p>	<p>Исследование процессов изнашивания и контроль износа пар трения в эксплуатации для определения технического состояния объектов диагностирования.</p>

Виды методов	Области применения
6. Контроль износа трущихся деталей и смазки (продолжение)	
<p>Тепловой. Калориметрия, химический, активационный и спектральный анализ содержания продуктов износа в масле.</p>	
7. Трибодиагностика, физические и физико-химические методы	
<p>Рентгенографический. Снятие «реплик» с поверхностей трения (искусственных баз). Физические: Эмиссионная спектрометрия. Атомарно-абсорбционная спектрометрия. Атомарно-флуоресцентная спектрофотометрия. ИК- и УФ-спектроскопия. Абсорбционная спектрофотометрия. Прямое фотометрирование. Электрооптический метод. Микроскопия. Светорассеивание. Поточная ультрамикроскопия. Феррография. Магнитометрия. Метод ядерного магнитного резонанса. Нейтронно-активационный анализ. Акустический анализ. Физико-химические: Седиментометрия. Поляграфия. Плотнометрия.</p>	<p>Исследование процессов изнашивания, разработка бортовых и стационарных систем диагностики, изнашивание и прогнозирование остаточного ресурса. Эксплуатационная диагностика.</p>
8. Методы контроля состояния работающих масел	
<p>Стандартные методы определения (группы методов). Вязкостно-температурных свойств. Срабатываемости. Загрязнения масла. Диэлектрических показателей.</p>	<p>Стандартные показатели: - кинематическая вязкость; - щелочное и кислотное число; - коксуемость; - содержание воды; - водородный показатель; - угар масла; - оптическая плотность; - диспергирующая способность; - состав продуктов износа; - диэлектрическая проницаемость.</p>
9. Виброакустические	
<p>Спектральный анализ вибрации: - частотный анализ; - спектральный анализ; - анализ ударных импульсов; - кепстральный анализ;</p>	<p>Исследование динамических характеристик конструкции, технологий производства и технического состояния двигателей в эксплуатации.</p>

Виды методов	Области применения
9. Виброакустические (продолжение)	
<ul style="list-style-type: none"> - анализ спектра вибрации по огибающей; - фазовое сравнение сигналов вибрации; - амплитудно-временной анализ сигналов вибрации; - корреляционный анализ взаимных спектров вибрации; - определение акустической эмиссии; - статистический анализ вибрационных характеристик; - модуляция вибрационных процессов; - амплитуда вибрации пик-фактора; - величина эксцесса; - резонансная частота узла (детали), механизма, газовых и гидравлических потоков; - сопоставление спектров. 	<p>Высокая информационность вибрационных сигналов на изменение, структурных, функциональных и динамического состояния машин.</p> <p>Высокая универсальность, чувствительность и избирательность вибрационного сигнала к параметрам механических, гидравлических, газо- и аэродинамических, электрических и магнитных систем.</p> <p>Большой объем информации в одном измерении вибрации, высокая скорость диагностирования, позволяющая автоматизировать контроль технического состояния.</p> <p>Нормирование вибрации для контроля уровня проектирования, качества изготовления и эксплуатации.</p>
10. Энергетические и гидрогазоаэродинамические методы	
<p>Механический КПД. Индикаторные показатели (мощность, КПД, расход топлива). Эффективная мощность (измерение мощности тормозным, бестормозным полным и дифференциальными методами). Неравномерность работы цилиндров. Скорость и неравномерность вращения коленчатого вала. Компрессионные свойства цилиндров. Внутрицикловое изменение (колебание) угловой скорости коленчатого вала. Изменение крутящего момента и угловой скорости вала по углу поворота при равномерной работе цилиндров. Амплитудно-фазовые параметры (осциллограммы) изменения напряжения, тока, сопротивления в первичной и вторичной цепях (переходных процессов) зажигания, давления в цилиндрах. Температура отработавших газов, соответствующая определенным рабочим тактам и порядку работы цилиндров. Величины пульсации давления газовой среды во впускном и выпускном коллекторах и топлива в трубопроводах высокого давления.</p>	<p>Диагностика ЦПГ, КШМ, элементов топливной системы (насосов, гидравлического аккумулятора, форсунок, системы сгорания и расхода топлива). Доводка конструкции двигателей до заданных технических характеристик, оценка качества ремонта и эксплуатации отдельного двигателя и в составе транспортного средства.</p>

Виды методов	Области применения
10. Энергетические и гидрогазодинамические методы <i>(продолжение)</i>	
<p>Осциллограммы скорости нарастания давления топлива в гидравлическом аккумуляторе, давления, создаваемого ТНВД, и пульсация давления в топливной системе. Расход топлива в линиях подачи и обратного слива.</p>	
11. Диагностирование гидроприводов и гидросистем. Контроль жидкостей	
<p>Статопараметрический. Амплитудно-фазовых и переходных характеристик. Термодинамический. Спектральный анализ и индикация инородных примесей. Силовой метод. Акустический. Виброакустический. Скорость нарастания усилия. Кинематический по скорости перемещения исполнительного элемента (сопоставления и наложения осциллограмм (эталонных)). Тепловой. Состояния рабочей жидкости. Ферромагнетизм.</p>	<p>Диагностика гидроприводов, гидросистем и отдельных элементов (насосов, топливных систем, систем охлаждения двигателя). Диагностика рабочих процессов в гидросистемах подачи и сгорания топлива. Распознавание источников нестабильных режимов работы двигателя (провалов, рывков, подергивания, вялого разгона).</p>
12. Контроль электрических и электронных систем управления рабочими процессами	
<p>Интеллектуальные, органами чувств человека. Аппаратные и программные: - допускового контроля и диагностики; - сравнение с эталоном и мажоритарного контроля («голосования») и диагностики цифровых и аналоговых систем; - контроль и диагностика с использованием корректирующих кодов (работоспособности цифровых систем) информационных систем. Контроль достоверности максимальных и минимальных значений напряжения, тока, сопротивления, формы, уровня, периодичности и длительности сигнала, амплитуды и частоты входных и выходных сигналов датчиков систем управления. Распознавание сбоев и собственных шумов. Выявление связи между контролируемыми параметрами и характеристиками диагностических систем, определяющих техническое состояние. Факторный анализ определения статистической связи показателей качества диагностической системы. Математическое моделирование. Экспертные оценки номенклатуры контролируемых параметров. Оптимальный выбор контролируемых параметров. Алгоритмы и программы контроля и диагностирования. Тестовое, функциональное и комбинированное диагностирование.</p>	<p>Электронные системы управления процессами и режимами работы силовых агрегатов автомобиля. Электронные системы автоматического контроля технических систем (двигателя, подвески, коробки передач, рулевого управления и др.) автомобиля. Электронные и микропроцессорные системы самоконтроля. Контроль датчиков и исполнительных механизмов.</p>

4.3. Инструментальные методы

Инструментальные методы применяют для измерения и контроля всех параметров технического состояния, используя при этом средства диагностики.

В табл. 4.1 показаны основные группы интеллектуальных и инструментальных методов. В каждой группе методов показаны их виды, дана характеристика и указана область применения. Все представленные в табл. 4.1 методы достаточно подробно описаны в работах [3, 7, 27].

Физические методы основаны на использовании различных физических явлений, сопутствующих работоспособному или неработоспособному состоянию объекта.

По физической сути методы диагностирования разделяются на энергетические, пневмогидравлические, кинематические, тепловые, виброакустические, электромагнитные, оптические, радиоактивные и др. Каждый метод предназначен для контроля определенного физического процесса и основан на применении определенного физического явления. Классификация по физической сущности дает возможность обнаружить техническую характеристику конкретного метода диагностирования. Физический процесс характеризуется изменением физической величины по времени. В основе энергетического метода лежит физическая величина – сила, мощность; пневмогидравлического – давление; кинематического – перемещение, ускорение, скорость; теплового – температура, количество тепла; виброакустического – амплитуда колебаний на определенных частотах. Изменение физического процесса можно наблюдать по изменению физической величины.

В основе методов диагностических исследований лежат эмпирические методы – экспериментальные и измерительные.

Экспериментальный метод основан на получении информации о показателях в результате проведения эксперимента (например, в период опытной эксплуатации). Естественно, что показатели при этом могут быть измерены приборами, зарегистрированы, рассчитаны, определены экспертным или иным способом (наблюдение, сравнение, пробные поездки и др.).

Измерительный метод применяется в тех случаях, когда можно использовать средства измерений. Технических средств, применяемых в практической деятельности, сравнительно много, соответственно с их помощью можно проводить измерения: электрические, физические, биологические, физико-химические, микробиологические и ряд других.

4.3.1. Прямые и косвенные методы

Основу инструментальных методов составляют методы эмпирических исследований. Они широко применяются на стадиях разработки систем диагностирования всех стадий жизненного цикла машин.

Возникновение потребности в объективной и достоверной информации, получаемой посредством инструментальных методов контроля, объясняется действием на автомобильном транспорте двух важных факторов –

усложнением автомобильной техники и стремлением обеспечить поддержку работоспособности автомобилей.

Современный автомобиль, многоконтурная тормозная система, рулевое управление с гидроусилителем, многоступенчатая коробка передач и другие прогрессивные конструктивные решения обеспечили, с одной стороны, высокую эффективность использования этих автомобилей, с другой – резко усложнили организацию ТО и ремонта, обусловили создание прогрессивных методов их технической эксплуатации, в частности, методов технического диагностирования.

Большое разнообразие разработанных методов диагностирования можно классифицировать на прямые и косвенные, выполняемые органами чувств человека и инструментальные. Инструментальные методы можно классифицировать по виду контролируемых физических процессов и принципу работы.

Прямые параметры непосредственно характеризуют техническое состояние объекта. Однако конструктивные параметры в большинстве случаев не поддаются прямому измерению без разборки узла или агрегата. А сама разборка является нежелательной, так как каждая разборка нарушает взаимное положение приработанных деталей и приводит к сокращению остаточного ресурса на 25-40% и более.

Для этого о значениях конструктивных показателей при диагностировании судят по косвенным признакам проявления технического состояния без разборки, косвенной мерой которых являются диагностические параметры. По косвенным параметрам судят о состоянии объекта на основании корреляционных связей этих показателей с показателями технического состояния.

На практике прямой и диагностический методы взаимодействуют и дополняют друг друга. Необходимо уметь определить рациональные сферы их использования. Главным критерием выбора метода является сравнение суммарных расходов на предупреждение, обнаружение и устранение отказов и неисправностей, при использовании прямых и диагностических методов контроля технического состояния, а также длительность процедуры.

На основании проведенных эмпирических исследований разрабатывают методы диагностирования, которые, исходя из установленных задач, должны включать:

- диагностическую модель машин;
- алгоритм диагностирования и программное обеспечение;
- правила измерения диагностических параметров;
- правила определения структурных параметров;
- правила анализа и обработки диагностической информации и принятие решения.

Инструментальные методы применяют для измерения и контроля всех параметров технического состояния, используя при этом средства диагностирования.

4.3.2 Методы диагностирования по рабочим, сопутствующим и структурным параметрам

1. Метод диагностирования по параметрам рабочих процессов.

Техническое состояние устанавливается по динамике изменения параметров, например, по изменению давления впрыска топлива, по времени разгона до заданной скорости, времени до полной остановки при торможении и т. д. Такие показатели непосредственно характеризуют состояние агрегатов и узлов транспортных машин (см. рис. 4.1, табл. 4.1). Измеряемые этим методом параметры образуют множество внутренних параметров и множество выходных параметров объекта диагностирования.

Методы этой группы базируются на имитации скоростных и нагрузочных режимов работы автомобиля, определении при заданных условиях выходных параметров и сравнении их количественных значений с эталонными. Диагностирование проводится с использованием стендов с беговыми барабанами или непосредственно в процессе работы автомобиля. Методы широко применяют для общей оценки технического состояния автомобилей и агрегатов.

Методы диагностирования по параметрам рабочих процессов дают возможность проверять исходные параметры транспортных средств (мощность, экономичность, производительность, качество работы) и силовые рабочие характеристики его составных частей (фазовые параметры топливоподачи и газораспределения, давление, скорость перемещения, расхода и т. п.). Точность измерения этих параметров достаточно высока, потому что преимущественно осуществляют прямое измерение контролируемой физической величины.

2. Методы диагностирования по параметрам сопутствующих процессов. При этом анализируются показатели, косвенно влияющие на работу узлов и агрегатов транспортных машин, например, тепловое поле, шумы, виброакустические процессы и т. д. Измеряемые этим методом параметры образуют подмножество внутренних параметров (рис. 4.1).

Методы диагностирования по параметрам сопутствующих процессов дают возможность определять те же параметры рабочих процессов, а также структурные параметры деталей и сопряжений, которые нельзя или нецелесообразно измерять непосредственно. В этом случае измеряют также показатели генерирующих процессов внешними средствами диагностирования. Это процессы вибрации и шума, нагревания, охлаждения, разгона и остановки вращающихся частей, нарастание или спад давления масла и воздуха в момент пуска и остановки механизмов, образование загрязняющих веществ. Точность такого измерения диагностического параметра ниже, чем во время диагностирования по параметрам рабочих процессов.

К методам диагностирования по параметрам сопутствующих процессов относятся следующие:

- методы диагностирования по герметичности рабочих объемов. Сущность процесса диагностирования заключается в создании в контролируемом объеме избыточного давления (или разрежения) и в оценке интенсив-

ности его снижения. Таким методом диагностируют цилиндропоршневую группу двигателя, пневматические приводы тормозов, плотности прилегания клапанов и др.;

- тепловой метод – заключается в определении параметров, характеризующих количество теплоты, выделяемой в результате протекания процессов сгорания, работы сил трения при заданных скоростном и нагрузочном режимах. Такими параметрами могут быть температура нагрева, скорость ее изменения. Метод может применяться для диагностирования двигателя, агрегатов трансмиссии, подшипниковых узлов, однако широкого применения на автомобильном транспорте пока не нашел;

- методы диагностирования узлов, систем по параметрам колебательных процессов. Методы широко используют при создании средств технического диагностирования автомобилей; их можно разделить на методы оценки колебаний напряжения в электрических цепях (на этой основе созданы мотор-тестеры), параметров виброакустических сигналов, получаемых при работе зубчатых зацеплений, клапанных механизмов, подшипников и т. д.; пульсации давления в трубопроводах (на этой основе созданы дизель-тестеры для диагностирования дизельной топливной аппаратуры);

- методы, оценивающие состояние узлов и агрегатов по физико-химическому составу отработавших эксплуатационных материалов. Например, простейший экспресс-анализ отработавшего масла на загрязнение, спектральный анализ проб масел, в результате проведения которого по наличию и концентрации различных химических элементов в масле можно установить работоспособность отдельных узлов и сопряжений агрегата. Если в пробе картерного масла двигателя наличие высокого содержания свинца, то имеет место износ вкладышей шатунных и коренных подшипников; если высокое содержание железа – износ гильз цилиндров; если высокое содержание кремния – засорение воздушного фильтра и т. д.

3. Метод диагностирования по структурным (геометрическим) параметрам, непосредственно характеризующим состояние узлов и агрегатов транспортных машин (рис. 4.1).

Эта группа методов основывается на объективной оценке геометрических параметров (зазор, люфт, свободный ход, смещение и т. д.). Метод применим, когда указанные параметры легкодоступны для непосредственного измерения.

Техническое состояние устанавливается по зазорам в сопряжениях, значениям регулируемых параметров и т. д. Согласно классификации параметров диагностирования измеряемые этим методом параметры образуют подмножество внутренних и выходных параметров.

Эти методы применяют для измерения износа шин, шкивов, зазора в сопряжениях, прогиб и т. п. В основе этих методов лежит измерение геометрических параметров, взаимного размещения или размеров деталей на автомобиле.

По режиму работы объекта диагностирования можно выделить методы диагностирования на устоявшемся, переходном и динамическом режимах работы. Диагностирование на устоявшемся режиме выполняют для

объекта диагностирования, который работает на стационарном режиме при постоянной скоростной, температурной и силовой нагрузке. Диагностирование на переходном режиме работы применяют для измерения параметра в нестационарных условиях (разгон, выбег, резкое торможение, снятие нагрузки, прогревание, охлаждение и т. п.).

Определенное место занимают методы, оценивающие по физико-химическому составу отработавших эксплуатационных материалов состояние узлов и агрегатов. Так, например, спектральный анализ отработавшего масла по наличию и концентрации химических элементов позволяет поставить диагноз работоспособности отдельных узлов и сопряжений агрегата. Если в пробе картерного масла двигателя имеется высокое содержание свинца, то это свидетельствует об износе вкладышей шатунных и коренных подшипников; высокое содержание железа – об износе гильз цилиндров; высокое содержание кремния – о засорении воздушного фильтра и т. д.

Автоматический поиск и локализация неисправностей относятся к автоконтролю, так как при этом устанавливается представление между состоянием объекта контроля и заданной нормой. В системах автоконтроля устанавливался только факт работоспособного и неработоспособного состояний (параметры в норме или за пределами нормы). Состояние объекта контроля определяются путем формального применения алгебры логики.

Для поиска неисправностей применяются методы: последовательный, комбинационный и различные сочетания последовательно-комбинационного метода, в соответствии с которыми разрабатывается программа поиска.

Последовательный метод. Последовательный метод заключается в таком построении процедуры поиска неисправностей, при котором информация о состоянии отдельных функциональных элементов вводится и логически обрабатывается последовательно. Реализация метода заключается в основном в определении очередности контроля выходных параметров функциональных элементов. Программа поиска при этом может быть жесткой или гибкой. По жесткой программе контроль выходных параметров функциональных элементов осуществляется в заранее определенной последовательности. В отличие от этого по гибкой программе содержание и порядок последующих проверок зависят от предыдущих результатов. Такая программа требует более сложной логической обработки результатов контроля и применяется в комплексе с более производительными ЭВМ.

Системы для автоматического поиска неисправностей относят к отдельному классу систем технической диагностики, то есть они отличаются более сложной логической частью, реализующей способы поиска неисправностей. Включение датчиков и структура системы технической диагностики в остальном существенно не отличаются от систем автоконтроля или от измерительных систем.

Комбинационный метод. Данный метод требует более сложной обработки, так как вначале вводятся все результаты контроля параметров, а затем они логически обрабатываются.

Для реальных систем возможно большое разнообразие программ по-

иска неисправностей, требуются большой объем исходной информации о состоянии объектов контроля и сложная логическая обработка результатов контроля. Поэтому разработаны приближенные способы построения оптимальных программ поиска неисправностей. Эти программы, в основном, представляют собой многошаговый процесс поиска с выбором на каждом шаге лучшего варианта по экстремуму заданной функции предпочтения.

Перечислим некоторые распространенные способы построения программ поиска неисправностей (рис. 4.2):

- способ последовательного функционального анализа;
- половинного разбиения;
- «время-вероятность»;
- с применением информационного контроля;
- построения программ методом ветвей и границ;
- построения программы поиска по иерархическому принципу;
- инженерный.

Способ последовательного функционального анализа был одним из первых способов построения программ поиска неисправностей. Прежде всего при этом способе определяются основные функции:

- генерирование сигналов на выходе устройства;
 - прием и преобразование сигналов;
 - отображение сигналов;
 - управление;
- электропитание и др.

Выполнение этих функций позволяет считать, что и все устройство выполняет поставленные перед ним задачи.

Контроль работоспособности всего устройства зависит от контроля за выполнением всех перечисленных функций. Для этого выбирают и контролируют параметры, от которых зависит выполнение основных функций. И если одна из перечисленных функций не выполняется по одному из контролируемых параметров, возникает задача поиска неисправностей. При этом параметр, вышедший за границы допусков, рассматривается как функция других аргументов. Схему поиска неисправностей называют **деревом функций**.

Применение комбинационных методов всегда целесообразно для поиска неисправностей сложных узлов и агрегатов с известными функциональными или структурно-следственными связями, а статистический материал по надежности элементов существенно упрощает организацию поиска.

Однако применение комбинационных методов для поиска неисправностей в относительно простых узлах автомобиля с малой разветвленностью структурно-следственных связей не может дать преимуществ, и здесь следует отдать предпочтение последовательным методам поиска неисправностей.

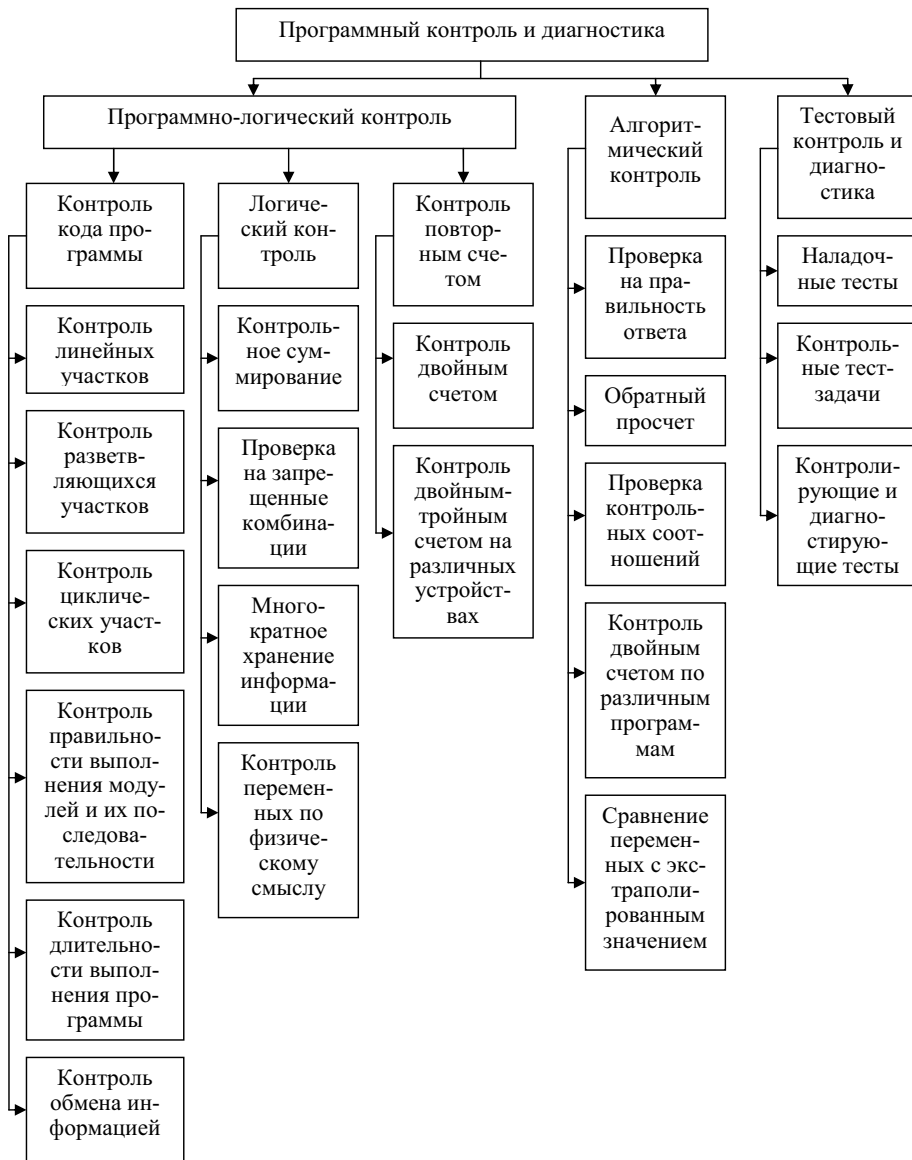


Рис. 4.2. Классификация программно-логических методов контроля и диагностирования

Дедуктивный метод работает непосредственно со списком неисправностей, проверяемых на данном входном наборе. Метод основан на анализе логической зависимости значений сигналов на данном входном наборе от присутствия неисправностей.

Подробное описание всех методов диагностирования автомобилей

приведено в работах [3, 7, 26, 27].

В настоящее время продолжают исследования и разработки новых и совершенствование имеющихся методов диагностирования усложняющихся конструкций автомобилей, изменяющейся элементной базы микроэлектроники и микропроцессорной техники и применения ресурсосберегающей технической политики на транспорте.

Индикационные методы диагностирования основываются на автоматической индикации состояния структурных параметров функционирующего объекта диагностики. Сигналы, которые обеспечивают индикацию значений структурных параметров, снимают с датчиков, установленных на объекте.

Поисковые методы диагностирования основаны на определении в процессе поиска и выхода значений структурных параметров за пределы допусков. Различают два вида поиска: последовательный и комбинационный. При комбинационном поиске структурные параметры, которые вышли за пределы допусков, определяют путем выполнения заданного количества проверок, порядок проведения которых не имеет значения. При последовательном поиске проверки выполняют в соответствующем порядке. Результат каждой проверки анализируют сразу после его получения, и если не определены структурные параметры, которые вышли за пределы допуска, то проводят следующую по порядку проверку.

Последовательный и комбинационный поиски могут быть активными и пассивными. При активном поиске определяют такие структурные параметры, которые оптимизируют обобщенный параметр объекта в данный момент эксплуатации при неизменных структурных параметрах.

При идентификационном поиске устанавливают идентичность объекта и его модели структурным параметрам при диагностировании. В качестве исходной берут модель, идентичную реальному объекту при номинальных значениях структурных параметров. Такой поисковый метод пассивен из-за того, что диагноз получают по результатам сравнения значений структурных параметров с их номинальными значениями.

Поисковый метод можно трактовать и как задачу распознавания образов, которые являются частным случаем статистической задачи проверки гипотез. Тогда этот метод можно сформулировать так: по результатам некоторого количества измерений параметров исходных процессов необходимо принять оптимальное решение о принадлежности его состояния к тому или иному классу общей совокупности состояний.

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.

Контрольные вопросы к подразделам 4.1-4.3

1. Какие основные методы теоретического и эвристического анализа диагности-

ческой информации?.

2. Какие задачи решают на теоретическом уровне?
3. В каких формах проявляются логические принципы диагностирования (исследования)?
4. В чем сущность понятий «логика» и «интуиция»?
5. Объясните понятия «задача принятия решения» и «оптимальное решение».
6. Назовите три группы основных факторов диагностирования автомобилей.
7. Какие виды и области применения интеллектуальных методов диагностирования?
8. Как по физической сути разделяются методы инструментального диагностирования?
9. На чем основаны экспериментальный и измерительный методы диагностирования?
10. На основании каких связей судят о состоянии объекта диагностирования при использовании косвенных параметров?
11. Решение каких задач должен включать метод диагностирования?
12. Приведите методы диагностирования по параметрам сопутствующих процессов.
13. Приведите методы диагностирования по рабочим процессам и структурным параметрам.
14. Какие существуют способы построения программ поиска неисправностей?
15. В каких случаях диагностирования применяют дедуктивный и индикационный методы?

4.4. Интеллектуальные системы методов диагностирования автомобилей человеком

Интеллектуальные методы диагностического обеспечения являются основными в творческом процессе диагностирования, создания программного обеспечения и эксплуатации автомобиля.

В процессе диагностирования человеку приходится совершать определенные виды мыслительной работы, пользоваться теми или иными канонами логики, использовать методы и приемы системного анализа, оценивать и измерять полученные результаты, сравнивать их с ранее полученными результатами, сопоставлять с известными аналогами и прототипами.

Применение интеллектуальных методов в эксплуатации машин включает прослушивание, осмотр, проверку прикосновением и обонянием, анализ многочисленной эксплуатационной информации и принятие решений. Прослушиванием выявляют места и характер ненормальных стуков, шумов, перебоев в работе двигателя и неисправностей коробки передач, отказов в силовой передаче и ходовой части (по шуму), неплотности (по шуму воздуха, который прорывается) и т. п. Осмотром устанавливают места подтекания охлаждающей жидкости, масла, топлива; цвет отработавших газов, задымления из сапуна, биения вращающихся частей, натяжения цепных передач и т. п. Прикосновением определяют места и степень ненормального нагрева, биения, вибрации деталей, вязкость, липкость жидкости и т. п. Обонянием обнаруживают по характерному запаху неисправность сцепления, вытекание бензина, электролита, подгорание проводников электричества и т. п.

Все процессы диагностирования неразрывно связаны с использованием описанных интеллектуальных и инструментальных методов. При этом первостепенную роль в диагностировании играют интеллектуальные методы, включая необходимость получения диагноста большого объема знаний по объекту диагностирования, выбора средств и алгоритмов диагностирования. Особое значение интеллектуальных методов проявляется на этапах разработки диагностического обеспечения и устранения сложных неисправностей и отказов. В первую очередь необходимы знания конструкции и рабочих процессов, типовых дефектов и неисправностей, их диагностических параметров, методов и средств их диагностирования. Описанию таких знаний посвящены работы [1-6, 10, 11].

Независимо от применяемого метода получения данных о техническом состоянии объекта, постановка диагноза производится на основании логической обработки полученной информации путем сопоставления текущих значений параметра с нормативными.

Основной задачей интеллектуальной диагностики является быстрое построение как алгоритмов распознавания состояния технической системы, так и диагностических моделей в условиях ограниченной информации.

Теоретическим фундаментом для решения основной задачи интеллектуальной диагностики следует считать общую теорию распознавания образов. Эта теория, составляющая важный раздел технической кибернетики, занимается распознаванием образов любой природы (геометрических, звуковых и т. п.). Интеллектуальная диагностика изучает алгоритмы распознавания применительно к задачам диагностики, которые обычно могут рассматриваться как задачи классификации.

4.4.1. Знания, необходимые диагносту для эффективного диагностирования автомобилей

В системе диагностирования машин человек является основным звеном. В качестве средств диагностирования выступают его органы. Оценка технического состояния на основе органолептических методов и логического анализа структурных и входных параметров рабочих процессов является неотъемлемой частью первого этапа любого процесса диагностирования. Биологические системы человека многими свойствами комплексного анализа и гибкостью алгоритмов превышают многие технические аналоги.

В связи с быстрым усложнением автомобиля рост технических знаний диагноста отстает от понимания уровня решаемых задач диагностирования. Это знания электрических и гидрогазоаэродинамических процессов, систем автоматизации управления техническими системами автомобиля.

Знание теоретических основ диагностики необходимо специалисту для создания и использования встроенных и внешних систем диагностирования, выбора наиболее информативного перечня диагностических параметров, их предельных значений, разработки алгоритма поиска неисправностей и отказов, разработки оптимальных режимов диагностирования при техническом

обслуживании транспортных машин. Для подготовки таких специалистов к практической деятельности необходимы знания процессов изменения свойств транспортных машин на протяжении их эксплуатации, умение оценивать влияние этих свойств на снижение эффективности эксплуатации, технической и экологической надежности машин, прогнозировать остаточный ресурс.

Достижение выполнения этих требований невозможно без знания:

- принципов обеспечения надежности машин, свойств измеряемых сигналов физических величин, зависимостей изменения состояния транспортных машин в эксплуатации;

- построения диагностических моделей рабочих процессов с обратной связью, разработки алгоритмов диагностирования и диагностического обеспечения;

- методов выбора диагностических признаков и параметров, взаимосвязи структурных и диагностических параметров, определения изменений диагностических параметров по наработке;

- методов нормирования исходных и предельных диагностических параметров, нормирования классов качественной и количественной оценки технического состояния объектов диагностирования;

- методов определения периодичности диагностирования и технического обслуживания, оценки погрешностей при диагностических измерениях, оптимизации периодичности диагностирования;

- методов и средств диагностирования, форм организации диагностирования, систем технического диагностирования внешними и встроенными средствами;

- процессов диагностирования и постановки диагноза, построения алгоритма диагностирования, постановки диагноза по нормативным значениям и комплексу диагностических параметров, оценки достоверности результатов диагностирования, принципов самоконтроля неисправности встроенными средствами;

- прогнозирование состояния транспортных машин, критерии и этапы прогнозирования остаточного ресурса, методов аналитического и линейного прогнозирования, прогнозирования по среднестатистическому изменению диагностического параметра, допустимым значениям параметров и по реализации индивидуального прогнозирования.

Для эффективного использования теоретических знаний диагностирования автомобиля и принятия решений в жизненном цикле диагностируемого необходимы знания, основные из которых приведены в разд. 6.

4.4.2. Структура человеческих и технических систем диагностирования

Методы диагностирования органами чувств человека (органолептические методы) следует рассматривать как неотъемлемую часть технической диагностики на всех стадиях жизненного цикла машин.

Определение реального состояния технических объектов, изменяюще-

гося во времени из-за различных внешних и внутренних причин, в 50-80 случаях из 100 (в зависимости от сложности объекта) решаются опытным оператором-диагностом автоматически без выделения самого этапа принятия решения. Эти методы диагностирования основаны на знаниях и опыте диагноста и на совершенстве его чувств и разума. При этом интуитивно выполняются классификация совокупности признаков и некоторые действия по получению и интеллектуальной обработке информации, на основе которой делаются выводы о состоянии объекта.

К средствам и методам диагностирования машин органами чувств относятся анализаторы зрения, слуха, обоняния, ощупывания и мышления человека. Органы чувств человека дают информацию о получении определенных ощущений. Значение показателя технического состояния определяют путем анализа и классификации совокупности признаков, полученных ощущений, руководствуясь знаниями, накопленным опытом, разумом и личными качествами диагноста (рис. 4.3). Скорость и эффективность классификации образов состояния зависит от того, насколько хорошо (точно) подобраны основные признаки на первом этапе диагностирования.

Для формирования ощущений человеку необходимо внешнее раздражение определенных органов – «датчиков чувств». Это общая схема возникновения ощущения. Внешние раздражения оцениваются головным мозгом в виде определенных сигналов, формирующих определенные ощущения. Вслед за этим принимается решение, и мозг выдает необходимые командные сигналы исполнительным органам. При этом действия могут быть сознательными и бессознательными.

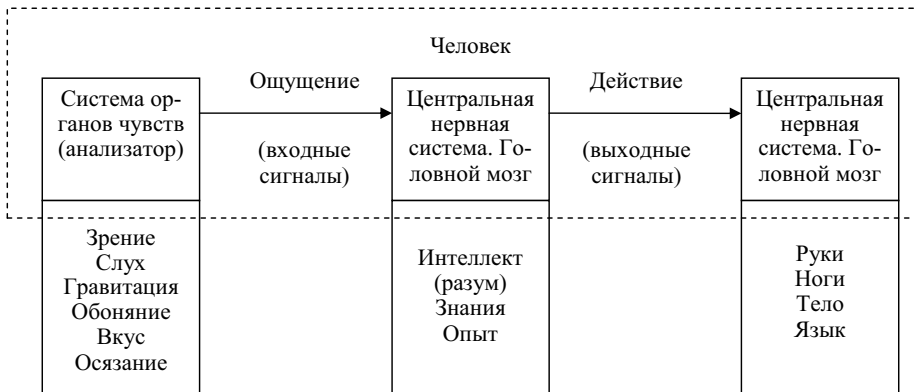


Рис. 4.3. Человеческая система

Нечто аналогичное происходит и в технической системе, состоящей из датчиков и микро-ЭВМ (рис. 4.4). Микропроцессор и память системы на рис. 4.4 выполняет аналогичные функции головного мозга человека. У человека согласно сигналам мозга приводятся в действие руки, ноги, тело, а в технической системе по командам процессора действует механическая рука

или другое исполнительное устройство (клапан, выключатель и т. д.).

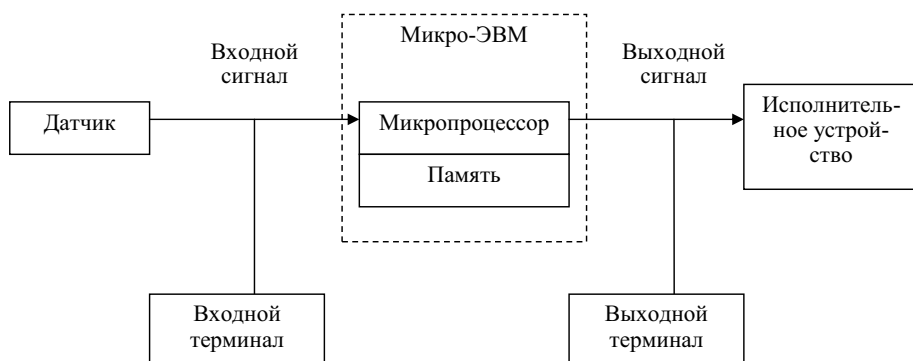


Рис. 4.4. Техническая система

В общем плане по компактности, срокам службы, мобильности, надежности и ряду других показателей технические датчики являются менее совершенными по сравнению с органами человека. Но по отдельным показателям, например, температуры, смещения, отдельно взятые технические датчики превышают аналогичные показатели человека. Порог чувствительности изменения температуры техническими датчиками составляет 10^{-5} °С, а человека 10^{-1} °С, соответственно смещения – 10^{-8} см и 2-3 °С.

4.4.3. Достоинства человеческих систем диагностирования

Как в простых, так и в сложных реализациях роль анализатора информации и исполнительного механизма выполняет оператор-диагност. Наблюдая за большим числом переменных многомерной системы автомобиля, характеризующих его техническое состояние, оператор в большинстве случаев принимает решение быстро и эффективно без привлечения специалистов. Эффективность принимаемого им решения в значительной степени определяется знанием объекта, опытом и интуицией. До настоящего времени отсутствуют доступные приборы и средства, способные реализовать все функции, выполняемые человеком при диагностировании.

Система диагностирования состоит в самом общем случае из трех элементов: объекта диагностирования, технических средств диагностирования (ТСД) и человека-оператора. В зависимости от назначения, специфики использования и расположения на машине объекта структуры системы диагностирования бывают различными, однако все структуры можно свести к небольшому числу типовых. Структура системы – это устойчивая упорядоченность в пространстве и во времени ее элементов и связей.

На рис. 4.5 приведена одна из типовых структур. Диагностирование в этом случае осуществляют в период выполнения объектом его рабочих функций, то есть оно является функциональным. ТСД играют пассивную

роль в процессе диагностирования; они только воспринимают и перерабатывают информацию, характеризующую качество выполнения объектом диагностирования (ОД) рабочих функций. Человек-оператор (ЧО) непосредственно не контактирует с объектом, только взаимодействует с ТСД, воспринимая информацию, управляя процессом диагностирования и принимая решения об использовании объекта. Прежде, чем делать какие-либо выводы о техническом состоянии, даже при использовании инструментальных методов, проводят логические рассуждения, изучают, какие работы и когда проводились с узлом, какие их результаты, исправны ли средства диагностирования.

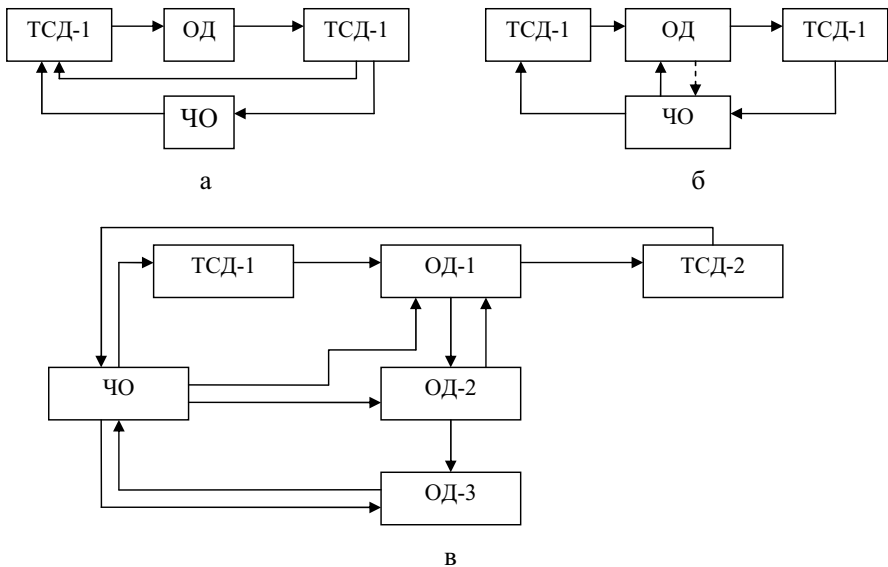


Рис. 4.5. Структурные схемы тестового диагностирования:

а – обычная; б – при наличии связи ОД-ЧО; в – системы тестового диагностирования объекта, состоящего из отдельных частей

Даже в самых сложных системах диагностирования ТСД (рис. 4.5) диагност выполняет те же функции, что и ранее (рис. 4.6), принимая от объекта информацию о его состоянии и перерабатывая ее. Человек-оператор имеет доступ к объекту для его включения и выключения, постоянно или периодически контролирует работоспособность системы диагностирования.

При необходимости оператор делает соответствующие переключения в процессе диагностирования. Как и в первом случае, ЧО воспринимает информацию и управляет процессом диагностирования. В отличие от последующей (см. рис. 4.6) для подобной структуры системы диагностирования (рис. 4.5) характерно, что в процессе диагностирования объект не работает.

Для глубокого анализа информации, ее сопоставления и принятия решения нужны достаточные знания и опыт, позволяющие человеку при ди-

агностировании использовать системный подход, построить логический план действий с учетом сложной взаимосвязи возможных неисправностей, режимов диагностирования и прогнозировать работоспособность объекта на определенное время. К необходимым общим знаниям человека-диагноста (оператора) относятся знания конструкции объекта диагностирования, видов эксплуатационных неисправностей, параметров их диагностирования, средств и методов диагностирования.

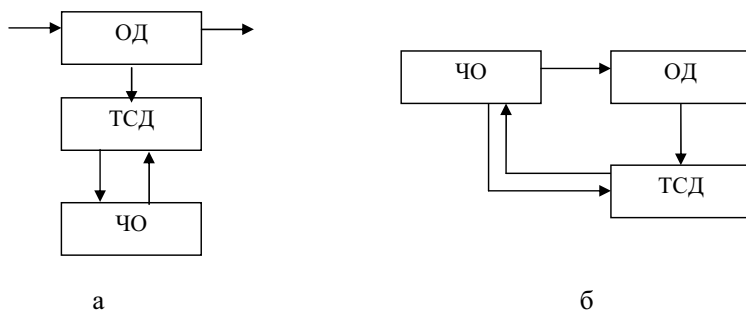


Рис. 4.6. Структурные схемы системы функционального диагностирования (а) и системы диагностирования ОД в специальном режиме (б)

Во всех описанных случаях (см. рис. 4.5, 4.6) диагностирование органами чувств человека при проведении осмотра и технического обслуживания остаются практически основным способом получения первичной информации о техническом состоянии машин. Несмотря на появление и развитие новых методов технического диагностирования таких, как виброметрия, спектральный анализ вибрации, ультразвуковой анализ, электронные системы контроля, тепловыделения и др., оценка органами чувств человека технического состояния (наличие неисправностей, повреждений, снижение управляемости транспортной машины и др.) остается главным методом контроля и позволяет своевременно обнаруживать и устранять неисправности, предупреждать отказы из-за поломки сложных деталей узлов и улучшить функционирование системы. Диагностирование органами чувств человека во многих случаях дает возможность избежать возникновения аварии механизмов.

Человек представляет собой совершенную биофизическую систему диагностирования, элементами которой являются рецепторы (глаза, уши, нос, кожа и др.), головной мозг, язык. Части тела, кожа, голова, руки и ноги составляют систему осязания. Организм человека очень чувствителен к ускорению и реагирует даже на небольшие его изменения, вызванные различными неисправностями (карбюратором, режимами работы механизмов и т. п.). Опыт технической диагностики показывает, что человек, как правило, ставит диагноз не по одному, а по нескольким признакам.

Соединение техники, биологии и психологии представляет собой совершенные эрготехнические (эргактические) системы и интеллектуальные

системы знаний и управления процессами и машинами. Органы чувств и нейронная система человека может кодировать и классифицировать по признакам сигналы, объекты, явления, процессы, ситуации и другие образы; выполнять техническую, экономическую, медицинскую, социальную диагностику; проводить обобщение и интеллектуальную обработку данных; различать добро и зло; принимать нравственные решения. Ни одна из технических систем не обладает подобными качествами.

Человеческая биофизическая система диагностирования имеет следующие достоинства: огромное количество свойств в одной автоматической системе, простота методов контроля, мобильность и оперативность постановки диагноза, возможность постановки диагноза при отсутствии многих дорогостоящих технических средств диагностирования, малая трудоемкость и стоимость постановки диагноза.

Человеческая биофизическая система способна оценивать комплексно техническое состояние объекта, окружающую среду, дорожные условия, быстро меняющиеся процессы и происшествия и вырабатывать алгоритм принятия решения за доли секунд с учетом нравственного сознания ситуации. Никакая электронная система диагностирования, бортовая и стационарная, не может быть в достаточной мере наделена богатой комбинацией человеческих качеств, совестью и такими мобильными средствами и алгоритмом комплексного диагностирования в реальном времени. При многих положительных сторонах применения электронных средств диагностирования систем в управлении автомобилем принятие решений в управлении и поиске неисправностей остается всегда за человеком-оператором, человеком-водителем, человеком-диагностом. Машины – творение Человека и их уровень развития, принцип действия, конструктивное содержание так же разнообразны, как и наши мысли и действия.

Биофизические системы человека обладают высокими возможностями совершенствования путем получения знаний, опыта и тренировок, позволяющих формировать нейронные системы памяти и автоматического управления техническими системами.

При известных недостатках методы диагностирования органами чувств человека во многих случаях дают возможность предотвратить отказы и аварии механизмов. Эти методы эффективно применяют для предварительной экспертной оценки состояния отдельных механизмов машин. В сочетании с простыми техническими средствами, которые не рассчитаны на проведение измерений, но повышают возможности, восприимчивость и разрешающую способность органов чувств человека (например, лупа, микроскоп, микрофон, щуп, слуховая трубка, эндоскоп и т. д.) эти методы могут давать хорошие результаты.

При широком использовании совершенных технических средств диагностирования методы диагностики органами чувств человека не утратили своего значения в организации потоков технического обслуживания многих типов транспортных, дорожных и других машин. Многие поколения диагностов собрали бесценный опыт диагностирования органами чувств человека. Систематизация и обобщение приемов такого диагностирования пред-

ставляет большой практический интерес, составляет основу разработки электронных и других технических систем диагностирования.

Диагностику неисправностей органами чувств человека полезно освоить хотя бы для того, чтобы понимать объем, стоимость и сроки выполнения работ, необходимые диагностические средства и решить, кому доверить их устранение (самому себе, мастеру на стоянке или автосервисной фирме).

Высококвалифицированный диагност на базе своего опыта и знаний может за 15 минут установить причины типовой неисправности в 9 из 10 случаев. Однако таких специалистов мало. Человек по визуальному контролю графического материала проявления сложных процессов на экране многоканальной системы может быстро определить техническое состояние объекта, не ожидая решения автоматизированной системы контроля.

Для успешной диагностики объекта машины необходим личный опыт, знание объекта и инженерная интуиция. Необходимы хорошие знания конструкции системы, средств и методов устранения дефектов, неисправностей и отказов, рабочих процессов и нормативных параметров объектов диагностирования.

4.4.4. Разработка диагностического обеспечения для диагностирования машин органами чувств человека

Диагност органами чувств может определять большинство неисправностей машин. Пример краткого перечня неисправностей, диагностируемых органами чувств человека, представлен в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Неисправности, диагностируемые органами чувств человека, и свойства агрегатов, систем и узлов автомобилей

Агрегат, система, узел объекта диагностирования	Диагностируемые свойства
Тормозной привод	Герметичность тормозного привода и давление на контрольных выводах
Рулевое управление	Изменение усилия при повороте рулевого колеса и его ограничения. Детали крепления и фиксирование их положения. Подвижность рулевой колонки, рулевого механизма и деталей рулевого привода. Люфты рулевого колеса, тяг и муфт. Подтекание рабочей жидкости из гидроусилителя
Фары	Перегорели нити ламп. Перегорели предохранители. Повреждение проводов. Правильность регулировки освещения (светового пятна). Регулировка света фар. Трещины и деформации. Нарушение крепления

Агрегат, система, узел объекта диагностирования	Диагностируемые свойства
Сигнальные фонари	Отличия в силе света парных симметрично расположенных сигнальных фонарей. Включение и режимы работы
Колеса и шины	Комплектование шинами и установки колес. Наружные местные повреждения шин. Наличие и затяжка гаек крепления колес. Трещины дисков и ободьев, нарушение формы и размеров крепежных отверстий
Двигатель	Герметичность топливной системы. Отсутствие утечек в системе выпуска. Разъединения в системе вентиляции картера. Герметичность систем смазки и маслопроводов. Цвет отработавших газов. Вибрация и шум узлов и агрегатов. Температура узлов
Тягово-сцепные устройства	Работоспособность механизмов сцепного устройства. Повреждение деталей. Предохранительные цепи. Передние буксирные устройства. Устройства поддержки сцепной петли, дышла прицепа
Стеклоочистители и стеклоомыватели	Наличие стеклоочистителя и стеклоомывателя. Работоспособность стеклоочистителя и стеклоомывателя. Внешние неисправности (изгибы, поломки, износ деталей и др.
Стекла и обзорность	Укомплектованность транспортной машины зеркалами заднего вида. Отсутствие трещин на стеклах. Наличие предметов, ограничивающих обзор водителя. Наличие и работоспособность устройства обогрева стекол
Подвеска и карданная передача	Затяжка и ослабление болтовых и винтовых соединений. Разрушение деталей, трещины, вмятины, износ трущихся поверхностей, повреждение защитных чехлов. Подтекание рабочей жидкости из гидравлической системы. Снижение демпфирующей способности виброизоляторов. Изгиб вала карданной передачи. Люфт карданной передачи. Вибрация карданной передачи

Трудоемкость и достоверность оценки технического состояния органами чувств человека зависит от проектного и эксплуатационного диагностического обеспечения конкретной транспортной машины. Здесь, как и при инструментальных методах диагностического обеспечения, необходим комплекс взаимосвязанных правил, методов, алгоритмов и средств, требуемых для осуществления диагностирования.

При разработке эксплуатационно-технической документации диагностирования органами чувств и мышления человека составляют контрольно-регулируемые и маршрутно-настроечные карты, таблицы (например,

табл. 4.3) и схемы поиска неисправностей (например, рис. 4.7) всех систем машины с указанием диагностических структурных и функциональных признаков и параметров, каталоги видов износа и повреждений с фотографиями и описанием их отличительных особенностей. Разрабатываются подробные карты смазки, контроля смазочной системы, качества смазки, периодичности ее замены и др.

Таблица 4.3

**Номинальные допустимые значения параметров
соединения деталей главной передачи**

Номер детали	Наименование деталей и соединений	Размер, мм		
		номинальный	допустимый	предельный
807713	Роликовый подшипник – внутренний диаметр	65 _{-0,015}	-	-
200-24020 17Б	Вал ведущей конической шестерни – диаметр шейки	65 ^{+0,23} _{+0,003}	64,990	64,960
210-2402049	Картер подшипников вала ведущей шестерни – диаметр гнезда	150 _{-0,040}	150,020	150,080
807713	Роликовый подшипник – внешний диаметр	150 _{-0,018}	-	-
7712	Роликовый подшипник – внутренний диаметр	60 _{-0,015}	-	-
200-24020 17Б	Шестерня заднего моста ведущая – диаметр шейки	60 _{-0,020}	59,960	59,840
210-2409049	Вал ведущей конической шестерни – диаметр гнезда	120 _{-0,035}	120,020	120,080
7712	Роликовый подшипник – внешний диаметр	120 _{-0,015}	-	-
807713	Роликовый подшипник – внутренний диаметр	65 _{-0,015}	-	-
200-240211Б	Вал ведущей цилиндрической шестерни – диаметр шейки	65 ^{+0,23} _{+0,003}	64,990	64,960
222-2402015 222-2502015	Картер редуктора заднего и среднего мостов с крышками подшипников дифференциала в сборе – диаметр отверстия	160 ^{+0,027} _{-0,014}	160,050	160,200
950218	Шариковый подшипник – внешний диаметр	160 _{-0,025}	-	-
200-2402112А	Правое гнездо подшипника вала ведущей цилиндрической шестерни – диаметр гнезда	150 _{-0,040}	150,020	150,060
200-2402113	Левое гнездо подшипника вала ведущей цилиндрической шестерни – диаметр гнезда	150 _{-0,040}	150,020	150,060
807713	Роликовый подшипник – внешний диаметр	150-0,040	-	-
200-2403018Б	Чашка дифференциала заднего моста – диаметр отверстия	30	30,120	30,480

Номер детали	Наименование деталей и соединений	Размер, мм		
		номинальный	допустимый	предельный
200-2403055А	Сателлит дифференциала – диаметр отверстия	30,08 ^{+0,039}	30,200	30,560
200-2403060	Крестовина дифференциала – диаметр шейки	30 _{-0,021}	29,920	29,680
200-2403060	Крестовина дифференциала – диаметр отверстия	82 ^{+0,054}	82,100	82,400
200-2403050А	Шестерня полуоси – диаметр шейки	82 ^{-0,080} _{-0,125}	81,800	81,200
70218	Шариковый подшипник – внутренний диаметр	90 _{-0,020}	-	-
200-2403018Б	Чашка дифференциала – диаметр шейки	90 ^{+0,026} _{+0,003}	89,990	89,960

С назначением диагностического параметра одновременно определяют и использование конкретного метода и алгоритма диагностирования, совокупность признаков, физических процессов, способов и приемов, обеспечивающих их оценку (или измерение).

В перечень этапов контроля входит решение следующих задач:

- определение работоспособности (исправности, правильности функционирования);
- поиск дефектов (неисправностей);
- прогнозирование изменения состояния;
- прогнозирование работоспособности.

При поиске неисправностей необходимо выполнять операции сравнения реакций объекта диагностирования на тестовые воздействия или оценивать выходные сигналы. Диагноз должен содержать указания о неисправном элементе и рекомендации по способу устранения неисправности.

В таблицах диагностирования объектов указываются нормы на исходные, допустимые и предельные ресурсные и функциональные параметры всех узлов и агрегатов конкретных транспортных машин. Пример разработанных диагностических структурных параметров на главную передачу грузового автомобиля КрАЗ представлен в табл. 4.3.

Основными средствами диагностирования органами чувств являются зрительный, слуховой, вестибуляторный, обонятельный и вкусовой анализаторы, ощущения (показания) которых обрабатываются в мозге. Физиологические характеристики этих анализаторов человека, физиологические и психофизические характеристики нейронной системы и мозга человека приведены в [3, 27].



Рис. 4.7. Неисправности гидравлической тормозной системы

Средства, требующие интенсивного участия человека-диагноста для обслуживания приспособлений, приборов и аппаратных средств относятся к классу «ручных работ».

Методы диагностирования органами чувств человека также включают возможность применения технических средств, которые не рассчитаны на проведение измерений, но повышают восприимчивость и разрешающую способность органов чувств человека. Такими средствами могут быть: лупа, микроскоп, микрофон, слуховая трубка, эндоскоп, масштабная линейка,

шуп, манометр, вакуумметр, указатели уровня, расходомеры, штангенциркуль, нутромер, микронная головка, компрессометр, стетоскоп и другие средства «малой», диагностики. При таком широком использовании средств «малой» диагностики применяемые методы можно назвать визуально-измерительными.

Оптические приборы значительно расширяют пределы возможностей глаза, что позволяет видеть дефекты, размеры которых находятся за пределами разрешающей способности невооруженного глаза. Считается, что для визуально-оптического контроля деталей целесообразно применять приборы с кратностью увеличения не более 20-30, так как с возрастанием кратности увеличения уменьшаются поле зрения, глубина резкости, производительность и надежность контроля.

В последнее время арсенал средств, используемых человеком при диагностировании транспортных машин, значительно расширен за счет появления бортовых средств визуального контроля реакции объекта диагностирования на тестовые воздействия. Бортовые средства значительно повышают информативность восприятия объекта органами чувств человека и качество логического контроля при поиске места и причины неисправности.

4.4.5. Последовательность диагностирования

Как правило, первым диагностом технического состояния автомобиля является его водитель, который в процессе эксплуатации автомобиля следит за возникающими шумами, вибрациями и другими проявлениями процессов функционирования и управления агрегатами и системами автомобиля. После проявления некоторого необычного признака внимание водителя сосредотачивается на техническом состоянии автомобиля и происходит накопление информации о частоте повторного проявления того же признака или других признаков, которые могут выступить в качестве диагностических параметров.

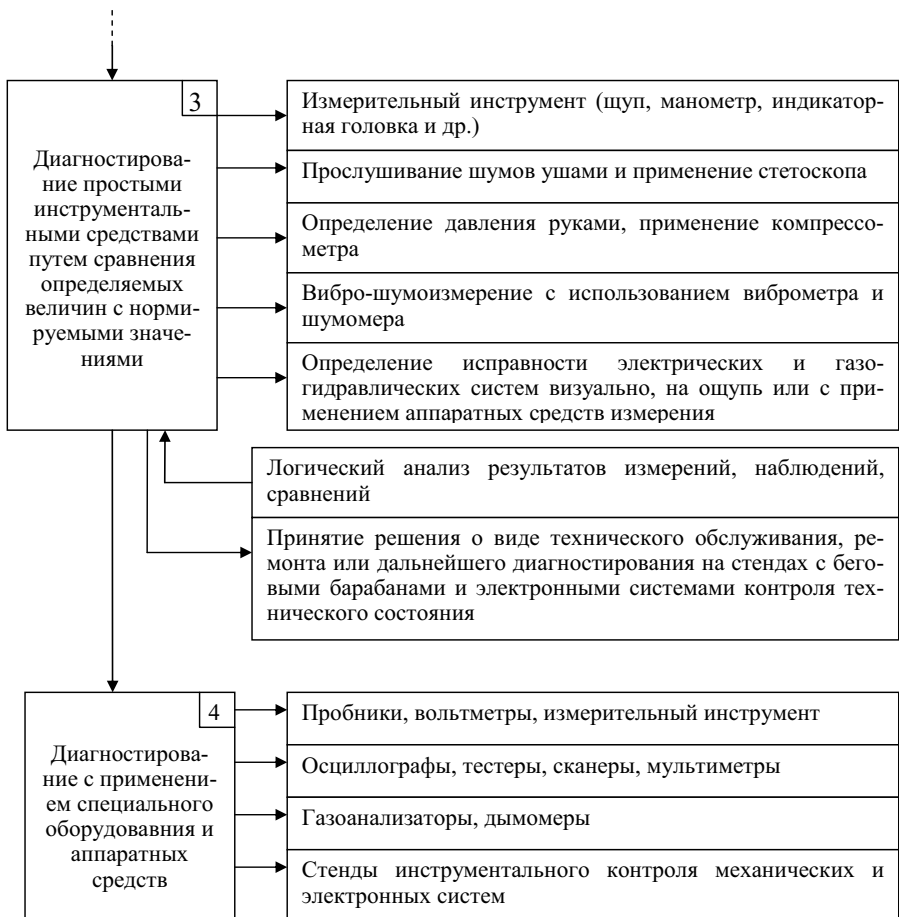
Самой эффективной последовательностью диагностирования машин является исторический метод подобия, эталонов, аналогий и исключений, принцип контроля технического состояния от простого к сложному, не пропуская очевидное.

Обследование автомобиля или отдельного узла начинают проводить с наиболее информативных признаков, последовательно перебирая их, направляя диагностику на контроль наиболее важных элементов, агрегатов, систем, при необходимости многократно повторяя испытания до момента установления диагноза.

Первым этапом диагностирования технических систем машин является визуальная оценка технического состояния. В зависимости от сложности объекта и поставленных задач оценки технического состояния можно осуществлять в три этапа по алгоритму, представленному на рис. 4.8.



Рис. 4.8. Алгоритмы диагностирования органами чувств и мышлением человека



Продолжение рис. 4.8

Для многих объектов диагностирование неисправностей может быть осуществлено на первом этапе (1, рис. 4.8). В зависимости от сложности объекта и вида неисправности диагностирование может проводиться в два и три этапа (см. 1, 2, 3, рис. 4.8). На втором этапе проводится опрос водителя и комплексное диагностирование органами чувств человека. Форма опросного листа представлена на рис. 4.9.

Достоверность и трудоемкость диагностирования органами чувств человека зависит от:

- качества разработанной эксплуатационной документации на стадии проектирования;
- диагностических признаков неисправностей всех систем и алгоритмов их поиска;
- диагностических моделей;

- структурно-следственных и функционально-логических моделей поиска неисправностей;
- знания конструкции, типовых и возможных неисправностей;
- квалификации и опыта диагноста.

Неисправность:

1. Является ли неисправность длительной?

да нет

2. При каких условиях наступает неисправность?

 после _____ км пробега

 при частоте вращения _____ об/мин

 при скорости _____ км/ч

 на _____ передаче

 при езде с постоянной скоростью да нет

 при ускорении да нет

 на принудительном Х.Х. да нет

 при холодном прогревом двигателя

3. Мощность двигателя

нормальная

низкая

высокая

4. Расход топлива

нормальный

низкий

высокий

5. Как эксплуатируется транспортное средство?

при коротких поездках

при продолжительных поездках

полностью нагруженным

ненагруженным

6. Автомобиль был заправлен бензином или дизельным топливом?

бензин

дизельное топливо

Рис. 4.9. Форма опросного листа

При эксплуатации транспортных машин разработанные при проектировании диагностические признаки дополняются фактическими эксплуатационными данными (досье на каждое средство). История и статистическая

обработка данных эксплуатационных неисправностей значительно увеличивает опыт и снижает трудоемкость диагностирования.

В большинстве случаев диагностирование органами чувств диагност проводит одновременно визуально, на ощупь, на слух, запах и цвет.

Дополнительное применение простейших инструментальных средств диагностирования и использование показаний приборов бортовых систем на третьем этапе позволяет выявить большинство (70-90%) неисправностей и дефектов механических систем машин. Выбор аппаратных средств и оборудования для измерений определяется их наличием. На третьем этапе диагностирования (рис. 4.8) применение осциллографов и тестеров не всегда оправдано. Использование простейших средств измерения позволяет провести квалифицированный предварительный анализ и обоснование поиска конкретной неисправности и конкретными средствами требуемой разрешающей способности.

Для примера на рис. 4.10 приведен общий алгоритм инструментального поиска неисправностей двигателя.

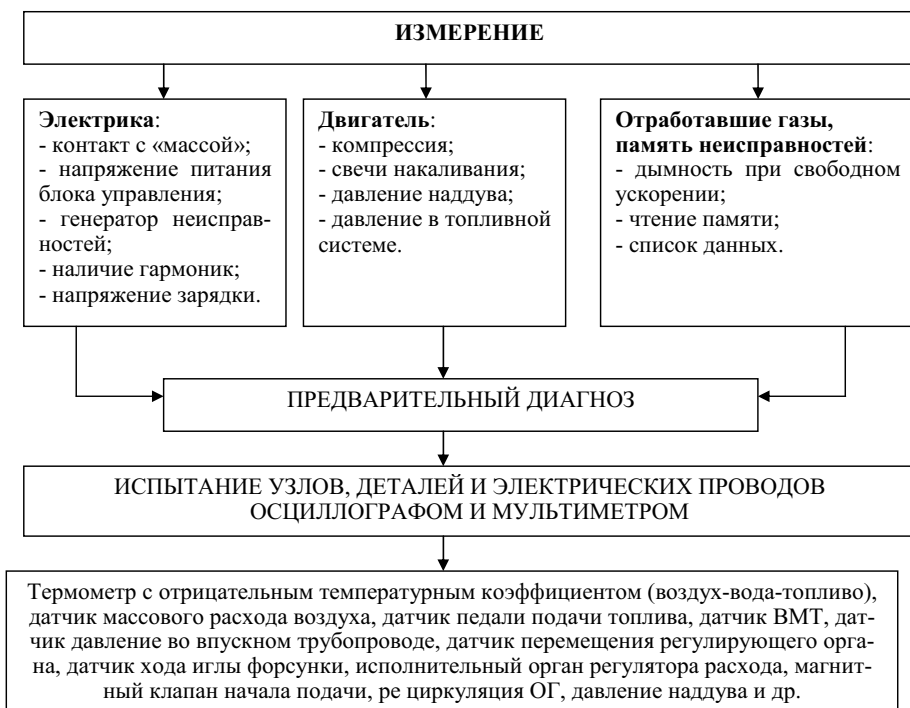


Рис. 4.10. Общий алгоритм поиска неисправности двигателя

Наиболее сложные неисправности и отказы машин можно диагностировать виброакустическими методами (см. этапы 3 и 4, рис. 4.8).

Оценочные параметры диагностирования органами чувств человека в

сочетании с инструментальными несут в себе наиболее полную информацию в управляющую систему для принятия решения. В этом случае принимается максимальное число параметров, диагностируемых органами чувств человека, и обоснованное минимальное число параметров инструментального диагностирования.

4.4.6. Достоверность диагностирования

Заключение о техническом состоянии объекта диагностирования, сделанное на основе восприятия органами чувств человека и логического мышления, без последующего инструментального контроля технических параметров объекта диагностирования, всегда носит предварительный характер. Поэтому диагностирование органами чувств человека нередко требует инструментального подтверждения. Инструментальные методы часто также имеют такую же достоверность диагностирования, как и органами чувств человека. Отличие заключается в разной разрешающей способности методов, количественных значений диагностического параметра неисправности (в зависимости от его места расположения и вида дефекта). Для транспортных машин достоверные сведения о техническом состоянии агрегата (узла) можно получить после его разборки.

Методы диагностирования на ощупь, на слух, на цвет и запах позволяют оценивать в большинстве случаев только качественные признаки отклонения технического состояния от нормы. Визуально человек может диагностировать многие дефекты с большой точностью и достоверностью. Недостатком этих методов является то, что они позволяют в основном фиксировать развитые дефекты, предельное или близкое к этому состояние машины. Диагностирование органами чувств человека позволяет констатировать наличие неисправности в машине, но установить количественные значения износа многих деталей, расположенных внутри объекта этими методами без разборки механизма требует большого опыта и высокой квалификации диагноста. Поиск и устранение сложных неисправностей без разборки механизма не всегда отличается требуемой достоверностью. Попытки количественной оценки состояния объектов диагностирования органами чувств человека, как и многими инструментальными, в том числе электронными системами, могут приводить к значительным ошибкам в принятии решений о степени износа и работоспособности механизма. Они не всегда позволяют количественно с высокой достоверностью прогнозировать остаточный ресурс.

К индивидуальным особенностям человека-оператора (диагноста) относится уровень знаний конструкции объекта диагностирования, его типовых неисправностей, параметров и методов диагностирования, систематические погрешности измерений, которые возникают из-за незнания алгоритмов, ошибок в оценке показаний приборов, неверных навыков оператора в режимах диагностирования. Результаты осмотра машины зависят от условий контроля, психологического состояния человека, усталости, от освещенности площади осматриваемой поверхности и нравственного сознания.

В целом достоверность диагностирования органами чувств человека (данные получены методом опроса диагностов) можно представить схемой на рис. 4.11. Здесь А, Б, В – диагностирование соответственно без разборки, с частичной разборкой и с полной разборкой объекта диагностирования. Чем больше знания и опыт диагноста, тем достовернее поставленный им диагноз.



Рис. 4.11. Схема вероятностной достоверности оценки технического состояния объекта диагностирования органами чувств человека

Из рис. 4.11 видно, что среднестатистическая достоверность (1) диагностирования зависит от объема диагностических работ и на стадии А может находиться (в зависимости от сложности объекта) от 0,5 до 0,8, на стадии Б – от 0,65 до 0,95, а на стадии В – от 0,85 до 1,0. Самой высокой достоверностью диагностирования на стадии А обладает визуальный метод. Это обнаружение внешних видимых неисправностей: трещин, поломок, отклонение геометрических форм, вмятин и т. п. Уровень необходимых знаний объекта диагностирования, типовых неисправностей, параметров диагностирования, методов и средств диагностирования описано в работах [1-12].

Поскольку задачами технической диагностики являются: контроль технического состояния; поиск места и определение причин неисправности (отказа) и прогнозирование технического состояния, то без разборки (стадия А) осуществляется в основном контроль общего технического состояния и место неисправности. А при полной разборке определяется конкретное место, причина неисправности и может прогнозироваться остаточный ресурс. По видимым неисправностям и зазорам в подшипниковых узлах, зубчатых передачах, подшипниках скольжения и других кинематических пар и клапанах качественно прогнозировать по критерию пригодности к эксплуатации можно уже на стадии А.

Оценка дефектов и неисправностей визуально и по измеренным значениям структурных параметров после разборки (стадия В) не всегда позволяет диагностировать неисправность и прогнозировать остаточный ресурс, поскольку определение структурных параметров в статике не позволяет учесть функциональные параметры (скорости, нагрузочные и другие условия) и динамическое состояние узлов и агрегатов в рабочих режимах. Проб-

ные поездки с системным переключением скоростей движения и нагрузок дает возможность повысить достоверность выявления неисправности.

Оценить комплексное влияние структурных, функциональных и динамических параметров машины на техническое состояние можно преимущественно вибрационными методами.

Задача диагноста – добиваться высокой достоверности оценки технического состояния на этапах 1, 2, 3 (рис. 4.8) без разборки объекта диагностирования (стадия А, рис. 4.11).

4.4.7. Диагностирование неисправностей на слух

Технические возможности диагностирования. Как средство получения информации слуховое восприятие является для водителя вторым по значению (после визуального восприятия) психологическим процессом при управлении автотранспортным средством. Бинокулярность слушания позволяет водителю достаточно точно определять источник звука в пространстве и характер его перемещения: он слышит и оценивает работу агрегатов своего автомобиля, звуковые сигналы от других автотранспортных средств, сирены спецавтомобилей и т. п. По интенсивности и частоте некоторых шумов водитель судит о скорости движения и ее изменении, постоянно с высокой точностью моделирует условия и классифицирует информацию по источникам шума и вибрации.

Человек по шуму и вибрационным параметрам, воспринимаемых на слух и на ощупь, с применением стетоскопов может диагностировать практически все виды неисправностей механического и газогидроаэродинамического происхождения. Достоверность диагностирования человеком неисправностей по вибрационным параметрам в зависимости от вида сложности механизма и опыта диагноста составляет 0,65-0,9. С применением вибронализаторов достоверность диагностирования неисправностей и технического состояния составляет 0,8-0,95.

Параметры вибрационных сигналов имеют высокую универсальность и информативность. Вибрационные параметры являются комплексным показателем технического состояния объекта диагностирования. В вибрационном сигнале содержится вся информация структурного, функционального и динамического состояния машины. Распознавание этих состояний зависит от знаний, опыта диагноста и применяемых средств диагностирования. Поэтому в работах [1, 2, 3] диагностированию на слух уделено большое внимание с освещением биологических и физиологических возможностей слухового аппарата человека.

Виды диагностируемых неисправностей. Анализ шума механизмов – это талант, включающий в себя знание машины и специальные знания о взаимодействии и движении деталей, о движении жидкостей и газов. Рассмотрение и анализ шумов агрегатов превращается в искусство, поскольку механизмы агрегатов могут поглощать и передавать реальные шумы, которые не относятся к диагностируемому объекту. Поэтому шумовые характеристики используются как первый признак наличия неисправности, а вид и

место неисправности в большинстве случаев определяют по параметрам вибрации.

На слух по вибрационным параметрам можно обнаружить: ослабление креплений и трещины при простукивании деталей; работу центрифуги по «выбегу»; зазор между клапанами и коромыслами механизма газораспределения – по стукам в зоне клапанного механизма; ненормальные зазоры в сопряжениях шатунных втулок и подшипников коленчатого вала – по стукам в соответствующих зонах кривошипно-шатунного механизма при изменении частоты вращения коленчатого вала; значительный износ подшипников или зубьев шестерен – по необычному шуму трансмиссии; перебои в работе дизеля вследствие пропуска вспышек – по ненормальному звуку выхлопа: при раннем впрыске – «жесткая работа», при позднем – «мягкая»; неплотности посадки клапанов газораспределения – по характерному свисту и шипению во впускном и выпускном патрубках дизеля при прокручивании коленчатого вала стартером или вручную; резкое ухудшение смазки подшипников скольжения – по появлению характерных стуков в подшипниках; отказ центробежного маслоочистителя или турбокомпрессора – по отсутствию шума ротора после остановки дизеля; разрегулировка муфты сцепления – по шуму, характеру его прерывистости и скрежету шестерен коробки передач при переключении скоростей; погнутость валов – по биению шкивов, звездочек и др. Удары кузова о подвеску появляются при неисправности виброизоляторов, также появление трещин и ослабление креплений при простукивании узла или элемента инструментальным молотком.

Анализ шумов и параметров машины при диагностических испытаниях сложных механизмов коробок передач и двигателя обычно включает комбинацию проверок на слух и на ощупь: пуск; остановка; проверка при разгоне или выбеге и движении с нагрузкой; прослушивание звуков, стуков и характер их прерывистости; визуальное наблюдение; изменение работы механизмов от нормальной снятием приводных ремней, переключением скоростей или изменением частоты вращения.

Большинство проблем с шумом в двигателях связано с процессом выпуска отработавших газов, процессом сгорания, ударами поршней и трением поршневых колец, клапанно-распределительным механизмом, топливным насосом, коленчатым валом, коренными и шатунными подшипниками.

Средства прослушивания шумов показаны на рис. 4.12, а места двигателя, в которых шумы прослушиваются наиболее четко – на рис. 4.13.

В трансмиссиях основным источником шума являются зубчатые передачи, подшипниковые узлы и муфты сцепления. На величину и характер шума влияет величина зазоров в сопряжениях и скорости передвижения деталей. Выбор места и точки прослушивания вибрации и шума или установки вибропреобразователей для измерения вибрации приведены на рис. 4.14.

Точки прослушивания вибрации и шумов следует устанавливать, а вибропреобразователь закреплять в местах как можно ближе к источнику ожидаемой вибрации диагностируемого узла, в зоне максимальной нагрузки и так, чтобы ось максимальной чувствительности совпадала с направлением возмущающих сил (рис. 4.14). Между источниками механических колебаний и местами прослушивания или установки вибропреобразователя долж-

ны находиться лишь жесткие элементы. Желательно, чтобы число стыков детали на путях прохождения вибросигнала от диагностируемой детали, точнее, от источника к месту прослушивания или установки вибропреобразователя было минимальным (точка Б, рис. 4.14), поскольку они могут изменить механический импеданс – затухание путей распространения вибрации. Так щуп прослушивателя или установленный преобразователь в точках Б воспринимают колебания подшипников и зубчатой передачи без заметного влияния колебаний, создаваемых другими узлами и деталями машины. Вибропреобразователи в точках В и Г воспринимают модифицированные колебания. Прослушивание и измерение вибрации в точках А и В (рис. 4.14, а) полезно для контроля крепления крышки подшипника. На определение источника вибрации зубчатых передач в точке Г может оказывать влияние собственная частота вибрации корпуса главной передачи.

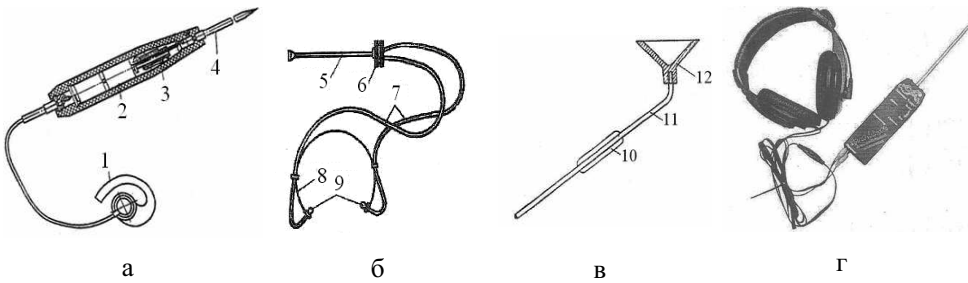


Рис. 4.12. Средства прослушивания шумов стетоскопами:

а, г – электронные; б, в – механические; 1 - наушник; 2 – элемент питания; 3 – транзистор усилителя; 4 – слуховой стержень; 5 – стержень; 6 – мембрана; 7 – резиновая трубка; 8 – пружинная пластина; 9 – телефон-наушник; 10 – корпус-ручка; 11 – стержень; 12 – телефон-наушник

В аэрогидравлических системах на шум влияет турбулентность потока, образование и срыв вихрей у твердых границ потока, переменные давления, разные скорости потоков при выбросе газов, пульсация давлений, автоколебания упругих конструкций в жидкости и газе, кавитационные явления, шум впуска и выпуска газов двигателей. Основными источниками аэрогидравлического шума являются двигатели, их турбокомпрессоры, клапаны насоса и топливные форсунки, гидротрансформаторы, вентиляторы, колена трубопроводов и т. п.

Пример типовых требований

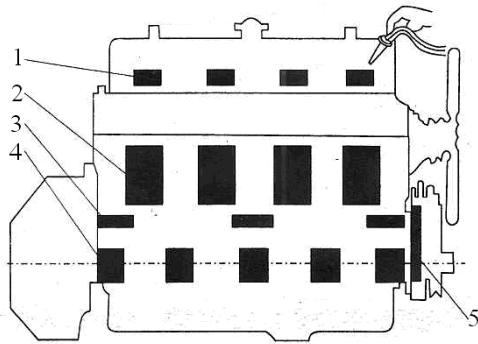


Рис. 4.13. Места (зоны) прослушивания шумов и вибрации двигателя:

1 – клапанов; 2 – поршней; 3 – шатунных подшипников; 4 – коренных подшипников; 5 – распределительных шестерен

по анализу шума при диагностике коробок передач приведен на рис. 4.15.

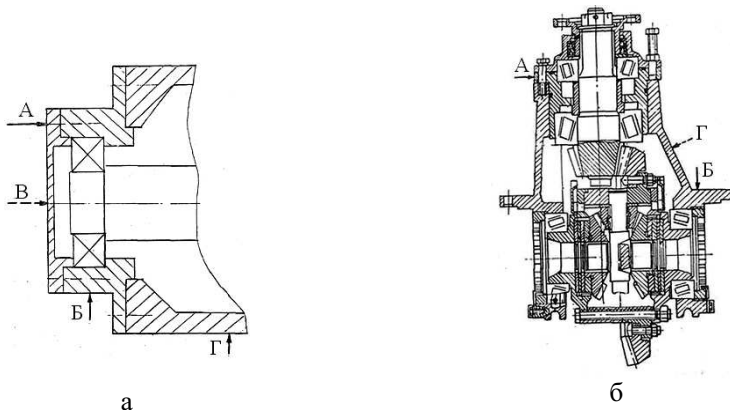


Рис. 4.14. Определение места и точек прослушивания вибрации и шумов или установки вибропреобразователя:

А, Б, В, Г – возможные места прослушивания или установки вибропреобразователя на подшипниковом узле качения (а) и главной передаче моста (б)

Тип:

- | | | |
|---|---------------------------------------|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Резонансные шумы | <input type="checkbox"/> Резкие звуки | <input type="checkbox"/> Вибрация |
| <input type="checkbox"/> Вой | <input type="checkbox"/> Гул | <input type="checkbox"/> Стон/гул |
| <input type="checkbox"/> Грохот | <input type="checkbox"/> Стуки | <input type="checkbox"/> Щелчки |
| <input type="checkbox"/> Жужжание/скрежет | | |

Когда обнаружены:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Реагирует на рулевое управление | <input type="checkbox"/> Разгон |
| <input type="checkbox"/> Реагирует на обороты двигателя | <input type="checkbox"/> Движение накатом |
| <input type="checkbox"/> Реагирует на обороты трансмиссии | <input type="checkbox"/> Холостой ход |
| <input type="checkbox"/> Постоянно | <input type="checkbox"/> Случайно |

Диапазон скоростей автомобиля _____

Рабочий диапазон Р ___ R ___ N ___ 2 ___ 1 ___

На _____ передаче/передачах

Высота (тембр)

Уровень интенсивности

- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Низкий | <input type="checkbox"/> легкий |
| <input type="checkbox"/> Средний | <input type="checkbox"/> средний |
| <input type="checkbox"/> Высокий | <input type="checkbox"/> сильный |

Замечания: _____

Рис. 4.15. Анализ шумов коробок передач автомобилей

4.4.8. Визуальное диагностирование

4.4.8.1. Физиологические возможности визуального диагностирования

Анализ зрительной информации позволяет обнаружить многие неисправности и ориентироваться в условиях внешней среды. В обычной жизни по зрительному каналу человек получает 80% всей информации. Глаз человека является физиологическим датчиком.

Чувствительность глаза зависит от длины волны и несколько различна у разных людей. С большим количеством испытуемых были проведены эксперименты по фотометрическому согласованию с целью определения соотношения воспринимаемого светового потока φ и реального спектрального распределения принимаемой мощности φ_p . Это соотношение может быть выражено как

$$\varphi = K_m \int_0^{\infty} \varphi_p V(\lambda) d\lambda$$

где $V(\lambda)$ – относительная световая эффективность глаза, а K_m – константа.

Международная комиссия по освещению (МКО) рекомендовала согласованную совокупность значений $V(\lambda)$. Эти значения иногда называют чувствительностью стандартного фотометрического наблюдателя. Форма кривой $V(\lambda)$ показана на рис. 4.16.

Человеческий глаз устроен так, что для того, чтобы четко видеть предмет, его изображение, формируемое с помощью хрусталика, должно попасть на центральный участок сетчатки. Этот участок содержит около 4 млн. шт.

зрительных клеток – колбочек, ответственных за точное восприятие тонких деталей, формы, размеров и цвета предметов. Всего в одном глазу их около 7 млн., и эти клетки не чувствительны при малой освещенности.

Поэтому глаз содержит 100-150 млн. других зрительных клеток – палочек, которые чувствительны к слабому свету. Они распределены по периферии сетчатки и воспринимают, в основном, движение.

Человеческий глаз позволяет определять размер, объем, цвет, интенсивность цвета, неподвижности, скорости и направление перемещения деталей, контрастности структуры материалов и поверхности деталей.

Человеческий глаз эффективно приспосабливается к различной освещенности: зрачок может так сузиться, что позволяет видеть в яркий солнечный день, или так расшириться, что позволяет видеть в практически темной комнате, где уровень освещенности примерно в миллион раз меньше. Глазу

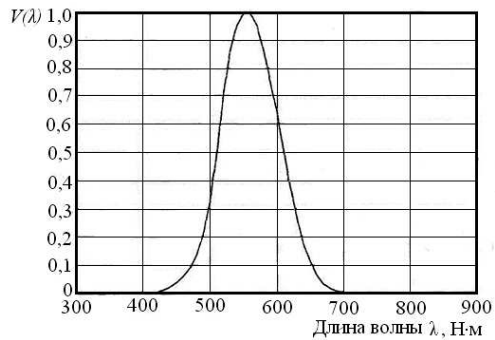


Рис. 4.16. Принятая относительная спектральная чувствительность глаза

требуется от десяти до 15 минут для адаптации к изменению освещенности. Выявление образа сетчаткой глаза осуществляется за 100 мс.

Поле зрения определяется пространством, наблюдаемым неподвижным глазом. Границы на белый цвет равны: вниз 70° , вверх -55° , к носу -60° и к виску 90° (125° по вертикали и 150° по горизонтали). Поле зрения обоих глаз – около 180° . Движение глаз позволяет увеличить угловую величину просматриваемого пространства. Нормальными границами подвижности глаз принято считать: вниз -53° , вверх -37° , к носу -46° , к виску -44° .

Перемещение глаза в положение для наилучшего наблюдения равно 60 мс, а распознавание образа осуществляется за 1 с. Таким образом, общее время восприятия объекта человеком составляет приблизительно 1,2 с. И значительно большую скорость.

Условно все поле зрения, человека глаз человека разбивают на три зоны: зона наиболее четкого видения (2°), зона ясного видения (22° по вертикали, 30° по горизонтали), когда при неподвижном глазе опознают предмет без различения мелких деталей. Число точечных объектов, воспринимаемых одновременно – до 7. Пропускная способность зрительного тракта составляет 20-70 бит/с. Световая чувствительность глаза характеризуется логарифмической зависимостью от освещения. По сравнению с техническими датчиками глаз имеет особенно широкое динамическое определение световой чувствительности приблизительно 200 АБ.

Предельный угол, различаемый человеческим глазом, равен 1° . На расстоянии наилучшего зрения (25 см) нормальный человеческий глаз способен различить две точки, отстоящие одна от другой на 0,07 мм. В условиях оптимального освещения при хорошей контрастности человек способен оценить размер порядка 40 мкм.

Визуальный метод контроля обеспечивает выявление трещин с раскрытием более 0,1 мм (ГОСТ 23479-79), а визуально-оптический при увеличении прибором в 20-30 раз – не менее 0,02 мм, точность метода в значительной мере зависит от контраста дефектов с фоном, уровня освещенности и способа освещения.

Нормы освещенности поверхности объекта при визуально-оптическом контроле в зависимости от размеров дефекта и контраста дефекта с фоном приведены в ГОСТ 23479-79.

Визуальный контроль можно проводить при небольшом увеличении ($\times 2$, $\times 4$, $\times 6$, $\times 10$) с использованием широко распространенных приборов: измерительных луп с фиксированным фокусным расстоянием и осветителем, переносных измерительных микроскопов с увеличением $\times 20$, $\times 40$, $\times 80$, $\times 100$.

Основным недостатком человеческого глаза является то, что при малой освещенности ему не помогают самые лучшие оптические приборы. Чаще всего осмотр проводится в условиях худшей освещенности, чем при дневном свете, что обеспечивает малую вероятность обнаружения мелких поверхностных дефектов, зависимость результатов осмотра от субъективных факторов и условий контроля. Тем не менее, простота методов контроля, малая трудоемкость, возможность осмотра основных узлов, больших

площадей и достаточная информативность делает их незаменимыми при контроле технического состояния машин. Данные методы предваряют оценку технического состояния и использование методов неразрушающего контроля, являясь в то же время основным аргументом наличия дефектов, неисправностей и повреждений.

4.4.8.2. Технические возможности визуального диагностирования

Визуальное диагностирование является первым этапом предварительного диагностирования машин любой сложности.

Некоторые виды визуального диагностирования неисправностей и дефектов агрегатов и узлов колесных машин приведены на рис. 4.17.

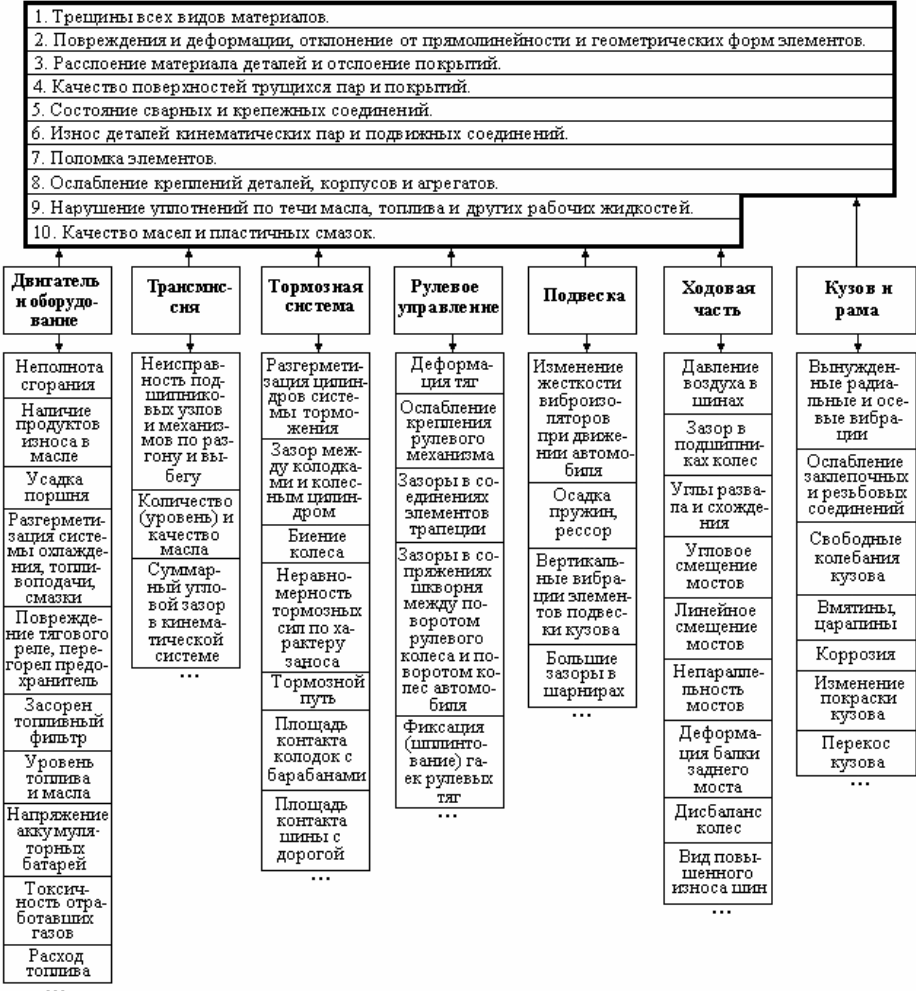


Рис. 4.17. Визуальное распознавание неисправностей автомобиля

Визуально можно обнаружить следующие неисправности любых механизмов:

- поломки деталей и трещины на поверхностях трения, корпусов и деталей;
- нарушение уплотнений;
- повреждение, трещины и расслоение ремней и неисправности ременной передачи по заметной на глаз вибрации шкивов и ремней;
- повреждение, дефекты и износ шин колес;
- появление зазоров в исполнительных механизмах и системах управления направляющими колесами и подвесок;
- качество распыла топлива форсунками;
- повреждение корпусов электрической проводки и ее искрение;
- ослабление креплений деталей и корпусов;
- повреждение и засорение фильтров;
- дефекты трубопроводов, соединительных шлангов, соединений деталей и механизмов по внешней форме и по течи масла, топлива, воздуха, охлаждающей и тормозной жидкости;
- трещины банки аккумуляторной батареи – по течи электролита;
- неполноту сгорания топлива – по дымности отработанных газов;
- износ деталей цилиндропоршневой группы – по голубоватому цвету отработавших газов вследствие чрезмерного угара картерного масла и дымлению из сапуна;
- качество картерного (моторного) масла – по цвету масляного пятна, нанесенного на фильтровальную бумагу;
- неравномерное натяжение и ослабление ременной передачи;
- состояние тормозной системы в дорожных условиях по тормозному пути – обнаружить пониженную площадь контакта по неработающей части накладки, которые покрываются пылевидными продуктами износа накладки (а рабочие ее части чисты);
- состояние ходовой части по нарушению прямолинейности движения колес;
- недостаток рабочей жидкости – по вспениванию жидкости в баке;
- чрезмерный износ уплотняющего колеса поршня силового цилиндра – по заметной на глаз усадке поршня (штока) при нейтральной позиции рукоятки золотника распределителя;
- оценка вязкости моторного масла по скорости его стекания со щупа с использованием этилового масла;
- разгерметизация системы охлаждения – по наличию воды в масле способом определения высоты слоя воды и общей высоты воды и масла в пробирке;
- неисправности подшипниковых узлов и механизмов – по длительности их вращения до полной остановки после отключения привода или прокручивания рукой (выбег или разгон).

Отличительной особенностью визуального контроля являются трудности при формализации процесса и решения задачи распознавания. Обнаружение трещин корпусных деталей, опор или оснований возможно при дос-

тижении размеров трещин 50-100 мкм, видимых глазом. Данные трещины можно выявить методами неразрушающего контроля.

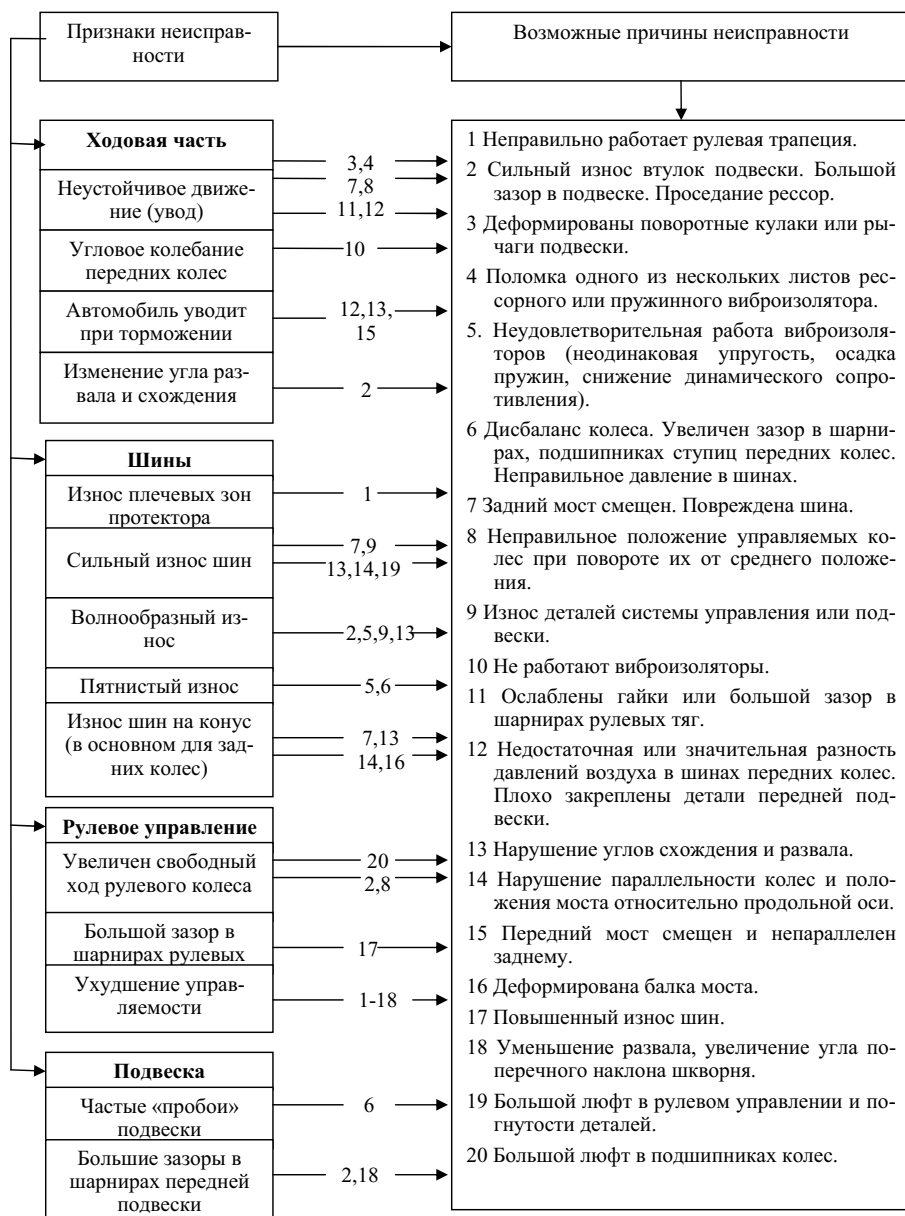


Рис. 4.18. Зависимые неисправности в системе «ходовая часть-рулевое управление-подвеска» автомобиля

Контрольная зона сварного соединения должна включать весь объем

металла шва, а также примыкающие к нему участки основного материала в обе стороны от шва шириной не менее 5 мм.

При выборе инструментальных средств диагностирования трещин разрушающими методами наиболее распространенными являются ультразвуковой метод (ультразвуковой дефектоскоп УД2-12), метод магнитной памяти металла и магнитоанизотропный сканер-дефектоскоп «Комплекс-2.05».

Визуально распознаются многие неисправности транспортных машин. Часть таких неисправностей приведена на рис. 4.17, 4.18. В верхней части рис. 4.17 (поз. 1-8) указаны общие виды неисправностей, характерных для всех диагностируемых узлов и агрегатов.

Для визуального диагностирования неисправностей технических систем автомобилей составляются таблицы, в которых приводятся признаки неисправностей механизмов, которые могут определяться визуально, и возможные их причины. Рекомендуется результаты визуального диагностирования возможных причин заносить в протоколы диагностирования. Эти результаты подлежат логическому анализу для принятия решения о назначении вида технического обслуживания, ремонта или проведения дополнительного диагностирования.

Многие виды неисправностей, приведенных на рис. 4.18, необходимо распознавать при анализе системы двигателя, шасси или «рулевое управление-ходовая часть-подвеска». Фрагменты зависимых неисправностей в системе «рулевое управление-ходовая часть-подвеска» приведены на рис. 4.18. Приведенные на рис. 4.18 ряд признаков неисправностей, например, рулевого колеса, и их возможных причин определяются диагностом визуально и опросом водителя.

Правильное соотношение углов развала и схождения управляемых колес способствует прямолинейности движения автомобиля и сохранению параллельности колес, исключая проскальзывание элементов протектора по дороге и ускоренный износ шин. Значение параметров установки управляемых колес некоторых автомобилей приведено в [2, 28].

Перед тем как искать причины неполадок в тормозах, ходовой части и подвески, необходимо убедиться в том, что шины в хорошем состоянии и давление в них соответствует норме, что хорошо отрегулирована установка колес, что груз равномерно распределен в автомобиле.

4.4.8.3. Визуальный контроль смазочных материалов

Статистические данные о безотказности механизмов свидетельствуют о том, что приблизительно в 40 случаях из 100 причиной отказа является недостаток смазки или ее загрязнение. Задача анализа качества смазки узлов механизмов имеет два направления: контроль поступления масла и контроль качества масла.

Контроль поступления масла. Операции по контролю поступления масла определяются способом подачи к деталям механизма. В основном это визуальные проверки:

- количества масла в редукторе – по уровнемеру, по масляному щупу;

- работы насоса подачи масла (в случае принудительной смазки);
- утечек;
- давления масла – по манометру;
- работы снабжающих узлов;
- подачи масла – через осмотровое стекло на маслопроводе, по расходу;

- просачивание пластической смазки через уплотнения;
- состояние омыывания зубчатых колес жидкой смазкой.

Контроль качества масла. Вкрапления в масле отображают характер и интенсивность износа смазываемых маслом элементов механизма и характеризуются количеством, концентрацией частиц и их химическим составом. При нормальном износе частицы имеют размер до 15 мкм и толщину до 1 мкм. При трении – это гладкие круглые частицы. Начало интенсивного износа сопровождается увеличением концентрации частиц и их размера до 50 мкм и появлением определенной формы (осколки, пластины неправильной формы, стружка). Дальнейшее развитие неисправности приводит к увеличению размера частиц до 100-300 мкм, а при выходе из строя – более чем 1000 мкм.

Методы определения продуктов износа в масле классифицируются по физическим процессам, которые заложены в них:

- разделение частиц;
- оптической плотности;
- спектральный;
- хроматографический.

Методы разделения включают:

- количественный анализ частиц, накопленных в масле, - магнитные и электрические детекторы;
- количественно-дисперсионный анализ – феррографы (магнито-оптические и магнито-емкостные).

Оптические анализаторы и феррографы, показывая увеличение размера частиц, раньше сигнализируют о неисправности, чем магнитные пробки и спектрофотометры, которые определяют количество (концентрацию) частиц в масле. Феррограф и детекторы стружки определяют ферромагнитные частицы, а спектрофотометр – все металлы, входящие в состав деталей механизма.

Условие отбора проб масел. Пробы берут сразу после остановки механизма или не менее, чем через 10 минут после пуска. Пробы берут перед фильтром. Перед отбором пробы необходимо спустить отстой. Пробы отбирают в сухую чистую посуду емкостью не менее 0,5 л, заполняемую на 3/4 объёма.

Визуальный контроль цвета масла. В случае жидкой смазки, масло должно иметь цвет свежего масла. Изменение цвета масла указывает на наличие загрязняющих веществ, эмульгирование свидетельствует о наличии в масле воды. Вода в смазке приводит к появлению мутно-белого цвета. Светлые масла рассматриваются в проходящем свете на прозрачность. Для тёмных масел пробирка с маслом подогревается до 80 °С, потрескивание в

ходе нагрева свидетельствует о присутствии воды. Присутствие воды в смазочном материале не приводит к существенному изменению характеристик смазочного слоя, однако возникающие коррозионные процессы провоцируют абразивный износ.

Цвет пластичной смазки может изменяться от светло-желтого до темно-коричневого. О наличии примесей свидетельствует золотистый цвет в случае подшипников скольжения и более темный цвет в случаях подшипников качения. Попадание воды в смазку вызывает появление мутно-серого цвета.

Вязкость масла должна отвечать стандартному значению. Помимо лабораторных способов вязкость может оцениваться визуально и на ощупь. В случае пластичной смазки, мазь должна быть гладкой и мягкой, без сторонних включений.

Вискозиметр определяет условную вязкость в условных градусах °ВУ. Условная вязкость – отношение времени истечения 200 мл испытываемого масла при температуре испытания ко времени истечения 200 мл дистиллированной воды при температуре 20 °С. Вискозиметр определяет вязкость по скорости опускания шарика в пробе масла.

Магнитное извлечение металлических примесей проводится при помощи магнитов, опускаемых в масло, или магнитных пробок, установленных на сливных маслопроводах. Металлические частицы, являющиеся продуктами износа, прилипшие к поверхности магнита, затем рассматривают при помощи лупы (6-10-кратного увеличения) или микроскопа с целью определения причин их появления. Чувствительность магнитных пробок – частицы с размерами более 100 мкм. Наибольшая эффективность метода для частиц свыше 200 мкм.

В первые 100-150 часов работы механизма с циркуляционной смазкой на магнитных пробках наблюдается металлическая производственная стружка, имеющая рваную с темными краями кромку. При нормальной эксплуатации мелкие железные частицы образуют в масле пастообразную массу с частицами до 0,25 мкм, размер этих частиц в процессе работе не меняется.

Аналитический феррограф. Феррограмма – зафиксированное на предметном стекле распределение частиц. Жидкость, стекающая по стеклянной пластинке, подвергается воздействию постепенно увеличивающегося магнитного поля. Это приводит к разделению частиц по размерам и позволяет определить их количество. Источник частиц может быть выявлен по их окраске при наблюдении в бихроматическом микроскопе. При нагреве феррограммы до 320-330 °С в течение 90-120 секунд частицы различных металлов принимают определенный цвет:

- углеродистая сталь – голубой;
- чугун – жёлто-коричневый;
- хром, свинец, алюминий – бело-серый;
- окись железа – бурый;
- неметаллические включения – жёлтый и зелёный.

4.4.8.4. Диагностирование неисправностей по состоянию

смазывающих жидкостей

У современных жидкостей для автоматических коробок передач цвет и запах не является надежным показателем при проверке состояния жидкости. Свежая жидкость сохраняет свой красный или зеленый цвет, но вскоре он изменяется и темнеет, а жидкость становится темной, прозрачной и похожей на лак. Теперь жидкость для коробок передач пахнет как горелая, даже когда она свежая и находится еще в емкости для хранения. Изменение запаха и цвета у современных жидкостей вызваны механическим составом новых жидкостей и добавками смол во фрикционные материалы для обеспечения соединения. Прозрачная жидкость темно-коричневого или темно-красного цвета без других признаков непригодности теперь считается нормальной, также как и горелый запах. Когда жидкость выглядит нормальной и отложения в поддоне и фильтре незначительны, следует тщательно обдумать ситуацию.

Однако некоторые признаки неисправности силового агрегата по-прежнему можно определить по состоянию жидкости. Если при нанесении жидкости на лист белой бумаги обнаруживается хотя бы один из перечисленных ниже признаков, то требуется разборка механизма:

- изменение цвета жидкости происходит в сторону ее почернения. Возможно это сопровождается наличием в жидкости остаточных частиц фрикционного материала;

- жидкость загрязнена частицами металла и/или фрикционного материала;

- жидкость явно сильно загустела и потеряла текучесть. Она становится липкой и даже может налипать на измерительный шуп. Для простой проверки текучести сравните скорость впитывания жидкости из коробки передач со скоростью впитывания свежей жидкости с помощью бумажной салфетки. Качественная жидкость легко впитывается в салфетку, а подозрительная жидкость будет стоять и впитываться медленно;

- жидкость имеет молочный вид, что означает попадание охлаждающей жидкости из двигателя в жидкость для коробки передач. Вода и гликолевые соединения приводят к разбуханию уплотнений коробки передачи размягчению фрикционного материала. Нет ничего необычного в том, что фрикционный материал отклеивается от основы. Единственным решением в этом случае является замена элемента радиатора для коробки передач. Необходимо также промыть магистрали радиатора и гидротрансформатор и полностью отремонтировать коробку передач. Незаблокированные гидротрансформаторы можно промыть, а заблокированные гидротрансформаторы необходимо заменить;

- жидкость напоминает пену или в ней много пузырьков. Это может быть вызвано пониженным или повышенным уровнем жидкости в коробке передач. Если уровень жидкости, правильный, то можно подозревать утечку воздуха на «всасывающей» стороне насоса. Надо начать с проверки установки фильтра и уделить особое внимание проверке наличия и повреждений прокладок или уплотнительных колец а также проверить, не сместились ли они со своих мест.

Если есть сомнения в состоянии жидкости и наличии осадка, то нужно снять поддон коробки передач для проверки и оценки состояния в процессе диагностики. В поддоне всегда бывают нормальные отложения, но особое внимание нужно обращать на следующее:

- большое количество частиц стали, бронзы или пластмассы, указывающее на повреждения втулок, упорных шайб или внутренних жестких деталей;
- композиционные фрикционные материалы, которые указывают на повреждения фрикционных или тормозных лент;
- стальные частицы или частицы фрикционного материала, которые не могут быть связаны с внутренним износом или повреждениями деталей и указывают на возможные повреждения (износ деталей) гидротрансформатора;
- если жалобы водителя на растянутый во времени процесс переключения пришлось на раннюю стадию неисправности, то ее можно устранить путем замены жидкости и фильтра.

4.4.8.5. Визуализация механических колебаний

Априорным утверждением в механике является тезис о том, что низкий уровень вибрации определяет степень конструктивного совершенства и хорошего технического состояния механизма. Оценка текущего состояния оборудования по параметрам вибрации – предмет исследования виброметрии, одного из разделов технической диагностики [9, 17, 29]. Однако если отсутствуют приборы, измеряющие вибрацию, можно сделать первые выводы о степени механических колебаний благодаря визуальному контролю и внимательности наблюдателя.

Непосредственное физиологическое восприятие вибрации и оценка ее параметров – органолептический анализ – проводится через органы чувств, без каких-либо специальных приборов. При этом возможно применение простых инструментов: линейки, циркуля, карандаша, секундомера. Рассмотрим некоторые приборы зрительного восприятия, визуализации механических колебаний.

Размах больших колебаний достаточно точно определяется на глаз. Если же поставить сзади объекта, который колеблется, линейку с делениями, то при стационарном характере колебаний их размах определяется с достаточно высокой степенью точности. Во многих случаях удобнее измерять колебания не по самому объекту, а по тени, которую он отбрасывает на экран в пучке параллельных или расходящихся линий.

Если колебания настолько редкие, что глаз различает каждое из них в отдельности, то их частота определяется подсчетом полных колебаний за определенный промежуток времени. С уменьшением размаха колебаний точность глазомерного восприятия уменьшается.

4.4.8.6. Визуальные методы неразрушающего контроля

Методы неразрушающего контроля. В некоторых случаях необходимо выявить или подтвердить отсутствие дефектов (неисправностей) сплошности деталей, сварных швов. Неисправности могут быть поверхностными (трещины) и объемными (раковины, поры). Их возникновение может быть связано с нарушениями в процессе изготовления и эксплуатации. Такие дефекты (неисправности) обнаруживают с помощью методов неразрушающего контроля. После контроля элементы оборудования способны выполнять свои функции, в отличие от методов разрушающего контроля. Известно большое количество методов неразрушающего контроля. Далее рассмотрены наиболее используемые методы, связанные со зрительным восприятием и принятием решений на основе визуализации неисправностей деталей машин.

Визуальный контроль. Визуально выявляются поверхностные дефекты и неисправности – трещины, дефекты сварки, концентраторы напряжения в виде острых щербин и рисок. Для выявления поверхностных трещин необходимо заблаговременно подготовить поверхность в месте предполагаемого повреждения, для чего поврежденные места необходимо зачистить и отполировать, затем осмотреть с лупой. Такой осмотр позволяет выявлять самые крупные трещины с шириной раскрытия 20-50 мкм. Результаты осмотра – субъективны, поскольку зависят от индивидуальных особенностей оператора и его физического состояния, степени утомленности, внимательности, пунктуальности). Для облегчения осмотра используют зеркала, линзы, микроскопы, прожекторы, бороскопы, фотоэлектрические системы, волоконную оптику.

Внешний вид трещины характеризует параметры и механику ее развития. Причины и обстоятельства отказов оборудования могут быть установлены при квалифицированном визуальном контроле. Кроме того, может быть проведена оценка срока службы элемента и выданы рекомендации необходимости специальных ремонтных вмешательств и периодичности осмотров для раннего выявления трещин.

Методы неразрушающего контроля проникающими веществами предназначены для выявления поверхностных и сквозных дефектов в объектах контроля, определения их расположения, протяженности и ориентации на поверхности. Подробная методика проведения контроля капиллярными методами, используемые материалы, классификация методов приведены в ГОСТ 18442-80.

Капиллярные методы разделяются на люминесцентный и цветовой. Особенность метода – выявление трещин, раковин, пор, которые имеют свойства капиллярных трубок. Суть цветового (хроматического) метода состоит в покрытии проверяемой поверхности проникающей жидкостью, высушивании поверхности и нанесении проявляющего покрытия. Проникающая жидкость просачивается с трещин и окрашивает проявляющее покрытие. Примерами реагентов для реализации метода могут служить: масло и известь, керосин и мел.

Использование флюоресцирующих, люминесцентных реагентов вме-

сте с ультрафиолетовым освещением дает наилучший эффект. Проникающие красители при облучении ультрафиолетовыми лучами дают зеленое свечение, позволяющее найти очень тонкие трещины (с раскрытием 1,0-10,0 мкм).

Для выявления поверхностных трещин используется метод цветной дефектоскопии. Метод состоит в следующем. Поверхность проверяемой детали очищается, обезжиривается ацетоном или спиртом, протирается сухой чистой салфеткой и просушивается горячим воздухом. На очищенную проверяемую поверхность наносится кистью или аэрозолем проникающая жидкость (80% керосина, 15% трансформаторного масла, 5% скипидара, дополнительно на каждый литр краски берут 15-20 г «судана-3» или жирового оранже, красного или черного цвета). После высыхания нанесенная проникающая жидкость с помощью масло-керосиновой смеси и салфеток удаляется с проверяемой поверхности. После этого на сухую поверхность наносится проявляющая жидкость (раствор мела в воде – белого цвета). Наличие поверхностных дефектов проявляется в виде окрашенных полос и извилин (трещин), точек и расплывшихся пятен (поры, шлаковые вкрапления). Чувствительность метода позволяет выявлять дефекты глубиной 10-30 мкм и более с минимальной шириной раскрытия 2 мкм. Дефекты, имеющие раскрытие более чем 0,3-0,5 мм, из-за интенсивного вымывания проникающей жидкости из глубины дефекта надежно не выявляются. Такие дефекты следует выявлять визуальным контролем.

Магнитные методы основаны на регистрации магнитных полей рассеивания, которые возникают над дефектами, или на определении магнитных свойств проверяемых объектов. Их классифицируют по способам регистрации магнитных полей рассеивания или определения магнитных свойств объектов диагностики: магнитопорошковый, магнитографический, феррозондовый, индукционный, магниторезисторный.

Эти методы обеспечивают выявление трещин с раскрытием 0,001 мм и более, глубиной 0,01 мм.

4.4.9. Диагностирование неисправностей автомобилей на ощупь

4.4.9.1. Технические возможности диагностирования неисправностей на ощупь

Диагностирование на ощупь производится часто вместе с визуальным наблюдением и на слух.

На ощупь можно определить: шероховатость и гладкость поверхности, липучесть, жесткость, мягкость, твердость, упругость, давление, силу, текстуру, легкость перемещения, размеры, температуру, биение, вибрацию деталей.

На ощупь определяют:

- не отрегулированные тормоза – по чрезмерному нагреву корпуса тормозного барабана;

- перезатянутые подшипники – по чрезмерному нагреву подшипниковых узлов;
- ослабление креплений – по относительному перемещению деталей, ощущаемому пальцами в их сопряжениях;
- неисправности рулевого механизма – по толчкам, ощущаемым на рулевом колесе;
- неисправности механизмов – по вибрации, ощущаемой руками;
- зависание иглы распылителя форсунки – по отсутствию импульсов впрыска в топливопроводе высокого давления;
- маслянистость и наличие абразива и инородных частиц в масле – на ощупь и перетиранием капель масла между пальцами;
- степень сработанности цилиндропоршневой группы пускового двигателя – по легкости и плавности (без заеданий) прокручивания рукой его шкива;
- степень сработанности и зазоры в подшипниковых узлах при приложении рукой радиальных сил и легкость вращения валов, колес, шкивов, шестерен и других деталей;
- попадание воздуха в гидросистему – по появлению упругости (потеря жесткости) в системе торможения;
- пробуксовывание муфты вследствие замасливания;
- дисбаланс агрегатов трансмиссии и колес;
- зазоры в шарнирах подвески и сопряжениях тяг рулевого управления.

При диагностировании на ощупь используются в основном пальцы рук, а также ноги. При управлении движением автомобиля руки могут двигаться со скоростью от 5 до 80 см/с.

Руками на ощупь по превышению температуры, по легкости переключения передач и проворачивания вала руками определяют техническое состояние узлов, качество сборки и регулировок.

На ощупь определяют старение резинотехнических и электротехнических материалов.

По анализу пробуксовки фрикционов, обгонных муфт, тормозных накладок и лент при проверке в движении можно сделать вывод об их неисправности.

На ощупь и к визуальным методам может быть отнесен и метод диагностирования редукторов по значению мертвого хода. При неподвижном выходном вале проворачивают входной до выбора зазоров в зубчатых передачах и по значению угла поворота входного вала судят о степени износа зубьев.

Примеры диагностирования деталей и узлов автомобиля приведены на рис. 4.19. Уточняя причины стуков клапанов в двигателе, необходимо проверить руками и щупом зазор между стержнем клапана и носком коромысла (рис. 4.19, а). Если зазор не в норме, его надо отрегулировать.

Основной люфт подшипников ступиц колес удобнее всего проверять на смотровой эстакаде или подъемнике. Но если их нет можно использовать для этих целей домкрат.

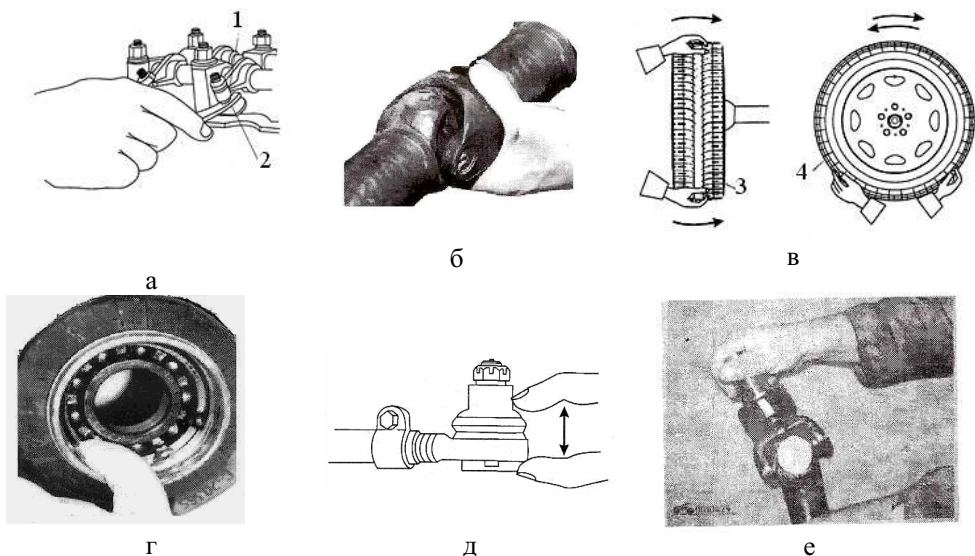


Рис. 4.19. Диагностирование неисправностей деталей и узлов визуально и на ощупь:

а – зазора между коромыслами и стержнями клапанов двигателя (1 – коромысло, 2 – стержень клапана); б – температуры карданного вала; в – зазоров в подшипниках колес (3 – ведомого, 4 – ведущего); г – зазоров в подшипниках качения; д – зазоров в шарнирах рулевых тяг (5 – рычаг, 6 – тяга); е – зазоров в карданной передаче

Для проверки ведомых колес (рис. 4.19, в) нужно положить одну руку сверху, а другую снизу на поддомкращенное колесо и покачать его от себя и к себе, то есть в плоскости, перпендикулярной оси вращения колеса. Колесо не должно свободно качаться. Допускается очень небольшой, слегка ощутимый осевой зазор (не более 0,15 мм), замеряемый индикатором. Свободное покачивание колеса – характерный признак увеличения осевого зазора ступицы на цапфе. А это отрицательно сказывается на износе подшипников и шин колес.

Чрезмерно тугое покачивание колеса также свидетельствует о неправильной регулировке или заклинивании подшипников.

Зазор в подшипниках ступицы переднего колеса можно определить

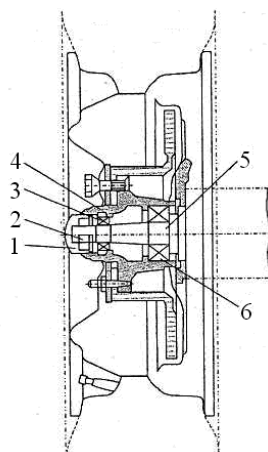


Рис. 4.20. Регулировка подшипников переднего колеса:

1 – колпачок; 2 – гайка; 3, 6 – подшипники; 4 – ступица; 5 – поворотный кулак

также покачиванием за тормозной барабан при снятом колесе. При этом следует приложить палец к зазору между барабаном и тормозным диском.

Ощутимый зазор устраняется регулировкой подшипников передних колес (рис. 4.20) или заменой неисправных подшипников.

Для определения зазоров в сочленениях рулевого привода требуется два человека. Один человек при этом резкими движениями поворачивает рулевое колесо вправо и влево, а второй на ощупь пытается определить ослабленные крепления, прижав пальцы к двум деталям, соединяемым шаровыми шарнирами (рис. 4.19, д). Зазоры (люфты) в шаровых шарнирах будут ощущаться при взаимном перемещении деталей. Зазор в шарнирных сочленениях тяг можно выявить и покачиванием тяги рукой вправо-влево, вперед-назад.

Если в шарнирах тяг появился большой зазор, то тяги будут качаться свободно. Обнаруженный даже малейший зазор в шарнире необходимо устранить затяжкой гаек или заменив шарнир.

4.4.9.2. Диагностирование рулевого управления и трансмиссии на ощупь

Рулевое управление. Минимальный перечень диагностических объектов рулевого управления по критерию безопасности приведен в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Перечень узлов рулевого управления, диагностируемых по критерию безопасности дорожного движения

Диагностируемый механизм	Метод диагностирования
Изменение усилия при повороте рулевого колеса	На ощупь и измерение прибором
Суммарный люфт в рулевом управлении	На ощупь и визуально, а также измерение прибором при опоре автомобиля на передние колеса
Детали крепления и фиксирования положения: подвижность рулевой колонки, рулевого механизма и деталей рулевого привода	На ощупь и визуально положение деталей рулевого привода – с возможным силовым воздействием на управляемые колеса при их установке на стенд
Натяжение ремня привода насоса гидроусилителя	На ощупь, визуально и измерение прогиба под воздействием фиксированного усилия
Подтекание рабочей жидкости из гидроусилителя	Визуально

При контроле качества функционирования рулевого управления на ощупь можно выделить; характеристики сил сопротивления повороту управляемых колес в различных положениях; упруго-люфтовую характеристику, определяющую зависимость взаимных перемещений конечных элементов системы рулевого управления от возникающих между ними нагрузок; обратное силовое передаточное отношение, отражающее взаимосвязь между воздействующими на колеса автомобиля внешними нагрузками и

изменением при этом усилия на рулевом колесе; прямое силовое передаточное отношение, отражающее изменение момента при повороте колеса автомобиля от прилагаемого усилия и поворота рулевого колеса.

Большое усилие на рулевом колесе – признак чрезмерной затяжки шарниров рулевых тяг, неисправность насоса, деформация рулевых тяг, рычагов, большие утечки масла в клапане управления.

Неравномерное усилие при повороте рулевого колеса – признак неисправности насоса, периодического заедания перепускного клапана, большие утечки масла между золотником и корпусом или в гидроцилиндре, чрезмерный натяг в сопряжении «рейка-сектор» или в подшипниках.

Повышение температуры масла – признак неисправности перепускных клапанов рулевого механизма.

Люфт в рулевом колесе – признак износа сопряжений карданного вала, рулевого механизма и шарниров рулевых тяг, ослабление креплений деталей, деформация пружин или их поломка.

Регулирование параметров рулевой трапеции – очень трудоемкий процесс. Прежде чем контролировать геометрические параметры, необходимо определить техническое состояние отдельных соединений, определить зазоры в шарнирах рулевых тяг, в шкворневых соединениях, проверить крепление картера рулевого управления, зазоры во втулках маятникового рычага, крепление кронштейна маятникового рычага, исправность чехлов шаровых рулевых тяг, свободный ход рулевого колеса. Кроме того, следует определить износ резиновых втулок переднего и заднего мостов, техническое состояние подвески (остаточная деформация рессор, характеристики работы виброизоляторов), техническое состояние колес (осевое и радиальное биение шин, дисбаланс передних колес, давление воздуха в шинах).

Регулировку углов порота управляемых колес производят совместно с регулировкой схождения. Регулировать схождение необходимо той тягой, которая вызывает неправильную работу трапеции. Угол схождения устанавливают после проверки углов поворота управляемых колес.

При схождении в пределах нормы и неправильной работе рулевой трапеции необходимо регулировать сначала углы поворота управляемых колес, укорачивая одну тягу и настолько же удлиняя другую, а затем устанавливать необходимое схождение.

Автоматическая коробка передач. Если передача не включается, особенно высшая передача, то попробуйте провести следующую диагностическую процедуру:

- снимите корпус клапанов и проверьте сжатым воздухом контур фрикциона. Если результаты этой проверки нормальные, то сделайте следующее:

- переключите проверяемый клапан вручную. Воспользуйтесь разделительной деталью в отверстии;

- закрепите корпус клапанов на корпусе коробки передач и проверьте результаты;

- если передача не включается, то возможной причиной является неправильно собранный фрикцион, поврежденные сварные швы или срезан-

ные шлицы. Если переключение происходит, то под подозрение попадает контур центробежного регулятора. Заевший клапан переключения нужно определить, когда корпус клапанов снят.

Если коробка передач постоянно начинает свою работу на второй передаче, то нужно проверить в качестве причины давление центробежного регулятора и заевший клапан, и это можно определить если:

- имеется заглушка для измерения давления центробежного регулятора, то значение давления регулятора не должно превышать $0,2 \text{ кгс/см}^2$ (20 кПа), когда автомобиль стоит;

- заглушки для измерения давления нет, то снимите центробежный регулятор;

- автомобиль продолжает начинать движение со второй передачи, когда давление от центробежного регулятора равно 75 мм рт.ст. (20 кПа) или меньше или при снятом центробежном регуляторе, то заел клапан переключения. Если центробежный регулятор имеет заглушку для контроля давления, то заевший клапан переключения иногда может быть освобожден с помощью продувания сжатого воздуха через канал для измерения давления.

Для помощи в определении неисправностей контура центробежного регулятора можно наблюдать некоторые дополнительные картины характера переключения передач и воспользоваться ими для нахождения проблемной области.

1. Нормальный характер переключения холодной коробки передач - запоздалое переключение – указывает на утечку жидкости центробежного регулятора из контура.

2. Нормальный характер переключения холодной коробки передач – раннее переключение или начало движения с несоответствующей передачи указывает на утечку жидкости в регулируемую сторону контура центробежного регулятора.

Не обманывайтесь внешним видом центробежного регулятора. Регулятор может выглядеть хорошо и проходит проверки, но не выдает желаемых результатов при работе. Установите заведомо исправный регулятор и проверьте результаты, особенно когда не включается высшая (прямая) передача.

Анализ работы муфты гидротрансформатора. Диагностику необходимо знать, что считается нормальной работой муфты гидротрансформатора. Срабатывание муфты гидротрансформатора может привести к некоторым эффектам при движении, которые являются нормальными и могут быть объяснены.

Неустойчивое переключение определяется, когда коробка передач проявляет необычный характер переключения в неподходящее время, причиной которого является истинное срабатывание и освобождение гидротрансформатора. Водитель ощущает воздействие крутящего момента между гидравликой и механическим приводом. Ситуация возникает при различных фазах разгона, а другие детали системы муфты гидротрансформатора управляют разными условиями работы двигателя. Неустойчивость переключения является более активной при движении по холмистой местности

или при буксировке прицепа. Некоторые ситуации неустойчивости могут потребовать внимания такие, как работа двигателя или регулировка дроссельного клапана коробки передач.

Активность срабатывания и освобождения муфты гидротрансформатора следует включить в проверку при движении для общей оценки работы коробки передач, табл. 4.5. Целью на данном этапе является определение условий, которые могут считаться нормальными или, наоборот, потребовать более детальной диагностики.

Таблица 4.5

Результаты проверки гидротрансформатора в движении

<input type="checkbox"/> Нет освобождения	<input type="checkbox"/> Жесткое срабатывание
<input type="checkbox"/> Нет срабатывания	<input type="checkbox"/> Сильная неустойчивость
<input type="checkbox"/> Раннее срабатывание	<input type="checkbox"/> Вибрации/дрожание
<input type="checkbox"/> Позднее срабатывание	<input type="checkbox"/> Тряска
Момент переключения	<input type="checkbox"/> работает <input type="checkbox"/> не работает
Освобождение при переключении на пониженную передачу при частично открытой дроссельной заслонке	<input type="checkbox"/> работает <input type="checkbox"/> не работает
Освобождение при принудительном переключении на пониженную передачу при полностью открытой дроссельной заслонке	<input type="checkbox"/> работает <input type="checkbox"/> не работает
Освобождение при торможении	<input type="checkbox"/> работает <input type="checkbox"/> не работает
Освобождение при закрытой дроссельной заслонке	<input type="checkbox"/> работает <input type="checkbox"/> не работает
Замечания: _____	

ЗАМЕЧАНИЕ: удар при замедлении и определенная степень неустойчивости переключения являются нормальными характеристиками.

Некоторые жалобы водителей могут выглядеть следующим образом:

- автомобиль останавливается, когда включается передача;
- автомобиль заметно увеличил расход топлива;
- автомобиль дергается при движении по магистрали с высокой скоростью;
- автомобиль теряет мощность на низких скоростях, сразу после переключения;
- ощущается вибрация сразу после переключения передачи на низкой скорости;
- после прогрева муфта гидротрансформатора остается постоянно на повышенной передаче – автомобиль почти останавливается и дергается прямо перед остановкой.

На некоторых коробках передач иногда очень трудно ощутить дополнительное переключение, когда срабатывает муфта гидротрансформатора, и определить, блокируется ли она. Если муфта гидротрансформатора блокируется, то должно быть снижение оборотов двигателя на 200-300 мин⁻¹. Обычно после срабатывания муфты на слух регистрируется шипящий звук,

что позволяет отделить сигналы неисправности двигателя от неисправностей гидротрансформатора. Для определения, действительно ли неисправность относится к гидротрансформатору, необходимо удерживать мощность двигателя на постоянном уровне, слегка нажимая на педаль тормоза. Если рывки (дрожание) и вибрации продолжаются, то неисправность не связана с гидротрансформатором. Она может быть связана с деталями шасси, с неисправностями карданных шарниров или опорами двигателя, которые подвержены высоким нагрузкам.

Диагностика вибрации муфты также может быть проведена путем контроля работы датчика кислорода при движении автомобиля. Напряжение датчика переключается между высокими и низкими значениями. Когда скорость автомобиля достигает критической величины появления вибрации, то нужно наблюдать эффект переключения датчика O_2 (кислорода). Если напряжение остается высоким или низким в течение более долгого периода времени по сравнению с нормальным, то неисправность связана с двигателем. Подозреваемой частью является обычно высоковольтная (вторичная) цепь системы зажигания.

Датчик кислорода – расположен в выпускной системе двигателя и является входным устройством для блока управления двигателем или силовым агрегатом, обеспечивая управление подачей топлива и системой зажигания. Для наблюдения за флуктуациями напряжения от датчика кислорода можно пользоваться сканером при анализе содержания кислорода в выхлопных газах.

Блокировка гидротрансформатора при низких скоростях и при некоторых условиях движения может привести к вибрациям и дрожанию, которые обычно снижаются при изменении скорости переключения. Это требует новой загрузки программируемой долговременной памяти или замены выключателя центробежного регулятора, рекомендуемого производителем.

Иногда имеют место необычные условия работы муфты гидротрансформатора. Например, работа муфты гидротрансформатора может быть нормальной при проверке в режиме интенсивного городского движения, но не работает правильно при движении по загородному шоссе. В этом случае причина может быть в несоответствующей температуре охлаждающей жидкости или в неисправном датчике температуры охлаждающей жидкости. При движении в условиях города температура охлаждающей жидкости повышается, а при движении по шоссе температура понижается. Температура охлаждающей жидкости должна достигнуть значения около $83\text{ }^{\circ}\text{C}$ для того, чтобы компьютер заземлил цепь управления соленоидом муфты гидротрансформатора.

Если срезаны шлицы приводного кожуха солнечной шестерни, то она в планетарном ряду не может блокироваться для второй передачи или приводиться в движение для третьей и задней передач в планетарном ряду системы Симпсона. Они работают в трех- и четырехступенчатых автоматических коробках передач. Результатом будет возможность работы коробки, передач только на первой передаче и невозможность работы на задней передаче.

При срезании шлицов переднего вала коробки передач может работать только на задней передаче и не дает возможности для движения автомобиля вперед, поскольку шлицы водила планетарной передачи соединены с ведомым валом.

Срезание шлицов турбинного колеса (турбины) гидротрансформатора приводит к тому, что автомобиль не может двигаться ни вперед, ни назад. Рабочие давления коробки передач нормальные. Если нет входного крутящего момента, то не может быть и выходного крутящего момента.

Другими примерами распознавания неисправностей могут быть:

- срезан входной механизм планетарной передачи, и поэтому не будет движения вперед или назад. Рабочие давления коробки передач нормальные;

- срезаны шлицы водила планетарного механизма (на выходе) коробки передач АТХ компании «Форд», и коробка передач не может приводить в движение входную шестерню главной передачи. Если шлицы на входе главной передачи срезаны, то автомобиль не сможет двигаться ни вперед, ни назад. Рабочие давления коробки передач нормальные, и работа фрикционных и тормозных лент нормальная.

4.4.10. Диагностирование неисправностей по запаху, вкусу и цвету

При распознавании по запаху и вкусу нос и язык работают совместно. Ощущения рецепторами носа и языка преобразуются в электрические сигналы. Эти сигналы передаются в головной мозг, анализируются и сравниваются с кодами базы знаний человека.

По запаху и вкусу определяют: интенсивности, специфичности, побочные эффекты, неприятные и приятные ощущения («негодно-годно»).

По запаху определяют такие неисправности, как пробуксовывание муфты сцепления, муфт поворота, тормоза, замыкание электропроводки и другие неисправности, в результате которых при повышении температуры выгорают или накаляются материалы. По запаху определяют состав жидкостей, топлива, отработавших газов и др.

Запах топлива – признак утечки топлива, переполнения топливного бака, засорения фильтра, утечка паров в системе улавливания паров бензина.

По цвету определяют интенсивности, контрастности, структуры, яркость; попадание охлаждающей жидкости из двигателя в масло – по молочному цвету жидкости; наличие в жидкости остаточных частиц фракционного материала – по почернению жидкости.

По величине и цвету дымности определяют техническое состояние и точность регулирования систем топливоподачи и газообмена. Различают три цвета выхлопных газов: черный цвет свидетельствует о неполном сгорании топлива, что может быть вследствие недостатка воздуха в цилиндрах двигателя или из-за избыточной подачи топлива в камеры сгорания; голубой и серый цвет свидетельствуют о поступлении в камеру сгорания избы-

точного количества моторного масла, причиной чего может быть износ деталей цилиндропоршневой группы или залегание поршневых колец; белый цвет свидетельствует о низкой температуре процесса сгорания топлива или об увеличении угла опережения впрыскивания (подачи) топлива.

4.4.11. Логические методы диагностирования при управлении автомобилем и принятии решений

4.4.11.1. Следственно-логическое мышление при поиске неисправностей

Разум человека представляет собой своеобразную многоканальную систему «датчиков» и средств анализа, которые перерабатывают, объединяют, фильтруют информацию по совокупности всех полученных признаков и классифицируют образы технического состояния машин. Человек обладает способностью к свертыванию длинной цепочки рассуждений, усвоению навыков наблюдения, мыслительных операций и мыслительного эксперимента. Человек умеет распознавать образы состояний, видеть альтернативы и аналогии, формировать и длительно удерживать в состоянии возбуждения нейронную модель цели, направляющую движение мысли на немедленное решение или с отсрочкой.

Логическое мышление позволяет в присутствии субъективных элементов знаний, опыта, интуиции, предпочтения оценить объект диагностирования и его свойства, увеличить степень его понимания и сущность различных путей решения диагностической задачи, в которой много неясного и неопределенного из-за ограниченной возможности применения точных количественных методов диагностирования.

Диагностика органами чувств и мышления человека включает в себя логически построенный план действий. С точки зрения техники диагностика не может использовать бессистемный подход. Процедура следственно-логических цепочек мышления охватывает наиболее вероятные причины неисправности. Для логического принятия решения проблемы применяются собственные «диагностические средства» - глаза, уши, нос, руки, ноги, опыт и теоретические знания, позволяющие локализовать и распознать (определить) неисправность, не превращая диагностирование в процесс проб и ошибок. Ничем невозможно заменить человеческий мозг, знания, опыт и интуицию. Диагностирование любыми методами сопровождается логическим анализом и окончательное заключение остается за человеком, а не за средствами диагностирования.

Время срабатывания нервной клетки – нейрона человека во много раз превышает время такта персонального компьютера. Скорость передачи информации в нервной машине человека также в миллионы раз выше, чем ЭВМ. Наш мозг с легкостью справляется со многими задачами управления движением сложных объектов, поиска закономерностей, распознавания образов, принятия решений, которые ставят в тупик суперкомпьютеры систем управления техническими объектами.

На основе логического анализа диагностических таблиц неисправностей и анализа данных опроса водителя оператора без прямого участия каких-либо органов чувств или технического диагностирования может выдавать многие, хотя и не всегда точные, заключения о техническом состоянии. Например, затруднен пуск дизеля по причине неисправности топливной аппаратуры. Подобное заключение не всегда может быть правильным: пуск дизеля может быть затруднен вследствие низкой температуры окружающей среды, неисправности систем пуска и др.; падение мощности двигателя – автомобиль не «тянет»; неисправности системы охлаждения двигателя и др.

Определение неисправностей органами чувств человека находит широкое применение при разработке методик (инструкций) технического обслуживания и диагностирования машин. Цель таких методик – оперативное выявление причин неисправностей на основе их внешнего проявления и использования несложных внешних и встроенных в машину аппаратных средств технического диагностирования. В основу таких методик диагностирования положен логический анализ поступающей информации (от человеческих анализаторов).

При диагностировании неисправностей и отказов по их внешнему проявлению используются два основных способа. Первый способ заключается в составлении классификации всех неисправностей по внешним признакам и определения функциональной связи между ними и неисправностями. При другом способе используются алгоритмы последовательного поиска неисправности. Поиск неисправностей разделяют на этапы (рис. 4.22).

При использовании алгоритмов придерживаются условий, что общее количество алгоритмов равно количеству неисправностей. Но поскольку многие неисправности являются следствием отказов одних и тех же систем, их объединяют в единый общий алгоритм.

4.4.11.2. Диагностирование при пробных поездках автомобиля

Основанием для поиска неисправностей, как правило, служит обращение водителя (клиента). У обратившегося клиента в первую очередь необходимо досконально выяснить, при каких условиях возникла неисправность. Для этого существует такой документ как опросный лист (рис. 4.9). Если клиент не может ответить на все вопросы достаточно полно, обстоятельства возникновения неисправности следует определить во время пробной поездки. Такие действия могут занять много времени, однако имеют свои преимущества: клиент почувствует внимательное отношение к себе и будет уверен, что неисправность определена точно.

При опросе водителя или диагностических испытаниях в мозге человека-диагноста непрерывно строятся различные информационные модели о техническом состоянии механизмов машины. Примерная схема такого объекта диагностирования приведена на рис. 4.21. Анализируя в течение короткого промежутка времени «модель» рис. 4.21, 4.22 диагност при опросе во-

дителя или испытаниях принимает то или иное решение о постановке первичного или заключительного диагноза.

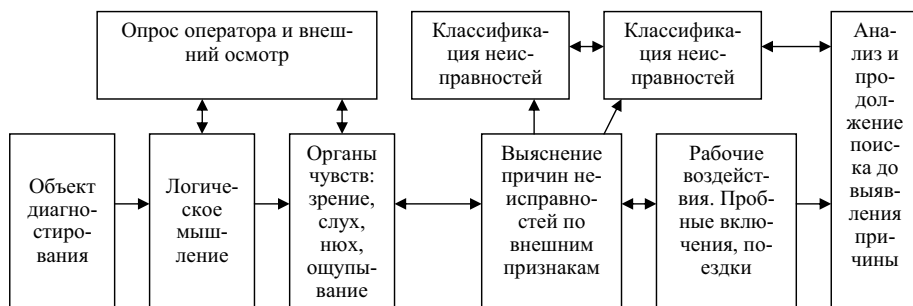


Рис. 4.21. Схема логического поиска неисправности

Для электронных систем автомобиля с «самодиагностикой» сначала считывают информацию из памяти неисправностей. Преимущество метода состоит в легком доступе к информации и возможности предварительной диагностики всех имеющихся электронных блоков. Разумеется, эффект от применения этого метода не должен переоцениваться, так как блок управления контролирует другие блоки большей частью лишь по конечному результату. Рано или поздно любой механик сталкивается с ситуациями, когда при неудовлетворительно работающем двигателе из памяти неисправностей может поступать сообщение о том, что неисправности отсутствуют.

Очень часто на явно неисправных транспортных машинах «самодиагностика» не определяет никаких повреждений или неправильно устанавливает причину неисправности. При гидродинамических или механических неисправностях самодиагностика либо слепа, либо выдает неправильные заключения. Поэтому целесообразно выявление неисправности проводить в последовательности, приведенной на рис. 4.18, 4.21. Если после такой последовательности определить неисправность не удастся, необходима проверка работы механизмов измерением диагностических параметров (рис. 4.10). Например, проверку работы механизмов двигателя и системы впрыска топлива придется осуществлять измерением компрессии и давления подачи топлива. При жалобах на плохой пуск, низкую мощность двигателя или дымный выхлоп рационально измерить дымность отработавших газов дымомером. Общий алгоритм поиска неисправностей при пробных поездках представлен на рис. 4.21.

При пробных поездках диагност (механик) и водитель в дорожных условиях анализируют функциональную информацию по показаниям встроенных аппаратных средств о давлении масла, смазки, температуры охлаждающей жидкости, уровня топлива в баках, частоте вращения коленчатого вала, давления воздуха в приводных механизмах и т. п., внешних признаках и условиях среды, опережая события, принимает решение предупреждающие отказы или аварии. Процесс оценки технического состояния и внешних ус-

ловий заключается в логической обработке некоторой объективно существующей информации, поступающей от водителя или работающих агрегатах. Эта информация поступает в виде системы внешних признаков: падение мощности, увеличение тормозного пути, снижение оборотов, давления масла, повышенный расход топлива и масла, появление стуков, шума и вибрации и др., прямо или косвенно характеризующие техническое состояние механизмов.

В основном процесс определения неисправностей механических и электронных систем органами чувств человека и логическим анализом разделяют на три этапа, которые показаны на рис. 4.22. На первом этапе собирают информацию о неисправностях объекта диагностирования. Для этого опрашивают водителя об условиях работы диагностируемого механизма, предшествующих неисправности, виды технического обслуживания и ремонта машины. Затем осматривают механизмы и машины внешне для оценки полученной информации и получения дополнительных данных о возможных неисправностях.

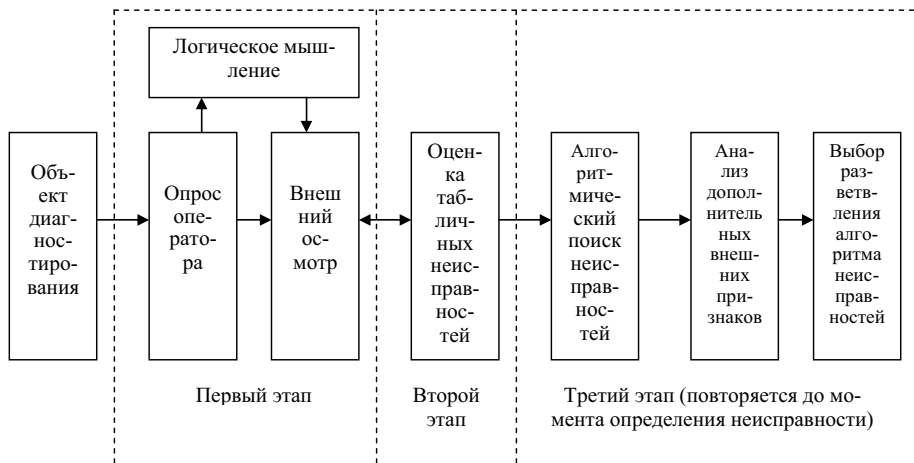


Рис. 4.22. Этапы поиска неисправностей

На втором этапе оценивают информацию, полученную на первом этапе с использованием методов поиска неисправностей по таблице неисправностей. Выбирают таблицы с отказами, которые могут быть причиной конкретного внешнего проявления неисправностей механизма машины. На этом этапе поиска неисправности невозможно однозначно определить причину неисправности машины, поскольку табличный метод дает только общее направление поиска.

На третьем этапе определение неисправности производят по алгоритмическому поиску. Анализ осуществляют последовательно по вертикальным ветвям алгоритма. Алгоритм дает возможность обратиться дополнительные внешние признаки неисправности и последовательно выбирать разветвление по продолжению поиска до момента определения причины неис-

правности.

4.4.12. Экспертные методы диагностирования

4.4.12.1. Области применения экспертных методов

Экспертный метод применяется в тех случаях, когда трудно или практически невозможно использовать более объективный метод (экспериментальный или расчетный). В практике диагностирования машин и управления данный метод очень распространен (например, при определении коэффициентов весомости показателей, численных значений показателей, которые не могут определяться каким-либо другим методом). Методология и методика применения экспертных методов достаточно глубоко представлена в различных литературных источниках. [3, 26, 27]

Экспертные методы широко используются при разработке и эксплуатации транспортных машин, оптимизации перевозок, при техническом обслуживании машин, для устойчивой работы удаленных инженерных объектов, диагностики отказов сложных устройств, неисправностей автомобилей, отслеживания состояния автомобиля в пути, своевременного предупреждения аварийной ситуации, принятия управленческих решений.

Методы экспертных оценок применимы для прогнозирования любых процессов: для непрерывных и дискретных, стационарных и нестационарных, вне зависимости от наличия статистики, скачков в развитии процесса и описания математической закономерности. Экспертные методы прогнозирования могут быть использованы для получения как количественных, так и качественных прогнозов. Недостатком методов экспертных оценок являются субъективность оценки и зависимость применения от наличия экспертов, знакомых с прогнозируемой ситуацией.

Эксперт – это человек, обладающий большими познаниями в некоторой области. Познания делятся на факты и правила. Правила определяют структуру, которая позволяет делать выводы на основе фактов. Экспертные системы на основе правил основаны на формальной логике и используют операторы «если-тогда».

Основными способами восполнения или компенсации дефицита информации при принятии инженерных, управленческих оценок технического состояния объектов диагностирования являются:

1. Сбор дополнительной информации и ее анализ. Очевидно, это возможно, если система располагает определенным резервом времени и средств.

2. Использование опыта аналогичных предприятий или решений. При этом важно располагать банком решений или иметь надежный доступ к нему. Кроме того, опыт других не может быть использован без корректирования.

3. Использование коллективного мнения специалистов или экспертизы.

4. Интервью и опросы.

5. Применение специальных инструментальных методов и критериев,

основанных на теории игр.

6. Использование имитационного моделирования, которое создает производственные ситуации, близкие к реальным, и других методов.

Наиболее подробно все вышеперечисленные способы изложены в работах [3, 26, 27]

В основе экспертных методов лежит субъективная оценка эксперта, зависящая от его умения с достаточной степенью достоверности оценить остаточный ресурс силового агрегата на будущий период эксплуатации, учитывая внешние условия эксплуатации и техническое состояние агрегата.

4.4.12.2. Основные положения теории экспертного прогнозирования

Различным аспектам теории прогнозирования посвящено значительное количество исследований.

Прогноз в большинстве работ определяется как вероятностное научно обоснованное суждение о перспективах, возможных состояниях того или иного процесса и явления в будущем и/или об альтернативных путях и системах прогнозирования.

Методологией прогнозирования является область знаний о методах, способах и системах прогнозирования, а именно:

- метод прогнозирования – способ исследования объекта, направленный на разработку прогноза;
- методика прогнозирования – совокупность одного или нескольких методов;
- система прогнозирования – упорядоченная совокупность методик и средств реализации.

Теория прогнозирования включает: анализ объекта прогнозирования; методы прогнозирования, подразделяющиеся на математические (формализованные) и экспертные (интуитивные); системы прогнозирования, в частности непрерывного, при котором за счет мониторинга и диагностирования осуществляется корректировка прогнозов в процессе функционирования объекта.

В работах по теории прогнозирования при анализе объектов производится классификация прогнозов, при этом в качестве основных признаков указываются следующие:

- масштабность, отражающая количество значащих переменных при описании объекта;
- сложность, характеризующая степень взаимосвязи переменных;
- детерминированность или стохастичность переменных;
- информационная обеспеченность периода ретроспекции, включая всевозможные варианты от объектов с полным количественным обеспечением до объектов, у которых такое обеспечение отсутствует.

Одним из основных классификационных признаков является также период прогноза, при этом большинство авторов выделяют три вида прогнозов: краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные. Естественно, что

временные интервалы прогнозов зависят от природы объекта, то есть изучаемой области деятельности. Например, при рассмотрении технико-экономических показателей деятельности фирм период краткосрочного прогноза не превышает 1 года, среднесрочный прогноз строится на период от 1 до 5 лет, долгосрочный – свыше 5 лет.

В работах по прогнозированию классифицируются не только прогнозы, но и методы прогнозирования. Известно большое количество методов прогнозирования, в основном они базируются на двух крайних подходах: эвристическом и математическом.

Эвристические методы включают построение интуитивных прогнозных моделей, которые формируются экспертами на основе целевой установки, предоставленной информации, опыта, интуиции и знаний эксперта. Выделяют индивидуальные (модели типа интервью, генерации идей), коллективные (метод простого ранжирования; метод задания весовых коэффициентов; метод последовательных сравнений; метод парных сравнений) и комбинированные (метод «Дельфи» и его модификации) экспертные оценки.

Экспертные методы прогнозирования рекомендуется использовать в том случае, если:

- нет достаточной статистической информации об изменении анализируемого показателя и влияющих на него факторов;
- показатель не изменяется численно, а выражается качественными признаками;
- анализируемый показатель не может быть описан на основе эволюционного развития, поскольку изменяется скачкообразно и природа этих изменений неизвестна.

Математические методы прогнозирования подразделяются на три группы:

- симплексные (простые) методы экстраполяции по временным рядам (метод наименьших квадратов, экспоненциальное сглаживание и др.);
- статистические методы, включающие корреляционный и регрессионный анализ, факторный анализ и др.;
- комбинированные методы, представляющие собой синтез различных вариантов прогнозов.

При формировании методики прогнозирования целесообразно рассматривать прогноз в узком и широком смысле.

В узком смысле (первого типа) прогноз выполняется при условии, что основные факторы, определяющие развитие прогнозируемого процесса или явления, не претерпят существенных изменений. Это позволяет выдвигать гипотезы о будущем развитии процессов и явлений, в значительной мере базирующиеся на анализе прошлого.

Прогнозы осуществляются с применением симплексных или статистических методов на основе временных рядов. Для прогнозов в узком смысле характерно, что:

- число значимых переменных включает от 1 до 3 параметров, то есть по масштабности они относятся к сублокальным прогнозам;

- при использовании одного параметра, например, времени, такие прогнозы считаются сверхпростыми, при двух-трех взаимосвязанных параметрах – сложными;

- по степени информационной обеспеченности периода ретроспекции прогнозы первого типа могут быть отнесены к объектам с полным информационным обеспечением.

Наиболее часто для прогнозирования типа используются методы, основанные на анализе временных рядов. Эти методы имеют разную сложность. Так, например, если все имеющиеся данные существенны и имеют равную ценность для прогноза, можно найти среднее всех значений динамического ряда, это и будет являться прогнозом на один шаг. Такой метод можно применять при любом количестве данных при условии равноценности всех данных. Но если последнее значение динамического ряда наиболее значимо по сравнению с остальными, то оно и может быть принято как прогноз на один шаг. Эти наивные методы прогнозирования практически не требуют каких-либо сложных расчетов.

Для повышения точности и достоверности прогнозных оценок первого типа целесообразно использование комбинированных методов, при этом желательно использование большого количества вариантов прогноза, рассчитанных на основе различных подходов или альтернативных источников информации.

Прогноз второго типа (в широком смысле) подразумевает, что исходные данные для получения оценок определяются с использованием опережающих методов прогнозирования: патентного, публикационного и др. Как правило, прогнозы второго типа используются для долгосрочного прогнозирования и разбиваются на два этапа: первый – получение прогнозных оценок основных факторов, второй – собственно прогноз развития процесса или явления. Учитывая объективную сложность и трудоемкость выполнения прогнозов второго типа, можно констатировать, что наибольшее распространение получили методы прогнозирования первого типа.

Для успеха в построении прогнозов знаний только о способах получения прогнозных оценок недостаточно. Важно четко разграничивать области применения разных методов прогнозирования и в зависимости от объема и характера данных быстро и безошибочно выбирать нужный метод в соответствии с целью получения конкретного прогноза.

Методы выбора и организации работы экспертов, ранжирования в задачах принятия инженерных и управленческих решений, опроса и интервью по оценке технического состояния и ресурса объектов диагностирования, эвристического прогнозирования по методу парных сравнений, когнитивного анализа и отбора информативных признаков, логической алгоритмизации выбора диагностических параметров, прогнозирования на основе эвристических алгоритмов, построение структурно-следственных и функционально-структурных моделей определения технического состояния объектов и другие рассмотрены в работах [3, 27, 30].

4.4.12.3. Экспертная оценка технического состояния системы «рулевое управление-ходовая часть-подвеска»

Методы экспертных оценок технических систем представлены в работах [3, 27, 30]. Результаты экспертной оценки степени влияния каждого из параметров ходовой части рулевого управления и подвески на эксплуатационные свойства автомобиля приведены в табл. 4.6, 4.7, рис. 4.21, 4.22.

Таблица 4.6

Диагностические признаки технического состояния легкового автомобиля

Диагностические признаки	Износ шин	Расход топлива	Устойчивость автомобиля	Устойчивость управляемых колес	Управляемость автомобиля	Стабилизация управляемых колес	Всего
1. Давление воздуха в шине	3	3	1	1	1	1	10
2. Изношенность протектора			2		1		3
3. Статический радиус колеса	1	1	1	1	1	1	6
4. Биение колес на определенной скорости	2	2	3	3	2		12
5. Осевое биение диска	2	1	2	2	1		8
6. Осевое биение шины	2	1	2	2	1		8
7. Радиальное биение диска	1	1	2	2	1		7
8. Радиальное биение шины	1	1	2	2	1		7
9. Люфт в подшипниках ступиц колес	2	2	1	1	1	1	8
10. Нарушение норм развала колес	1	1	2	2	2	2	10
11. Нарушение нормы схождения колес	3	3	2	2	2	2	14
12. Люфты в шкворневом соединении	1	1					2
13. Люфты в шарнирах моста	1	1	1	1	1		5
14. Люфты в шарнирах рулевой трапеции	2	2		1			5
15. Нарушение угла продольного наклона шкворня	1	1	3	3	3	3	14
16. Нарушение угла поперечного наклона шкворня			3	1	3	3	10
17. Нарушение разности углов поворота колес	2	2	2	1	2	2	11
18. Нарушение положения моста относительно продольной оси автомобиля	1	1	1	1	3	3	10
19. Статический прогиб рессоры (пружины)	2	2	2	2	2	2	12
20. Динамическое сопротивление амортизатора	2	2	2	2	2	2	12
21. Люфт в соединениях подвески	1	1	1	1	1	1	6
							180

Отклонение каждого из параметров ходовой части от нормы влияет на такие эксплуатационные свойства автомобиля: износ шин, расход топлива, устойчивость движения автомобиля, устойчивость движения управляемых колес, управляемость автомобиля, стабилизация управляемых колес.

Как показал анализ (табл. 4.6), техническое состояние переднего моста автомобиля определяется 21, а заднего – 14 параметрами (табл. 4.7), многие исследователи в своих трудах определяли влияние одного из этих параметров на одно или два эксплуатационных свойства автомобиля.

Таблица 4.7

**Диагностические признаки технического состояния
грузового автомобиля**

Диагностические признаки	Износ шин	Расход топлива	Устойчивость автомобиля	Устойчивость управляемых колес	Управляемость автомобиля	Стабилизация управляемых колес	Всего
1. Давление воздуха в шине	2	2	2		1		7
2. Изношенность протектора			1				1
3. Статический радиус колеса	1						1
4. Биение колес на определенной скорости	1	1	1		2		5
5. Осевое биение диска	1	1	1	1			4
6. Осевое биение шины	1	1	1	1			4
7. Радиальное биение диска	1	1		1			3
8. Радиальное биение шины	1	1		1			3
9. Нарушение параллельности колес	2	2					4
10. Люфты в шарнирах моста	1	1	1				3
11. Нарушение положения моста относительно продольной оси автомобиля	2	2	2		3	3	12
12. Статический прогиб рессоры (пружины)	2	2			2		6
13. Динамическое сопротивление амортизатора	2	2	2		2		8
14. Люфт в соединениях подвески	1	1	1				3
							64

Все результаты экспериментов, приведенных в табл. 4.6 и 4.7 выполнены на различных типах автомобилей, с различными шинами, применялись различные методики и показатели. Поэтому зависимостей влияния каждого из параметров на эксплуатационные свойства автомобилей составить невозможно.

Для определения общей картины влияния каждого из параметров на эксплуатационные свойства была проведена экспертная оценка по трехбалльной системе, то есть в баллах определялось влияние отклонений каждого из параметров ходовой части на основные эксплуатационные свойства

автомобилей.

В группу экспертов входили различные специалисты: научные работники, которые занимаются этими вопросами, работники автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания (инженеры-диагносты, начальники отделов технического контроля, главные инженеры и др.).

Данные экспертов были обработаны и по ним составлены табл. 4.6 и 4.7. Из данных этих таблиц можно определить в баллах влияние отклонения каждого из параметров ходовой части на основные эксплуатационные свойства автомобиля и на каждое из свойств в отдельности.

Так, нарушения схождения влияют в большей степени на износ шин (3 балла), расход топлива (3 балла), а с учетом других свойств автомобиля влияние этого параметра составляет 14 баллов.

Такое же количество баллов (14) составляет влияние нарушения угла наклона шкворня, но этот параметр меньше влияет на износ шин и расход топлива и больше – на безопасность движения.

Если анализировать результаты экспертной оценки по суммарному влиянию отклонений параметров на эксплуатационные свойства автомобиля, то анализ данных экспертной оценки показал, что по переднему мосту большое влияние оказывает давление воздуха в шине (12 баллов), биение колес на определенной скорости, то есть наличие дисбаланса (12 баллов), осевое биение шин и диска (по 8 баллов), люфт подшипника колеса (8 баллов) и в шарнирах рулевой трапеции (5 баллов), нарушение разности углов поворота колес (кинематика рулевой трапеции, 11 баллов), статический прогиб рессоры (пружины, 12 баллов), динамическое сопротивление амортизаторов (12 баллов).

Отклонение от нормы параметров заднего моста также влияет на износ шин. Так, параметры 1, 9, 11, 12, 13 в большей степени, чем остальные, влияют на износ шин. Отклонения параметров 1,4, 11, 12, 13 заднего моста оказывают большое влияние на эксплуатационные свойства автомобиля. Из анализа видно, что отклонения параметров заднего моста в меньшей степени, чем переднего, влияют на эксплуатационные свойства автомобиля.

4.4.13. Методы контроля и диагностирования гидравлических систем и гидроприводов автомобиля

4.4.13.1. Объекты и параметры диагностирования

Объектами диагностирования гидросистем, которые характеризуют их работоспособность, являются: системы смазки, охлаждения, топливные и их насосы, распределители, трубопроводы, охладители; качество масла и топлива; клапаны, регуляторы и датчики давления; фильтры, форсунки с гидравлическим приводом.

Изменение диагностических параметров гидравлических систем при эксплуатации оценивают многими тестовыми и функциональными методами, обладающими определенными преимуществами и недостатками. Выбор тестовых методов диагностирования существенно зависит от типа, назначе-

ния и условий эксплуатации гидравлических приводов, а также от оснащенной эксплуатационных подразделении средствами диагностики.

Функциональными и ресурсными параметрами агрегатов гидросистем, в первую очередь, являются производительность насоса и создаваемое им давление; гидравлическая плотность сопряжения «корпус-рабочий пояснок золотника распределителя»; герметичность клапанов и уплотнений цилиндров, соединений и гидропроводов; усадка штока, не превышающая допустимое значение; содержание в рабочей жидкости механических загрязнений (продуктов износа и абразивных частиц).

Основными диагностическими параметрами гидросистем автомобиля являются: создаваемое насосами давление, скорость нарастания давления, амплитуда значений давления, скорость падения давления, время сохранения установившегося давления, суммарные утечки в сопряжениях компонентов гидравлических систем.

Средства контроля и диагностирования гидросистем: манометры, гидротестеры, расходомеры жидкостей, измерители ультразвуковых колебаний контроля внутренних утечек из-за неплотности распределительных и запорных элементов гидроприводов, а также в клапанах.

Места возможной утечки обнаруживают визуально. Критерии оценки:

- образование подтеканий без каплепадения;
- подтекание с каплеобразованием;
- капельная утечка.

По площади масляных пятен на фильтровальной бумаге дают грубую количественную оценку утечки. Меловая окраска хорошо обнаруживает подтекания масла и легко удаляется после испытаний.

При диагностировании гидросистем необходимо убедиться в отсутствии подтеканий рабочей жидкости из трубопроводов, гидроцилиндров, бака, клапанов; убедиться в том, что плотно закрыты сливные и заливные пробки баков и картеров, отсутствует подсос воздуха и утечка рабочей жидкости.

4.4.13.2. Методы диагностирования

По трудоемкости существующие методы диагностирования гидравлических систем и гидропривода исполнительных устройств двигателя условно можно разделить на следующие группы:

- диагностирование органами чувств человека;
- статопараметрический метод – наиболее трудоемкий, требующий отвода из гидросистемы потока рабочей жидкости;
- методы амплитудно-фазовых и переходных характеристик и термодинамический, которые требуют установку в гидросистему датчиков, имеющих контакт с рабочей жидкостью;
- спектральный анализ и индикация инородных примесей, то есть методы, требующие отбора проб рабочей жидкости;
- акустический, виброакустический, силовой и метод измерения скорости нарастания усилия на исполнительном элементе, то есть методы, тре-

бующие установки датчиков, не имеющих контакта с рабочей жидкостью;
- кинематический метод – наименее трудоемкий, не требующий установки специальных датчиков.

Диагностирование органами чувств человека позволяет по осмотру, контролю элементов на ощупь, по запаху определять качественные отклонения состояния составных частей гидравлических систем от нормы.

Любое диагностирование гидравлической системы и гидравлического привода при эксплуатации начинается с внешнего осмотра. Проверяют внешнюю герметичность системы гидропривода (наличие подтеканий рабочей жидкости), обнаруживают механические повреждения элементов гидропривода (забоины, трещины, потертости шлангов и трубопроводов), а также контролируют выработку люфтов тарифных соединений, наличие пломб, контролов и т. п.

Объективность диагностирования органолептическими методами повышается при использовании специальных средств и простейшей аппаратуры. Например, недопустимое повышение температуры обнаруживается с помощью специальных красок, термощупов; возникновение шумов при увеличении зазоров – с помощью стетоскопов; наличие трещин корпусов агрегатов определяется по изменению магнитных линий, обнаруживаемых с помощью порошков; некоторые параметры контролируются визуально по показаниям приборов (манометров, тахометров и др.).

В зависимости от оснащенности эксплуатационного подразделения средствами диагностики визуальные методы заменяются приборными. Этот же процесс имеет место и при совершенствовании систем встроенного контроля гидравлических приводов различного назначения.

Статопараметрический метод основан на измерении параметров функционирования гидропривода: давления P (МПа) и подачи рабочей жидкости Q (л/мин).

При диагностировании вычисляют объемный КПД насоса, равный отношению его фактической подачи (л/мин) к теоретической

$$\eta_o = \frac{Q_\phi}{Q_T}.$$

На практике вместо Q_ϕ определяют $Q_{ном}$ – подачу при номинальной частоте вращения вала насоса $n_{ном}$ и нагружении насоса до номинального давления $P_{ном}$. Учитывая, что при малых давлениях утечками в гидроагрегатах можно пренебречь, вместо Q_T при частоте вращения n_o определяют подачу Q_o (при давлении $P_o \leq 0,05 P_{ном}$). При этом измерения должны проводиться при $n_{ном} = n_o$. Так как на СДМ, снабженных дизелями с центробежными регуляторами частоты вращения, это условие практически невыполнимо, для повышения точности измерений при вычислении η_o изменение частоты вращения корректируется

$$\eta_o = \frac{Q_{ном} n_o}{Q_o n_{ном}}.$$

Нагружение, как правило, в этом случае устанавливается внешним дросселем. Статопараметрический метод широко используется на практике и позволяет точно определить состояние каждого элемента гидросистемы.

Статопараметрический метод основан на измерении (давления, расхода и др.) установившегося задресселированного потока рабочей жидкости. Этот метод позволяет оценивать объемный КПД насоса и по его величине прогнозировать техническое состояние большинства составных частей привода. Он получил широкое распространение для диагностирования гидравлических приводов машин, а также другого гидравлического оборудования. Метод может быть использован для оценки технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса большинства агрегатов гидравлического привода.

Общее техническое состояние гидропривода характеризуется отношением полезного расхода рабочей жидкости, используемой исполнительным агрегатом, к теоретической подаче насоса, питающего исполнительный орган. Объемный КПД гидропривода и его отдельных основных узлов являются выходными параметрами. Они характеризуют два важнейших показателя диагностируемых элементов – величину структурного параметра и одновременно экономическую целесообразность дальнейшей эксплуатации гидропривода или отдельного узла.

Для измерения расхода рабочей жидкости применяют счетчиковые расходомеры (турбинные, объемные), расходомеры, основанные на переменном перепаде давления, на струйном методе, электромагнитные, ультразвуковые и др.

Наиболее широко используются расходомеры переменного перепада давления. В этом случае диагностическое устройство представляет собой дроссель-расходомер (ДР), физически моделирующий на практике зависимость вида $Q = \mu F_0 \sqrt{\frac{2\Delta P}{P}}$, то есть зависимость потерь давления на местном сопротивлении (дросселе) от его проходного сечения и потока (расхода) рабочей жидкости. В ряде таких устройств расход контролируется косвенно по степени дросселирования потока при заданном перепаде давления (устройства КИ-1097 (ДР-70), «Поток» и др.). В других случаях в составе устройства может использоваться собственно датчик расхода, например, турбинный (диагностическое устройство ГТ-02 – гидротестер и др.).

Нагрузочный (гидравлический) блок этого тестера, кроме турбинного датчика расхода, включает нагрузочный дроссель, манометр, датчик температуры, предохранительную мембрану.

Измерительный блок тестера включает измерительный прибор, переключатель режимов работы, печатную плату и источник питания, датчик частоты вращения и кабели соединения с гидравлическим блоком и датчиком частоты вращения. Во всех этих случаях диагностическим параметром, оценивающим техническое состояние гидроагрегатов, является их внутренняя герметичность (коэффициент подачи, объемный КПД и т. п.), которая характеризует степень износа и одновременно является показателем эффективности или целесообразности их дальнейшей эксплуатации.

К недостаткам метода относится трудоемкость, обусловленная необходимостью разъединения трубопроводов и рукавов в системе гидропривода для установки датчиков непосредственно для каждого диагностируемого элемента (агрегата) гидропривода, а также сравнительно низкая точность и необходимость применения датчиков разных типоразмеров для различию элементов привода. Необходимость рассоединения звеньев гидропривода часто приводит к потере и загрязнению жидкости.

К разновидностям статопараметрического метода относятся интенсивно разрабатываемые в последнее время термодинамические и акустические методы диагностирования.

Метод переходных характеристик (волновой метод) основан на анализе диаграмм изменения давления на участках гидросхемы после переходных режимов ее работы. Ударная волна, проходя по участку гидросхемы, несет информацию о всех гидравлических сопротивлениях (золотниках, клапанах, вмятинах, утечках). Сравнив полученную ударную диаграмму с эталонной, можно оценить изменения в гидросистеме. Данный метод обладает высокой информативностью, но сложна расшифровка диаграмм. Кроме того, во время проведения измерений необходимо исключать из схемы узлы, влияющие на гашение пульсаций.

Имеется несколько разновидностей метода. Во-первых, техническое состояние системы гидропривода определяется на основании характера протекающих в ней волновых процессов. Эти процессы в гидроприводе возбуждаются путем мгновенного перекрытия потока рабочей жидкости в трубопроводе краном управления. Диагностирование осуществляют по волновым диаграммам. Метод перспективен и обладает высокой информативностью. Его достоинство – в возможности нагружения гидросистемы при минимальных затратах труда на подготовительные работы путем создания избыточного давления управляющими воздействиями с использованием возможностей самой системы, то есть режима самозагрузки. Метод может быть реализован для оценки технического состояния гидропривода с применением как накладных, так и встраиваемых датчиков. Однако при этом требуется применение дорогого оборудования. Недостатком метода является и сложность оценки технического состояния отдельных сборочных единиц. Это объясняется значительным взаимовлиянием их в диагностическом режиме работы. Поэтому данный метод в настоящее время получил применение в основном при диагностировании гидроприводов авиационных систем.

Второе направление реализации метода переходных характеристик – оценка технического состояния гидроприводов машин по скорости изменения давления в нагнетательной магистрали перед нагружателем. Диагностическим параметром является время нарастания давления до данной величины. Между этой величиной и подачей насоса при постоянном режиме диагностирования существует определенная зависимость. Чем меньше подача насоса (объемный КПД), тем медленнее будет нарастать давление. Процесс этот происходит в короткий интервал времени, что отрицательно сказывается на точности диагностирования.

Еще одной возможностью использования метода переходных характе-

ристик является оценка технического состояния гидросистемы по скорости падения давления. Например, для диагностирования гидросилового цилиндра и золотниковых пар распределителя проверяемые элементы гидропривода отключаются от насоса с помощью распределителя при достижении заданного давления в системе. По времени падения давления в диагностической части системы судят о герметичности соответствующих элементов.

Термодинамический метод позволяет путем измерения перепадов температур на входе и выходе элементов гидросхемы определять их полный КПД. Основывается он на превращении в тепло энергии, теряемой в элементах гидропривода. Метод эффективен в условиях эксплуатации, однако требует высокой точности измерения температуры, наличия сведений о теплофизических свойствах измеряемой гидрожидкости либо использования сложных измерительных схем.

Метод спектрального анализа заключается в определении количества и вида продуктов износа элементов гидропривода в рабочей жидкости. Он позволяет обнаруживать износ на его ранней стадии, однако сложно локализовать продукты износа одной детали.

Метод индикации инородных примесей основан на определении количества продуктов износа деталей в гидрожидкости при помощи специальных магнитных пробок, а также количества воды и дизельного топлива посредством несложного химического анализа.

Акустический метод применяется для диагностирования внутренней негерметичности гидроагрегатов. Он основан на измерении в ультразвуковом диапазоне шума рабочей жидкости, перетекающей через поврежденные уплотнения. Предварительная тарировка позволяет определить утечки в гидрораспределителях, клапанах и других элементах гидросхемы. Достоинство – высокая скорость измерений, недостаток – необходимость предварительной тарировки и наличие значительных помех от соседних агрегатов.

Силовой метод основан на определении усилия, развиваемого исполнительным механизмом. Метод широко применяется при оценке общего состояния гидропривода машин в стационарных и полевых условиях. Достоинством его является возможность интегральной оценки состояния всего гидропривода исполнительного механизма, недостатком – невысокая точность. Недостатком метода также является ограниченное применение на стационарных постах диагностики вследствие необходимости использования громоздких нагружающих устройств.

Метод измерения скорости нарастания усилия на исполнительном элементе является развитием силового метода для определения технического состояния гидросистем сельскохозяйственных машин, в которых в качестве исполнительных элементов используются гидроцилиндры. Для измерения усилия применяются быстроразъемные накладные датчики. Достоинством метода является возможность быстрого получения информации для оценки общего состояния гидропривода, однако он не может использоваться для диагностирования гидросхем с гидромотором.

Кинематический метод, являясь наименее трудоемким, определяет общее техническое состояние гидропривода по скорости перемещения ис-

полнительных элементов, нагруженных рабочим оборудованием. Он достаточно прост и не требует применения специального оборудования, однако имеет невысокую точность.

На основе наиболее распространенного статопараметрического метода разработаны переносные и стационарные средства диагностирования гидропривода.

Временной метод или метод временных интервалов основан на измерении параметров движения исполнительных органов гидросистемы, нагруженной внешним нормируемым силовым воздействием, по времени выполнения рабочих операций исполнительными органами диагностируемой системы (гидропривода). Метод используется для оценки общего технического состояния систем гидравлического привода. Этот метод отличается простотой реализации, вследствие чего находит широкое применение для диагностирования гидравлических приводов различных машин.

Кроме встроенных средств (реле времени, переключателей, конечных выключателей, кнопок системы управления), применяют специальные средства – электросекундомеры, а также временно устанавливаемые датчики перемещений, скоростей, ускорений, давления, усилий. Данные регистрируются с помощью самописцев, а у быстродействующих приводов – с помощью осциллографов. При использовании нескольких датчиков получают информацию не только о временных интервалах, но и о других параметрах рабочего процесса гидравлического привода, необходимых при других методах его диагностирования. В автоматизированных системах контроля обработка полученной информации производится с помощью ЭВМ.

Контроль производительности форсунок двигателей, их временных характеристик производят несколькими методами:

- проливание в динамическом режиме;
- регистрация движения клапана или якоря форсунки;
- регистрация движения топливной струи.

Метод проливания форсунок позволяет определить разницу в количестве поданного топлива между форсунками, а метод регистрации движения якоря форсунки или клапана дает возможность получить (по осциллограммам) длительность всех временных характеристик запаздывания.

Метод нормированных параметров («эталонных модулей») основан на сравнении экспериментально определенных значений параметров гидравлического привода и его отдельных агрегатов (мощности, КПД, усилий, крутящих моментов, давления, подачи, перемещений и др.) с их паспортными значениями или с нормами технических условий.

Метод широко используется для диагностирования любых типов гидравлических приводов. Его преимуществом является возможность использования полученной информации для уточнения расчетов гидропривода и его элементов, прогнозирования ресурса, определения энергетических показателей и т. п. Во многих случаях для реализации метода не требуется сложной диагностической аппаратуры, а при диагностировании с использованием вычислительной техники необходимо лишь простейшее программное обеспечение, например для статистической обработки результатов экспери-

мента.

К методу нормированных параметров можно отнести также статопараметрический, силовой и временной методы диагностирования.

Номенклатура диагностических параметров, используемых при реализации этих методов, совпадает в основном с номенклатурой параметров, установленных стандартами или ТУ на правила приемки и методы испытаний агрегатов гидропривода (ГОСТ 14658-86, ГОСТ 18464-80, ГОСТ 20234-74 и др.).

Метод эталонных зависимостей (амплитудно-фазовых характеристик) базируется на анализе волновых процессов изменения давления в напорной и сливной магистралях гидросистем на рабочих режимах при загрузке системы со стороны исполнительного органа или дросселирования жидкости в сливной магистрали. Метод разработан для оценки общего технического состояния и локализации неисправностей, характеризующих работоспособное и неработоспособное состояние.

Метод амплитудно-фазовых характеристик (метод пульсаций давления) основан на измерении колебаний давления в напорной магистрали насоса в установившемся режиме его работы и предназначен для оценки технического состояния качающих узлов аксиально-поршневых насосов по осциллограмме пульсации давления. Этот метод позволяет определить суммарный износ в кинематической цепи, обеспечивающей возвратно-поступательное движение поршней. Недостатком его является невозможность определения износа элементов, влияющих на внутренние перетечки.

Распознавание неисправностей производится путем сравнения экспериментально полученных функциональных зависимостей параметров диагностируемого гидропривода (его отдельных агрегатов) с эталонными зависимостями, найденными расчетным или экспериментальным путем. Анализ амплитудно-фазовых частотных характеристик позволяет определить запас устойчивости следящих гидроприводов систем автоматического управления, использование характеристик динамической жесткости приводов систем управления.

Этот метод наиболее эффективен в гидросистемах, работа которых сопровождается значительными колебаниями давления. Используется в основном для определения неисправностей аксиально-поршневых насосов. Основной недостаток – жесткие требования к условиям его реализации. Метод не применяется для гидроприводов с шестеренчатыми насосами с низкой степенью жесткости нагнетательных магистралей. Метод реализуется с использованием встраиваемых в систему датчиков.

Метод эталонных зависимостей сложнее методов временных интервалов и эталонных модулей и обычно требует применения более сложной аппаратуры, так как в нем используются в большинстве случаев косвенные признаки, характеризующие работоспособное и неработоспособное состояние гидропривода и его составных частей.

Метод эталонных осциллограмм (переходных характеристик) представляет собой частный случай метода эталонных зависимостей, с помощью которого исследуют зависимость диагностического параметра от времени.

Он является одним из наиболее простых и эффективных методов диагностирования и широко применяется для выявления дефектов и отказов гидроприводов, для которых характерны низкочастотные динамические процессы. При анализе осциллограмм синтезируются приемы методов временных интервалов и эталонных модулей.

Метод сопоставления и наложения осциллограмм основан на анализе одновременно записанных осциллограмм различных параметров или одного и того же параметра, но при разных режимах (условиях) работы гидропривода. Этот метод представляет собой усложненный метод эталонных осциллограмм, с помощью которого анализируется динамика изменения параметра или устанавливается место возникновения дефекта (неисправности). Метод универсален и особенно эффективен для диагностирования новых конструкций гидропривода или при сложном проявлении отказа для уточнения диагноза. Автоматизации метода затруднена.

Анализ рассмотренных методов показывает, что ряд из них применяется при стационарных режимах работы гидропривода (метод нормированных параметров и его разновидности – статопараметрический и силовой методы, метод эталонных зависимостей), другие обеспечивают диагностирование гидропривода в динамических режимах его работы (временной метод, метод нормированных осциллограмм). К последним часто относят также методы виброакустической диагностики. В связи с этим комплексное диагностирование гидравлических приводов различного назначения и их составных частей может быть достигнуто только при рациональном сочетании различных методов.

Виброакустический метод основан на анализе параметров вибраций и акустических шумов. Метод пригоден для любых гидравлических систем, гидроприводов, насосов и других механизмов.

Виброакустический метод применяется в основном для гидроагрегатов с явно выраженными циклическими рабочими процессами, например для аксиально-поршневых гидронасосов. Основное достоинство – принципиальная возможность получения информации о любом элементе гидропривода без его разборки, недостаток – сложность выделения полезной информации.

Сущность вибрационного метода заключается в следующем. Работа сборочных единиц гидропривода сопровождается вибро- и гидроударными процессами или акустическими шумами, например сопряжений плунжерных пар в насосах и гидромоторах, клапанов, шумов и вибраций создаваемых потоками жидкости при дросселировании его через образовавшиеся зазоры, вытеканием рабочей жидкости через неплотности. Эти колебания называют структурным шумом в отличие от воздушного, возбуждаемого механизмами в окружающей среде. По мере изнашивания механизмов или при возникновении в них каких-либо дефектов нарушаются запроектированные кинематические связи между деталями, вследствие чего характер шума и вибрации изменяется. Это свойство используют для оценки технического состояния объектов.

Сигналы, возбуждаемые колебаниями работающих механизмов, носят

импульсный характер. Энергия акустического сигнала возрастает с увеличением зазора между сопряженными деталями. Поэтому амплитуда виброакустического сигнала может достаточно точно характеризовать состояние кинематической пары. Он фиксируется измерительным преобразователем, устанавливаемым для этой цели на корпусе объекта диагностирования и воспринимающим результирующие колебания, которые поступают от всех механизмов системы.

Для оценки соответствующего сопряжения в отдельности необходимо такое разделение сигнала на составляющие, при котором каждая из них характеризовала бы техническое состояние определенного сопряжения или одной кинематической пары.

Разработано несколько методов выделения диагностических сигналов: амплитудный, временной, фазовый и частотный. Эти методы реализованы в диагностических средствах. Часто используют корреляционный метод выделения сигнала, основанный на установлении связи диагностических и структурных параметров механизмов машин.

При виброметрическом методе контроля большое значение имеет правильный выбор первичных преобразователей-датчиков для замера ускорения вибрации и мест их установки. Точность замеров определяется отношением частот собственных колебаний измеряемого объекта и самого датчика.

Тепловой метод основан на оценке распределения температуры на поверхностях сборочных единиц системы, а также перепадов температур циркулирующей рабочей жидкости. Температура является мерой количества тепла, в которое превращается теряемая энергия.

Метод универсальный, может быть реализован при помощи накладных, встраиваемых и дистанционных датчиков (термовизоры). При использовании этого метода может быть реализована самозагрузка диагностируемой системы.

Недостаток теплового метода – в необходимости точного измерения перепада температуры, которое проводится специальными высокочувствительными измерительными преобразователями с линейной и стабильной характеристикой при выполнении весьма жестких требований к условиям их установки в специально подготовленных контрольных точках.

Метод анализа состояния рабочей жидкости основан на определении свойств рабочей жидкости, вязкости, содержания нерастворимых газов, количества и состава загрязнений, механических примесей и продуктов износа, находящихся в рабочей жидкости, счетчиками частиц, микроскопами, спектральными анализаторами или специальными индикаторами.

Классификационная схема основных методов диагностирования гидроприводов представлена на рис. 4.23.

При этом из всего комплекса вопросов, связанных с контролем параметров рабочей жидкости, необходимо выделять два основных, которые имеют большое практическое значение для обеспечения надежной эксплуатации гидропривода:

1) периодический контроль основных параметров рабочей жидкости в ходе ее старения при эксплуатации, чтобы оценить ее соответствие техни-

ческим требованиям к гидроприводам и своевременно заменить;

2) диагностирование гидропривода по параметрам рабочей жидкости. Контроль качества и изменения параметров рабочих жидкостей в процессе эксплуатации гидропривода осуществляется путем анализа их проб по стандартным методам, которые относятся к методам нормированных параметров.



Рис. 4.23. Основные методы диагностирования гидросистем и гидроприводов

Контрольные вопросы к подразделам 4.1-4.6

1. Приведите перечень хорошо усвоенных знаний, необходимых диагносту для эффективной диагностики автомобиля.
2. Приведите достоинства человеческой системы диагностирования.
3. Приведите структурные схемы систем тестового диагностирования человеком-оператором (диагностом).
4. Какая последовательность диагностирования человеком-оператором?
5. Какая может быть форма опросного листа и зачем он нужен человеку-оператору?
6. Приведите общий алгоритм поиска неисправности.
7. Какая достоверность диагностирования человеком-оператором?

8. Какие факторы влияют на достоверность диагностирования человеком-оператором?
9. Приведите перечень индивидуальных средств диагностирования человеком.

Контрольные вопросы к подразделам 4.7, 4.8

10. Приведите примеры возможностей диагностирования автомобиля на слух.
11. Какие знания необходимы диагносту для распознавания технического состояния объекта диагностирования на слух?
12. Как выбирать точки прослушивания шумов и вибрации объекта диагностирования?
13. Приведите типы средств прослушивания шумов.
14. Приведите места (зоны) прослушивания шумов и вибрации двигателя автомобиля.
15. Приведите карту прослушивания шумов коробки передач автомобиля.
16. Какие физиологические возможности визуального диагностирования человеком-оператором?
17. Приведите технические возможности визуального диагностирования.
18. Приведите типовые возможности визуального распознавания неисправностей по системам автомобиля.
19. Какие действия необходимо предпринять для выделения (распознавания) неисправностей именно подвески во взаимосвязанной системе «ходовая часть-рулевое управление-подвеска»?
20. Как можно визуально проконтролировать качество масла?
21. Приведите перечень признаков распознавания качества масла.

Контрольные вопросы к подразделам 4.9, 4.10

22. Приведите технические возможности диагностирования неисправностей на ощупь.
23. Какие неисправности механизмов рулевого управления можно определить на ощупь?
24. В каком месте деталей необходимо контролировать на ощупь ослабление соединений крышек подшипниковых узлов?
25. Какие неисправности ходовой части можно определить на ощупь?
26. Какие неисправности трансмиссии можно определить на ощупь?
27. Приведите перечень узлов рулевого управления, диагностируемых по критерию безопасности дорожного движения.
28. Приведите примеры распознавания неисправностей коробки передач путем переключения.
29. Какие возможности визуального диагностирования и на ощупь муфты гидротрансформатора?
30. Какие технические возможности оператора диагностировать автомобиль по запаху?
31. Перечислите виды неисправностей, диагностируемых по запаху.
32. Какие технические возможности оператора диагностировать по вкусу и цвету?
33. Какие виды неисправностей можно диагностировать по вкусу и цвету?

Контрольные вопросы к подразделу 4.11

34. Как осуществляется логическое мышление человека при поиске дефекта?

35. Какие данные необходимы оператору (диагносту) для логического анализа неисправности?
36. Представьте схему логического поиска неисправности.
37. Представьте этапы поиска неисправности.
38. Какие неисправности можно определить при пробных поездках?
39. В каких случаях применяются экспертные методы диагностирования?
40. Какие применяются способы получения информации при принятии решения для оценки технического состояния объектов диагностирования?
41. Приведите пример экспертной оценки состояния системы «рулевое управление-ходовая часть-подвеска» на эксплуатационные свойства легкового автомобиля.

Контрольные вопросы к подразделам 4.12, 4.13

1. Какие гидравлические объекты автомобиля требуют диагностирования?
2. На чем основано широкое применение гидравлики в технических системах управления элементами автомобиля?
3. Назовите ресурсные структурные параметры агрегатов и узлов гидравлических систем автомобиля.
4. Какие структурные параметры гидравлических систем рулевого управления и коробки передач?
5. Какие начальные нормы герметичности гидравлических систем автомобиля?
6. Приведите перечень методов диагностирования гидравлических систем.
7. Какие неисправности гидравлических систем можно определить органами чувств человека?
8. Какие существуют внешние средства диагностирования гидравлических систем?
9. Какие компоненты автоматических систем контроля гидравлических систем?

5. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Повышение эффективности, комфортабельности бортового диагностического обеспечения, внешних средств диагностирования и технического обслуживания автомобильной техники усложнили конструкцию автомобилей и виды их неисправностей и отказов. Соответственно возросли требования к квалификации диагноста и персонала технического обслуживания автомобилей, к объему и качеству знаний теоретических и практических основ диагностики, которые должны быть достаточными для распознавания вида и места неисправности, достоверности представляемых приборами рекомендаций или принятых решений о необходимости выполнения дополнительных диагностических измерений. Поэтому использование инструментальных средств только расширяет рациональные возможности принятия решений, однако человек остается основным звеном в системе диагностирования.

5.1. Общая характеристика средств диагностирования

Эффективность процессов диагностирования определяется не только качеством алгоритмов диагностирования, но и не в меньшей степени качеством средств диагностирования. Технические средства диагностирования относятся к измерительно-информационным системам и используются для определения технического состояния систем.

Диагностическое оборудование предназначается для контроля технического состояния как автомобиля в целом, так и его узлов и систем. Техническое состояние в первую очередь оценивается уровнем безопасности движения, воздействием на окружающую среду, тягово-экономическими характеристиками и ресурсом.

Основными причинами недостаточной достоверности диагностической информации при использовании существующих средств диагностирования является слабая связь измеренных диагностических параметров с динамическими характеристиками механических систем машин и динамикой протекающих физико-химических процессов в парах трения. Большинство традиционных внешних механических средств диагностирования имеют малую контролепригодность, малый охват номенклатуры машин и невысокую надежность.

Диагностическое оборудование должно обеспечить определение параметров работоспособности в диапазоне, включающем в себя предельное значение параметра и в предписанном режиме работы объекта. Оборудование для диагностирования должно обеспечить выявление неисправностей, способных повлиять на работоспособность объекта автомобиля. Если неисправности выявляются по изменению количественных значений параметров, оборудование должно обеспечивать определение этих параметров в необходимом диапазоне значений. Если неисправности выявляются только в

определенных силовых, скоростных, тепловых режимах, оборудование должно обеспечивать воспроизведения этих режимов при диагностировании.

Диагностирование автомобиля в целом проводят для определения уровня показателей его эксплуатационных свойств: мощности, топливной экономичности, безопасности движения и влияния на окружающую среду. Выявив снижение этих показателей по сравнению с установленными нормами, проводят углубленное диагностирование, определяют конкретные неисправности, регулируют механизмы и выполняют заключительный контроль.

Структура системы технического диагностирования (ТД) автомобилей приведена на рис. 5.1.

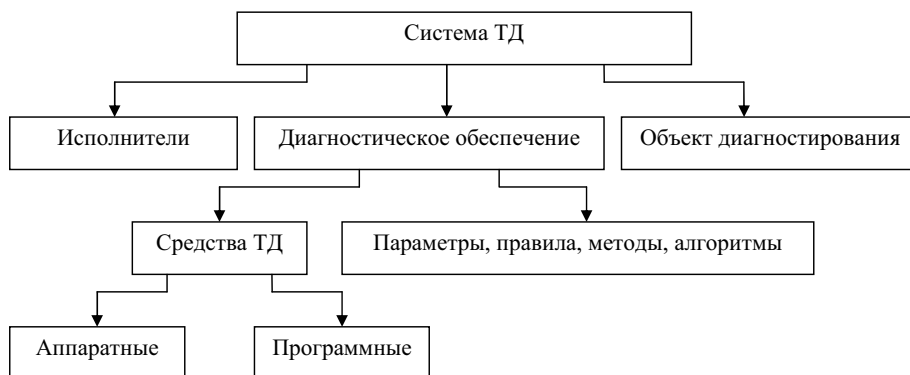


Рис. 5.1. Структура системы технического диагностирования

Большинство средств диагностирования автомобилей разрабатываются для оценки общего технического состояния по функциональным параметрам, а также углубленного диагностирования структурных параметров без разборки по косвенным параметрам. Методы диагностирования машин, их агрегатов и узлов характеризуются способом измерения и физической сущностью диагностических параметров.

По функциональному назначению средства технического диагностирования разделяют на такие группы: комплексные – для диагностирования машины в целом; двигателя и его систем; органов управления, тормозных систем; системы внешних световых приборов; трансмиссии; ходовой части и подвески; электрооборудования; гидравлических систем; приборов и электронных систем автомобиля (рис. 5.2).

Они могут быть аппаратными или программными, внешними или встроенными, ручными, автоматизированными или автоматическими, специализированными или универсальными (рис. 5.3), должны включать стендовое оборудование и эксплуатационно-техническую документацию.

Основным принципом классификации средств технического диагностирования (СТД) является их функциональное назначение, то есть отнесе-

ние к соответствующему виду работ.

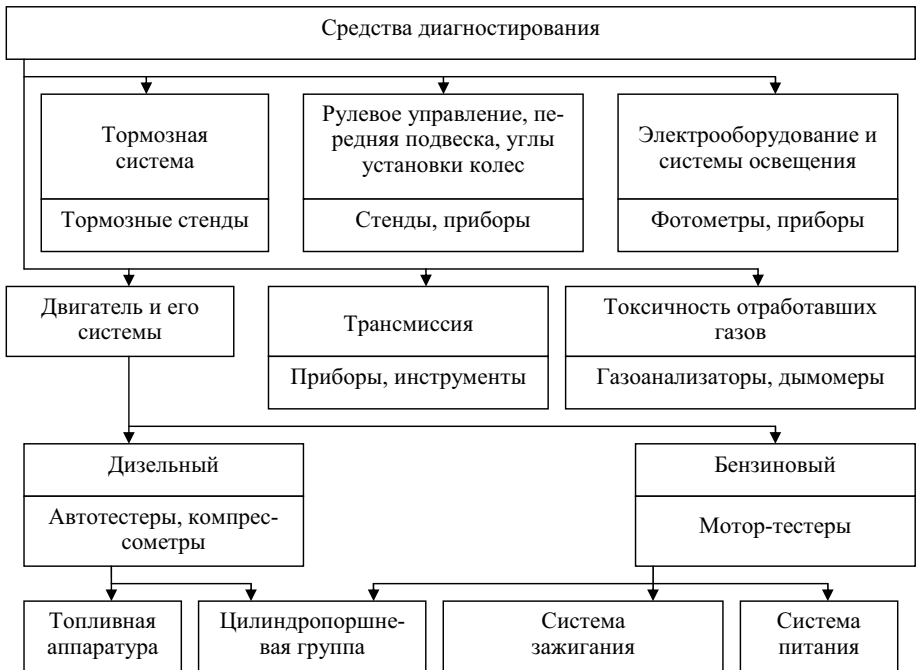


Рис. 5.2. Классификация диагностического оборудования

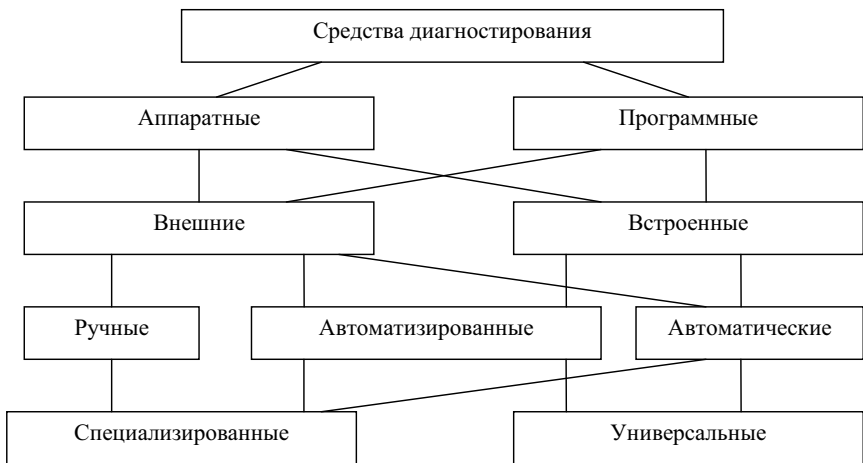


Рис. 5.3. Классификация средств диагностирования

Эффективность оценки работоспособности машины во многом зави-

сит от средств контроля технического состояния. Встроенные средства обеспечивают непрерывный контроль систем и сборочных единиц. В настоящее время на машинах обычно имеется минимум 6-9 средств контроля, но вместе с тем существуют уже машины и с 20 и больше элементами сигнализации предельного состояния систем или сборочных единиц.

5.2. Классификация средств измерений по виду диагностических параметров

В настоящее время принято выделять три основные группы средств технического измерения, классифицированных в зависимости от технологического расположения (рис. 5.4).

Внешние СТД, то есть не входящие в конструкцию автомобиля, в зависимости от их устройства и технологического назначения могут быть стационарными с нагрузочными устройствами или переносными. Стационарные стенды устанавливаются на фундаменты, как правило, в специальных помещениях, оборудованных отсосом отработавших газов, вентиляцией, шумоизоляцией (тормозной стенд, стенд для проверки углов установки колес и др.). Стационарные средства имитируют реальные режимы функционирования.

Внешние средства базируются в основном на имитации скоростных и нагрузочных режимов работы автомобиля и определении при заданных условиях выходных параметров. Для этих целей используются стенды с беговыми барабанами или параметры определяются непосредственно в процессе работы автомобиля на линии.

Примеры диагностических параметров и внешних средств диагностирования эксплуатационных свойств автомобиля (тягово-экономических, тормозных и ходовых) приведены в табл. 2.3.

Мобильные средства передвижного или переносного типа не имеют нагрузочно-тормозных устройств. Переносные приборы используют как в комплексе со стационарными стендами, так и отдельно для локализации и уточнения неисправностей на специализированных участках и постах ТО и ремонта (газоанализаторы, тестеры, сканеры, осциллографы и т. п.).

Диагностирование только внешними средствами не обеспечивает предотвращения эксплуатации автомобилей с неисправностями, аварийных дорожных отказов, оптимизации выбора режима движения и проведения ТО и ремонта.

Встроенные средства диагностирования стали неотъемлемой частью электронного оснащения автомобилей. Встроенное оборудование находится непосредственно на автомобиле (встраивается в автомобиль) и может осуществлять как непрерывный, так и периодический контроль в автоматическом или управляемом режиме. Оно может включать в себя методы, с помощью которых можно оценить по герметичности рабочих объемов степень износа цилиндропоршневой группы двигателя, а также работоспособность пневматического привода тормозов, плотность прилегания клапанов

и т. п. путем создания в контролируемом объеме избыточного давления (опрессовки) или, наоборот, разрежения; оценить интенсивность падения давления (разрежения). Встроенные средства диагностирования в своем составе содержат устройства для централизованного съема информации, оценки параметров состояния (рис. 5.4).



Рис. 5.4. Классификация средств диагностирования по технологическому расположению

Микропроцессорным встроенным средствам отводится задача контроля за техническим состоянием агрегатов, узлов и автомобиля в целом. В результате формируются рекомендации по продолжению работы автомобиля на линии или постановке его на техническое обслуживание (ТО) и текущий ремонт (ТР) или же по выполнению мелкого ремонта самим водителем в пределах ежедневного обслуживания (ЕО).

Встроенные средства подразделяются на:

- системы датчиков и контрольных точек, обеспечивающие вывод сигналов на внешние средства диагностирования;
- бортовые системы контроля для допускового контроля параметров функционирования и технического состояния с выводом результатов только на дисплей в кабине водителя;
- встроенные системы диагностирования – автономные или функционирующие комплексно со стационарными информационно-управляющими центрами.

Эти системы предназначены для косвенного обобщенного контролирования работоспособности узлов и агрегатов с выдачей результатов на дисплей водителю и в бортовой накопитель для последующего прогнозирования и учета ресурса и наработок узлов, корректирования режимов ТО ста-

ционарными ЭВМ.

Смешанным оборудованием является такое оборудование, часть которого располагается на автомобиле (накопители информации), а часть вне его – для съема и анализа информации. В состав СТД входят в различных комбинациях следующие основные элементы:

- устройства, задающие тестовый режим;
- датчики, воспринимающие диагностические параметры и преобразующие их в сигнал, удобный для обработки или непосредственного использования;
- измерительные устройства и устройства отображения результатов.

Кроме того, СТД может включать в себя устройства автоматизации задания и поддержания тестового режима, измерения параметров и автоматизированное логическое устройство, осуществляющее постановку диагноза.

Особым требованиям должно отвечать оборудование для прогнозирования, то есть измерения выходных параметров, которые используют для прогнозирования (прогнозирующие параметры). Дальностью и надежностью прогноза определяется срок проведения следующего общего диагностирования. Поэтому нужно измерять прогнозирующие параметры во всем диапазоне их изменения с наименьшей погрешностью.

При диагностировании используют не только измерительные технические средства, но и возможности органов чувств человека, опыт, навыки; в простейших случаях используют органолептическое диагностирование, а в сложных – объективное инструментальное [4, 5].

5.3. Классификация средств диагностирования по виду представляемой информации

Виды средств измерений и представления информации о результатах контроля диагностических параметров систем автомобиля показаны на рис. 5.5.

Средства диагностирования могут подсоединяться или работать совместно с контролируемым изделием только в момент контроля и не являются элементом изделия. Являются внешними:

- тормозной стенд, стенд для проверки углов установки колес;
- устройства контроля состава отработавших газов, тестеры, мультиметры, осциллографы, сканеры и др.

Другие средства диагностирования являются конструктивным элементом автомобиля и осуществляют контроль непрерывно или периодически по определенной программе.

Средства диагностирования могут:

- информировать о режимах работы и состоянии объекта: температура агрегатов, скорость, частота оборотов коленчатого вала, давление масла и др.;

- предупреждать о возможном наступлении предотказного состояния

или возникновении отказов: давление масла, заряд аккумуляторной батареи и т. п.;

- отслеживать и запоминать информацию о состояниях для считывания в стационарных условиях;
- осуществлять поиск неисправностей, самодиагностику;
- предоставлять звуковую, визуальную, речевую информацию о предотказном состоянии.



Рис. 5.5. Классификация средств диагностирования, предоставляющих информацию о состоянии объектов диагностирования

В последние годы наблюдается тенденция усложнения и совершенствования диагностического оборудования за счет широкого применения микропроцессорной техники, автоматизации рабочих процессов, упрощения подключения и приведения в действие оборудования. Например, все веду-

щие фирмы перешли к выпуску автоматизированных мотор-тестеров второго поколения, где вместо экрана осциллографа устанавливается дисплей, на котором высвечивается определенный перечень команд оператору по подключению датчиков к той или иной точке объекта диагностирования, команды о запуске двигателя, об изменении частоты вращения коленчатого вала и т. д. При этом все процессы измерения значений параметров и постановка диагноза проводятся автоматически посредством микропроцессора, на экран дисплея в результате выводятся обработанные результаты диагностирования в виде указаний по проведению необходимых ремонтно-регулирующих операций и замен. Роль оператора при этом значительно упрощена при принятии решений в части технического обслуживания или текущего ремонта. Применение объективных методов инструментального контроля обеспечивает при определенном повышении расходов на оборудование существенную экономию на подготовку кадров.

В ряде диагностических приборов на дисплее могут выдаваться рекомендации в виде конкретного перечня работ, которые необходимо выполнить для данного автомобиля.

В блоке памяти могут содержаться сведения о предыдущем контроле данного автомобиля, что позволяет проследить динамику изменения диагностических параметров и дать прогноз наработок до предельно допустимых значений параметров технического состояния.

Простые встроенные СТД реализуются в виде традиционных приборов на панели перед водителем, номенклатура которых на современных автомобилях постоянно расширяется за счет ввода новых СТД, в особенности электронных таких, которые обеспечивают контроль состояния все более сложных элементов конструкции автомобилей. Более сложные встроенные СТД позволяют водителю постоянно контролировать состояние элементов привода и рабочих механизмов тормозной системы, расход топлива, токсичность отработавших газов в процессе выполнения транспортной работы и выбирать наиболее экономичные и безопасные режимы движения автомобиля или своевременно прекращать движение при возникновении аварийной ситуации.

Наличие таких средств позволяет своевременно выявлять наступление предотказных состояний и назначать проведение предупредительных действий по фактическому состоянию, обеспечивая тем самым полное использование ресурса деталей и агрегатов. Широкое использование встроенных СТД с достаточно развитыми информационными возможностями на автомобилях массового выпуска целесообразно, но ограничивается их надежностью и экономическими критериями. В связи с этим в последние годы вместо встроенных СТД получили распространение устанавливаемые на автомобиль СТД (рис. 5.4).

Устанавливаемые на автомобиль СТД отличаются от встроенных конструктивным выполнением средств обработки, хранения и выдачи информации. Эти элементы выполняются не встроенными в автомобиль, а в виде блока, который устанавливается на автомобиль периодически перед выходом его на линию и снимается в конце смены по возвращении автомо-

бия в парк. Поскольку плановые и заявочные диагностирования автомобиля проводятся относительно редко, это позволяет иметь значительно меньшее количество устанавливаемых СТД по сравнению со встроенными СТД и обойти ограничения экономического порядка.

Устанавливаемые СТД изготавливаются на базе электронных элементов. Это позволяет эффективно использовать ЭВМ для обработки получаемой диагностической информации о техническом состоянии автомобилей и последующего использования для решения задачи управления производством ТО и ремонту автомобилей. Кроме того, в последнее время на базе устанавливаемых и встроенных СТД находят все более широкое применение системы информационно-советующие (рис. 5.4, 5.5).

5.4. Системы диагностирования

Системы диагностирования предназначены для проверки исправности, работоспособности, функционирования и поиска неисправностей. Различают следующие виды систем диагностирования:

- по характеру взаимодействия между объектом и средством диагностирования: функциональное и тестовое диагностирование (в случае необходимости могут быть одновременно использованы системы функционального и тестового диагностирования);

- по используемым средствам диагностирования: с универсальными и специализированными, вмонтированными и внешними средствами диагностирования;

- по степени автоматизации диагностирования: автоматические, автоматизированные, ручные;

- по степени охвата изделия: локальные и общие.

Определение технического состояния агрегата, узла, автомобиля в целом или объекта диагностирования выполняют с помощью контрольно-диагностических средств.

На рис. 5.6 приведена схема системы технического диагностирования. Из схемы видно, что элементами системы могут быть объекты, средства и алгоритмы диагностирования. В отдельных случаях она включает и операторов-исполнителей. При диагностировании ставится цель сбора необходимой информации для управления надежностью объектов.

Различают системы универсальные, предназначенные для нескольких различных диагностических процессов, и специальные, обеспечивающие только один диагностический процесс (рис. 5.7).

Диагностические системы могут быть общие, когда объектом является изделие в целом, а целью – определение его состояния на уровне «годно-негодно» и локальные – для диагностирования составных частей объекта (агрегатов, систем, механизмов). Кроме того, диагностические средства могут быть ручными или автоматизированными (автоматическими).



Рис. 5.6. Схема системы технического диагностирования

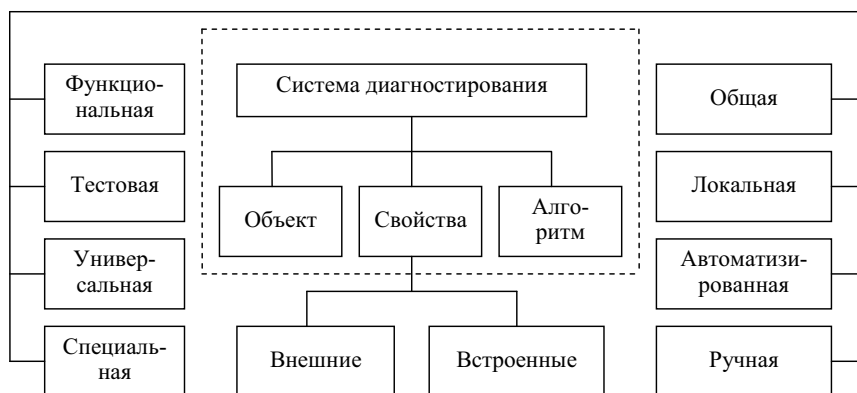


Рис. 5.7. Структура разновидностей систем диагностирования

Взаимодействие объекта диагностирования и контрольно-диагностических средств составляет систему диагностирования (рис. 5.7), которая заключается в подаче на объект многократных воздействий (входных сигналов) и многократных измерений и анализа ответов (выходных сигналов) объекта на эти влияния. Влияния на объект могут поступать от

контрольно-диагностических средств или через наружные сигналы, которые определяются рабочим алгоритмом функционирования объекта.

Диагностирование обеспечивает систему ТО и ремонта автомобилей индивидуальной информацией об их техническом состоянии и, следовательно, является элементом этой системы. Диагностирование объекта – автомобиля, агрегата, механизма – осуществляют согласно алгоритму (совокупности последовательных действий), установленному технической документацией. Комплекс, включающий объект, средства и алгоритмы, образует систему диагностирования.

Объект системы диагностирования характеризуется необходимостью и возможностью диагностирования. В свою очередь, необходимость диагностирования автомобиля определяется закономерностями изменения его технического состояния и затратами на поддержание работоспособности.

Возможности диагностирования обусловлены наличием внешних признаков, позволяющих определить неисправность автомобиля без его разборки, а также доступностью измерения этих признаков.

5.5. Диагностическое оборудование и приборы

5.5.1. Выбор средств диагностирования

В настоящее время парк выпускаемых автомобилей и тракторов претерпел существенные изменения: карбюраторные двигатели не выпускаются с 2010 года, а электромеханические системы управления автомобилем заменены на электронные. В составе существующих СТО и АТП имеются разнотипные транспортные машины. Их контролепригодность существенно отличается, поэтому для диагностирования механических, электрических и электронных систем в настоящее время на постах ТО и ремонта применяются как универсальные средства «малой» диагностики, так и современные стационарные электронные системы. Их использование при диагностировании позволяет обнаружить неисправности автомобилей с количественной оценкой их параметров.

Перечень диагностического оборудования и приборов, часть которых представлена в табл. 5.1, позволяет диагностировать техническое состояние автомобиля в целом, узлов и систем: двигателя, трансмиссии, ходовой части, подвески, рулевого управления, гидравлических систем, электрооборудования, электронных систем и освещения, а также состояние кузова автомобиля.

Типовые неисправности и их диагностические параметры, методы и средства диагностирования описаны в работах [1-9].

Многие диагностические средства раннего выпуска, включенные в табл. 5.1, входят и в настоящее время в комплект линейной диагностической службы многих АТП и СТО. С помощью этих передвижных диагностических установок можно диагностировать тракторы, автомобили, строительные и дорожные машины по свыше 100 наиболее часто измеряемым параметрам.

Таблица 5.1

Средства контроля и диагностирования автомобилей*

№	Объекты контроля и диагностирования	Средства [4, 5, 8]	
		раннего выпуска	последних выпусков
1. Контроль и диагностирование тяговых и тормозных свойств трансмиссии и электрооборудования			
1.1	Стенды с беговыми барабанами		
	Комплексный упрощенный для контроля тяговых и тормозных свойств автотракторной техники	КИ-8901, СК1-К481, СК2-К267, СТС-3-СП-24	ЛТК-3Л-СП-11, СТК-3-СП-11, ЛТК-3Л-СП16, ЛТК-10У-СП-11,
	Неавтоматизированный для контроля тормозов грузовых автомобилей и автобусов	КИ-8964, КИ-8904, ТС2, ТС3, СПТЗ-К480	ЛТК-10У-СП-16, ЛТК-13Г-СП-11, ЛТК-3Л-СП17.
	Динамометрический неавтоматизированный грузовых автомобилей и автобусов	К467М, К493, К490, КИ8960, КИ8935, СТК2М, СТК3, 4819-К490	Линия инструментального контроля SDL-260, NTS-520 и VIS-3000 (Германия, Bosch), линия «EURO-SYSTEM» (Германия, МАН), линия RAV (Италия).
	Автоматизированный (или обычный) для контроля тормозов грузовых автомобилей и автобусов	К-492, КИ-8964, ТС2, СПТЗ-К480, ТС3М	Тормозной стенд BSA332, B.60.FD.
	Автоматизированный для контроля тяговых свойств грузовых автомобилей и автобусов	Стенды фирмы «МАН» IW-2, IW-2 (EURO/SCREEN), IW-7	Тестер тормозного усилия ВТ300/310/311
	Комплекс автоматизированных приставок к стендам СКЗ, К-467М или 4819-К490 (при отсутствии автоматизированного стенда)	«Диагноз-3», «Диагност», ДММ	
	Определение тяговых и тормозных усилий, расхода топлива, состояния трансмиссий и электрооборудования машин в стационарных условиях	КИ-8930, КИ-8960, САК-И-670, IW-7, DYNATEST 312, 8630 «Bem Muller»	
1.2	Диагностические комплексы		
	Испытаний тормозных систем, подвески, ходовой части	К-516	Линия ДСА испытаний тормозной системы, ходовой части, подвески; комплексы фирм SEPPELER, Германия и GUILIANO, Италия
1.3	Электрооборудование автомобиля		
	Определение степени разряженности аккумуляторных батарей	Вилка нагрузочная ЛЭ-2, ИЭ-1; плотномер КИ-13951, Э-107, Э-108	Bosch BAT-131, BSL-2470
	Определение степени заряженности аккумуляторных батарей, измерение напряжения	Плотномер КИ-13951, комплект Э-112	Bosch BAT-131, BSL-2470

№	Объекты контроля и диагностирования	Средства [4, 5, 8]	
		раннего выпуска	последних выпусков
1.3	Электрооборудование автомобиля <i>(продолжение)</i>		
	Контроль стартера и генератора с регулятором напряжения	КИ-1093, КИ-11140, Э-214, К-484, МК-8-007	FSA-720 BANCHETO Profi inverter
	Стенды: - контроль электрооборудования без снятия и со снятием с автомобиля	Э-205, КИ-968, Э-236, 532-2М, Э-214, мод. 537, Э-240, СПЗ 38-М	FSA-720 Junior
	Проверка состояния контрольно-измерительных приборов	Э-204, КИ-28163, пробник Э-107, Э-108	FSA-720
2. Электронные системы агрегатов автомобиля			
	Диагностирование электронных систем от АБС до электронных систем впрыска. Результаты диагностирования представляются в виде цифр или графиков		Мотор-тестер AVL Discore 865, Италия
	Полная диагностика неисправностей электронных систем управления автомобилями ВАЗ, ГАЗ, УАЗ, ИЖ	Комплекс BDI Pro	FSA-720, SUN Modis
	Диагностика электронных систем автомобилей 24 наименований		Сканер D91 Autoland, Тайвань
	Поиск неисправностей различных электронных систем управления автомобилями и состояния механики бензиновых двигателей	Мотор-тестер Постоловского, Украина	FSA-740, US-998A
	Полная диагностика электронных систем на автомобилях BMW, Mini и программного обеспечения		Сканер GT-1 (Modic-4), Германия
	Диагностика легковых и грузовых автомобилей		Сканер Reflex Plus, Италия
	Диагностика электронных систем управления автомобилей европейского, азиатского и американского рынков		Сканер ST, Италия Сканер AD на базе ПК, Италия Сканер Vedus, Тайвань
	Контроль бортовых систем двигателя	Типа KTS 505, 520, Германия	Bosch, KTS 550, 650, Германия
	Контроль механических и электрических параметров, состава отработавших газов, CAN-шины, значений сигналов датчиков		Система FSA 740, Германия

Продолжение табл. 5.1

№	Объекты контроля и диагностирования	Средства [4, 5, 8]	
		раннего выпуска	последних выпусков
2. Диагностирование электронных систем агрегатов автомобиля (продолжение)			
	Контроль электрических сигналов, электрических и электронных систем	Осциллографы Э-206, Lluke-98	USB Scope и USB Autoscope, серия KTS
		Мотор-тестеры JT-251A, JT-302, Elkon S-300, КАД-300	SCA-2000, Bosch FSA 450, V.A.G 1551 и 1552, ДСТ-10М, ДСТ-2М, Bosch MOT 151, 240, 250, 251, Fkl-Crypton, Discopre 865, серия KTS.
		Вычислительные комплексы	VAS 5051 и 5052
		Мультиметры MMD 301, 302	UTF 606, UNIT-T70A
3. Двигатель			
3.1	Контроль механических и газогидроаэродинамических систем		
3.1.1	Измерители мощности	Стенды тяговых качеств ИМД-Ц, Э-216, ИМД-2М	Bosch FLA 203, МАНА LPS 3000
3.1.2	Расходомеры топлива	КИ-12371, КИ-8943, КИ-13967, КИ-4818, К-427, КИ-13967М	DFM, VZ04, OGM-A, LS4LSD
3.1.3	Контроль технического состояния механических и газогидроаэродинамических систем	Стетоскопы УС-01, КЭО ГАЗ, КИ-1154, Э-243	Steelman, ДЖЕТ-Дизель
		Шумомеры ВШВ-003-М2	Testo 816-1
		Виброанализаторы	R&SFSVR13, США, Textronik-2630, BALTECH VP-3410 ОНИКС, 3561А, Кварц (Россия)
3.1.4	Контроль натяжения приводных ремней	КИ8920, КИ-13918	OPTIBELT TT,
3.1.5	Определение разности мощностей по цилиндрам	Э-216	ИМД-Ц
3.1.6	Определение состояния деталей ЦПГ и клапанов двигателя	Пневмотестер К69М, К273	SMC-111, СТ 1017
3.1.7	Контроль износа ЦПГ по давлению газов в цилиндрах	Компрессометры и компрессографы КИ-8611, К-82, К183, КП9, КВ-1124, К-181, ПКК-04К	КВ-1126, Чехия, 855, Австрия. Эндоскопы серии FASTA, MIGS, VIGS, TIGS, IGS

№	Объекты контроля и диагностирования	Средства [4, 5, 8]	
		раннего выпуска	последних выпусков
3. Двигатель (продолжение)			
3.1.8	Измерение расхода картерных газов	КИ-4887-1, КИ-13671	
3.1.9	Контроль состояния КШМ (зазоры)	КИ-13933, КИ-11140	
3.1.10	Контроль теплового зазора в клапанах двигателя	КИ-9918	
3.1.11	Контроль давления масла в смазочной системе подшипников КШМ	Манометры, КИ-13936	
3.1.12	Контроль качества масел (анализ)	Хромографы, капельные пробы, комплект КДМТ-2	Контроль вязкости VM-5, ДКАМ, комплектация FS-KI-007-KW, SKG ТМЕНИ
3.1.13	Контроль засорения воздухоочистителя и герметичности воздушного тракта	Сигнализатор ОР-9928, КИ-4870	Leak Detector
3.1.14	Контроль давления в насосах охлаждения и герметичности клапанов	ДСО-2, КИ-13936, К-437, КДМТ-2, ДКАМ	Profiline
3.1.15	Контроль топливных насосов (давление и производительность)	НИИАТ-527Б, НИИАТ-362, К-436	Манометры, измерительные емкости
3.1.16	Контроль гидравлических систем	TU-443	
3.2	Контроль топливной аппаратуры		
3.2.1	Качество сгорания топлива и работа системы нейтрализации и состава отработавших газов	Измерители дымности ИДЦ-1, КИ-28040, КИ-28070М, МЕТА-01 (МП)	АВГ-1Д-4.01, SHADIX2000, JT480A, , «Атлас», MD-02, MGA 1200, Bosch RTM 430
		Газоанализаторы ГАИ-2, ГЛ-1122, 121ФА01, АГ-2110, АВГ-4-2.01, К-456	ДСА-5000, Stargas 8980NS, SMP-400 – встроенный в мотор-тестеры EPA-75 “Sum”, MGA-1200, Ga 400, Bosch ESA 3.250, Bosch BEA 050
3.2.2	Контроль топливных насосов	Стенды СТДА-1, СТДА-2, КИ-15711, КИ-13943, 527 Б, КИ-22205, КИ-921 МТ	Bosch FPS 815, ДД10-04К, ДД10-05Э
3.2.3	Контроль давления в системе топливоподачи	КИ-4801	PR Tester

Продолжение табл. 5.1

№	Объекты контроля и диагностирования	Средства [4, 5, 8]	
		раннего выпуска	последних выпусков
3. Двигатель (продолжение)			
3.2.4	Контроль состояния форсунок (распыл, засорение, негерметичность, закоксованность)	КП-1609, 562, КИ-1404, 3333, В-13М, 16301А, КИ-4801, КИ-22205	КИ- Bosch EPS 708, С-МХ-3000, Bosch FPS 815, CR-JET 4-ME, Maktet TK 1026, Stardex 0602, MTS-300
3.2.5	Промывка топливных систем, каналов подачи топлива, очистки форсунок		SMC-2001, комплекс «Плазма», SNC-601А, Триумф-4М
3.2.6	Очистка системы впрыска топлива	ОТС-7448	System-11, ECS-300e, IDT-4000
3.2.7	Определение угла опережения впрыска топлива	Моментоскоп КИ-4941	FSA-720, стробоскоп
4. Трансмиссия			
4.1	Контроль ресурса подшипников	НПП-12	
4.2	Выявление неисправностей визуальным контролем		Эндоскопы ZOND
4.3	Измерение угловых зазоров в сопряжениях зубчатых колес	КИ-4813, 4832, К-428, КИ-13909	
4.4	Контроль силовой передачи. проверка осевого и радиального зазоров в сопряжениях силовой передачи	КИ-4850, ELKON DS-320	
4.5	Контроль биения валов	КИ-8902А	
4.6	Контроль сцепления (пробуксовка)	Стробоскоп К-296	
4.7	Измерение величины бокового зазора в зацеплении главной передачи	КИ-6265	
4.8	Измерение осевых и радиальных зазоров в подшипниковых узлах	КИ-6279, КИ-6269	
4.9	Определение неисправностей и считывание кодов автоматических коробок передач		Сканеры, мотор-тестеры, мультиметры
4.10	Контроль гидравлических систем	Дроссели-расходомеры КИ-5473, КИ-1097-1. Гидротестер ГТ-150	Измерение ультразвуковых колебаний ИКУ-1
5. Рулевое управление			
5.1	Люфтомер-динамометр	К-402, К-187, ИСЛ-401 с дисплеем	ЛД-101

№	Объекты контроля и диагностирования	Средства [4, 5, 8]	
		раннего выпуска	последних выпусков
5. Рулевое управление (<i>продолжение</i>)			
5.2	Измерение давления насоса и подачи масла	К-405, К-465М	Манометры
5.3	Измерение осевых и радиальных зазоров в шкворневом соединении	КИ-4892	
5.4	Индикаторные головки для измерения зазоров и биений		
6. Ходовая часть			
6.1	Контроль углов установки передних колес	Телескопическая линейка модели 2182, КИ-650, М-2182, М-2142, оптический стенд 1119М с прибором ПК-1, стенд РК-1, К-111; Motex-7546 – Чехия	SD 60.2
6.2	Тестер увода от прямолинейного движения		SST 200, SSP-400
6.3	Измерение геометрии всей ходовой части легковых автомобилей	Компьютеризованный стенд FW 411	Silver Data
6.4	Контроль боковых сил	КИ-4872 с беговыми барабанами. Площадочные К-619, К-112, Testos-1 – Чехия, 665 PL-J – Франция, 8665 (Франция)	
6.5	Контроль всех параметров относительно геометрической оси движения легкового автомобиля	DYNALYNER 288, стенды фирмы Weissbarth, HUNTER (Германия), FWA 4630	
6.6	Балансировка колес, снятых с автомобиля	К-625, К-121, EWHА-18, EWHА-35 (Польша), Геодина-97 (Германия), СWВ 1752 (США), Р-200 и S218 (Италия), Микротек 520 (Германия), МТ (EASY-ALU)	Goodyna-4900 (Германия), Спутник
6.7	Шиномонтажное оборудование	См. [9]	Brisht, Hunter
7. Подвеска			
7.1	Стенды и тестеры виброизоляторов (амортизаторов)	КОНИ-4440, К-491, К-113, Elkon L-100 (фирма «Voge», Германия)	Тестер FWT 2010Е (Франция), тестер VAS 5051, VAS 5052, тестер SAT USB, ST 60.2

№	Объекты контроля и диагностирования	Средства [4, 5, 8]	
		раннего выпуска	последних выпусков
7. Подвеска (продолжение)			
7.2	Люфт-детекторы для определения зазоров подвески	АЛД-2000	АТЗ-14
7.3	Диагностирование снятых виброизоляторов	КОНИ-4422 и GMF, Италия, СИ-46 «Ми-летто»	
8. Освещение и сигнализация			
8.1	Контроль направления и силы светового потока, регулировка установки фар	К-303, К-310, ПУР-1, ПРАФ-3, ПРАФ-9, СЕГ-15, Motex-7351, Motex-7335 (Чехия), KS-20 (Польша), ОПК, ПФ-72, LITE 1.1, 1.2	Проверка света фар EFLE-60, 61 (Bosch)
9. Кузов			
9.1	Контроль и проверка кузова с механическим и гидравлическим приводом	Р-620, БС-12.000, БС-71.000	Ditaliner
9.2	Вакуумная рихтовка панелей кузова	Пневмоприсоски	Pops A Plut
9.3	Рихтовка порогов, арок, задних крыльев и других корпусных элементов	Споттеры GYSDOT 2400, аппараты точечной сварки WSG, Digital Plus 5000 (380 В)	GYSPOT 3502
9.4	Рихтовка панелей магнитоимпульсной технологии	МИУС-2	
9.5	Проверка и рихтовка кузова	Платформенные ступени серии «СИБЕР», Эксперт-2001, комплекс СПК-01С, СПК-02С	СР-930
9.6	Ультразвуковые измерительные системы диагностики кузова	BLACKHAWK SHARK SH9 14136A (Франция), измерительный комплекс NASA Evolution, измерительные системы AVS 310 и UB 200 (Швеция)	ЕТ 11Р, ЕТ 111, СНУ 113
10. Гидросистема			
10.1	Приборы для определения работоспособности гидросистемы, давления и расхода жидкостей	КИ-1097Б, КИ-28084М, ТДР13-142, КИ-28097М, КИ-1097-1	Манометры
10.2	Гидротестеры объемных потерь в гидроприводах	ГТ-2, КИ-5473, ГТ-150, ГТП-3-6	ГТ-600М

№	Объекты контроля и диагностирования	Средства [4, 5, 8]	
		раннего выпуска	последних выпусков
10. Гидросистема (продолжение)			
10.3	Приспособления для проверки масляного насоса и клапанов системы смазки	КИ-4858, КИ-28156	
10.4	Контроль утечек	ИКУ-1	HL-500

* Таблица составлена вместе с Н. П. Булгаковым

При организации технической эксплуатации используется также переносной диагностический комплект КИ-13901Ф, который входит в состав средств мастера-наладчика. Переносной комплект целесообразно использовать на участках диагностирования и пунктах технического обслуживания машин. С его помощью можно измерить 36 параметров. Наиболее полную и объективную информацию о работоспособности машины получают при одновременном измерении совокупности параметров, учете показаний приборов в кабине, а также сведений о работе машины под нагрузкой.

Комплексная оценка работоспособности машин на диагностических площадках осуществляется с помощью, прежде всего, стационарных стендов с беговыми барабанами, линий диагностики СП 1.1, 1.2 (табл. 5.1), а также передвижных диагностических лабораторий типа ПЛ-2 с тормозной установкой мощностью 125 кВт. Эта лаборатория позволяет оценивать техническое состояние всех систем двигателя внутреннего сгорания, трансмиссии, движителя, системы управления и гидропривода. В ПЛ-2 применен комплекс полуавтоматической измерительной аппаратуры, позволяющей измерение и индикацию значений контролируемых параметров в цифровой форме и требуемой размерности.

Диагностирование автомобиля возможно при ходовых испытаниях или использовании стационарных стендовых средств. В эксплуатационных условиях ходовые испытания применяют ограниченно, главным образом для инспекторской проверки тормозов и линейного расхода топлива.

Более эффективным является стационарное диагностирование автомобиля при помощи специальных стендов, позволяющих задавать скоростные и нагрузочные тестовые режимы работы автомобиля.

Уровень оснащенности АТП и СТО современными средствами диагностики, компьютерными мотор-тестерами и системами диагностирования (фирм Bosch, SUN, Nextech, Теха, Autologic и др.), автомобильными сканерами, осциллографами, мультиметрами, стендами для контроля двигателей, ходовой части, трансмиссии, подвески и других узлов и агрегатов, как правило, не отвечает их потребностям. Диагностические параметры, методы и современные средства диагностирования отдельных технических систем приведены и описаны в работах [2-5, 27].

5.5.2. Средства общего контроля и диагностики

Компрессометры и компрессографы позволяют регистрировать давление в диапазоне от 0 до 60 бар (0-6 МПа), 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.

Анализаторы противодавления 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 шупе диаметром 5 мм, позволяющим проникнуть внутрь двигателя или агрегата трансмиссии; температуры систем охлаждения, кондиционирования, тормозов и др.

Тестеры для измерения давления в диапазоне 1600-2000 бар (16-200 МПа) 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 рем-

ней, 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 – это 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 четырех-, пятикомпонентные 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.

Для оценки технического состояния внутренних рабочих поверхно-

стей деталей, расположенных в корпусах сборочных единиц, применяются методы эндоскопии с использованием гастроскопов, эндоскопов и фиброскопов волоконного и линзового типа.

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 невидимые 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 масло съемных 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 MIGS – 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 VIGS – 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 TIGS – эндоскопы Т-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.

Минимальный набор средств, который дает достаточную возможность произвести общую оценку технического состояния автомобиля и системы управления следующей:

- 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 затрудняется.

Средства малой диагностики раннего выпуска для контроля механического и электрического оборудования технических систем автомобилей приведены в табл. 5.1.

Для контроля электрооборудования используются простые приборы – 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. 5.8) – 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.

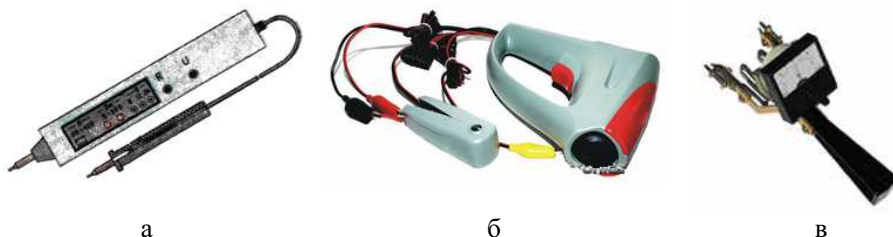


Рис. 5.8. Внешний вид переносных диагностических приборов:
 а – логический пробник (индикатор); б – стробоскоп; в – нагрузочная вилка

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.

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.

5.5.3. Средства углубленной диагностики

5.5.3.1. Мотор-тестеры

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 (автомобильных многоканальных осциллографов и мультиметров, стробоскопов, тахометров), позволяют диагностировать различные технические системы автомобиля (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;
- сила 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;
- эффективная мощность ДВС;
- цикловой расход топлива,
- давление в топливной магистрали;
- разрежение во впускном трубопроводе;
- частота вращения коленчатого вала;

- температура масла;
- углы замкнутого состояния контактов прерывателя и опережения зажигания;
- величина 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, 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 автомобилем.

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 исполнительных 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. 5.9) 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.

Все результаты измерений отображаются на восьмидюймовом дисплее и могут быть сохранены и извлечены в случае необходимости 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;
- 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.

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;



Рис. 5.9. Осциллограф мотор-тестера BOSCH FSA 450

- внешний АС/DC трансформатор.

Имитаторы сигналов и тестеры исполнительных механизмов.

Значительное количество датчиков микропроцессорной системы управления двигателем (МСУД), в том числе и интегральных, а также сложные алгоритмы взаимодействия компонентов МСУД затрудняют процедуру диагностики, 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.

Одним из главных достоинств приборов данного класса является большой перечень функциональных возможностей и невысокая стоимость.

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, CO₂, CH и O₂ в выхлопных газах. Имеются модели, измеряющие также концентрацию NO_x.

Структура управления и программного обеспечения мотор-тестера представлена на рис. 5.10. 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.).



Рис. 5.10. Структура управления и программного обеспечения мотор-тестера

Компьютерные программы диагностики двигателей автомобилей.

Существует много различных программ диагностирования электронных систем управления двигателями. Например, программа «Мотор-тестер», которая 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.

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 ото-

бражения 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.

Современные компьютерные 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.

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).

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 почти 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.

Мотор-тестер AVL DiScore 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 диагностируемых 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 DiScore 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.

5.5.3.2. Автомобильные сканеры

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 сканера невозможно провести диагностику и тестирование современного автомобиля.

Основная функция сканеров – считывание и расшифровка кодов ошибок из памяти неисправностей блока 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. Сменные программные картриджи и комплекты соединительных кабелей позволяют это делать.

Сканер является необходимым инструментом для диагностики автомобильных электронных систем. 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 модели, 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 ЭБУ 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 ЭБУ 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 ЭБУ 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 признак 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 ЭБУ. Поэтому на автомобилях ранних годов выпуска возможности сканера даже дилерского уровня ограничиваются чтением и расшифровкой кодов неисправностей.

Еще одной функцией сканера является обнуление межсервисных интервалов.

Применяемость сканеров определяется протоколом обмена. Например, все автомобили группы VAG имеют одинаковый протокол обмена между ЭБУ и сканером. Поэтому для диагностики любого автомобиля этой группы (VW, Audi, Seat, Škoda) достаточно иметь один сканер.

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 быть превращены в мультимарочный диагностический сканер (рис. 5.11).

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, присоеди-

няясь 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.

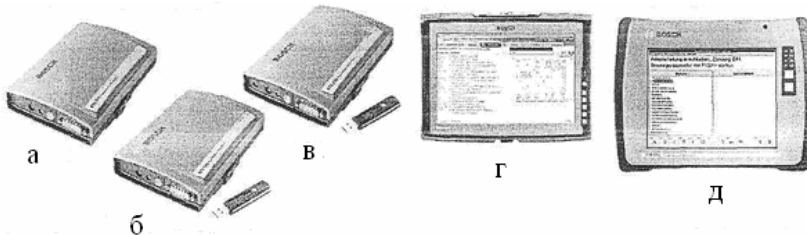


Рис. 5.11. Приборы для диагностирования блоков управления:

а – KTS 530; б – KTS 540; в – KTS 570; г – DCU 130; д – KTS 670



Рис. 5.12. Системный сканер KTS 530 с комплектующими

Системный сканер KTS 530, представленный на рис. 5.12, может подключаться ко всем ноутбукам PC через USB-соединение, быстро и легко адаптируемый, 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 (А) и связи с автомобилем (В) – светодиоды (LED).

Чемодан и дополнительное оборудование/специальные принадлежности.

В состав системного сканера KTS 570, представленного на рис. 5.13, входят:

- прибор, аналогичный KTS 530, дополнительно;
- двухканальный мультиметр для измерения U, I, R...;
- двухканальный осциллограф для исследования сигналов с двух компонентов одновременно;
- прибор для диагностики и измерений;
- протоколы диагностики, аналогичные KTS 530/540.

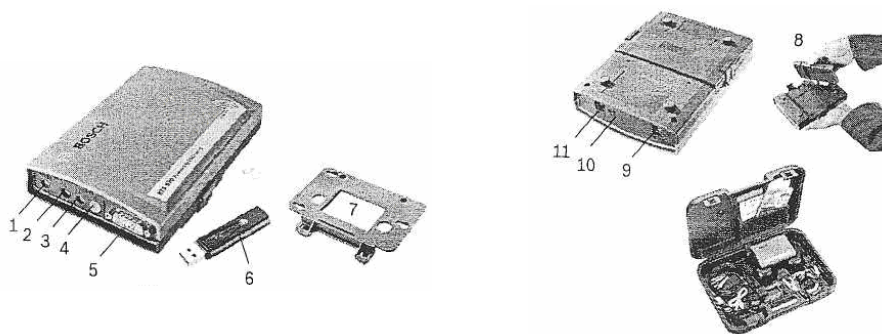


Рис. 5.13. Сканер KTS 570 с комплектующими:

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 (А) и связи (В) – 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 комплектация-

ми 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. 5.14).

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. 5.14. Общий вид комплекса Gutmann Mega macs 55

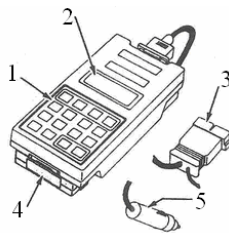


Рис. 5.15. Сканер Tech1 для сканирования автомобилей компании «GM»

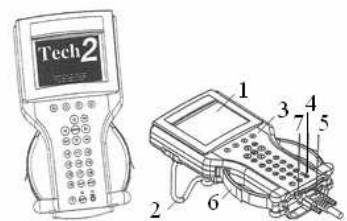


Рис. 5.16. Сканер Tech2 для сканирования автомобилей компании «General Motors»

Сканеры Tech1 и Tech2 автомобильной компании «General Motors»,

представленные на рис. 5.15 и 5.16, предназначены для поиска неисправностей двигателей и АКП.

На рис. 5.15 цифрами обозначены: 1 – клавиатура; 2 – дисплей; 3 – разъем для соединения с диагностическим разъемом; 4 – картридж 88-91 PLUS; 5 – штекер питания.

На рис. 5.16 цифрами обозначены: 1 – дисплей; 2 – опора; 3 – клавиатура; 4 – кнопка включения/выключения питания; 5 – разъем для соединения с диагностическим разъемом; 6 – регулируемый ремень; 7 – фиксируемый 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. 5.17) позволяет определить место в проводке, разъемах или самих компонентах, на которых измерения и характер неисправности на разъемах блока управления невозможно пополнить.



Рис. 5.17. Диагностический сканер «Volvo»

Сканер KTS 651 фирмы Bosch – универсальный портативный аппаратный тестер массой

4 кг, предназначенный для тестирования электронных систем автомобиля, в том числе и 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.

5.5.3.3. Автомобильные осциллографы

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 в компьютер.

Автомобильный осциллограф – это сложный электронный измерительный прибор, частично выполняющий функции компьютера и мотор-тестера, 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 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 электроснабжения, полупроводниковые элементы, относительную компрессию в цилиндрах и т. п. [9]

Современные осциллографы USB Scope и USB Autoscope II в комплекте с компьютером представляют широкие возможности для регистра-

ции, сохранения и обработки результатов измерений, поиска неисправностей в различных электронных системах: электрических сигналов, зажигания, газораспределения и др.

5.5.3.4. Автомобильные мультиметры

Автомобильный цифровой мультиметр – это цифровой тестер с многосегментным дисплеем на жидких кристаллах, с высоким входным сопротивлением. 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 4 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.

5.5.3.5. Измерительно-вычислительные комплексы

Для диагностики систем автомобиля применяются специальные приборы считывания неисправностей VAS 5051 и VAS 5052 (рис. 5.18) (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 инфор-

мационной 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.

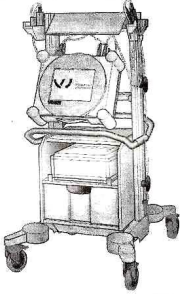


Рис. 5.18. Измерительный комплекс VAS 5051 и VAS 5052

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

диагностические разъемы электронных систем автомобиля.

К областям применения относятся, например:

- вывод данных из регистраторов неисправностей всех блоков управления автомобиля;
- 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.

5.6. Бортовые системы диагностирования автомобиля

Современные автомобили имеют встроенные бортовые системы диагностирования почти всех технических систем, адаптированное управление

рабочими процессами, комфортабельность, распознавание и коррекцию состава горючей смеси, регулирование расхода топлива. Высокий технический уровень производства автомобилей позволяет повысить ресурс, техническую и экологическую надежность и периодичность ТО по сравнению с традиционными конструкциями.

Современные бортовые СТД – это включенные в конструкцию автомобиля датчики, устройства измерения, микропроцессоры и устройства отображения диагностической информации. Классификация встроенных систем диагностирования приведена на рис. 5.19.

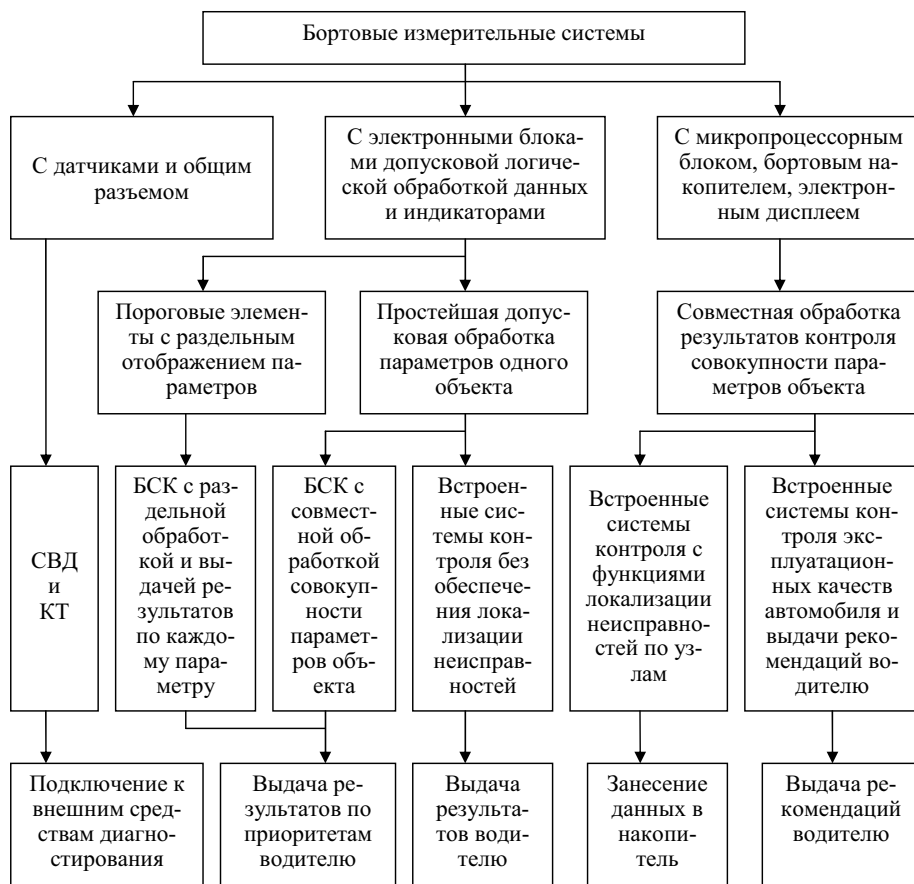


Рис. 5.19. Классификация встроенных средств диагностирования

Системы бортового диагностирования дают возможность оценивать работоспособность сборочных единиц или систем при ежедневном обслуживании или непрерывно в процессе работы. Постоянно контролируемые параметры бортовой системы диагностирования позволяют выявлять отказы

и неисправности, вызывающие аварийную ситуацию, значительные потери из-за простоя машины или ускоренного изнашивания дорогостоящего оборудования. К числу непрерывно контролируемых параметров относятся: уровни и температура рабочих жидкостей, давление в системах смазки и тормозов, зарядка аккумуляторных батарей и др. При наличии бортовых систем диагностирования информация о работоспособности системы и сборочных единиц поступает водителю и диспетчеру через цифровые указатели, звуковые или световые сигналы для выработки рекомендаций по режимам работы и по техническому обслуживанию. В отдельных случаях целесообразно по команде датчика осуществлять автоматический останов машины или другие воздействия с целью исключения аварийного состояния или выброса рабочей жидкости, находящейся под давлением.

Возможности самодиагностики технических систем позволяют оптимизировать рабочие процессы, предусматривая:

- идентификацию системы и ЭБУ;
- распознавание, хранение и считывание информации о статических и единичных нарушениях работы;
- считывание текущих реальных данных, включающих условия окружающей среды и спецификации;
- моделирование функций системы;
- программирование параметров системы.

Отдельные программы для тестирующего блока хранятся в подключенных модулях, тогда как коррекция и передача данных в системе осуществляются с помощью интерфейса данных.

Самодиагностика автомобилей характеризуется выполнением нескольких требований:

1. Контроль за работой сложных систем и узлов. Все больше усложняющаяся конструкция автомобилей делает возможности самодиагностики достаточно важными для выявления и устранения неисправностей. Целью является интегрирование всей системы в процесс диагностики.

2. Защита узлов и деталей, которые подвергаются особенному риску в случае появления неисправностей. В качестве примера можно привести защиту каталитического нейтрализатора, реагирующую на пропуски зажигания в двигателе. Система реагирует на определенную частоту появления пропусков зажигания, отключая подачу топлива в неисправный цилиндр для предотвращения перегрева нейтрализатора.

3. Работа в аварийной ситуации в соответствии с величинами, принятыми «по умолчанию». Например, в случае выхода из строя датчика нагрузки (который определяет массовый расход воздуха) генерируется сигнал его замены, базирующийся на значениях частоты вращения коленчатого вала и положения дроссельной заслонки.

4. Информирование водителя о неисправностях системы диагностики с помощью индикаторных ламп, дисплеев или акустических устройств предупреждения.

5. Хранение точной информации. Система хранит в ЭБУ предупреждающую информацию и данные об отдельных неисправностях. Также в за-

поминающем устройстве хранятся данные об условиях работы технических систем автомобиля на момент обнаружения неисправности.

6. Доступ к сохраненным данным о неисправностях. Данные, хранящиеся в памяти системы самодиагностики во время работы автомобиля, могут быть переданы на диагностический стенд с дисплеем через последовательно подключенный многоканальный вход (порт).

7. Индикация данных о неисправностях в форме мигающего кода на приборной панели. Это помогает обслуживающему персоналу ускорить диагностику путем сужения поля возможных источников неисправностей.

Информационно-советующие системы позволяют проводить обучение методам экономичного и безопасного движения, аттестацию режимов движения на маршрутах и определять маршрутные нормативы времени движения, расход топлива, расходов на ТО и ремонт.

Целесообразность использования конкретных средств диагностирования определяется с применением экономико-вероятностного метода, который учитывает стоимость диагностических средств самого технологического процесса, а также влияние диагностирования на безотказность, долговечность автомобиля и периодичность его ТО.

Содержательно задача построения заключается в том, чтобы найти (вычислить, избрать, назначить) такую совокупность и, возможно, последовательность входных влияний, при подаче которых на объект диагностирования полученные в заданных контрольных точках ответы объекта позволяют сделать вывод о его техническом состоянии.

В настоящее время ведущие автомобилестроительные фирмы применяют на легковых автомобилях от большого до малого классов разветвленные микропроцессорные БСК для допускового контроля 15-20 и более параметров. В дополнение к функциям первых внедренных БСК эти системы обеспечивают контроль состояния сцепления, амортизаторов, аккумуляторной батареи, системы зажигания, компрессии по цилиндрам и др. (рис. 5.20).

Для поэлементной проверки, определения характера неисправностей и поиска отказавших элементов наиболее сложные микропроцессорные системы управления оснащают специальным «диагностическим разъемом» и подключают к ним вторичные переносные тестеры. Примером может служить диагностическое обеспечение выпускаемых фирмой WABCO антиблокировочных микропроцессорных тормозных систем, включающих «диагностический разъем», простейшие встроенные элементы самоконтроля и вторичные переносные тестеры для проверки пневмоаппаратов и электронных блоков антиблокировочных систем.

В блоке памяти встроенных систем диагностирования хранится информация для механика-диагноста, команды автоматическим регулятором по ограничению скорости движения, частоты вращения коленчатого вала двигателя, данные для своевременной постановки автомобиля на ТР и ТО, замены конкретных узлов и агрегатов, что вместе со стационарными комплексами АСУ определяет остаточный ресурс.

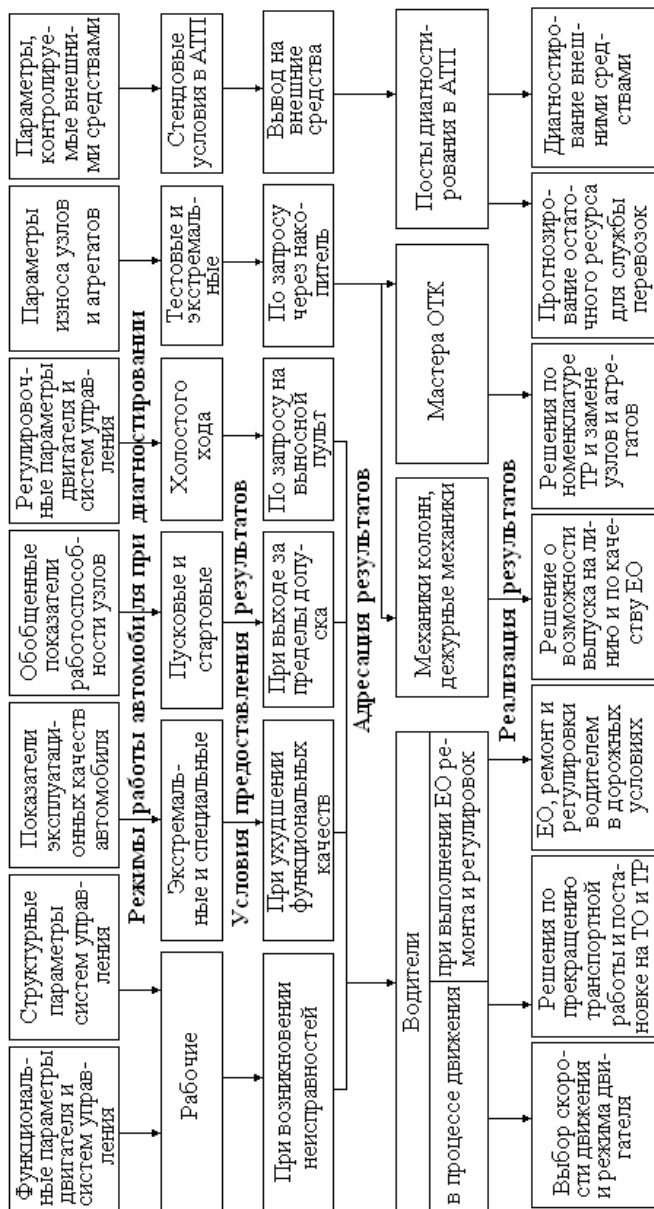


Рис. 5.20. Возможности и сфера контроля технического состояния встроенными средствами

Одним из показателей диагностирования, которые должны обеспечить технические средства диагностирования (ТСД), является глубина поиска неисправности. Чем ниже уровень структурной единицы, тем более сложный алгоритм поиска в ней неисправности и тем выше стоимость ТСД. В то же время, чем ниже уровень структурной единицы, тем ниже стоимость запасных элементов. В связи с этим при задании глубины поиска неисправности необходимо обеспечить минимальные расходы на создание ТСД и запасных элементов.

В настоящий момент возможности ранней диагностики зарождающихся неисправностей автомобиля существенно повысились. Применение современной профессиональной ЭВМ при наличии соответствующего программного обеспечения практически снимает ограничение на возможности анализа сигналов.

5.7. Системы дистанционной диагностики автомобилей

5.7.1. Бортовые системы навигации, мобильной связи и контроля технического состояния автомобиля

Радиосвязь, телефон, системы навигации постепенно стали стандартным оснащением современного автомобиля. Развитие спутниковых систем навигации и мобильной связи предопределило возможность не только контролировать географическое положение транспортного средства (ТС) и осуществлять связь с диспетчерским центром транспортного предприятия, но и, в том числе, передавать текущую и накопленную диагностическую информацию о ТС, заноса ее в базу данных конкретного ТС. Разработанная на основе современных IT-технологий бортовая система контроля и диагностики (БСКД) автомобилей является высокоэффективной и полностью адаптивной системой, позволяющей в условиях эксплуатации вести полный контроль над автомобилем в процессе его работы по назначению и осуществлять диагностирование его электронных систем управления.

Применение на автомобилях сложных высокоэффективных электронных систем управления вызвало необходимость создания нового диагностического оборудования со значительным объемом сервисной информации. Учитывая значительное разнообразие как моделей автомобилей, так и электронных систем управления ими различных производителей, создание диагностического оборудования потребовало унификации его с помощью принятия международных стандартов. К таким стандартам относится международный стандарт ISO 9141, который определяет протоколы обмена информацией через последовательный интерфейс между электронными блоками управления и диагностическими тестерами или сканерами. Одним из специальных диагностических устройств, устанавливаемых на автомобили, является БСКД, которая обеспечивает доступ к бортовому диагностическому программному обеспечению.

Бортовая система контроля и диагностики предназначена для обеспе-

чения диагностирования бортовых электронных систем автомобиля j по интерфейсу ISO 9141 непосредственно на автомобиле, контроле осевой нагрузки и режимов работы автомобиля, отсчета текущего времени и, соответственно, отображения контролируемых параметров и текущего времени на ЖК-мониторе блока контроля, установленного на панели приборов

БСКД – это фактически встроенный в приборную панель автомобиля бортовой компьютер с функциями контроля режимов работы, расхода топлива и диагностики, установленных на автомобиле электронных систем (EDC двигателя, ABS/ASR, ECAS) различных производителей.

Современная БСКД автомобиля включает в себя следующие компоненты:

- блок БСКД, установленный на дополнительной панели щитка приборов в кабине автомобиля;
- кабель соединения блока с диагностическим разъёмом;
- диагностический разъём в кабине;
- кабель RS-232 соединения разъёма с сервисным адаптером;
- сервисный адаптер;
- кабель USB соединения адаптера с персональным компьютером;
- персональный компьютер (Notebook подключенный к Интернету);
- модем 3G беспроводной связи передачи сигналов бортовых отчетов на точки доступа;
- точки доступа Bluetooth/GSM-GPRS/SMS;
- накопление бортовых отчетов в базе данных и передача оперативной информации через WEB-сайт на компьютер пользователю или диспетчеру транспортного предприятия.

БСКД позволяет в режиме реального времени или периодического считывания накопленной в базе данных информации, вести постоянный мониторинг картографического положения автомобиля в процессе движения его по маршруту следования, оценивать его техническое состояние по определенным параметрам электронных блоков управления механизмами и системами автомобиля, в том числе, и дизельного двигателя.

Принцип работы БСКД транспортного средства заключается в регистрации события в координатах времени и накапливании данных в энергонезависимой памяти. Считывание данных из БСКД производится в режимах on-line или off-line (после рейса) один раз в месяц или при проведении очередного ТО по усмотрению потребителя. Для считывания данных используется программное обеспечение из сервисного комплекта SK BSCD и компьютер типа Notebook, подключаемый через сервисный комплект к штатному диагностическому разъёму автомобиля. При включении электропитания данные автоматически считываются из памяти БСКД и в зашифрованном виде передаются на сервер удаленной точки доступа. Если компьютер не подключен к Интернет, данные в зашифрованном виде сохраняются в специальной «папке» и при выходе в Интернет автоматически передаются на сервер удаленной точки доступа. Потребитель, имеющий лицензию (право доступа на сервер), может в любое время и из любой точки получить необходимую информацию и сводный отчет о работе автомобиля или группы

автомобилей (автопарка) через Интернет за любой выбранный по своему усмотрению период времени.

С помощью БСКД водитель может своевременно получить предупреждения о критических режимах и неисправностях в системах EDC двигателя, самостоятельно (без применения дополнительного оборудования!) проводить контрольную диагностику электронных систем и определять вид и место возникшей неисправности в рейсе, стереть ошибки после устранения неисправности, а также контролировать время и параметры работы двигателя (температуру, обороты, давление масла, часовой расход топлива и т. д.). Кроме того, водитель может получать маршрутную информацию (пробег с начала поездки, средний путевой расход топлива и т. д.) в удобной графической и текстовой форме, контролировать осевую нагрузку и оптимизировать загрузку автомобиля, не допуская превышение нагрузки на ось, и многие другие функции.

Для транспортного предприятия БСКД позволяет снизить затраты на топливо за счет возможности контроля фактического расхода топлива, объема, времени и количества заправок, предупреждения сливов топлива. Контролируя фактическое время работы, пройденный автомобилем путь, а также стиль вождения и расход топлива, оптимизировать оплату труда водителя. Имеются и другие возможности для потребителя с использованием БСКД на автомобилях.

Возможности БСКД зависят от количества регистрируемых параметров технических систем автомобиля по установленным на нем датчикам. Создаются возможности производить экспресс-диагностику технического состояния автомобиля в процессе его движения и своевременного устранения текущих неисправностей. Одновременно можно накапливать информацию для прогнозирования ресурса и проведения технического обслуживания по фактическому состоянию автомобиля на сервисных станциях и ремонта на предприятиях.

5.7.2. Системы дистанционного контроля и диагностики

Рост роли и значения технической диагностики связан общим техническим развитием и усложнением технических систем, необходимостью обеспечения технической и экологической безопасности этих систем, снижения степени опасности и тяжести последствий аварий и катастроф. Развитие микропроцессорной техники и информационных технологий позволяют успешно решать задачи глобализации контроля и диагностирования транспортных средств.

При глобализации методов и средств технического контроля и диагностики транспортных средств главным остается дальнейшее развитие трекинговых систем ([12, 31]), интеллектуализация диагностики процессов эксплуатации, прогнозирование остаточного ресурса, технической и экологической надежности машин, контроль перевозимых грузов.

Комплекс технических средств для автоматизированного сбора и обработки информации о транспортном средстве (ТС) включает в себя сле-

дующие составные элементы:

- бортовая система мониторинга технического состояния ТС;
- гаджет и система взаимодействия гаджетов на ТС в ITS;
- виртуальное предприятие по эксплуатации автомобильного транспорта, которое включает функцию автоматизированного сбора и обработки информации (мониторинга) о ТС.

Непрерывный мониторинг ТС. Непрерывный мониторинг параметров технического стану современного РС при его эксплуатации обеспечивают различные электронные системы управления рабочими процессами узлов и агрегатов. Они выполняют функцию собственной диагностики (самодиагностика) и диагностики управляемых ими процессов, а также информируют водителя, механика, диспетчерскую службу об отклонении значений контролируемых величин параметров управляемых процессов, возникших на ТС.

Информирование специалистов осуществляется с помощью информации, которая представляется в различном виде как на борту РС, так и во внешнем информационном пространстве. Информирование обеспечивается в режимах или «on-line», или «off-line».

Режим «on-line» на борту РС достигается с помощью, например:

- свечения на приборной панели индикаторной лампы «Check Engine»;
- свечения специальных светодиодов, расположенных непосредственно на устройствах управления (РС старых моделей);
- за счет информации, выводимой на какой-либо дополнительный дисплей на борту РС.

Для решения таких задач используется контроль параметров автомобиля с передачей информации из телематического блока по каналу 3D в службу сервиса. Так, компания Raqani устанавливает на автомобилях Zonda систему дистанционной диагностики TMD, которая собирает данные, получаемые бортовой диагностикой от каждой единицы Zonda, и по связи GPRS направляет их на завод, что позволяет автопроизводителю Raqani контролировать каждую единицу Zonda, не покидая завода [31]. Система TMD – это специальный прибор NANO, который подключается к диагностическому разъему в автомобиле. Он декодирует информацию и по GPRS подает ее на смартфон водителя. В результате посредством TMD-NANO за тысячи километров от сервиса под его контролем содержатся параметры двигателя, коробки передач и вспомогательного оборудования каждой единицы Zonda.

Система TMD-NANO опрашивает на Zonda все системы управления и диагностики и информирует сервис (ИТС) посредством смартфона водителя о техническом состоянии автомобиля. При возникновении критической ситуации на Zonda существует включить лампу аварийного режима и при разрешении водителя вывести агрегат (двигатель) из этого режима. Сервисный центр при появлении неисправностей, например, коробки передач направляет электронному блоку автомобиля команду, запрещающую переводить ее в аварийный режим, и обеспечивает движение Zonda только на щадящих режимах I и II передач [31].

Другие разработанные системы «телематических блоков» навигаторов

позволяют получить с интерфейса: круиз-контроль, положение дроссельной заслонки, включение тормозной системы, замедление частоты оборотов коленчатого вала двигателя, скорость, пробег, расход топлива, сервисные интервалы ТО и т. п. Отраслевые решения: контроль температурных режимов для рефрижераторных перевозок, контроль за трейлерами и грузами для перевозок без сопровождения и транспортной безопасности, управление ТО и поставками в системе логистики.

Контрольные вопросы к подразделам 5.1-5.4

1. Какие основные причины недостаточной достоверности диагностирования автомобилей при использовании традиционных средств?
2. На какие группы делятся технические средства диагностирования по функциональному назначению?
3. Приведите классификацию средств диагностирования по виду диагностических параметров.
4. Приведите классификацию средств диагностирования по технологическому расположению.
5. Какие средства диагностирования относятся к внешним?
6. Как можно подразделить встроенные средства диагностирования?
7. Приведите классификацию средств диагностирования по виду представляемой информации.
8. По каким признакам подразделяются средства диагностирования?

Контрольные вопросы к подразделу 5.5

9. Какие знания необходимы для выбора средств диагностирования?
10. Приведите средства диагностирования тяговых и тормозных свойств автомобиля.
11. Какие существуют средства диагностирования электрооборудования автомобиля?
12. Приведите средства диагностирования электронных систем автомобиля.
13. Какие средства используют для диагностирования двигателя?
14. Приведите отдельно средства диагностирования трансмиссии и ходовой части.
15. Приведите отдельно средства диагностирования кузова и подвески.
16. Какие существуют средства диагностирования гидравлических систем?
17. Какие возможности мотор-тестеров в диагностировании автомобиля?
18. Какие возможности автомобильных сканеров в диагностировании автомобилей?
19. Какие типы сканеров выпускаются и какие у них отличительные признаки в назначении?
20. Сравните возможности мотор-тестеров и мультиметров в диагностировании автомобилей.
21. Какие возможности в диагностировании есть у измерительно-вычислительных комплексов?
22. Приведите возможности бортовых систем диагностирования автомобилей.
23. Какие существуют трекинговые системы и их возможности при использовании для технического обслуживания автомобилей?
24. Какие возможности дистанционных систем в диагностировании автомобилей?

6. ПРОЦЕССЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ПОСТАНОВКА ДИАГНОЗА

6.1. Знания, необходимые диагносту для поиска неисправностей

Поскольку основные функциональные характеристики и качественные показатели машин закладываются на стадии проектирования (П) и доводки (Д), осуществляются при изготовлении, сборке (И) и вводе в эксплуатацию (В), реализуются в процессе эксплуатации (Э), то надежность и ресурс машины определяется комплексом фактического состояния качества (К) (рис. 6.1):

$$K=F(П, Д, И, В, Э)\pm E. \quad (6.1)$$

Отсюда следует, что повышение надежности и ресурса возможно путем совершенствования качества П и методов контроля (сохранения) заданного проектного качества на стадиях И, Д и Э. Однако, фактически каждая составляющая качества машин имеет *n* неизвестных структурных параметров состояния нестабильности действующих процессов и погрешностей их определения (Е). Источники энергетического воздействия на машину приведены на рис. 6.2.

Поэтому на стадиях от П до Э лежит бесконечное число промежуточных состояний случайных процессов, для которых применение среднестатистических показателей прогнозируемого ресурса и технического состояния в эксплуатации оказываются слишком приближенными. Так что определить фактическое техническое состояние автомобиля в необходимый момент эксплуатации можно лишь путем диагностирования.

Принято различать две основные диагностические задачи:

- прямая диагностическая задача – это контроль технического состояния на соответствие требованиям норм технической документации;
- обратная диагностическая задача или задача поиска неисправности (отказа).

Прямая задача контроля технического состояния на соответствие требованиям технической документации – установленным нормам – рассмотрена в разделе 4.

Основными задачами диагностирования автомобилей является: определение исправности и работоспособности объекта диагностирования; выявление неисправностей и отказов, их локализация; прогнозирование технического состояния (ресурса).

Для эффективного поиска неисправностей и постановки диагноза диагносту необходимы хорошие знания:

1. Конструкции объектов диагностирования автомобиля. Понимание их внутренних свойств и принципов функционирования технических систем, взаимодействия с окружающей средой. Влияние их на техническое состояние, рабочие процессы и микропроцессорные системы управления ими, на техническую и экологическую безопасность автомобиля [6, 39].

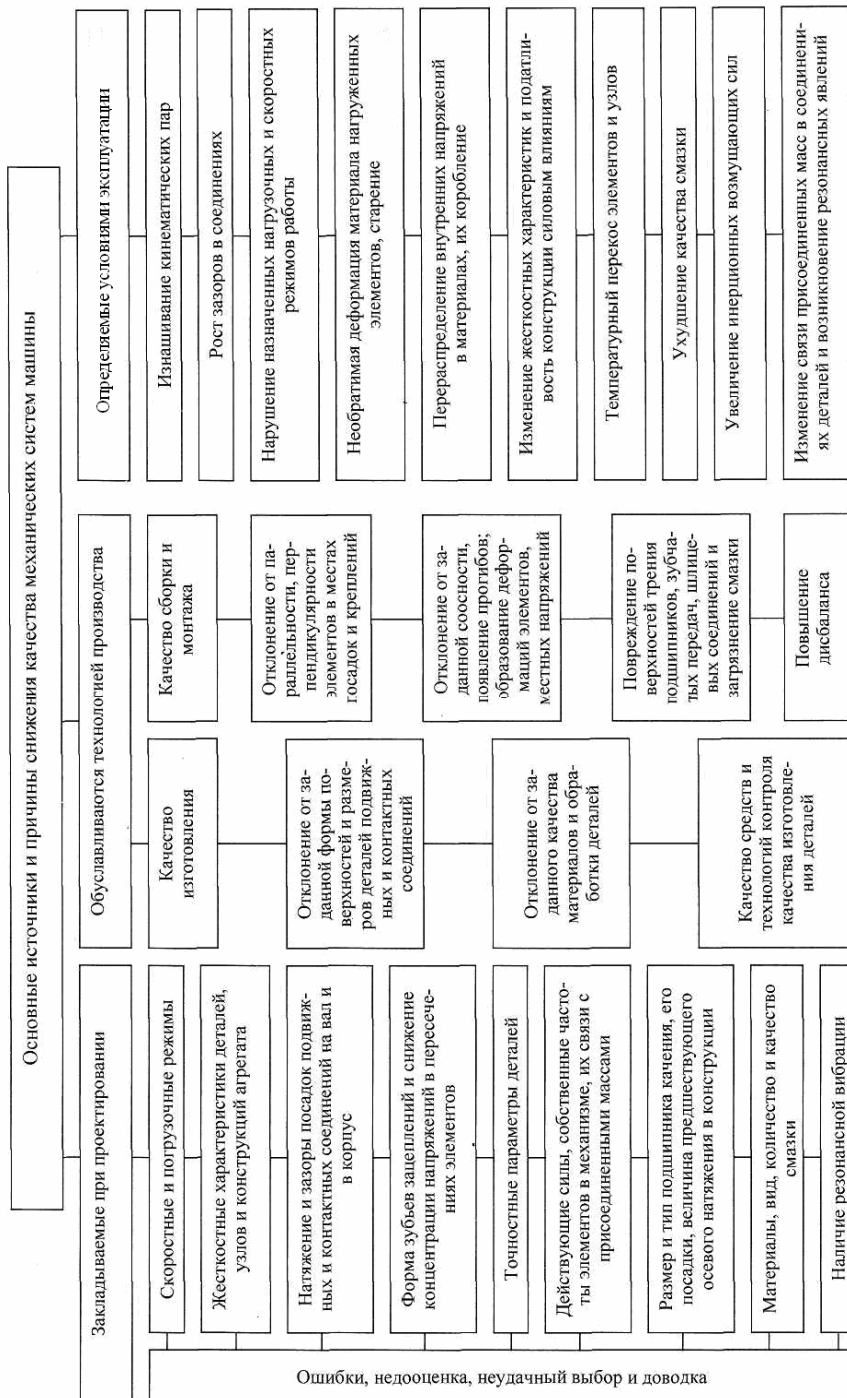


Рис. 6.1. Основные конструктивные, технологические и эксплуатационные факторы механического происхождения, которые влияют на техническое состояние машины

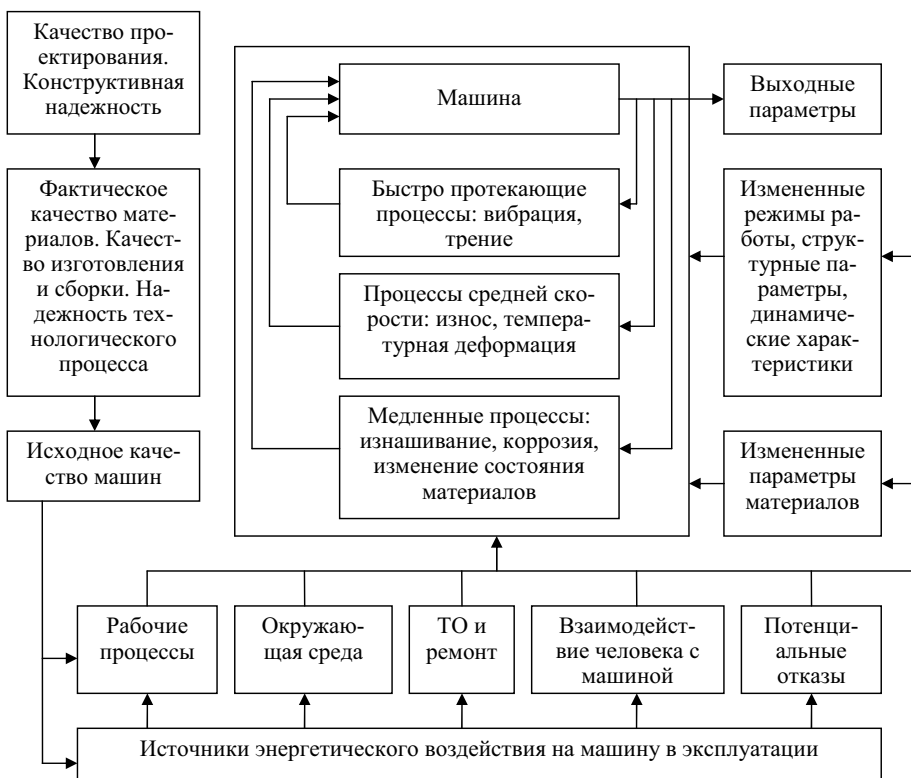


Рис. 6.2. Физико-вероятностная модель энергетических воздействий на агрегаты и машину в процессе эксплуатации

2. Закономерностей изменения технического состояния автомобилей в эксплуатации [10, 11].

3. Дефектов материалов, конструкции, технологии производства отдельных узлов и комплектного автомобиля [1].

4. Типовых неисправностей механических, газогидроаэродинамических, электрических и электронных систем, протекания рабочих процессов, систем управления автомобиля [1, 8].

5. Диагностических параметров и нормативных значений состояния технических систем автомобиля и режимы работы объекта диагностирования [2, 8, 10].

6. Методов диагностирования технических систем автомобиля [3, 27].

7. Средств диагностирования (приборов и технологического оборудования) технических систем автомобиля [5, 12].

8. Свойств измеряемых сигналов физических величин и возможных точек их измерения.

9. Построения диагностических моделей рабочих процессов с обратной связью, разработки алгоритмов диагностирования, оценки достоверно-

сти результатов измерений и диагностирования.

10. Прогнозирования состояния автомобиля, критериев и этапов прогнозирования остаточного ресурса, методов аналитического и линейного прогнозирования, прогнозирования по среднестатистическому изменению диагностического параметра, допустимым значениям параметров и по реализации, индивидуального прогнозирования [10, 11].

11. Знания о возможных диагностических экспериментах (опыта диагностирования). Диагностический эксперимент есть процесс оценки диагностических показателей при заранее определенных условиях с целью локализации неисправности.

6.2. Задачи диагностики

В эксплуатации автомобильного транспорта принято выделять следующие взаимосвязанные задачи диагностирования:

- обнаружение неисправности – определение факта ее наличия и времени проявления. Решение этой задачи осуществляется посредством контроля правильности функционирования системы. Показателем качества решения является полнота контроля. Она может характеризоваться перечнем обнаруживаемых неисправностей и минимальной их величиной, при которой гарантируется обнаружение этих неисправностей;

- диагностирование неисправности – определение вида, величины, места и времени возникновения неисправности. Следует за обнаружением неисправности;

- локализация неисправности – определение вида, места и времени проявления; следует за обнаружением неисправности. Показателем качества решения этой задачи является глубина поиска неисправности. Она характеризуется перечнем неисправностей, в отношении которых может быть обеспечена локализация, и минимальной величиной неисправности, при которой гарантируется ее локализация. Часто в качестве косвенной характеристики глубины поиска неисправности приводится описание классов технического состояния (рис. 1.17, 1.18);

- идентификация неисправности – определение величины неисправности и ее поведения во времени; следует за локализацией неисправности. Показателем качества решения этой задачи является точность определение величины неисправности и прогнозирования технического состояния объекта.

Для углубленного диагностирования необходимо использовать диагностические сигналы объектов, позволяющие комплексно оценивать состояние структурных, функциональных и динамических параметров контролируемых объектов. С этой целью определяют номенклатуру контролируемых диагностических параметров, корреляционную связь контролируемых неисправностей; изучают также режимы диагностирования, обеспечивающие наибольшее появление связи структурных и диагностических параметров (например, нагрузки, скорости вращения, давления, поочередной подачи топлива и т. д.), получают и обрабатывают статистические данные об измерении структурных и диагностических параметров по времени нара-

ботки и сравнивают их с исходными динамическими и предельными значениями. Без таких данных нельзя прогнозировать, обеспечивать оптимальные сроки технического обслуживания и периодичности диагностирования.

Проводят расчеты оптимальной периодичности контроля технического состояния, сроков обслуживания и ремонта и прогнозирования остаточного ресурса. Устанавливают номенклатуры исходных (номинальных), допустимых предельных значений структурных и диагностических параметров, оптимальных значений регулировок и эксплуатационных показателей, зависимости параметров от наработки.

Определяют техническое средство диагностирования, позволяющее измерять отдельные размеры, технические параметры, значения диагностических сигналов, использовать встроенные внешние и бортовые аппаратные средства автоматизированных вычислительных систем. Определяют требования к их метрологическому обеспечению, технико-эксплуатационные показатели: удельные затраты на диагностирование; среднюю оперативную трудоемкость диагностирования; среднюю оперативную продолжительность диагностирования.

Разрабатывают технологию диагностирования отдельных агрегатов и комплектных машин. Определяют испытательные стенды, режимы и последовательность испытаний и операций диагностирования, диагноз и точность измерений технических параметров и диагностических сигналов. Указывают методы диагностирования и правила регистрации и обработки статистически данных результатов диагностирования и выдачи заключения (диагноза). Основным требованием для обеспечения высокой точности и достоверности измерений диагностических параметров является соблюдение одинакового воспроизведения режимов работы объекта диагностирования и средств измерения с теми, которые назначались при определении исходных и предельных диагностических параметров.

Техническое диагностирование допускает измерение, контроль и испытание механизмов, машин и отдельных блоков управления технических систем машины. Измерение, контроль и проверка заложенных при проектировании функциональных и технических параметров выполняется на макетных, опытных и серийных машинах, 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 машин, которые обеспечивают заданную функциональную, техническую и эксплуатационную надежность.

Задачами диагностирования являются: проверка исправности, работоспособности и правильности функционирования объекта; поиск неисправностей, нарушающих исправность, работоспособность или правильность функционирования. Строгая постановка этих задач предполагает, во-первых, прямое или косвенное задание класса возможных (рассматриваемых, заданных, наиболее вероятных) неисправностей и, во-вторых, наличие формализованных методов построения алгоритмов диагностирования, реа-

лизация которых обеспечивает обнаружение неисправностей из заданного класса (рис. 1.17, 1.18) с необходимой полнотой или поиск с необходимой глубиной.

Обнаружение и поиск дефектов являются процессами определения технического состояния объекта и объединяются общим термином «диагностирование», диагноз является результатом диагностирования.

Техническое диагностирование – процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной точностью. Диагностирование завершается заданием – выводом о необходимости проведения исполнительской части операций ТО или ремонта.

Диагностирование дает возможность:

- оценивать техническое состояние (исправность и работоспособность) автомобиля в целом и отдельных его агрегатов и узлов без разборки;
- обнаружить неисправности, которые нарушают исправность и/или работоспособность автомобиля;
- прогнозировать остаточный ресурс или вероятность безотказной работы автомобиля в межконтрольный период.

Общей целью технической диагностики на автомобильном транспорте является повышение (сохранение) надежности автотранспортных средств.

Основная задача диагностирования – распознать техническое состояние в условиях неопределенности с минимальными материальными и энергетическими потерями.

Для повышения эффективности эксплуатации автомобилей требуется индивидуальная информация об их техническом состоянии после изготовления (поступления в эксплуатацию) до и после обслуживания или ремонта. При этом необходимо, чтобы получение указанной информации было доступным, не требовало бы разборки агрегатов и механизмов и больших затрат труда. Индивидуальная информация о скрытых и назревающих отказах позволяет предотвратить преждевременный или запоздалый ремонт и профилактику, а также проконтролировать качество выполняемых работ.

Средством получения такой информации является техническая диагностика автомобилей, изучающая признаки неисправностей автомобиля, методы, средства и алгоритмы определения его технического состояния без разборки, а также технологию и организацию использования систем диагностирования в процессах технической эксплуатации машины или подвижного состава.

6.3. Структурная схема последовательности диагностирования автомобиля

Диагностирование автомобиля в целом, его систем и сборочных единиц должно проводиться в определенной последовательности. Условно процесс диагностирования автомобиля можно разделить на пять уровней (рис. 6.3).

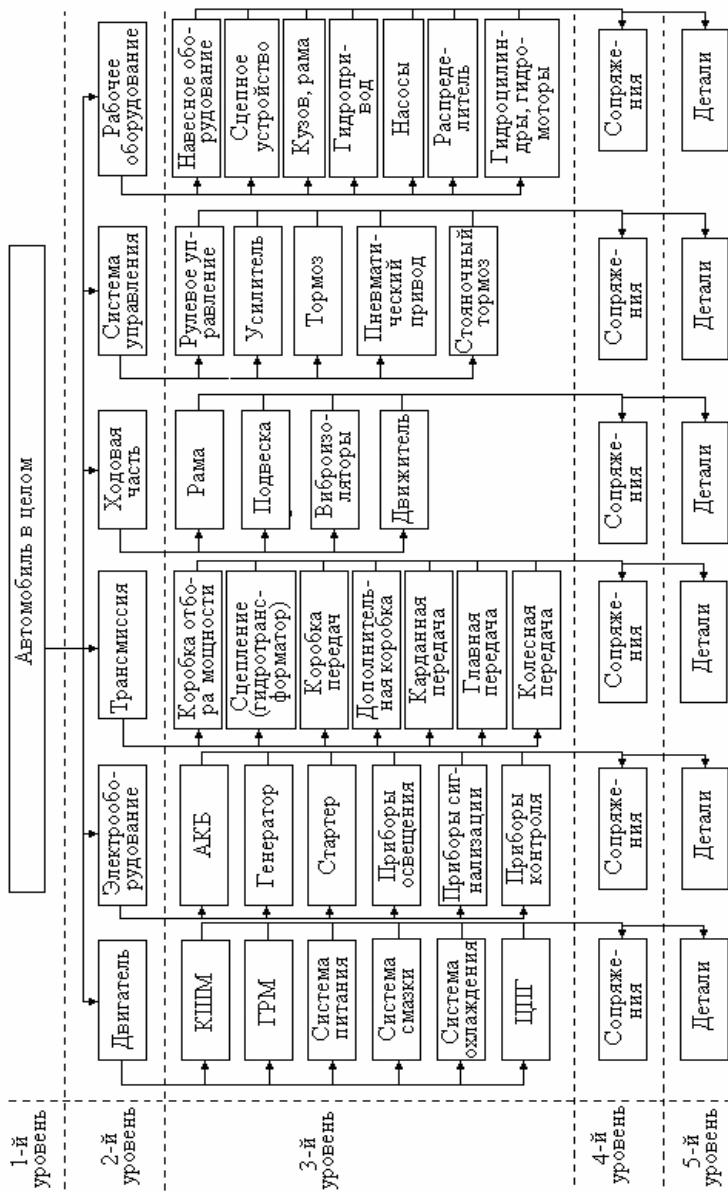


Рис. 6.3. Структурная схема диагностирования

Последовательный принцип поиска неисправностей, одновременно устанавливающий и номенклатуру диагностических параметров, реализуется несколькими способами:

1. От начала структурной схемы объекта к ее концу.
2. По убывающей вероятности – от более вероятной причины к менее вероятной. Способ применяется при известных вероятностях возникновения конкретных неисправностей.
3. По возрастающей трудоемкости – от менее трудоемкого определения причин к более трудоемкому.
4. От более вероятных и менее трудоемких к менее вероятным и более трудоемким.

Первый уровень (рис. 6.3) включает общее диагностирование машины по выходным параметрам, оценивающим техническое состояние двигателя, трансмиссии, движителя, рабочего оборудования и систем (например, расход топлива, производительность и тяговая мощность). На втором уровне диагностируются двигатель, электрооборудование, трансмиссия, движитель, рабочее оборудование и системы машины. В третий уровень диагностирования включены сборочные единицы, приборы и системы двигателя, трансмиссии, движителя, рабочего оборудования. Четвертый уровень включает диагностирование подвижных сопряжений. На последнем (пятом) уровне рассматриваются отдельные детали.

Предлагаемая последовательность позволяет уменьшать трудоемкость выявления неисправностей и прогнозирования работоспособности машины, то есть при ее общем диагностировании измеряются параметры, характеризующие техническое состояние отдельных систем и сборочных единиц. Например, такой параметр, как тяговая мощность оценивает и мощность двигателя, и потери в трансмиссии, и состояние движителя. Если параметры оценки технического состояния машины в целом находятся в допустимых пределах, то выполнение операций по следующим уровням нецелесообразно. Если на первом уровне контролируемые параметры превышают допустимые значения, то на втором уровне выявляется неисправность, то есть оценивается техническое состояние раздельно двигателя, трансмиссии, движителя и т. д. Например, при снижении тяговой мощности проверяются мощность двигателя, механические потери в трансмиссии и потери в движителе. На третьем уровне уже проводится поэлементная диагностика или двигателя, или трансмиссии, или движителя для выявления технического состояния их сборочных единиц и систем.

От традиционного контрольного осмотра современное диагностирование отличается, во-первых, объективностью и достоверностью оценки технического состояния автомобилей, которое достигается применением инструментальных методов проверки, во-вторых, возможностью определения выходных параметров (параметров эффективности) агрегатов систем автомобилей (мощности, топливной экономичности, тормозных качеств и т. д.) и, в-третьих, наличием условий для повышения надежности и организованности функционирования производства ТО и ремонта автомобилей за счет более эффективного оперативного управления.

Диагностирование технического состояния любого объекта осуществляется теми или другими средствами диагностирования. Средства могут быть аппаратными или программными, средством диагностирования может также выступать человек-оператор или контролер. Средства и объект диагностирования, которые взаимодействуют между собой, образуют систему диагностирования.

Как правило, используются два способа диагностирования. При первом в процессе диагностирования на объект диагностирования (ОД), который не находится в рабочем состоянии, осуществляются определенные механические, электрические, гидравлические и другие воздействия и с помощью датчиков фиксируется его реакция в виде диагностического сигнала P_i .

При втором способе объект диагностирования выводится на заданный режим работы, с помощью датчиков от него принимаются сигналы, которые характеризуют диагностические параметры (P_i). Эти сигналы превращаются (модулируются) в электрические, улучшаются (очищаются от «шума»), например, с помощью аналого-цифрового преобразователя и аналогового мультимпликатора и дальше поступают непосредственно на средства отображения информации и считываются оператором или, в более сложных диагностических приборах, к микропроцессору (микропроцессорам), где с учетом информации, которая содержится в блоке памяти (запоминающее устройство), осуществляется анализ, а в ряде случаев прогноз и полученная информация передаются на средства отображения.

6.4. Виды диагностики

6.4.1. Схемы диагностирования сложных систем

Автомобиль представляет собой сложную систему механических, гидрогазодинамических, электрических и электронных объектов с взаимосвязанными процессами.

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

Численное значение каждого параметра является его количественной мерой, оно может быть номинальным, допустимым и предельным. **Номинальное значение параметра** ($P_{ном}$) характерно для новых или капитально отремонтированных машин и сборочных единиц и обеспечивает их рациональную эксплуатацию. Значение параметра, обеспечивающее безотказную работу сборочных единиц до очередного диагностирования, называется **допустимым** ($P_{доп}$). **Предельное значение параметра** ($P_{пр}$) характеризует экономическую нецелесообразность или опасность дальнейшей эксплуатации машины.

Несмотря на высокий современный уровень развития производства и эксплуатации, практика показывает, что полного исключения внезапных отказов машин и установок из-за узлов трения пока еще не возможно.

Безотказная работа машины, снижение трудоемкости ТО и плановых

ремонт зависит от точности определения изменений контролируемых параметров при диагностировании сборочных единиц и систем. Снижение трудоемкости обслуживания и ремонта машины произойдет, если процесс диагностирования рассматривать как систему последовательно-параллельных технологических операций (рис. 6.4).

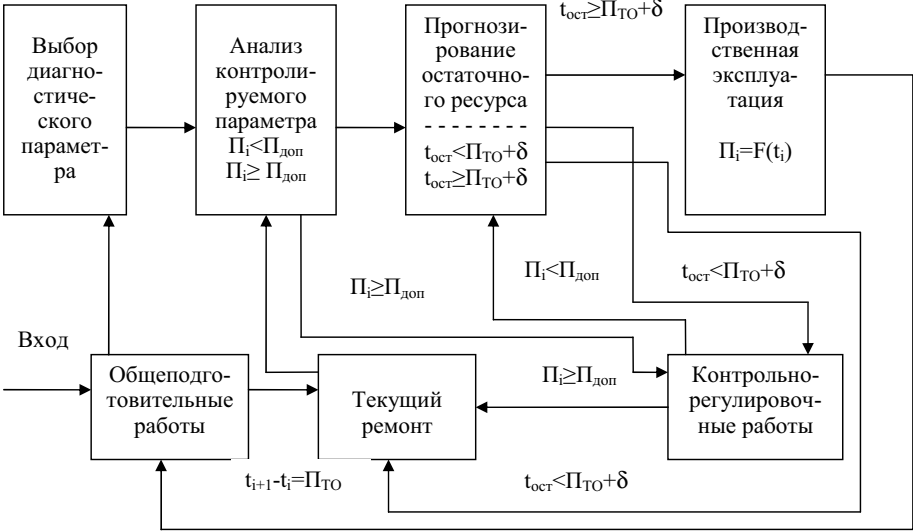


Рис. 6.4. Схема диагностирования объекта

Здесь рассматриваются операции, выполняемые для всех сборочных единиц (общеподготовительные работы, выбор диагностического параметра, анализ контролируемого параметра, прогнозирование остаточного ресурса). Для сборочных единиц с текущими значениями параметра, превышающими допустимые, дополнительно проводятся контрольно-регулирующие и (или) ремонтные операции. В момент контроля технического состояния машины или сборочной единицы определяется фактическое значение параметра Π_i и сравнивается с допустимым значением $\Pi_{доп}$ ($t_{доп} = t_i - \Pi_{ТО} - \delta$). Если $\Pi_i < \Pi_{доп}$, то для машины в целом или для сборочной единицы прогнозируется остаточный ресурс $t_{ост}$. Предельное значение параметра диагностируемого объекта не достигается в процессе эксплуатации при значениях $t_{ост}$, превышающих наработку до очередного контролируемого мероприятия, включая и значение абсолютной ошибки прогнозирования δ .

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

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

- x_1 – параметры, изменение которых с выходом за установленные уровни показателей приводит к потере работоспособности элемента и системы;
- x_2 – параметры, участвующие в формировании выходных параметров всей системы, но по которым трудно судить об отказе элемента;
- x_3 – параметры, влияющие на работоспособность других элементов системы аналогично изменению внешних условий работы всей системы.

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

Пример такой взаимосвязи параметров КШМ, ГРМ и ЦПГ, систем охлаждения, питания и зажигания, определяющих управляемость и работоспособность двигателя и автомобиля представлена на рис. 6.5.

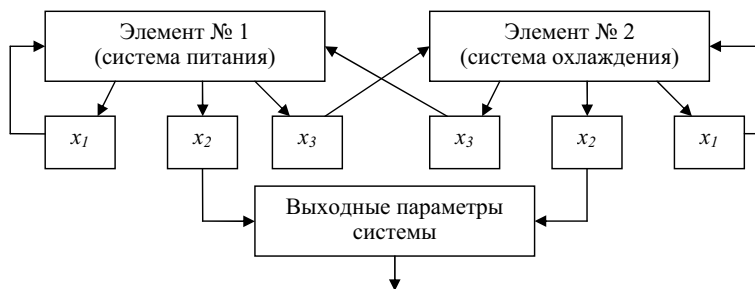


Рис. 6.5. Пример взаимодействия разных типов выходных параметров элементов сложной системы

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

Для большей наглядности возможных типов выходных параметров систему из двух элементов (на примере двигателя) можно представить структурной схемой (рис. 6.5).

В представленной на рис. 6.5 схеме для системы питания x_1 – это пропускная способность топливного жиклера (если жиклер забит и топливо не поступает, то система питания отказывает и отказывает двигатель); x_2 – это износ топливного жиклера (топливная экономичность автомобиля ухудшается); x_3 – образование богатой смеси (двигатель перегревается и затрудняет работу системы охлаждения). В свою очередь, плохая работа системы охлаждения приводит к перегреву двигателя и образованию паровых пробок в системе питания – это x_3 для элемента № 2, плохая работа термостата затягивает прогрев двигателя, что приводит к снижению топливной экономичности автомобиля – это x_2 , обрыв ремня приводит к отказу системы охлаждения и отказу автомобиля – это x_1 для элемента № 2.

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

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

- отказ которых практически не влияет на работоспособность автомобиля (повреждение обивки салона, коррозия крыла). Отказ таких элементов обычно рассматривают изолированно от системы;

- работоспособность которых за рассматриваемый промежуток времени или наработки практически не меняется (для автомобиля, направляемого на уборку урожая, учитывать изменение состояния картера коробки передач не имеет смысла);

- восстановление работоспособности которых не требует значительных затрат времени и практически не снижает показатели эффективности работы автомобиля (натяжение ремня вентилятора);

- отказы которых приводят к отказу автомобиля и регламентируют его надежность.

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

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

Основной причиной изменения (деградации) технического состояния

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

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

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

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

Современные системы контроля рабочих процессов оснащены встроенными диагностическими системами с функциями «самоконтроля», «самодиагностирования», функциональными и контрольными испытаниями. Распознавание неисправностей происходит путем непрерывного циклического процесса сравнения текущих показаний датчиков и систем на любых режимах работы с заложенными в блоках управления матрицами рабочих значений данных параметров. Несоответствие полученного от датчика значения для требуемого режима работы эталонному распознается как неисправность.

6.4.2. Тесты и алгоритмы диагностирования на примере двигателя

Теоретические основы диагностирования всех систем автомобиля рассмотрено в работе [10]. В этом подразделе лишь кратко рассматриваются процессы диагностирования на примере ЦПГ, КШМ, ГРМ и гидравлической системы двигателя. Равномерность компрессии по цилиндрам является решающим фактором плавной работы двигателя.

Для оценки технического состояния двигателей в эксплуатации широко применяют внешние средства диагностирования, которыми проверяют [7, 8, 9]:

- ЦПГ и ГРМ по герметичности надпоршневого пространства цилинд-

ров, по разрежению во впускном трубопроводе и прорыву газов в картер;

- ЦПГ измерением компрессии, по изменению угловой скорости коленчатого вала, измерением силы тока стартера и напряжения на АКБ;

- герметичность полостей ЦПГ, ГРМ и клапанов головки блока цилиндров по утечкам подводимого сжатого воздуха, пульсации давления картерных газов и топлива в гидравлических полостях, по параметрам колебаний частоты вращения коленчатого вала;

- КШМ по радиальным зазорам в подшипниках скольжения, давлению и расходу масла в единицу времени, по шуму и вибрации;

- ГРМ по тепловому зазору между стержнем клапана и коромыслом, по высоте кулачка распределительного вала, упругости клапанных пружин;

- техническое состояние двигателя по продуктам износа в картерном масле, по составу (параметрам) отработавших газов.

Быстрый эффективный поиск неисправностей ЦПГ и форсунок двигателя с помощью CAS может осуществляться по сравнению частоты оборотов холостого хода, по разности мощностей по цилиндрам, которая может вызываться разной компрессией или производительностью форсунок. При диагностировании двигателя по компрессии необходимо учитывать, что на показания компрессии влияют: интенсивность смазывания деталей ЦПГ, изменяющаяся в процессе эксплуатации; частота вращения коленчатого вала; степень сжатия и способ соединения манометра с цилиндром (прямой или с расширителем).

Компрессионный тест. Разница подачи топлива по цилиндрам может находиться в диапазоне от $-5,00 \text{ мм}^3/\text{ход}$ до $+5,00 \text{ мм}^3/\text{ход}$. Поэтапные проверки работоспособности каждого цилиндра осуществляются последовательным отключением цилиндров при заданных значениях давления топлива, давления наддува, рециркуляции отработавших газов, а также сравнением топливopодачи. Увеличение подачи топлива до $+5,00 \text{ мм}^3/\text{ход}$ может свидетельствовать о слишком низкой компрессии и (или) загрязнении (закоксованности) форсунки. Уменьшение подачи до $-5,00 \text{ мм}^3/\text{ход}$ может быть объяснено слишком высокой компрессией в проверяемом цилиндре (отложения на поршне, неправильный зазор в выпускном клапане) и (или) негерметичностью форсунки (износ распылителя, неисправность электроклапана, утечки топлива).

Система стабилизации работы двигателя на холостом ходу позволяет компенсировать неравномерность работы цилиндров, которая может быть вызвана, например, различиями компрессии, состояния форсунок и т. д.

Тест разгона (ускорения). С помощью теста разгона возможен контроль работоспособности каждого цилиндра. С помощью этой функции происходит поочередное отключение каждого из цилиндров при заданном давлении топлива, объеме топливopодачи, положении регуляторов давления наддува и рециркуляции выхлопа остальных цилиндров. При этом измеряется время, необходимое для достижения определенных оборотов коленчатого вала двигателя.

Необходимые условия выполнения теста:

- в памяти неисправностей блока управления двигателем нет сведений о неисправностях;
- двигатель прогрет до эксплуатационной температуры;
- отключены дополнительные (сторонние) потребители (например, кондиционер);
- для автомобилей с сажевым фильтром не проводится его регенерация.

Во время теста объем впрыска сохраняется постоянным, а количество впрыскиваний точно задается.

Первый этап теста: ускорение двигателя от низких оборотов до высоких. При этом все форсунки активны.

Второй этап: ускорение двигателя, но при отключенной форсунке первого цилиндра, вследствие чего снижаются максимальные обороты, а время их достижения увеличивается. Если же изменения по сравнению с первым этапом не происходит, то данная форсунка либо ограничительный клапан цилиндра неисправны. Этот процесс повторяется на всех цилиндрах двигателя.

Сравнение оборотов холостого хода. Низкие обороты коленчатого вала свидетельствуют, что проверяемый цилиндр получает недостаточное количество топлива, слишком низкая компрессия, негерметичны форсунки (внутренняя негерметичность, подклинивание иглы распылителя, закоксование отверстий распылителя). Причиной высоких оборотов может быть то, что данный цилиндр получает избыток топлива (повышена компрессия цилиндра), форсунки негерметичны (утечка топлива, износ распылителя).

Тестовая проверка обратного слива позволяет определить наличие внутренних негерметичностей форсунок в контуре высокого давления. Большое количество обратного слива форсунок может оказывать следующее действие на двигатель:

- двигатель запускается плохо;
- двигатель не запускается (стартер работает);
- двигатель глохнет произвольно;
- понижение мощности на всех режимах (аварийный режим).

Максимально допустимое количество обратного слива определяется как его трехкратное превышение над минимально полученным значением.

Согласование подачи топлива форсунками – это программный продукт, обеспечивающий высокую точность дозировки впрыскиваемого топлива путем индивидуальной кодировки форсунок, которая переносится в блок управления двигателя. При работе двигателя компенсационные значения форсунки и цилиндра двигателя позволяют компенсировать отклонения пропускной способности распылителя и время срабатывания электромагнитного клапана. При замене форсунок в условиях СТО и ремонта компенсационные значения вновь вносятся в блок управления двигателя методом EOL-программирования (End of Line).

Тесты высокого давления. Основными методами диагностирования гидравлических систем двигателя являются тесты для контроля высокого давления: характеристик нарастания и падения давления; отключения сек-

ций ТНВД при различных значениях частот вращения коленчатого вала двигателя и определенном управлении дозатором и клапаном регулирования давления.

6.5. Процесс диагностирования и постановки диагноза

При эксплуатации автомобильной техники необходимо применение ранней диагностики, позволяющей обнаружить неисправности с упреждением по времени, которое допускает длительное и безопасное продолжение эксплуатации. На практике содержание и режимы проведения профилактических и ремонтных работ, как правило, адресные и определяются надежностью элементов: провести смазывание конкретного соединения или узла, проверить затяжку конкретного крепежного соединения, отрегулировать зазор (люфт, ход) конкретного механизма, заменить конкретную деталь или агрегаты и др.

Диагноз о явно неудовлетворительной работе технического устройства по основным производственным показателям ставится легко, но всегда с недопустимым опозданием. Содержание жалобы владельца автомобиля часто является интуитивным и грубо поставленным диагнозом (наличие какой-то неполадки).

В системах технической диагностики ставится более сложная задача: не только установление факта работоспособности, но и нахождение местоположения отказа (локализация неисправностей). Это достигается специальными методами и способами поиска неисправностей, реализующими алгоритмы диагностики. Результаты диагноза служат основанием для принятия решения о дальнейшем использовании, а также об объемах предстоящего ремонта или технического обслуживания.

Общий процесс технического диагностирования включает в себя:

- обеспечение функционирования объекта на заданных режимах или тестовое воздействие на объект;
- улавливание и преобразование с помощью датчиков сигналов, выражающих значения диагностических параметров, их измерение;
- постановку диагноза на основании логической обработки полученной информации путем сопоставления текущих значений параметров с нормативными.

Основным выходом процесса диагностики является информация о характере и месте неисправности. При диагностике рассматриваются абстрактные модели на основе эмпирических исследований конкретных технических систем.

Процесс постановки диагноза технического состояния заключается в логической обработке некоторой объективно существующей информации, поступающей от работающих агрегатов в определенный отрезок времени. Эта информация поступает в виде системы внешних признаков, измеренных диагностических параметров, прямо или косвенно характеризующих со-

стояние автомобиля.

Упрощенная схема общего процесса диагностирования показана на рис. 6.6. На нем количественное значение измеряемого диагностического параметра S выражено диагностической нормой параметра Π . Как правило, изменение конструктивного параметра (S) может быть зафиксировано несколькими различными диагностическими параметрами (Π), из которых целесообразно выбрать наиболее эффективный. Для этого используются свойства однозначности, чувствительности, стабильности, информативности и системности [10, 11].

Постановка диагноза неисправности или сложных технических систем автомобиля, как правило, ставится не по одному, а по нескольким диагностическим параметрам. Определение диагностических параметров проводят в заданном скоростном, нагрузочном и других заданных режимах, при которых устанавливался (нормировался) диагностический параметр.

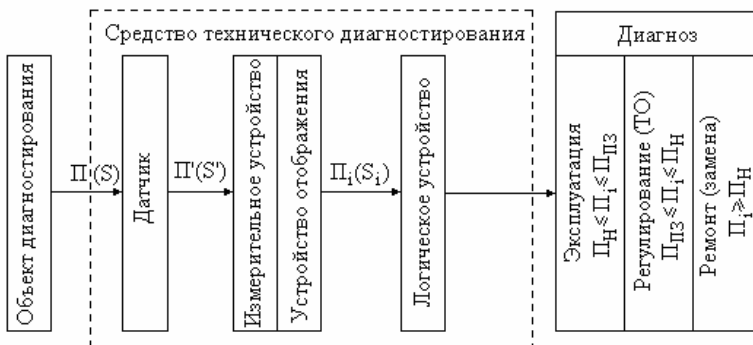


Рис. 6.6. Схема процесса диагностирования

Как показано на рис. 6.6, из объекта диагностирования, выведенного на заданный режим, с помощью специального датчика (механического, гидравлического, пьезоэлектрического, индукционного и т. п.) принимается сигнал, который отображает диагностический параметр Π , который, в свою очередь, характеризует значение структурного параметра S .

От датчика сигнал в трансформируемом виде Π' поступает к измерительному устройству, потом количественное значение диагностического параметра Π_i выдает устройство отображения данных (стрелочный прибор, цифровая индикация, графическое устройство и др.).

Например, показатели мощности автомобиля проверяют в режиме максимального крутящего момента, показатели экономичности – в режиме, который соответствует реализации контрольного расхода топлива, то есть при наиболее экономичной скорости и при режиме нагрузки, которая имитирует движение автомобиля на ровном горизонтальном отрезке пути с асфальтобетонным покрытием. Тормозные качества проверяют при таких скоростях и нагрузках, которые позволяют надежно выявлять основные неисправности тормозной системы автомобиля. Большинство нормативных

показателей разрабатываются для оптимальных тестовых режимов диагностирования.

Диагностирование осуществляется в процессе работы самого автомобиля, его агрегатов и систем на заданных скоростных и тепловых режимах нагрузок (функциональное диагностирование) или при использовании внешних приводных устройств (роликовых стэндов, подкатных и переносных приспособлений), с помощью которых на автомобиль подаются тестовые воздействия (тестовое диагностирование). Эти воздействия должны обеспечивать получение максимальной информации о техническом состоянии автомобиля при оптимальных трудовых и материальных расходах.

В автоматизированных средствах технического диагностирования с помощью специального логического устройства, микропроцессора, который функционирует на их базе, выполняется автоматическая постановка диагноза и в нормативной форме выдаются рекомендации о возможности последующей эксплуатации или необходимости проведения ремонтно-регулирующих операций и замены неисправных элементов. В неавтоматизированных СТД процесс постановки диагноза осуществляется оператором.

В зависимости от задачи диагностирования и сложности объекта диагноз может различаться глубиной. Для оценки работоспособности агрегата, системы, автомобиля в целом используются выходные параметры, на основании которых устанавливается общий диагноз типа «да», «нет» («пригодный», «непригодный»).

Для определения потребности в ремонтно-регулирующей операции нужен более глубокий диагноз, основанный на локализации конкретной неисправности. Постановка диагноза в случае, когда придется пользоваться одним диагностическим параметром, не вызывает особенных методических трудностей и практически сводится к сравнению измеренной величины диагностического параметра с нормативным значением.

Работоспособность – состояние изделия, при котором оно может выполнять заданные функции с параметрами, значения которых отвечают технической документации, то есть находятся в интервале $\Pi_H - \Pi_{\Pi}$ (рис. 6.7). На рис. 6.7 приведены обозначения для случая совпадения структурного (S) и диагностического параметра (Π).

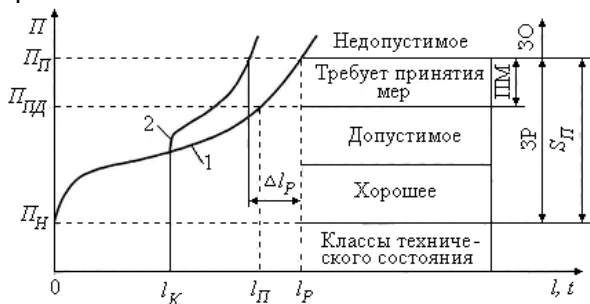


Рис. 6.7. Схема изменения ресурсных параметров технического состояния

На рис. 6.7 приняты следующие обозначения: 1 – без разборки; 2 – после разборки; Δl_P – снижение ресурса; ЗР – зона работоспособности (допустимый прирост параметров); ЗО – зона отказов; ЗПМ – зона принятия решений для предотвращения отказов; $\Pi_{\Pi Д}$ – предельно допустимое значение параметра; l_P – ресурс изделия; l_{Π} – ресурс предупреждения; Π_H – номинальное

(исходное) значение параметра; $П_{II}$ – предельное значение параметра; S_{II} – предельный зазор; l_K – пробег до контрольной разборки.

Наработка изделия к предельному состоянию $П_{II}$ называется ресурсом - l_p . В интервале наработки от $l=l_0$ к $l=l_p$ изделие технически исправно и может выполнять свои функции.

Если продолжать эксплуатировать изделие за пределами его ресурса (рис. 6.7), то есть при наработке $l>l_p$, наступает отказ, то есть событие, которое заключается в нарушении или потере работоспособности.

Перечень неисправностей и условий, при которых запрещена эксплуатация транспортных средств, устанавливается нормативными документами.

Автомобиль может принимать участие в транспортном процессе, если он технически исправный и пребывает в работоспособном состоянии.

Из практических соображений в зоне работоспособности выделяют так называемую предотказную зону ПМ принятия мер (рис. 6.7), в начале которой (при $l=l_{II}$) параметр технического состояния достигает своего предельно допустимого значения $П_{IIД}$. Зона ПМ составляет значительно меньшую часть величины ЗР, для ресурсных параметров приблизительно 1/4-1/5 часть ЗР (рис. 6.7). Значение этого параметра называют также предупредительным. Попадание изделия в эту зону свидетельствует о приближении отказа и необходимости проведения ТО (принятия профилактических мероприятий) по его предупреждению для поддержки работоспособности.

Наработка – длительность работы изделия, измеряемая единицами пробега (километры), времени (часы), числом циклов. Различают наработку с начала эксплуатации изделия, наработки до определенного состояния (например, предельного), наработка интервальная и др. На автомобильном транспорте, как правило, наработка автомобилей вычисляется в километрах пробега (l), реже (специальные автомобили, внедорожные, карьерные самосвалы) – в часах (t). По мере увеличения наработки l , t параметры технического состояния изменяются от номинальных $П_n$, присущих новому изделию, к предельным $П_{II}$; при которых последующая эксплуатация изделия по техническим, конструктивным, экологическим или по другим причинам является недопустимой.

Величина номинальных, предельных и предельно допустимых значений параметров технического состояния устанавливаются законами, государственными стандартами, постановлениями правительства, нормативно-техническими и проектно-конструкторскими документами, систематизируются в изданиях справочников, в том числе и международных.

Техническое состояние определяется текущим значением конструктивных параметров (размеры, зазоры, ходы и т. д.) с использованием прямого или косвенного метода. При определении текущего значения конструктивных параметров различают определенные диагностические параметры и виды средств диагностирования.

При измерении диагностических параметров неизбежно регистрируются помехи, предопределенные конструктивными особенностями диагностируемого объекта, характеристиками прибора и его точностью. Это затрудняет постановку диагноза и снижает его достоверность.

Информативность является комплексным свойством, которое сочетает все предыдущие состояния и характеризует снятие неопределенности при определении технического состояния объекта диагностирования и сводит к минимуму возможности (используя принятый диагностический параметр) принять фактически неисправный по данному техническому параметру объект диагностирования за исправный (ошибки первого рода) и наоборот (ошибки второго рода).

Контрольные вопросы

1. Какие знания необходимы диагносту для поиска неисправностей?
2. Какие задачи диагностики автомобиля?
3. Сформулируйте понятие «техническая диагностика».
4. Представьте структурную схему диагностирования автомобиля.
5. Какая сущность компрессионного теста диагностирования ЦПГ?
6. Приведите тест разгона двигателя контроля ЦПГ.
7. В чем заключается тест высокого давления?
8. Что включает общий процесс технического диагностирования?
9. Приведите схему изменения ресурсного параметра объекта диагностирования с классами качественной оценки технического состояния.
10. Что представляют собой понятия «наработка», «пробег»?

7. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

7.1. Задача прогнозирования технического состояния

Состояние объектов прогнозирования. Классификация конструктивных, технологических, производственных и эксплуатационных факторов, которые определяют изменение технического состояния в эксплуатации, представлена на рис. 1.20. Различные сочетания этих факторов обуславливают деградационные процессы различной физической природы (изменение прочности и свойств материала, усталость, износ, коррозия и т. д., рис. 6.1, 6.2). Исходные параметры, заложенные конструкцией, ухудшаются с различной скоростью.

В виду большого разнообразия качества материалов, качества ТО, условий эксплуатации, режимов работы изменение технического состояния деталей носит случайный характер. Поэтому скорость изменения конструктивных параметров состояния одноименных сборочных единиц даже однотипных машин при одной и той же наработке неодинакова.

Фактические предельные значения параметров состояния одноименных сборочных единиц могут значительно отличаться от расчетных или среднестатистических данных. Сам ход процесса изменения исходных параметров до предельного состояния является задачей прогнозирования технического состояния.

Для автомобиля важно установить не только то, что он исправен в данный момент времени (в период контроля), но и то, что он будет оставаться исправным на протяжении некоторого будущего интервала времени эксплуатации. Эта задача остается одной из самых сложных проблем диагностики.

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

Прогнозировать событие – значит предвидеть, предсказать будущее событие на основании изучения таких факторов, от которых оно зависит или которые ему сопутствуют. Научное прогнозирование основывается на изучении объективных закономерностей, которым подчиняются интересующие нас процессы и события. При этом используются две группы закономерностей: закономерности случайных событий или вероятностные (стохастические) и закономерности детерминированные.

Процесс прогнозирования позволяет определить:

- протекание процесса на протяжении будущего отрезка времени в конкретной размерности;
- ожидаемую вероятность того, что исследуемый процесс не выйдет за установленные допусковые границы;
- к какому классу по долговечности следует отнести исследуемый процесс.

В зависимости от прогнозируемых параметров и целевой направленности прогнозирования выбираются имеющиеся методы и математический аппарат.

При прогнозировании события можно выделить два характерных подхода к решению поставленной задачи:

- прогнозирование будущего состояния данного события на основании изучения закономерностей изменения данного события;
- прогнозирование будущего состояния данного события на основании изучения другого события (или группы других событий), связанного с данным.

Все сказанное о прогнозировании в общем плане имеет непосредственное отношение к прогнозированию технического состояния и надежности изделий.

Прогнозирование технического состояния и надежности можно осуществлять на различных стадиях создания и использования изделий: на стадии проектирования, производства и эксплуатации. На этих стадиях математические основы прогнозирования сохраняются общими, однако конкретные методики и алгоритмы различны [21].

На стадии эксплуатации автомобиля исходными данными являются предполагаемые закономерности изменения технических параметров реального объекта. Целью прогнозирования технического состояния при эксплуатации является определение сроков исправной работы до появления предельного состояния, то есть своевременное предупреждение отказов и применение таких рабочих условий и технического обслуживания, которые наилучшим образом отвечают задаче обеспечения заданной надежности и эффективности использования автомобиля.

Неисправности и отказы в эксплуатации являются случайными событиями, потому что решения, принимаемые персоналом в отношении механизма, основаны на неполных данных о свойствах его деталей и конструкции (функциональных зависимостях), а также потому, что прогноз внешних воздействий, которым подвергнется механизм в будущем, не вполне достоверен. Неполные знания о функциональных зависимостях механизма и возможных воздействиях на него приводят к невозможности однозначного предсказания событий, которые произойдут в данном механизме (системе), и позволяют сделать об этих событиях лишь вероятностный прогноз.

Картина физических изменений состояния технических объектов объясняет происхождение количественных изменений в объекте и возможный переход его в другое качественное состояние. С момента изготовления объекта в нем протекают процессы деградации, то есть работоспособность его постепенно ухудшается, причем скорость изменения работоспособности различна у электронных и механических объектов. Причинами отказов и процессов их возникновения в большинстве случаев являются деформация и механические разрушения материалов, нарушение электрической изоляции (пробой), тепловые разрушения элементов (перегорание, расплавление), износ поверхностей деталей и т. д. [2].

Под прогнозированием технического состояния автомобилей понимают определение срока его работоспособности или остаточного ресурса до возникновения предельного состояния, регламентированного нормативно-технической документацией. При диагностировании автомобиля важно

знать не только его фактическое состояние, но и иметь прогноз его остаточного ресурса. Это позволяет наиболее рационально спланировать его дальнейшую эксплуатацию, предусмотреть ремонт и связанные с ним затраты.

Уровень решения задач прогнозирования остаточного ресурса определяет эффективность диагностирования. Множество методов прогнозирования изменения состояния включает три основных группы методов: аналитического прогнозирования, вероятностного прогнозирования и статистической классификации. Существует также ряд модифицированных вариантов этих методов. Сведения обо всех этих методах прогнозирования составляют библиотеку методов [9, 21].

При вероятностном прогнозировании технические средства решают задачу экстраполяции стационарных и нестационарных процессов.

Под остаточным ресурсом понимают наработку сопряжения, узла, агрегата после контроля до их предельного состояния, характеризующего предельным износом, недопустимым ухудшением качества работы, снижением экономичности.

Результаты диагностирования узлов, агрегатов автомобиля могут быть использованы для предсказания изменения параметра конкретного элемента. При этом учитываются общие закономерности изменения этого параметра в зависимости от наработки автомобиля.

Задача технической генетики возникает, например, в связи с расследованием аварий и их причин, когда техническое состояние объекта в рассмотренное время отличается от состояния, в котором он находился в прошлом, в результате появления первопричины, которая вызвала аварию. Эти задачи решаются путем определения возможных или вероятных предысторий, которые отображают действительное состояние объекта.

Оценку технического состояния объекта в прошлом (например, для выявления причины аварийного отказа, повлекшего дорожно-транспортное происшествие) называют ретроспекцией (рис. 7.1). Практические задачи прогнозирования или ретроспекции решают, пользуясь известными закономерностями изменений параметров технического состояния объекта в функции наработки (часов) или пробега (км) путем соответственно их экстраполяции или интерполяции. Результаты технической ретроспекции в конечном итоге помогают совершенствованию конструкции последующих аналогичных объектов и методов управления ими.

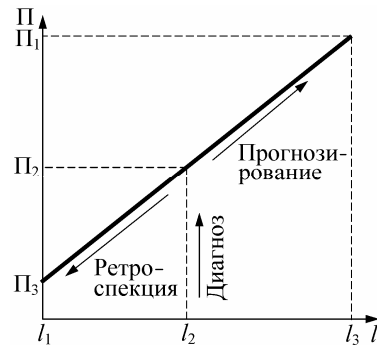


Рис. 7.1. Схема определения технического состояния объекта:
 Π_2 – в настоящее время при наработке l_2 (диагноз); Π_1 – в будущем, когда наработка будет l_3 (прогноз); Π_3 – в прошлом, когда наработка была l_1 (ретроспекция)

Прогнозирование остаточного ресурса работы позволяет управлять

изменением износа, добиваться минимальных эксплуатационных издержек и полнее использовать ресурс автомобиля, выявить сопряжения, которые могут отказать в течение последующего периода работы, а также планировать объем работ по ТО и ремонту.

Определение остаточного ресурса работы проводят главным образом для тех элементов, срок безотказной работы которых определяет в целом межремонтный ресурс узла, агрегата или автомобиля. К таким элементам, например для механической системы двигателя, относятся цилиндропоршневая группа, кривошипно-шатунный и газораспределительный механизмы, система подачи топлива, шестерни и подшипники силовой передачи и др.

Особого внимания при прогнозировании требуют агрегаты, техническое состояние которых обеспечивает безопасность движения: тормозная система, рулевое управление, шины, подвеска, крепление колес, осветительные сигнальные приборы. Если параметры агрегатов и деталей, влияющих на безопасность движения, не достигли предельного значения, но не обеспечивают безотказной работы автомобиля до очередного ТО, то эти агрегаты подлежат техническому воздействию (замене, ремонту, регулировке).

Зная остаточные ресурсы агрегатов и узлов, можно варьировать срок предстоящего обслуживания, увеличивать или уменьшать объем выполняемых работ. При этом в ряде случаев возможно проведение промежуточного, целевого вмешательства, например при выполнении ТО-1. Решая эту задачу, следует учитывать такие факторы, как дефицитность запасных частей и материалов, наличие исполнителей и технических средств в отряде или части технической службы и т. д.

Действительно, анализ исправного состояния ТС позволяет установить степень работоспособности и момента перехода в область неисправного состояния, то есть позволяет прогнозировать состояние ТС. Таким образом, диагностирование и прогнозирование технического состояния тесно взаимосвязаны.

В технической диагностике прогнозирование состояния технических объектов основано на данных об изменениях технического состояния, происходящих в объекте с течением времени под влиянием внешних воздействий и внутренних необратимых физико-химических превращений. Изменение этих параметров обычно вызывается многими причинами, поэтому исключается возможность установить однозначную связь между изменением параметра и причинами, вызывающими такое изменение.

Задачи отбора и оценки информативных признаков. Наиболее трудными являются вопросы обоснованного выбора предельного значения критерия пригодности, а также выбор прогнозируемых параметров. Теоретически обоснованные ответы на эти вопросы удается получить далеко не всегда и только для очень простых объектов. В большинстве случаев, однако, могут оказаться приемлемыми методы экспертных оценок. На практике теоретические (расчетные) данные являются инструктивными для мастера-диагноста, который по результатам диагностирования органами чувств, мышления и измерений дает заключение о состоянии объектов диагности-

рования и определяет виды воздействий на них, не проводя никаких расчетов. Поэтому часто затраты на обучение диагноста экономически выгоднее по сравнению с приобретением дорогостоящей электронной аппаратуры и оборудования.

Приобретение дорогостоящих электронных диагностических приборов и оборудования, стоимость которого часто составляет более трети стоимости грузового автомобиля и автобуса первого класса качества также не всегда может быть оправдано. В машинах высокого класса качества проектирования изменение технического состояния происходит приблизительно по линейной зависимости от наработки, поэтому все расчеты по обслуживанию могут выполняться по показателям пробега и условий эксплуатации.

Методы отбора и критерии оценки информативности диагностических признаков приведены на рис. 7.2.

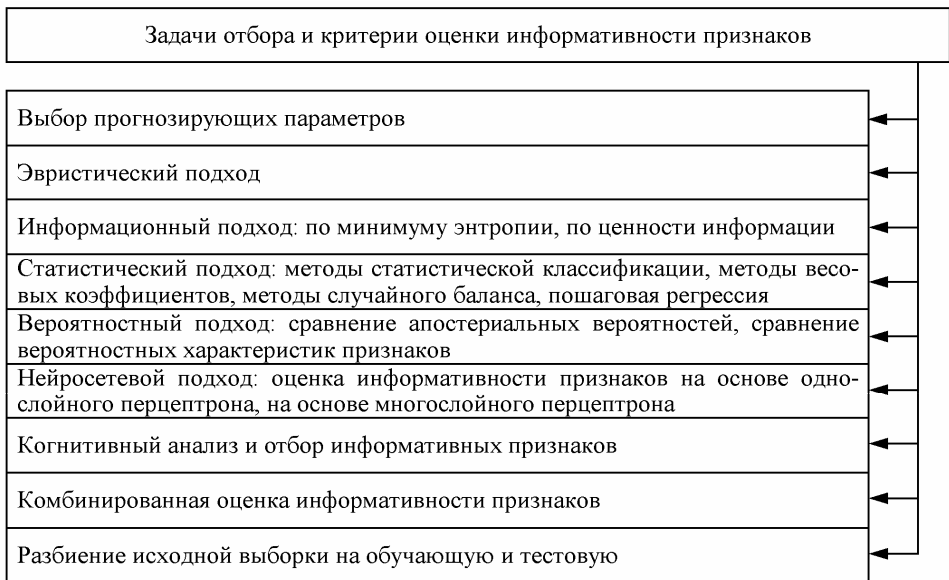


Рис. 7.2. Определение информативных признаков

Прогнозирующее диагностирование. Задача прогнозирования технического состояния формулируется следующим образом: по наблюдению реализации случайных процессов изменения показателей качества функционирования на определенном интервале времени предсказать значение реализации в некоторый будущий момент времени. Для решения этой задачи составляют алгоритмы обработки наблюдаемых реализаций параметров, дающих их экстраполированное значение.

Реализация диагностирования содержит следующие этапы: выбор существенных параметров для прогноза; выбор и составление моделей прогноза; определение и назначение технических средств, обеспечивающих из-

мерения и наблюдение за выбранными показателями; оценка эффективности выбранных средств; корректировка ранее выбранных параметров и состава технических средств.

Структурная схема прогнозирующего диагностирования показана на рис. 7.3.

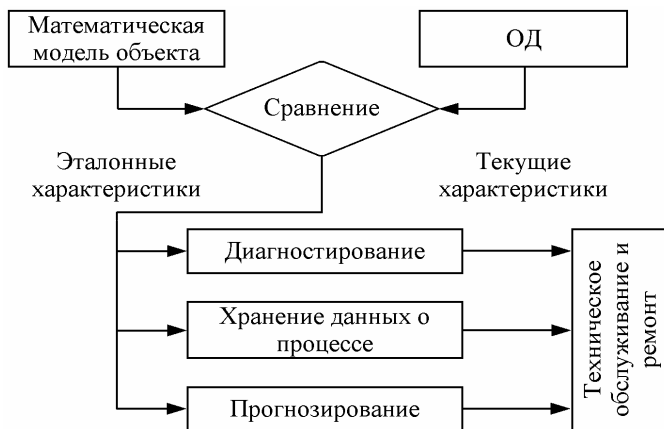


Рис. 7.3. Структурная схема прогнозирующего диагностирования

СТД выполняет следующие задачи: оценивает изменение диагностирующих параметров и сравнивает их с предельными значениями и при необходимости включает аварийную сигнализацию; определяет и прогнозирует техническое состояние; выдает рекомендации обслуживающему персоналу на ремонт и регулировку.

7.2. Методы, критерии и этапы прогнозирования остаточного ресурса

7.2.1. Классификация методов прогнозирования

Прогнозирование – одна из основных задач технической диагностики. Основная цель прогнозирования – установление сроков безотказной работы составных частей машины на предстоящий интервал времени. Методы диагностирования агрегатов автомобиля рассмотрены в работе [21]. В настоящем учебном пособии они лишь кратко упомянуты.

Прогнозирование технического состояния может определяться с заданной вероятностью интервала времени, в течении которого сохраняется работоспособное (исправное) состояние объекта, или вероятностью сохранения работоспособного состояния объекта на заданный интервал времени.

Необходимость прогнозирования определяется возможностью управления техническим состоянием автомобиля в целом, если известны изменения технического состояния.

Методы прогнозирования разделяют на три основные группы:

- метод экспертных оценок, суть которых сводится к обобщению, статистической обработке и анализу мнений специалистов;
- метод моделирования, который основывается на основных положениях теорий подобности и состоит из формирования модели объекта исследований, проведения экспериментальных исследований и пересчета полученных значений из модели на натурный объект;
- статистические методы, в которых широко используется метод экстраполяции. В его основе лежат закономерности изменения прогнозируемых параметров во времени. Для описания этих закономерностей подбирают по возможности простую аналитическую функцию с минимальным количеством переменных.

Эти методы диагностирования рассмотрены в работах [9, 21], методы оценки и прогнозирования ресурса машин приведены на рис. 7.4, а общая схема прогнозирования – на рис. 7.5. Приведенная классификация методов (рис. 7.4) не является общей.

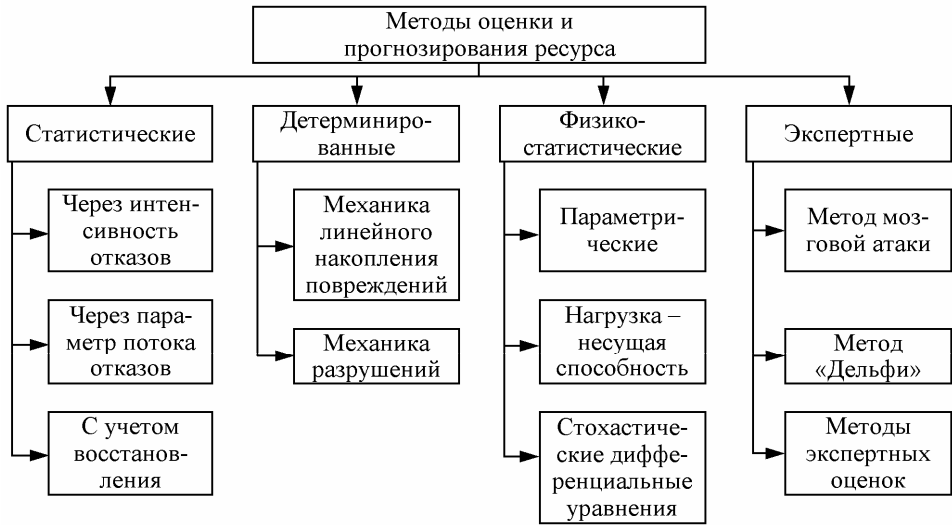


Рис. 7.4. Классификация методов оценки и прогнозирования ресурса

Общей классификации методов прогнозирования пока нет; тем не менее для таких технических объектов, как автомобиль, следует рассматривать три группы методов прогнозирования остаточного ресурса силовых агрегатов: статистический, прогнозирование по реализации и экспертных оценок (рис. 7.6, 7.7), которые в ряде случаев обогатились полезными модификациями [28].

Сущность основных методов прогнозирования остаточного ресурса силовых агрегатов автомобиля определяются информационным и процедурным характером. Так, статистические методы основаны на принципе аппроксимации имеющихся статистических данных, полученных в результате

реализации процесса изнашивания, которые используются при выборе аппроксимирующих функций для описания характера изменения структурных (диагностических) параметров при наличии данных об их непосредственной реализации. Прогнозирование остаточного ресурса силовых агрегатов производится на основе аппроксимации статистическими методами измерений функциональных параметров. В данном случае речь идет о прогнозировании остаточного ресурса деталей или сопряжений силовых агрегатов по диагностическим параметрам на основе установления статистической взаимосвязи между структурными и диагностическими параметрами.

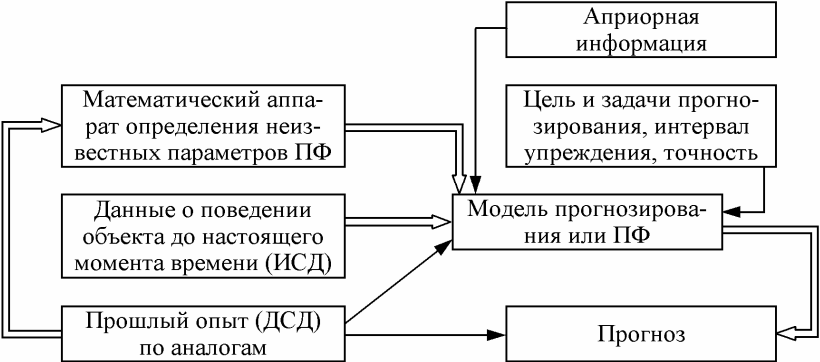


Рис. 7.5. Схема прогнозирования:

⇐ – вычислительные процедуры; ← – исследовательские операции



Рис. 7.6. Классификация статистических методов прогнозирования остаточного ресурса силовых агрегатов

Прогноз по диагностическими параметрам возможен при наличии двух видов информации: информации о связи между структурными и диагностическими параметрами; информации о статистических моделях изменения во времени диагностических (структурных) параметров.

По способу реализации прогнозирование можно разделить на две группы (рис. 7.7):

- методы прогнозирования, основанные на экстраполяции тенденций изменения технического состояния силовых агрегатов. Назовем такие методы прямыми;

- методы прогнозирования, где в качестве исходного пункта берется не только значение отдельных параметров, но также учитывается влияние внешних условий на систему в целом. Назовем такие методы системными.



Рис. 7.7. Классификация методов прогнозирования остаточного ресурса силовых агрегатов по реализации

В настоящее время наиболее разработаны прямые методы прогнозирования. Прогнозирование по этим методам основано на переносе изменения технического состояния агрегата, имевшегося в недалеком прошлом, на будущее. К ним относятся различные модификации методов, возникшие в связи с особенностями эксплуатации силовых агрегатов. Кроме того, для пользования прямыми методами требуется незначительное количество данных о наработке и изменении технического состояния агрегатов, узлов. Эти методы обладают более достоверными результатами при малом времени упреждения, когда не предвидятся существенные изменения во внешних условиях

работы узла, агрегата.

За последнее время прямые методы прогнозирования подвергались существенной критике. Чисто временная экстраполяция, которую дает прямой метод, весьма сомнительна, так как математическая модель отражает лишь внешнюю формализованную картину общего воздействия всех факторов на интенсивность изнашивания узла, агрегата и не дает представления о характере взаимодействия их причин.

Для оценки прямых методов прогнозирования решающим является применение на основе теории соответствующих процессов и их внутренних закономерностей.

Непрерывные изменения диагностических параметров силового агрегата в функции наработки выражаются реализациями. Реализации аппроксимируют соответствующими уравнениями, отражающими связь данного параметра с наработкой. Пользуясь этими уравнениями, экстраполируют ресурс силового агрегата во времени или по пробегу.

Необходимость статистического прогнозирования многомерных процессов определяется сильным влиянием внешних условий эксплуатации, а также технических и эксплуатационных факторов, имеющих случайный характер. В этом случае преобладание случайной составляющей при изменениях диагностических (структурных) параметров приводит к большим случайным изменениям значений остаточного ресурса. К этой группе методов можно отнести методы: статистического градиента; метод, использующий Байесов критерий; гипотез и фильтрации; покоординатного самообучения.

Прогнозирование изменений одномерных функций распределения остаточного ресурса целесообразно, когда влияние помехи и преобладание случайной составляющей при изменении диагностического параметра приводит к необходимости анализа не отдельных значений диагностического параметра, а их совокупности. В эту группу можно отнести такие методы: группового прогнозирования, индивидуального прогнозирования и прогнозирование известных функций распределения параметров.

Для ориентировочного, предварительного или оперативного прогноза могут использоваться методы упрощенного статистического прогнозирования остаточного ресурса силовых агрегатов. Эти методы можно выделить также в отдельную группу и определить их как методы прогнозирования искомой вероятности при неизвестных функциях распределения. К этой группе можно отнести такие методы: неравенство Чебышева, неравенство Колмогорова, метод оперативного вычисления вероятности.

Закономерности изменения параметров с необходимой точностью могут быть описаны целой рациональной функцией n -го порядка.

Системные методы позволяют проводить системный анализ прогнозируемых процессов, внешних условий и прогностически овладеть случайными процессами. Выявление динамического характера поведения систем позволяет учесть при постановке прогноза не только внешние воздействия (внешние помехи), но и внутренние. Эти воздействия обнаруживают ряд взаимосвязанных внутренних возможностей, на которые реагирует система в целом, а отдельные элементы этой системы случайно реализуют ту или

другую из этих возможностей. Следовательно, с помощью системного метода возможно разрабатывать прогнозы, охватывающие внутреннее и внешнее распределение случайностей. Этот метод приводит к предсказанию векторов состояния, окружающих распределение вероятностей.

При классификации математических методов параметрического прогнозирования технического состояния объектов диагностирования выделяют три больших класса: экстраполяция, моделирование и опрос экспертов. Наиболее распространены в настоящее время 15-20 методов. В зависимости от классификационных признаков для целей прогнозирования технического состояния автомобиля эти методы можно представить в виде, приведенном в табл. 7.1. Для решения задач прогнозирования остаточного ресурса оборудования наибольший интерес представляют методы, которые рассматриваются в признаке «форма представления количественных результатов», «вид информации о прогнозируемых процессах» и «применяемый аппарат» [32].

Таблица 7.1

Классификация методов прогнозирования

Признак классификации	Метод прогнозирования
Информационное обоснование метода	Фактографический, экспертный комбинированный
Принцип обработки информации	Статистический, метод аналогий, опережающий
Полнота результатов прогноза	Прогноз: предупреждающий, разрешающий, командный
Форма представления количественных результатов	Прогноз: аналитический, вероятностный, альтернативный, прямой, обратный
Значение интервала упреждения	Прогноз: оперативный, краткосрочный, среднесрочный, долгосрочный
Вид информации о прогнозируемых процессах	Прогноз: индивидуальный, групповой, одномерный, многомерный
Применяемый аппарат	Экстраполяция и интерполяция, регрессия и корреляция, факторные модели, опрос и анализ, генерация идей, игровые модели
Критерий качества прогнозирования	Обобщенный показатель качества, векторный показатель качества, частный показатель качества

Прогнозирование остаточного ресурса по результатам диагностирования позволяет с заданной вероятностью предсказать техническое состояние в будущем с учетом влияния на ресурс всех факторов – эксплуатационных, конструктивных и производственных. Определение остаточного ресурса позволяет успешно управлять работоспособностью машин, периодичностью ТО, межремонтным ресурсом, расходом запасных частей и эксплуатационными затратами.

На рис. 7.7 приведена классификация методов диагностирования, а на рис. 7.8 – методы диагностирования.

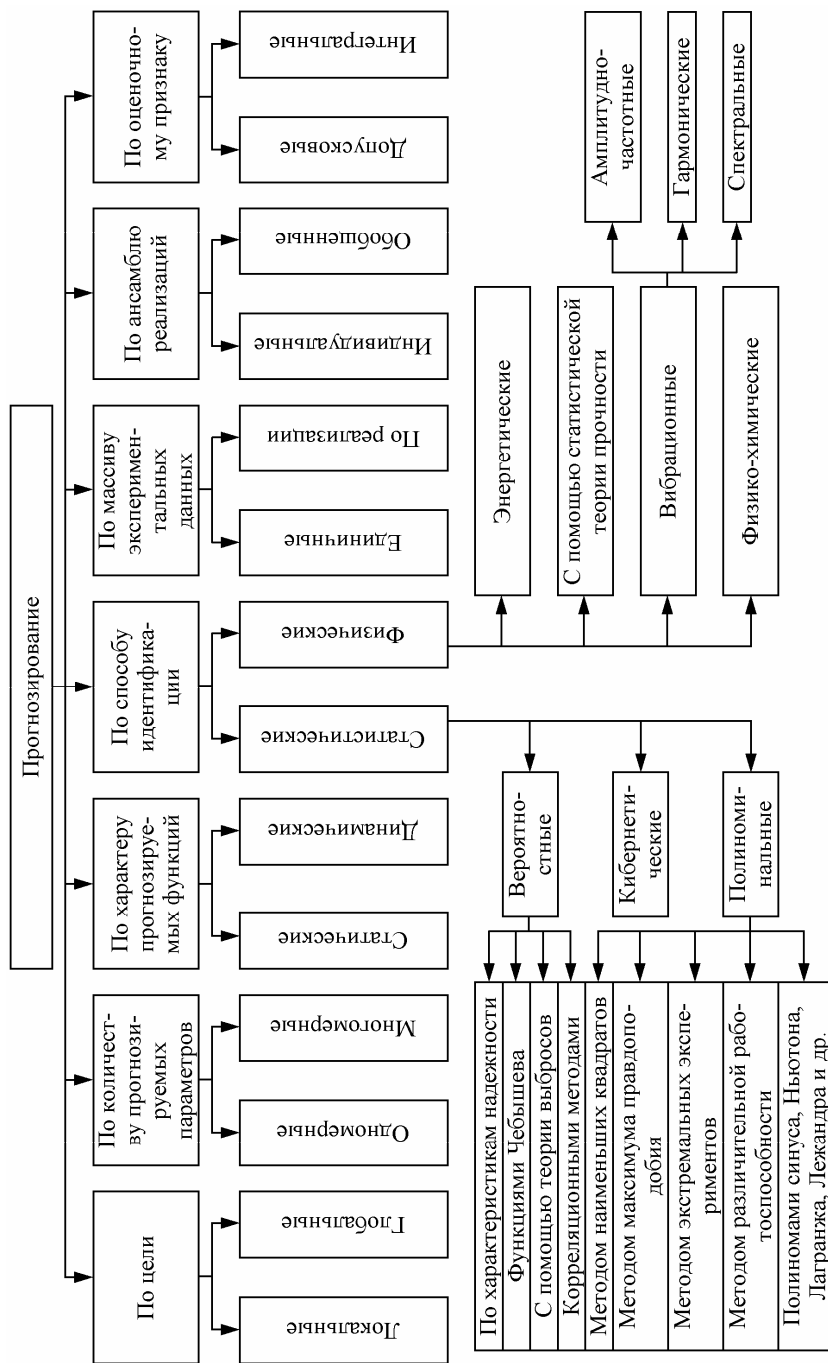


Рис. 7.8. Классификация методов прогнозирования

Диагностирование и прогнозирование технического состояния тесно взаимосвязаны и вместе с состоянием в прошлом (ретроспекция) составляют **три этапа полного цикла прогнозирования**:

- исследование прогнозируемого процесса в прошлом, в анализе характера прошедших изменений его показателей с целью разработки динамической модели этого процесса;

- определение текущего состояния объекта по выбранным критериям (допускам, номинальным, предельным и допускаемым значениям параметра) и выбор метода прогнозирования;

- прогнозирование изменения параметров технического состояния (в будущем), в том числе остаточного ресурса, которое базируется на динамической модели процесса и результатах диагностирования.

При прогнозировании остаточного ресурса машин работы по всем трем этапам должны быть обязательно выполнены. Для классического случая износа сопряжений прогнозирование остаточного ресурса $t_{\text{ост}}$ наглядно поясняет рис. 7.9. Сравнивая измеренное значение параметра Π_i с нормативным (предельным или допускаемым) $\Pi_{\text{пр}}$, делают заключение об остаточном ресурсе $t_{\text{ост}}$.

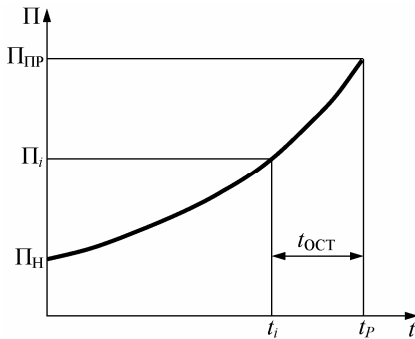


Рис. 7.9. Прогнозирование остаточного ресурса

на изменение метрологических показателей диагностирования и управления характеристиками достоверности в эксплуатации.

Метрологическое обеспечение диагностирования и прогнозирования заключается в выборе диагностических параметров, разработке алгоритмов поиска и локализации неисправностей, обосновании точности и достоверности измерения диагностических параметров, нормировании предельных и допускаемых значений диагностических параметров, оптимизации периодичности диагностирования, прогнозирования остаточного ресурса, типизации точности контрольно-диагностических методов, оценке влияния наработки объекта

7.2.2. Критерии и методы прогнозирования остаточного ресурса

Прогнозирование остаточного ресурса предполагает известными закономерности достижения диагностическим или структурным параметром предельного значения и критерии технического состояния. Последние делят на технические и экономические критерии.

В качестве **технических критериев**, например, используют величины постепенного износа, изменение геометрических форм шейки (втулки, вала, диска), утечку газов, расход масла, разрежение и другие физические параметры.

Экономические критерии характеризуют удельные затраты на поддержание работоспособности ТС в эксплуатации.

Во всех случаях необходима экстраполяционная прогнозирующая модель в виде математической формулы, графика или таблицы, характеризующих динамику развития процесса.

Оптимальный остаточный ресурс – это прогнозируемый период работы, в течение которого диагностируемая составная часть может проработать без замены при условии минимальных издержек, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом.

Предельный остаточный ресурс – это прогнозируемый период работы составной части, при котором издержки, связанные с устранением отказа, равны издержкам на предупредительное обслуживание (ремонт).

Оптимальный и предельный остаточные ресурсы, так же как и ресурс с доверительной вероятностью, находят по действительной закономерности изменения параметров состояния объектов диагностирования.

При определении оптимального и предельного остаточных ресурсов учитывают экономические характеристики удельных издержек – затрат на единицу выполненной работы или наработки. К экономическим характеристикам относятся издержки A , связанные с устранением отказа, и издержки C на предупредительное восстановление. В издержки A входят издержки C , а также издержки на транспортирование, дополнительные ремонтные работы и потери от простоя машины за время устранения отказа.

Отношение $A/C=A_0$ – это один из исходных показателей (вместе с σ , α и отношением $I(t_H)/I_{II}$) при определении оптимального и предельного остаточных ресурсов, где $I(t_H)$ – изменение параметров состояния к моменту диагностирования (после наработки t_H), ед. измерения параметра; I_{II} – предельное изменение параметра состояния, ед. измерения параметра.

Значение A_0 всегда больше единицы, потому что при устранении отказа все издержки на разборочно-сборочные работы относятся на одну отказавшую составную часть с учетом потерь от простоя машин (например, для тракторов – 3-4 грн./час, для комбайнов до 12 грн./час). Поэтому, чем больше A_0 , тем меньше (при прочих одинаковых показателях) оптимальный и предельный остаточные ресурсы. Это обусловлено тем, что выгоднее своевременно заменить составную часть (предупредить отказ), нежели нести потери от возможного отказа.

Оптимальный остаточный ресурс определяют в том случае, если $A_0 > 1,1$. Предельный остаточный ресурс определяют при решении вопроса о возможности использования составной части до следующего одноименного технического обслуживания.

Если вычисленный предельный остаточный ресурс окажется не менее наработки между одноименными техническими обслуживаниями, то составная часть может эксплуатироваться до очередного одноименного технического обслуживания с последующим уточнением времени ее дальнейшего использования.

Методы моделирования основываются на основных положениях теории подобия и состоят из формирования модели объекта исследования,

проведения экспериментальных исследований и перечисления полученных значений из модели на натуральный объект.

Из статистических методов самое широкое применение нашел метод **экстраполяции**. В его основе лежат закономерности изменения прогнозируемых параметров во времени. Для описания этих закономерностей подбирают как можно более простую аналитическую функцию с минимальным количеством переменных.

Наиболее распространенными являются методы статистического моделирования, согласно которым в качестве базовых материалов используют результаты технической диагностики. В этом случае прогноз нужно рассматривать как вероятностную категорию.

В проблеме, которая рассматривается, важнейшим является прогнозирование остаточного ресурса. Самым простым приближенным методом его реализации является линейное прогнозирование, когда изменение параметра в зависимости от наработки считают линейным.

Физико-статистические методы при оценке ресурса учитывают как влияние разнообразных физико-химических факторов, способствующих развитию деградационных процессов в конструкционных материалах оборудования, так и действующих эксплуатационных нагрузок. Причем несущая способность и эксплуатационные нагрузки анализируются с позиций математической статистики. Как показал опыт использования физико-статистических моделей для оценки и прогнозирования ресурса оборудования модели этого класса дают наиболее адекватные практике эксплуатации результаты.

Суть **методов экспертных оценок** сводится к обобщению, статистической обработке и анализу мнений специалистов. Экспертные методы оценки и прогнозирования ресурса связаны с ограничениями в выборе экспертов и их субъективностью. Вместе с тем, если в качестве групп экспертов используются специалисты различной квалификации и опыта работы (эксплуатационный и ремонтный персонал, конструкторы, технологи), и одновременно проводится независимая экспертиза в конструкторском бюро и на предприятии-поставщике, то экспертный опрос может дать весьма интересные результаты для оценки и прогнозирования ресурса.

Очевидно, что основная ценность эвристического подхода, основанного на экспертных оценках, заключается прежде всего в быстром получении результатов при минимальных затратах. При этом трудно утверждать о высокой точности результирующих оценок по сравнению с аналогичными, но полученными с использованием математических методов (в том числе вероятностно-статистических). Однако при достаточно корректной постановке экспертизы и грамотной обработке ее результатов можно утверждать, что экспертные оценки вполне адекватно отражают исследуемую ситуацию и исчерпывающе отвечают на многие вопросы, возникающие при оценке и прогнозировании ресурса.

Так как каждая группа методов оценки и прогнозирования ресурса имеет свои преимущества и недостатки, то применять их необходимо в комплексе, сравнивая и анализируя полученные результаты. И только после

такого анализа возможен научно-обоснованный вывод о значении остаточного ресурса объекта диагностирования.

Определение количественных значений показателей надежности объектов (в том числе и ресурса) по ГОСТ 27.002-89 ориентировано на оценку генеральной совокупности, то есть гостированные показатели надежности имеют статистический, групповой характер. Многие годы ряд ученых отстаивает следующую точку зрения: для высокоответственных, опасных для обслуживающего персонала и населения и дорогостоящих объектов главный показатель – индивидуальная надежность. Отражением этого мнения является появление в РД 50-650-87 кроме статистических показателей индивидуальных показателей надежности объектов: безотказная наработка, ресурс, срок службы. Поскольку индивидуальное прогнозирование ОР относится к конкретному объекту, а прогноз неизбежно содержит элементы вероятностного характера, то возникает вопрос об истолковании вероятностных выводов применительно к индивидуальной ситуации. Понятие индивидуальных показателей надежности, в конечном счете, представляет собой математическую формализацию интуитивных представлений (экспертных оценок). Это определяет важность правильного использования при прогнозе различных видов информации. Каждой группе методов оценки и прогнозирования ресурса объектов автомобиля присущи трудности (неопределенности), связанные с малым объемом информации.

При прогнозировании методом экстраполяции изменения состояния технического объекта определяют значения детерминированных или вероятностных характеристик процесса изменения состояния объекта на основе данных, получаемых на участке наблюдения.

Процедура прогнозирования состоит из анализа результатов наблюдения, построения аналитического выражения, связывающего результаты наблюдения, и собственно экстраполяции с помощью полученного выражения. При прямой экстраполяции в процессе прогнозирования предполагают, что условия, которые были при наблюдении, в дальнейшем остаются неизменными или изменяются по известному закону.

Погрешности прогнозирования при экстраполяции складываются из погрешностей при фиксации результатов наблюдения, погрешностей, допускаемых при построении прогнозирующего выражения, и погрешности, вносимой изменением условий в область наблюдения (на интервале T_2).

При прогнозировании изменения состояния технических объектов, несмотря на вероятностный характер процессов изменения состояния, используя экстраполяцию, решают как детерминированные, так и вероятностные задачи.

При прогнозировании методом классификации необходимо обнаружить общие черты в различных объектах, их систематизировать, сформировать классы и отнести измеренные значения к классу известных. В этом случае приходится решать две задачи: во-первых, построить множество классов; во-вторых, необходимо оценить признаки и по результатам оценки отнести объект прогнозирования к тому или иному классу.

Решение первой задачи требует обработки большого объема статисти-

ческих данных, получаемых в период эксплуатации и использования технических объектов или выполнения специальных экспериментов. Возможность формирования классов во многом зависит от удачного выбора диагностических признаков. Эти признаки должны достаточно полно характеризовать протекание процессов, приводящих к потере работоспособности объекта, и их оценка с требуемой точностью не должна представлять больших трудностей. Успех в решении второй задачи во многом определяется точностью отнесения объекта по результатам оценки к известному классу, характеризующему определенную тенденцией изменения состояния объекта с течением времени.

При использовании классификации в целях прогнозирования изменения состояния технических объектов применяют методы с обучением и без обучения. Классификацию с обучением осуществляют в два этапа: на первом (обучение) формируют обучающую выборку, отбирают информативную совокупность показателей и строят классифицирующее правило; на втором этапе осуществляют непосредственную классификацию объектов по состоянию. При выборке небольшого объема информативные показатели выбирают методами перебора показателей, регрессионного анализа и информативной нормализации. При выборке большого объема используют методы выделения вторичных признаков, которые являются комбинациями исходных показателей. Для построения классифицирующих правил применяют методы статистических решений, потенциальных функций, построения эллипса рассеивания, обобщенных портретов, многопараметрическую классификацию и др.

Решение задачи прогнозирования позволяет для конкретного технического объекта:

- выявить узлы объекта, работоспособность которых существенно изменится в ближайший отрезок времени, и своевременно подготовить запасные или резервные узлы для замены;
- обосновать количество запасных деталей или узлов и объем ЗИПа на весь период использования объекта;
- определить сроки профилактических работ, направленных на повышение работоспособности объекта.

7.2.2.1. Аналитическое прогнозирование

Методы экстраполяции, используемые для определения величины прогнозируемой переменной, называют аналитическими или методами аналитического прогнозирования.

При выборе математического аппарата для решения задачи аналитического прогнозирования необходимо предварительно определить прогнозируемые признаки. Техническая сложность оценки из-за большого количества элементов приводит к тому, что при разработке диагностического обеспечения стараются выбрать минимум (в пределе – один) диагностических признаков, обеспечивающий требуемую достоверность прогнозирования изменения состояния объекта.

Выбранные показатели должны быть чувствительны к изменениям, которые происходят в элементах, входящих в объект диагностирования, то есть любая наметившаяся тенденция изменения состояния составляющих элементов должна отражаться на поведении выбранного диагностического признака. В частности, такими показателями будут коэффициент передачи, коэффициент усиления, характеристики обратных связей и т. д. [21].

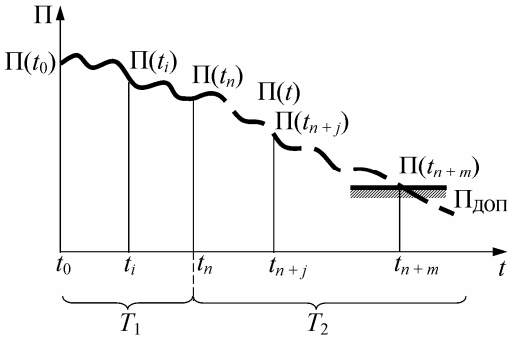


Рис. 7.10. Аналитическое прогнозирование

Рассмотрим постановку задачи прогнозирования. Для простоты будем считать, что работоспособность объекта определяется одним параметром Π . В этом случае прогнозирование работоспособности рассматривают как прогнозирование изменения функции $\Pi(t)$, значения которой измеряют дискретно или непрерывно на интервале времени $T_1 = [t_0, t_n]$. В результате имеются значения этой функции $\Pi(t_0), \Pi(t_1), \dots, \Pi(t_i), \dots, \Pi(t_n)$ на интервале T_1 (рис. 7.10).

Необходимо по известным значениям $\Pi(t_i)$ определить значения функции $\Pi(t)$: $\Pi(t_{n+1}), \dots, \Pi(t_{n+j}), \dots, \Pi(t_{n+m})$ в будущие моменты времени $t_{n+1}, \dots, t_{n+j}, \dots, t_{n+m} \in T_2$. Это прямая задача. Обратная задача предполагает определение числа шагов прогнозирования m , через которые значения $\Pi(t_{n+j}), t_{n+j} \in T_2$ достигнут допустимого уровня $\Pi_{\text{доп}}$.

Идеальным случаем решения задачи будет адекватное описание изменения функции $\Pi(t)$ каким-либо аналитическим выражением. Ввиду сложности нахождения таких выражений по дискретным точкам $\Pi(t_i)$ целесообразно определить наилучшую структуру аналитического выражения, а при прогнозировании конкретной функции $\Pi(t)$ — менять базовые элементы, входящие в это выражение.

Методы экстраполяции применяют также для случайных процессов. При этом вместо нахождения значений функции внутри или вне отрезка наблюдений определяют функцию по исходным значениям случайного процесса с точки зрения удовлетворения выбранному критерию оптимальности. Критерием оптимальности может служить средняя квадратическая ошибка отклонения искомой аппроксимированной функции от случайной.

Для решения задач прогнозирования остаточного ресурса следует применять простые, но универсальные и достаточно точные методы, учитывающие основные экономические факторы. Это методы прогнозирования по среднему статистическому изменению параметра технического состояния нескольких однотипных агрегатов и среднему квадратическому отклонению этого изменения и по реализации параметра одного конкретного элемента.

При прогнозировании большое значение имеет выбор аппроксимирующей случайной функции, достаточно полно отражающей процесс изме-

нения контролируемого параметра.

В теории прогнозирования основное внимание уделяется детерминированной и вероятностной частям.

Поскольку изменение параметров технического состояния элементов машин в большинстве случаев определяется вероятностными критериями, математические основы прогнозирования их остаточного ресурса базируются на теории случайных функций.

Прогнозирование детерминированных процессов выполняют с «помощью интерполяций (нахождения значений функции внутри отрезка наблюдения). В этом случае сначала выявляют аналитическое выражение исследуемой функции, а затем осуществляют прогнозирование. Для прогнозирования детерминированных процессов при условии небольшого времени упреждения используют интерполяционный полином Лагранжа. Когда имеется мало информации о контролируемой функции, применяют метод наименьших квадратов. В виде эмпирических зависимостей используют

- дробно-линейную $y=ax/(b+x)$;
- степенную $y=ax^b$;
- показательную $y=ab^x$;
- логарифмическую $y=a \ln(bx+c)$ и др.

Как правило, детерминированные методы дают весьма консервативные оценки ресурса автомобиля.

Теория прогнозирования остаточного ресурса включает в себя совокупность правил и способов определения характеристик изменения ресурса и времени этого процесса. Она изучает зависимость ресурса от других параметров технического состояния. Теория прогнозирования является частью автоматического контроля.

7.2.2.2. Методы линейного прогнозирования

В связи со сложностью определения влияния разбросов исходного технического состояния, режимов и условий эксплуатации, качества вождения и технического обслуживания прогнозирования технического состояния становится затруднительным.

Метод линейного прогнозирования до последнего времени был наиболее широко применяемым и не утратил своего значения как один из вариантов оценки ресурсов. Этот метод простой в применении. Суть его заключается в том, что условия эксплуатации принимают неизменными, а зависимость изменения диагностического параметра по времени работы – линейной. Близкие к «чистому» виду линейные процессы изнашивания могут наблюдаться в машинах высокого уровня проектирования и высокой технологии производства первого и второго класса вибрации ([21]) при стабильных назначенных режимах эксплуатации машин (рис. 7.11).

При линейном прогнозировании необходимо одно измерение (L_1). В этом случае проводят прямую по двум точкам исходного значения диагностического параметра (L_0) и измеренного значения (L_1 , рис. 7.11). В этом случае невозможно установить, как изменялся в прошлом параметр (уско-

ренно, медленно или равномерно) [21].

В результате двух измерений диагностического параметра (L_1 и L_2) закономерность изменения величины параметра определяют уже по трем точкам (третья точка – начальная). Применение линейного метода прогнозирования по двум измерениям не дает высокой точности, однако при остаточном ресурсе 1000-1500 моточасов погрешность метода составляет 6%.

Пример определения максимального значения виброускорения (L) остаточного ресурса при ограниченной информации – по результатам одного или двух измерений вибрационного параметра показан на рис. 7.11. Максимальный и остаточный ресурсы главной передачи грузового автомобиля типа КрАЗ при известных значениях L_{II} и L_{II} :

$$L_0 = \bar{L} + kS; \quad L_{II} = L_0 + \Delta L_{II},$$

где \bar{L} – среднее значение измеренного виброускорения в дБ; k – коэффициент, определяющий поле допуска, который является функцией надежности, $k=2$; S – эмпирическое значение среднеквадратическое отклонение измерений; ΔL – допускаемое предельное приращение вибрации над исходными значениями L_{II} .

$$\Delta L_{II} = \frac{\delta_{II}}{\delta_{II}} = 20 \lg(16 \dots 20) = 20 \lg 10 = 20 \text{ дБ (максимально)},$$

где δ_{II} – предельно допустимый зазор в зубозацеплении, δ_{II} – исходный зазор в зубозацеплении.

Наработку от начала эксплуатации L_1 можно определить по коэффициенту a скорости нарастания вибрации с помощью одного измерения вибрации (рис. 7.11):

$$a = (L_1 - L_{II})/L_{II}; \quad t_{\max} = t_1/a; \quad t_{OP} = t_{\max} - t_1 = t_{\max} (L_{II} - L_1)/\Delta L_{II}.$$

При отсутствии данных про наработку элемента с начала эксплуатации необходимо провести два измерения через промежуток времени наработки Δt_1 . Тогда

$$A = \Delta L_1/L_{II}; \quad t_{\max} = (t_2 - t_1)/a = \Delta t_1/a;$$

$$\Delta t_1 = t_2 - t_1; \quad t_2 = t_{\max} (L_2 - L_{II})/\Delta L_{II}; \quad t_{OP} = t_{\max} - t_2 = t_{\max} (L_2 - L_{II})/\Delta L_{II}.$$

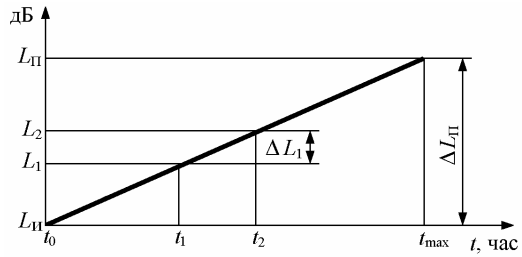


Рис. 7.11. График определения ресурса объекта диагностирования по вибрационному параметру:

L_{II} – предельное значение диагностического параметра; L_1, L_2 – измеренные значения диагностического параметра; ΔL_{II} – допустимое приращение диагностического параметра;

ΔL_1 – приращение параметра

Прогнозирование остаточного ресурса по изменению уровня вибрации сводится к экстраполяции найденного тренда и определения момента его пересечения с линией предельного состояния $\Delta L_{\text{п}}$.

7.2.2.3. Методы прогнозирования по среднему статистическому измерению

Выполнить достоверное прогнозирование можно только в том случае, когда известны условия, в которых будут использовать технический объект: режимы использования, характер нагрузки, внешние факторы (температура, влажность и т. п.). Чем больше физических процессов, являющихся причинами деградации объекта, тем сложнее характер изменения работоспособности, тем труднее осуществить точное прогнозирование. Однако изменения параметров, случайные для одного объекта, носят устойчивый статистический характер для группы объектов, причем статистическую устойчивость характеризует явно выраженная тенденция монотонности и плавности, что служит одной из решающих предпосылок для осуществления прогнозирования.

Несмотря на случайный характер изменений и рассеивание ресурса одноименных элементов, скоростей изменения значений параметров их состояния и других показателей, протекание этих параметров не хаотично, а имеет определенные закономерности. При достаточно большом количестве статистических и экспериментальных данных и их обработке, можно установить законы и величины изменения параметров состояния механизма в каких-то пределах (отклонениях) от средней величины. Эти закономерности устанавливают на основании статистической обработки и анализа данных, полученных в процессе производства и эксплуатации машин. По полученным результатам устанавливают рациональную периодичность планового обслуживания элементов машин и решают задачи прогнозирования их технического состояния.

Среднестатистическое прогнозирование основано на статистической обработке и анализе средних результатов, полученных в процессе разработки, производства и эксплуатации машин, и последующем установлении единых допускаемых значений параметров состояния и единой периодичности обслуживания для одноименных составных частей однотипных машин. При этом исходят из необходимости обеспечения допускаемого уровня безотказной работы, минимума суммарных удельных издержек на техническое обслуживание и устранение отказов, безопасности, качества работ и др.

Применение среднестатистического прогнозирования требует установления единой периодичности планового технического обслуживания для всей совокупности одноименных составных частей однотипных машин, что в значительной мере упрощает планирование и организацию их технического обслуживания и ремонта. В этом одно из основных преимуществ такого вида прогнозирования.

При среднестатистическом прогнозировании известны v_x и t , поэтому

по формуле (7.1) можно рассчитать среднее значение времени наработки до момента отказа, то есть предельного значения изменения диагностического параметра.

Учитывая, что скорость

$$v_x = f(v_1, v_2, \dots, v_x),$$

то есть зависит от v_i – скорости каждой i -й реализации, то скорость изменения параметра также характеризуется своей плотностью вероятности $f(v_x)$. Здесь приведена возрастающая функция, но характер формирования отказа не изменяется и для убывающей функции.

Для приближенного исследования этого случайного процесса изменения $\Pi(t)$ можно использовать линейную модель.

$$\Pi(t) = \Pi_0 \pm v_x t; \Delta \Pi = v_x t. \quad (7.1)$$

где $\Delta \Pi$ – изменение параметра; t – время работы объекта; Π_0 – значение исходного (номинального) параметра; v_x – коэффициент, который характеризует скорость изменения параметра. Знак «плюс» используется для возрастающей функции, а «минус» – для убывающей.

В соответствии с ГОСТ 21571-76 эксплуатационные изменения параметра $\Pi(t)$ с увеличением наработки t есть сумма двух случайных величин

$$\Pi(t) = \Pi_0 + v_x t^\alpha, \quad (7.2)$$

где α – показатель степени функции, аппроксимирующей изменение параметра (табл. 7.2), Π_0 – значение параметра после приработки, то есть известные или заданные (номинальные) значения Π_i, Π_n .

Таблица 7.2

Значение показателя α для различных узлов и механизмов

Параметр технического состояния узла	Ориентировочное значение α
Мощность дизельного двигателя	0,8
Мощность карбюраторного двигателя	1,1
Угар картерного масла	2,0
Расход картерных газов:	
– до замены поршневых колец	1,3
– после замены поршневых колец	1,5
Зазоры в кривошипно-шатунном механизме	1,4
Износ кулачков распределительного вала по высоте	1,1
Износ опорных поверхностей тарелки клапана газораспределения и посадочного гнезда (утопание .клапана)	1,6
Зазор между клапаном и коромыслом механизма распределения	1,1
Радиальный зазор в подшипниках качения и скольжения	1,5
Износ посадочных гнезд корпусных деталей	1,0
Износ зубьев шестерен по толщине	1,5

Параметр технического состояния узла	Ориентировочное значение α
Износ шлицевых валов	1,0
Износ валиков, пальцев и осей	1,4
Давление топлива до фильтра в системе питания двигателя	0,5
Производительность секции топливного насоса	0,5
Износ плунжерных пар	1,1
Изменение давления масла в системе смазки двигателя	1,0
Износ накладок тормозов и дисков муфт сцепления	1,0
Изменение схождения колес	1,35
Износ втулочно-роликовой цепи (удлинение ее шага)	1,0

7.2.2.4. Прогнозирование по пробегу

Прогнозирование остаточного ресурса по пробегу производится по линейному методу (рис. 7.12).

Таким образом, измерив на каком-то пробеге l_i величину диагностического параметра Π_i (например, прорыв отработавших газов в картер двигателя) и зная из нормативно-технической документации начальное Π_H и предельное $\Pi_{ПР}$ значения этого диагностического параметра, можно определить остаточный ресурс объекта (в данном случае деталей цилиндропоршневой группы двигателя) по выражению

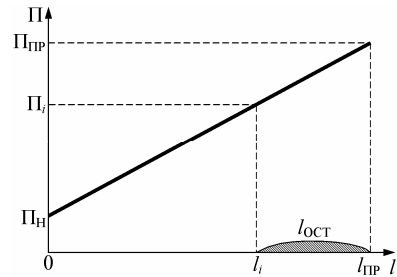


Рис. 7.12. Характер изменения параметров технического состояния объекта по наработке (пробегу)

$$l_{\text{ост}} = l_i \left(\alpha \sqrt{\frac{\Pi_i - \Pi_H}{\Pi_{\text{ПР}} - \Pi_H}} - 1 \right), \quad (7.3)$$

где α – степень, определяющая характер изменения диагностического параметра в зависимости от l .

Например, на пробеге $l_i=70$ тыс. км прорыв отработавших газов в картер двигателя $\Pi_i=80$ л/мин, а величины $\Pi_H=20$ л/мин и $\Pi_{\text{ПР}}=120$ л/мин при значении $\alpha=2$. Тогда остаточный ресурс деталей ЦПГ двигателя (рис. 7.12)

$$l_{\text{ост}} = 70 \left(\sqrt{\frac{120 - 20}{80 - 20}} - 1 \right) = 70 \cdot 0,29 = 20,3 \text{ тыс. км.}$$

В перспективе будут разработаны и созданы специальные диагностические информационно-прогнозирующие системы, которые, наряду с контролем текущего состояния автомобиля, смогут в автоматизированном ре-

жиме выдавать прогностическую информацию по остаточному ресурсу отдельных агрегатов, узлов и механизмов, а также по машине в целом.

7.2.2.5. Методы прогнозирования по реализации

Для повышения точности определения остаточного ресурса используют прогнозирование по реализации и по среднему статистическому изменению параметра индивидуального объекта диагностирования. Методы диагностирования остаточного ресурса по реализации представлены на рис. 7.9.

Прогнозирование по реализации основано на выявлении скоростей изменения параметров состояния составных частей машины путем непосредственных измерений их значений и последующей обработки результатов с учетом характера изменения состояния одноименных составных частей. Цель такого прогнозирования – определение остаточного ресурса конкретного узла или агрегата машины с учетом предельных значений диагностического параметра, характера индивидуального изменения в прошлом.

Прогнозирование по реализации дает возможность полнее использовать ресурс составных частей машин, а также повысить их надежность. Существующие при этом трудности связаны с учетом измеряемых значений параметров состояния и обработки результатов измерений, а также с планированием, организацией планового обслуживания машин и частой остановкой машин.

В настоящее время эти вопросы могут решаться путем разработки современных бортовых систем диагностирования в реальном времени. Но существующие электронные бортовые и внешние системы диагностирования механических систем и систем управления автомобилями в большинстве случаев не могут прогнозировать остаточный ресурс и выдавать рекомендации по оптимальному ТО.

Для того, чтобы получить прогноз с помощью существующих средств, результаты диагностирования должны удовлетворять ряду условий, а именно: отражать изменения диагностических параметров, определяющих состояние машины; быть увязанными с условиями ее эксплуатации; охватывать объем информации, обеспечивающей достоверность диагноза. Соблюдение этих условий возможно при проведении диагностирования по определенной программе, анализе и обработке полученного материала с учетом внешних условий и прошлого состояния.

При прогнозировании состояния информация может быть получена для совокупности элементов или для одного конкретного элемента. В первом случае можно использовать метод прогнозирования по среднему статистическому изменению параметра и его среднеквадратичному отклонению, во втором предсказывать изменение параметра конкретного элемента по данным реализации. Результаты прогнозирования всегда носят вероятностный характер. Для этого разработаны и широко применяются простые методы и средства прогнозирования, приведенные ниже.

Один из наиболее простых и доступных способов прогнозирования базируется на анализе изменений показателей во времени. В процессе эксплуата-

ции машины проводят ряд диагностирований, при которых получают соответствующие значения диагностического параметра ($\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$, рис. 7.13). Изменение параметра или показателя может происходить с нарастающей скоростью. Объединяя точки Π_1 - Π_4 плавной кривой, получим закономерность изменения параметра Π в зависимости от наработки τ . При приближении величины параметра к предельному значению делают прогноз наработки τ_5 , при которой будет достигнуто предельное значение. Для этого в точках Π_3 и Π_4 строят касательные к кривой изменения параметра, касательную в точке P_3 параллельно переносят в точку Π_4 . Строят отрезок Π_4B , образующий угол α с касательной Π_4A . Абсцисса точки B определяет минимальное время достижения параметром предельного значения, то есть остаточный ресурс (пессимистический прогноз). Не позже окончания наименьшего ресурса назначают обслуживание, в противном случае по этому параметру произойдет отказ или резко снизятся функциональные свойства машины.

Из рис. 7.13 следует, что кроме остаточного ресурса прогнозируют также гарантированный ресурс безотказной работы машины. Его определяют по закономерности изменения параметра в конкретных условиях. По гарантированному ресурсу, имеющему в момент проверки минимальное значение, рассчитывают срок очередного диагностирования, приурочивая его преимущественно к периодическому ТО.

Определить остаточный ресурс элемента можно в двух случаях: когда известна наработка с начала эксплуатации и когда отсутствует учет данных о наработке автомобиля с начала эксплуатации или после получения автомобиля после ремонта.

Остаточный ресурс $t_{\text{ост}}$ конкретного элемента при известной наработке с начала эксплуатации определяют как разность между наработкой до его предельного состояния и наработкой в момент контроля по формуле

$$t_{\text{ост}} = t \left[\left(\frac{U_{\Pi}}{U_t} \right)^{1/\alpha} - 1 \right], \quad (7.4)$$

где t – ресурс, использованный элементом от начала эксплуатации к моменту контроля; U_{Π} – предельное изменение значения параметра; U_t – изменение значения параметра к моменту контроля; α – показатель степени, характеризующий закономерность изменения значений контролируемого параметра.

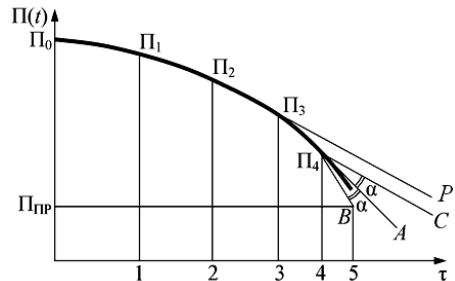


Рис. 7.13. Графическая модель прогнозирования технического состояния машины:

Π – диагностируемый параметр; τ – наработка; $\Pi_0, \Pi_{гр}$ – начальное и предельное значение параметра; 1, 2, 3, 4 – последовательные диагностирования, при которых получены значения параметра $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$; B – прогнозируемая наработка, соответствующая достижению предельного значения параметра $\Pi_{гр}$

Предельное изменение значения параметра U_{Π} определяют как разность между номинальной Π_{H} и предельной Π_{Π} величинами параметра

$$U_{\Pi} = |\Pi_{\text{H}} - \Pi_{\Pi}|. \quad (7.5)$$

Изменение значения параметра U_t определяется как разность между измеренной величиной параметра Π_t при наработке t и его номинальной (исходной) величиной Π_{H}

$$U_t = |\Pi_{\text{H}} - \Pi_t|. \quad (7.6)$$

При отсутствии сведений о наработке сопряжений автомобиля от начала эксплуатации остаточный ресурс определяют по значениям параметров, выявленных при двукратном контроле и наработке между первым и вторым изменениями по формуле

$$t_{\text{ост}} = t' \left[\frac{1}{(U''/U')^{1/\alpha}} + 1 \right] \left[\left(\frac{U_{\Pi}}{U''} \right)^{1/\alpha} - 1 \right], \quad (7.7)$$

где t' – ресурс, использованный в промежутке времени между первым и вторым измерениями; U' – изменение значения параметра от начала эксплуатации до первой проверки; U'' – изменение значения параметра от начала эксплуатации до второй проверки.

Изменение значения параметра U' определяют как разность между номинальным значением Π_{H} и измеренным значением параметра Π' при первой проверке

$$U' = |\Pi' - \Pi_{\text{H}}|. \quad (7.8)$$

Изменение значения параметра U'' определяют как разность между номинальным Π_{H} и измеренным значением Π'' параметров при второй проверке

$$U'' = |\Pi'' - \Pi_{\text{H}}|. \quad (7.9)$$

Для облегчения выполнения расчетов формулу (7.19) преобразуют в виде

$$t_{\text{ост}} = t''_{\text{ост}} R; \quad (7.10)$$

$$R = \frac{1}{(U''/U')^{1/\alpha}} + 1; \quad (7.11)$$

$$t''_{\text{ост}} = t' \left[\left(\frac{U_{\Pi}}{U''} \right)^{1/\alpha} - 1 \right]. \quad (7.12)$$

Определение остаточного ресурса по формуле (7.4) проводят в сле-

дующей последовательности:

- вычисление U_{Π} и U_i по формулам (7.5) и (7.6) и их отношения;
- вычисление выражения в скобках, связанное с логарифмированием при извлечении корня степени α (значение α – по табл. 7.2);
- умножение результата в скобках на t .

Определение остаточного ресурса по формуле (7.7) проводят в такой последовательности:

- вычисление U_{Π} , U' , U'' по формулам (7.5), (7.8), (7.9) соответственно;
- вычисление выражения в скобках, связанное с логарифмированием;
- вычисление R и $t'_{\text{ост}}$ по формулам (7.11) и (7.12);
- определение остаточного ресурса $t_{\text{ост}}$ по формуле (7.10).

Прогнозирование по реализации иллюстрирует рис. 7.14.

Прогнозирование по реализации изменения диагностического параметра, принятого для совокупности однотипных агрегатов узлов и сопряжений, может характеризоваться экстраполяцией изменения параметра Π от номинального $\Pi_{\text{н}}$ до предельного $\Pi_{\text{п}}$ значения и средним квадратическим отклонением от фактического значения.

Остаточный ресурс $t_{\text{ост}}$ в любой момент t_i наработки определяется как

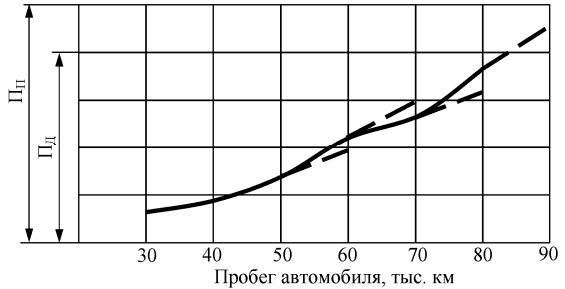


Рис. 7.14. Определение остаточного ресурса элемента автомобиля по фактическому изменению параметра (по реализации)

$$t_{\text{ост}} = t_p - t_i = t_i \left(\sqrt[\alpha]{\frac{\Pi_{\text{п}} - \Pi_{\text{н}}}{\Pi_i - \Pi_{\text{н}}} - 1} \right), \quad (7.13)$$

где t_p – ресурс составной части; α – эмпирический показатель, характеризующий закономерности изменения значений диагностируемого параметра (табл. 7.2).

Средняя погрешность в оценке остаточного ресурса

$$Q(t_0, \Pi_0) = \frac{\sigma}{\bar{t}} \left(\sqrt[\alpha]{\frac{\Pi_{\text{п}} - \Pi_{\text{н}}}{\Pi_0 - \Pi_{\text{н}}} - 1} \right). \quad (7.14)$$

Суммарная погрешность прогнозирования составляет приблизительно 11% и является так называемой инструментальной погрешностью. Она не учитывает ошибки вследствие неточности измерения параметра прибором и тех, которые добавляются к указанной погрешности.

При отсутствии сведений о наработке отдельных составных частей ТС остаточный ресурс определяют по формуле

$$t_{\text{ост}} = t_{\text{исп}} \left[\frac{1}{\left(\frac{\Pi_1 - \Pi_{\text{н}}}{\Pi_2 - \Pi_{\text{н}}} \right)^{1/\alpha}} - 1 \right] \left[\left(\frac{\Pi_{\text{п}} - \Pi_{\text{н}}}{\Pi_2 - \Pi_{\text{н}}} \right)^{1/\alpha} - 1 \right], \quad (7.15)$$

где $t_{\text{исп}}$ – ресурс, использованный за время между первым и вторым диагностированием; Π_1, Π_2 – значения параметра на момент первого и второго диагностирования.

Формулы (7.14) и (7.15) применяются в случае гладкой реализации параметра, то есть при отсутствии случайных эксплуатационных изменений этого параметра. Если же реализация изменения параметра имеет характер ломаной кривой со случайными отклонениями, то необходимо учитывать значение остаточного ресурса $t_{\text{ост}}$ и предельного изменения параметра.

Для определения остаточного ресурса по номограмме при известной и неизвестной наработках от начала эксплуатации сначала необходимо найти и записать значение $t_{\text{ост}}$, а после этого найти коэффициент K . По полученным значениям $t_{\text{ост}}$ и K определяют остаточный ресурс, как показано в ГОСТ 21571-76.

Исходными данными этого метода являются функция среднего изменения диагностического параметра, ее среднее квадратическое отклонение и усредненные данные по предельному состоянию, полученные для группы однотипных явлений.

Остаточный ресурс $t_{\text{ост}}$ определяют как

$$t_{\text{ост}} = T_{\text{ср}} - t_{\Phi}(D), \quad (7.16)$$

где $T_{\text{ср}}$ – средний ресурс; $t_{\Phi}(D)$ – фактически использованный ресурс.

Величину $t_{\Phi}(D) = t_M^0 \phi(D)$ находят с помощью номограммы. Последовательность поиска следующая:

$$T_0 \rightarrow \nu(\alpha) \rightarrow D_0 \rightarrow T_0 \rightarrow t_{\Phi}^0(D). \quad (7.17)$$

Здесь относительные безразмерные величины определяются как

$$T_0 = \frac{T_{\text{ср}}}{t_M}; \quad D_0 = \frac{D}{|\Pi_{\text{п}} - \Pi_{\text{н}}|}; \quad t_{\Phi}^0(D) = \frac{t_{\Phi}(D)}{t_M}, \quad (7.18)$$

где t_M – межконтрольная (между одноименными видами ТО или ремонта) наработка; D – допускаемое отклонение параметра технического состояния; $\nu(\alpha)$ – коэффициент вариации ресурса в зависимости от величины эмпирического показателя α .

Пример. Определить остаточный ресурс втулки верхней головки шатуна двигателя, если ее средний ресурс до предельного износа составляет $T_{\text{ср}}=200$ тыс. км, межконтрольная наработка $t_M=95,5$ тыс. км, предельный износ $\Pi_{\text{п}}-\Pi_{\text{н}}=0,24$ мм, допускаемый износ $D=0,11$ мм, коэффициент вариации ресурса $\nu=0,5$, показатель $\alpha=1,4$.

Решение. Для оценки фактически использованного ресурса $t_{\phi}(D)$ вычисляем нормированные показатели

$$T_0 = \frac{200}{95,5} = 2,1; \quad D_0 = \frac{0,11}{0,24} = 0,46.$$

От точки ординаты $T_0=2,1$ левого квадранта проводим горизонтальную линию и находим точку с координатами $T_0=2,1$ ($v=0,5$; $\alpha=1,4$). Далее ведем вертикальную линию до кривой $D_0=0,46$, а затем горизонтальную в правый квадрант. Одновременно от точки $T_0=2,1$ на верхней горизонтальной оси правого квадранта проводим линию параллельно близлежащей наклонной прямой до пересечения с ранее проведенной горизонтальной линией, абсцисса которой и определяет $t^0_{\phi}(D)=1,65$. Следовательно,

$$t_{\phi}(D)=1,65 \cdot 95,5=158 \text{ тыс. км.}$$

Отсюда по формуле (7.16) остаточный ресурс составит $t_{\text{ост}}=42$ тыс. км.

7.3. Прогнозирование остаточного ресурса механизма с использованием карточки учета

Прогнозирование выполняют с той же точностью, что и графическим методом, но менее наглядно. Разность в значениях параметров в момент диагностирования и предыдущего значения делят на величину наработки, определяя тем самым интенсивность изменения параметра за прошлый период работы машины. Оставляя в дальнейших расчетах по прогнозированию остаточного ресурса полученную интенсивность изменения параметра, подсчитывают величину его к моменту последующего диагностирования, сравнивают с допускаемой или предельной величиной и определяют остаточный ресурс.

Недостатком предлагаемых способов диагностирования кроме некоторой ошибки в определении остаточного ресурса является еще и трудность прогнозирования остаточного ресурса на более длительный период, больший, чем периодичность диагностирования, без учета коэффициента α и среднестатистических данных об изменении параметра.

Краткий анализ методов прогнозирования по среднестатистическому изменению параметра технического состояния и по реализации этого параметра показывает, что каждому из них присущи положительные и отрицательные стороны.

При среднестатистическом методе прогнозирования заранее рассчитанные допускаемые в эксплуатации значения контролируемых параметров автомобилей вносят в технологические карты на диагностирование. Эти значения являются основанием для мастера-диагноста при решении вопроса о дальнейшей эксплуатации механизма.

Сравнивая величину параметра, измеренного в процессе диагностирования, с величиной его допускаемого изменения, диагност делает заключе-

ние о техническом состоянии механизма и определяет объем предупредительных (ТО) ремонтных работ, которые отмечаются в контрольно-диагностической карте. При определении остаточного ресурса механизма могут быть два варианта. Первый, когда остаточный ресурс элемента больше или равен наработке до очередного технического обслуживания, то есть до очередного диагностирования. Второй, когда остаточный ресурс элемента менее наработки до очередного обслуживания. В первом случае элемент оставляют без профилактического или ремонтного воздействия, а во втором – он подвергается воздействию или заменяется на другой с достаточным ресурсом.

Техническое состояние сборочной единицы или агрегата, необходимость их отправки на ремонт определяют по износу состоянию основных деталей. Если износ достиг предельной величины, то считают, что сборочная единица или агрегат исчерпал свой ресурс. По двигателю такими сопряжениями являются гильза-поршень, подшипник-шейка коленчатого вала, деталью – распределительный вал (износ его кулачков). Таким образом, прогнозирование остаточного ресурса сборочной единицы, агрегата сводится к прогнозированию остаточного ресурса основных сопряжений, деталей.

Прогнозирование по реализации дает возможность полнее использовать ресурс составных частей машин, а также повысить их надежность. Однако трудности, связанные с учетом измеряемых значений параметров состояния и обработки результатов измерений, а также с планированием и организацией планового обслуживания машин, не позволяют с одинаковой достоверностью прогнозировать остаточный ресурс всех составных частей машины, особенно агрегатов низкого класса качества изготовления и тяжелых условий эксплуатации машины [10].

7.4. Индивидуальное прогнозирование

Случайный характер изменения параметров технического состояния составных частей машин, несмотря на периодический контроль, техническое обслуживание, замену и восстановление деталей, неизбежно приводит к рассеиванию сроков службы составных частей. Это обуславливает, с одной стороны, неполное использование их ресурсов, а с другой – возникновение отказов в процессе эксплуатации.

Влияние качества материалов и изготовления, условий эксплуатации и режимов работы автомобиля можно в большой мере учитывать при индивидуальном прогнозировании в жизненном цикле автомобиля. Перспективными для индивидуального прогнозирования автомобиля являются бортовые электронные системы.

Цель индивидуального прогнозирования в эксплуатации – предотвращение отказов и увеличение сроков между ТО путем выявления и исключения из эксплуатации потенциально ненадежных компонентов и экземпляров с ухудшенными значениями параметров и интенсивным старением.

Чтобы применение прогнозирования оправдывало себя, необходимо выполнять следующие требования:

- точность (вероятность ошибочного прогнозирования должна быть достаточно малой);
- затраты времени на прогнозирование должны быть минимальными;
- оборудование для целей прогнозирования должно быть как можно проще и дешевле.

Индивидуальное прогнозирование с качественной оценкой прогнозируемого параметра – такое прогнозирование, в результате которого должно быть указано, в каком интервале значений находится величина прогнозируемого параметра каждого экземпляра к моменту $t_{\text{ПР}}$ (предельному). Также такое прогнозирование можно назвать прогнозированием с классификацией. В практических приложениях этого вида прогнозирования совокупность изделий бывает необходимо разделить на несколько классов: годных, дефектных и неисправных, в «хорошем», «допустимом» состоянии или «требует принятия мер» (рис. 1.17, 1.18).

Для решения задач индивидуального прогнозирования на основе теории распознавания образов с классификацией необходимо иметь массив исходных данных следующего состава: информация о состоянии изделия в начальный момент времени представляется значениями признаков каждого экземпляра, а состояние каждого экземпляра ко времени $t_{\text{ПР}}$ определяется по тому, в каком из интервалов значений находится прогнозируемый параметр. Решение об отнесении экземпляра к конкретному классу принимается по результатам прогнозирования в зависимости от соотношения между величиной порога Π и значением оператора прогнозирования. Для оптимизации оператора прогнозирования используются различные критерии, тем или иным образом связанные с уменьшением вероятностей ошибочных решений, заключающихся в переименовании классов.

Эти вероятности находятся по данным обучающего эксперимента и обучения путем определения числа верных и ошибочных решений по каждому классу, то есть в результате экзамена. Если вычисленное значение вероятности ошибочных решений не превышает заданных допустимых значений, полученный оператор можно рекомендовать для прогнозирования класса новых экземпляров, не участвовавших в обучающем эксперименте.

Качество прогнозирования может быть улучшено как выбором соответствующего оператора прогнозирования, так и подбором более информативных признаков.

Центральным моментом индивидуального прогнозирования технического состояния объекта является выбор прогнозируемой функции (ПФ). При заведомо плохо выбранной ПФ ни при каких условиях невозможно получить хороший прогноз. Выбирая ПФ, необходимо учитывать: характер протекания процесса (эволюционный или имеется скачкообразное изменение механизма процесса); вид функций, описывающих тренд; степень изученности процесса, что эквивалентно виду математического описания; прошлый опыт, который позволяет определить класс функций, в котором отыскивается ПФ. При плохой изученности процесса предпочтительнее простая алгебраическая структура ПФ, а при хорошей – можно говорить о характере поведения скорости изменения процесса. В последнем случае оп-

равдано применение дифференциальных уравнений для описания процессов. Необходимо также учитывать наличие неопределенностей различной природы, влияющих на поведение процесса, к которым относятся существование неконтролируемых внешних факторов, погрешности измерения и др. Классификация ПФ показана на рис. 7.15 [32]. Общего математически строгого метода выбора прогнозируемых параметров в настоящее время не существует. Выбор прогнозируемых параметров объектов автомобиля целесообразно рассматривать в комплексе задач выбора контролируемых параметров машины, ибо совокупности прогнозируемых параметров большинства машин пересекаются, а иногда и полностью совпадают с совокупностями контролируемых параметров. Как и все контролируемые параметры, параметры прогнозирования должны обеспечивать измерение с необходимой точностью и адекватностью информации, характеризующей эти параметры, фактическому состоянию.



Рис. 7.15. Классификация прогнозирующих функций процессов

Состав и число прогнозируемых параметров машин могут быть определены в соответствии с приоритетным методом выбора прогнозируемых параметров. Этот метод позволяет построить упорядоченную последовательность параметров по мере возрастания или убывания их значимости по заданным критериям. В качестве таких критериев выбираются критерии, учитывающие:

- 1) интервал времени от момента обнаружения предотказового состояния до момента возникновения отказа;
- 2) динамику предотказового состояния;
- 3) последствия данного отказа (влияние на безопасность и экономическую эффективность);
- 4) затраты на обеспечение прогноза (объем и стоимость доработки оборудования как объектов прогнозирования);
- 5) соответствие использования объекта прогнозирования принципу «безопасного разрушения», допускающему накопление некоторого количества неисправностей, не влияющих на основные характеристики оборудования, и предполагающему техническую возможность допуска начинающегося разрушения до выхода из строя за время между регламентными провер-

ками;

6) среднее время наработки на данный отказ;

7) среднее время между корректирующими действиями на объект.

Методика выбора прогнозирующих параметров машины может быть предложена следующей:

1) прогнозируемые параметры в первую очередь выбираются для машины с высокой интенсивностью (наработкой, выработкой ресурса) эксплуатации и тяжелыми последствиями отказов;

2) для выбранных объектов составляются описания выполняемых функций, полные перечни вариантов отказов (деревья событий) и возможных последствий отказов;

3) на основании структурного анализа оборудования определяются критические функциональные элементы, оказывающие влияние на безопасность и экономичность, а также на другие элементы, у которых процессы расхода параметрической избыточности обладают сильной взаимообусловленностью;

4) составляется минимальный перечень параметров, определяющих работоспособность элементов оборудования, прогнозирование технического состояния которых может быть эффективным;

5) среди выбранных для анализа параметров отыскиваются такие, которые удовлетворяют заданным условиям.

7.5. Алгоритм прогнозирующего контроля автоматических систем диагностирования

Для оценки выработки ресурса в условиях реальной эксплуатации автомобиля оснащаются автоматизированными системами учета выработки ресурса наиболее нагруженных деталей агрегатов автомобилей. Достоверность этих систем определяется точностью входящих в их состав математических моделей и алгоритмов расчетного мониторинга температурного и напряженно-деформированного состояния.

Существенного повышения надежности объектов автомобиля, проконтролированных и восстановленных по результатам контроля, можно достичь, применяя индивидуальный прогнозирующий контроль. Прогнозирующим контролем (ПГК) будем называть такой контроль, который определяет вид технического состояния объекта в следующем интервале времени, которое наступает после момента проведения ПГК. В отличие от прогнозирующего, обычно широко распространен контроль, который предназначен для определения вида технического состояния объекта на момент проведения контроля, такой контроль называют иногда текущим контролем (ПТК). Стоит отметить, что элемент прогноза имеется и в текущем контроле, поскольку всегда ожидается, что объект, работоспособный по результатам контроля, будет сохранять это состояние в течение определенного отрезку времени, например, до момента его применения или до момента проведения следующего дежурного цикла контроля. Но, поскольку прогнози-

рование при текущем контроле является по своей сути групповым, а не индивидуальным, результаты его относительно низкие. Прогнозирующий контроль, благодаря учету им индивидуальных количественных результатов текущего контроля, позволяет получить большие значения вероятности работоспособного состояния объектов в межконтрольном интервале T_{Π} в сравнении с текущим, или же увеличить указанный интервал при уровнях показателей достоверности, не ниже заданных.

В зависимости от выбранных показателей качества контроля, которые подлежат улучшению (достоверность, периодичность), возможны различные алгоритмы выполнения прогнозирующего контроля. Блок-схемы двух из них изображенные на рис. 7.16, 7.17 [34].

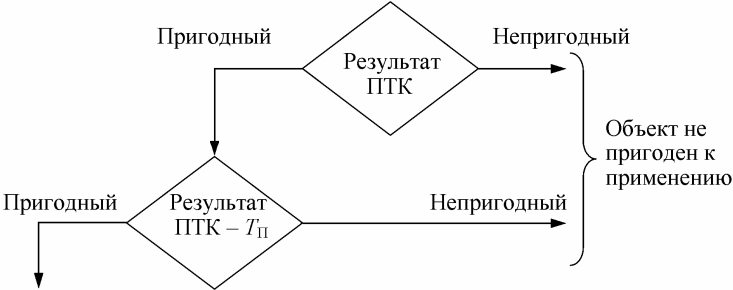


Рис. 7.16. Блок-схема алгоритма проведения двухступенчатого прогнозирующего контроля

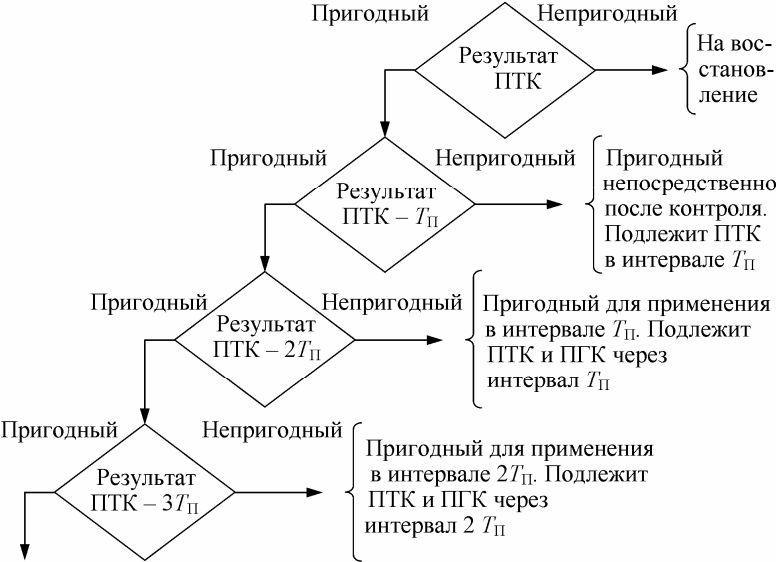


Рис. 7.17. Блок-схема алгоритма проведения многоступенчатого прогнозирующего контроля

Алгоритм двухступенчатого контроля (см. рис. 7.16) применяют для повышения достоверности контроля. Объект признается пригодным для применения, если результаты по обоим видам контроля – текущего (ПТК) и прогнозирующего с интервалом прогнозирования T_{Π} (ПГК) являются положительными.

Приведенный алгоритм не может применяться для деления объектов на пригодных и непригодных вследствие неочевидности негативных результатов ПГК и сложности проверки их истинности в моменты принятия решения по результатам контроля. Но в тех случаях, когда для выполнения особо ответственных заданий нужно выбрать из группы объектов наиболее надежные, указанный алгоритм может найти применение.

Для увеличения межконтрольного интервала, а следовательно, снижения эксплуатационных расходов, возможно применение многоступенчатого контроля (рис. 7.17).

По получении результата «пригодный» текущего контроля АСК последовательно выполняет пошаговые этапы прогнозирующего контроля, то есть определяет работоспособность объекта в следующих интервалах времени, кратных интервалу T_{Π} (ПГК – T_{Π} , ПГК – $2T_{\Pi}$, ПГК – $3T_{\Pi}$ и т. д.). Последний в этой последовательности шаг с результатом «годный», полученный на K -м шаге прогнозирования ($K = 1, 2, 3, \dots$), определяет допустимый интервал времени до следующего цикла контроля этого образца, равный KT_{Π} .

Итак, в случае многоступенчатого ПГК межконтрольный интервал для каждого образца устанавливается индивидуально, в зависимости от конкретных результатов прогнозирования его технического состояния. Стоит отметить, что применение указанного алгоритма имеет смысл только в том случае, когда достоверность прогнозирующего контроля для каждого шага прогнозирования будет не ниже, чем достоверность группового прогнозирования по группе образцов, которая фактически имеет место при текущем контроле.

Сущность прогнозирующего контроля заключается в выработке прогнозирующим средством АСК результата прогнозирования, который является функцией совокупности результатов наблюдений за параметрами объекта, с последующей оценкой этого результата арифметико-логическими средствами АСК.

В зависимости от принципов работы прогнозирующих средств результатами прогнозирования могут быть следующими:

- спрогнозировано значение определяющего параметра;
- остаток «времени жизни» объекта в целом или по отдельным его параметрам;
- вероятность невыхода определяющего параметра за допустимые пределы в интервале прогноза;
- двухзначный код, несущий в себе информацию о соответствии или несоответствии норме определенного параметра в следующем интервале времени и т.п.

Информационной основой прогнозирующего контроля являются ре-

зультаты текущего контроля, накопленные в определенном интервале наблюдений. Эти результаты хранятся в памяти АСК в виде числовых данных и используются прогнозирующим средством АСК во время выполнения операций прогнозирующего контроля.

7.6. Теоретические факторы, влияющие на ошибки прогноза ресурса

Основные факторы, влияющие на техническое состояние в жизненном цикле, представлены формулой (6.1) и на рис. 1.20.

После выбора прогнозирующей функции вторым центральным вопросом теории прогнозирования вообще и индивидуального в частности, является вопрос ошибки прогноза. Основными источниками ошибок прогноза являются:

- наличие неконтролируемых внешних факторов, погрешности измерения и им подобные (помехи), искажающие исходные статистические данные (ИСД) на участке наблюдения и в прогнозируемой точке;
- неправильный выбор ПФ и ошибки в оценке ее параметров;
- изменение характера протекания процесса на участке упреждения по сравнению с первоначальным на участке наблюдения.

Схема образования ошибок прогноза показана на рис. 7.18.

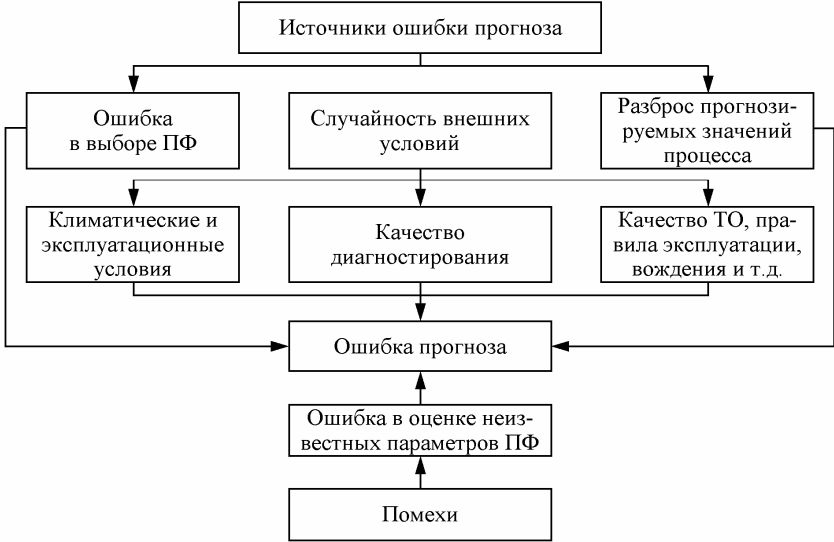


Рис. 7.18. Факторы, влияющие на образование ошибки прогноза

Естественно, что исследователь всегда стремится к минимуму ошибки прогноза

$$\sigma^2_{k+1} \Rightarrow \min.$$

При прочих равных условиях (объеме ИСД и ДСД, априорной информации, величине упреждения и т. д.) значение минимума ошибки прогноза характеризует эффективность метода прогнозирования. Например, отмечается, что при прогнозе методом линейной фильтрации в случае отсутствия модели тренда ПФ вида авторегрессии скользящего среднего дает меньшую ошибку прогноза, чем экспоненциальное сглаживание, но сложнее при практической реализации.

Контрольные вопросы

1. Что такое ретроскопия?
2. Приведите три основные группы методов прогнозирования.
3. Приведите классификацию методов оценки и прогнозирования ресурса.
4. Сколько и какие этапы полного цикла прогнозирования существуют?
5. Объясните, как можно прогнозировать остаточный ресурс по реализации.
6. Изложите суть метода оценки и прогнозирования ресурса экспертами.
7. В каких случаях при прогнозировании используют методы экстраполяции?
8. Какие параметры объекта используют в качестве технических критериев предельного технического состояния объекта?
9. По каким экономическим критериям оценивают предельное значение технического состояния?
10. В чем заключается прогнозирование методом классификации?
11. В чем заключаются методы линейного прогнозирования остаточного ресурса?
12. На чем основан метод среднестатистического прогнозирования?
13. Какой из трех методов прогнозирования, линейный среднестатистический и по реализации имеет большую достоверность?
14. Как определяются предельные значения диагностического параметра?
15. Как можно прогнозировать остаточный ресурс при известной наработке от начала эксплуатации?
16. Как можно прогнозировать остаточный ресурс при неизвестной наработке от начала эксплуатации?
17. Как можно прогнозировать остаточный ресурс с учетом случайного характера изменения параметра?
18. В чем заключается метод индивидуального прогнозирования?

Литература

1. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 т. Т. 1. Дефекты и эксплуатационные неисправности / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во «Майдан», 2012. – 380 с.
2. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 т. Т. 2. Диагностические параметры и признаки / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во «Майдан», 2012. – 420 с.
3. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 т. Т. 3. Методы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во «Майдан», 2012. – 548 с.
4. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 т. Т. 4. Средства диагностирования (книга 1) / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во «Майдан», 2012. – 596 с.
5. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 т. Т. 5. Средства диагностирования (книга 2) / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во «Майдан», 2012. – 460 с.
6. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей: справ. пособие в 6 т. Т. 6. Диагностическое обеспечение технической и экологической безопасности / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во «Майдан», 2012. – 538 с.
7. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: справ. пособие в 3 т. Т. 1. Объекты и методы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во «Майдан», 2014. – 459 с.
8. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: справ. пособие в 3 т. Т. 2. Неисправности, параметры и средства диагностики / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во «Майдан», 2014. – 403 с.
9. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей: справ. пособие в 3 т. Т. 3. Практические основы диагностирования / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во «Майдан», 2014. – 444 с.
10. Мигаль В. Д. Техническая диагностика автомобилей. Теоретические основы: учеб. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во «Майдан», 2014. – 516 с.
11. Мигаль В. Д. Теория технической диагностики автомобилей: учеб. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Изд-во «Майдан», 2014. – 516 с.
12. Мигаль В. Д. Средства информационных систем автомобиля : справ. пособие / В. Д. Мигаль. – Х.: Майдан, 2012. – 444 с.
13. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 23 с.
14. ГОСТ 27518-87. Диагностирование изделий. Общие требования. Дата введения с 01.01.1989. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 11 с.
15. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. Введен 26.12.1989 (взамен ГОСТ 20911-75). – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 10 с.
16. ГОСТ 25044-81. Диагностика автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных, строительных машин. Основные положения. Дата введения с 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 10 с.

17. Мигаль В. Д. Вибрация и надежность транспортных машин / В. Д. Мигаль, В. М. Мищенко, В. П. Волков, С. А. Гаврилов, А. В. Мищенко: под ред. В. Д. Мигалья. – Х.: Изд-во ХНАДУ, 2007. – 383 с.
18. Говорущенко Н. Я. Техническая кибернетика транспорта: учеб. пособие / Н. Я. Говорущенко, В. Н. Варфоломеев. – Х.: ХГАДТУ, 2001. – 271 с.
19. Загальні принципи діагностування електронних систем керування автомобіля: навч. посібник / О. Ф. Дащенко, В. Г. Максимов, О. Д. Ніцевич, та ін.: за ред. М. Б. Копитчука. – Одеса: Наука і техніка, 2012. – 392 с.
20. Максименко А. Н. Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин: учеб. пособие / А. Н. Максименко, Г. А. Антипенко, Г. С. Лягушев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 302 с.
21. Малкин В. С. Техническая эксплуатация автомобилей: теоретические и практические аспекты: учеб. пособие / В. С. Малкин. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 288 с.
22. Беднарский В. В. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / В. В. Беднарский. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 456 с.
23. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учеб. пособие / В. М. Власов, С. В. Жалказиев, С. М. Круглов и др.: под ред. В. М. Власова. – 4-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 480 с.
24. Лабораторний практикум з технічної експлуатації автомобілів: навч. посібник / В. П. Волков, І. А. Мармут, В. Д. Мигаль та ін.: під ред. В. П. Волкова. – Х.: ХНАДУ, 2012. – 516 с.
25. Основи технічної діагностики автомобілів: лабораторний практикум / В. П. Волков, І. А. Мармут, В. Д. Мигаль та ін. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 128 с.
26. Мигаль В. Д. Теорія і методи наукової творчості: навч. посібник / В. Д. Мигаль. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2007. – 424 с.
27. Мигаль В. Д. Методы технической диагностики автомобилей: учеб. пособие / В. Д. Мигаль, В. П. Мигаль. – М.: ИМ «Форум»: ИНФРА-М, 2014. – 416 с.
28. Ларин А. Н. Колесные узлы современных автомобилей (шины, камеры, диски) / А. Н. Ларин, Е. Е. Черток, А. Н. Юрченко. – Х.: «САМ», 2004. – 260 с.
29. Мигаль В. Д. Вибродиагностика машин при эксплуатации / В. Д. Мигаль. Х.: ХГПУ, 1997. – 293 с.
30. Бажинов О. В. Надійність автомобільних поїздів : монографія / О. В. Бажинов, О. К. Кравченко. – Луганськ: Ноулідж, 2009. – 412 с.
31. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем: монография / В. П. Волков, В. П. Матейченко, О. Я. Никонов и др.: под ред. В. П. Волкова. – Донецк: Изд-во «Ноулідж», 2013. – 398 с.
32. Острейковский В. А. Теория надежности: учебник / В. А. Острейковский. – М.: «Высшая школа», 2003. – 463 с.
33. Машиностроение. Энциклопедия: ред. совет К. Ф. Фролов и др. Т. IV-3. Надежность машин / В. В. Клюев, В. В. Болотин, Ф. Р. Соснин и др.:

под общей ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2003. – 592 с.

34. Чорний Г. П. Автоматизовані системи контролю літальних апаратів: навч. посібник / Г. П. Чорний. – К.: НАУ, 2008. – 160 с.

Предметный указатель

- DCU 130** 290
DST-2 291
Mega macs 292
VAS 5051, 5052 269, 272, 283, 295, 296
автоконтроль 185
автоматизированные системы контроля (АСК) 18, 65, 69, 88, 92, 101, 185, 197, 249, 318, 323, 358
алгоритм 19, 13, 21, 29, 45, 69, 82, 88, 91, 92, 95, 101, 117, 130, 134, 140, 142, 145, 149, 150, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 174, 175, 180, 182, 190, 191, 196, 198, 200, 202, 203, 204, 206, 207, 234, 235, 236, 240, 256, 264, 266, 282, 283, 301, 308, 310, 311, 317, 318, 321, 327, 330, 338, 358, 359, 360
безотказность (безотказная работа) 15, 17, 30, 49, 53, 54, 61, 62, 64, 109, 117, 122, 123, 218, 299, 311, 314, 329, 331, 341, 346, 350
бортовые системы контроля (БСК, БСКД) 18, 27, 62, 65, 74, 75, 76, 109, 177, 178, 188, 196, 202, 203, 206, 256, 260, 262, 281, 288, 296, 297, 298, 299, 301, 302, 303, 304, 310, 349, 355
вакуумметр 202
виброанализатор(ы) 209, 269
вибропреобразователь 210, 211, 212
вискозиметр 220
газоанализатор(ы) 177, 204, 258, 259, 270, 276, 278, 281, 283, 286
гибридные объекты 19, 22, 132
ГОСТ 11.002-73 45
ГОСТ 11.006-74 45
ГОСТ 17.2.2.03-87 49
ГОСТ 23.002-78 318
ГОСТ 14658-86 250
ГОСТ 18442-80 223
ГОСТ 18464-80 250
ГОСТ 19919-74 17
ГОСТ 29234-74 250
ГОСТ 21393-75 49
ГОСТ 21571-76 44, 347, 353
ГОСТ 23435-79 49
ГОСТ 23479-79 214
ГОСТ 25476-82 49
ГОСТ 25518-87 14
ГОСТ 26048-83 49
ГОСТ 27002-89 17, 341
ГОСТ 27302-86 15
ГОСТР 51709-2001 79
готовность 9, 53, 54, 58, 61, 70, 107
граф-дерево 141
граф-модель 145, 146, 147, 148, 149, 162
граф(ы) 22, 96, 136, 137, 140, 144, 145, 146, 148, 152, 154, 155, 164
деградационные процессы 16, 41, 65, 160, 326, 340
деградация 29, 42, 317, 327, 346
дерево:
 - бинарное 164
 - декомпозиций 140
 - диагноза 155
 - событий 358
 - функций 186**дефектоскоп** 218
диагностирование:
 - гидросистем 180, 243, 244, 253, 257, 266
 - Д_А 127, 128
 - Д-1 103, 111, 112, 114, 115, 121, 122, 124, 125, 126, 127, 128
 - Д-2 107, 108, 110, 111, 112, 114, 115, 121, 123, 124, 126, 127, 128
 - Д_В 121
 - Д_Г 121, 127, 128
 - Д_З 121, 127
 - Д_К 121, 125, 127
 - Д_П 121, 127, 128
 - Д_Р 111, 112, 121, 124
 - Д_Э 121, 122, 127
 - муфты гидротрансформатора 229, 230, 231
 - на ошупь 203, 204, 206, 207, 209, 210, 220, 224, 225, 226, 227, 245
 - на слух 203, 206, 207, 209, 210, 224, 230
 - ОД-1 110
 - ОД-2 110
 - по запаху 232, 245
 - по цвету 216, 232
 - подвески 84, 218, 228, 257, 266, 274
 - при пробных поездках 181, 209, 234, 235
 - рулевого управления 79, 80, 103, 122, 123, 127, 197, 227, 257, 266
 - трансмиссии 79, 102, 123, 127, 184, 227, 266, 274, 313
 - ходовой части 79, 85, 123, 189, 216, 257, 266, 274**дискретные объекты** 19, 21, 22, 23, 89,

- 91, 92, 93, 97, 132, 136, 168
- документация** 16, 25, 26, 27, 32, 41, 43, 45, 48, 49, 50, 61, 77, 78, 79, 80, 98, 113, 114, 157, 198, 204, 257, 266, 296, 306, 323, 327, 348
- достоверность** 8, 10, 14, 15, 32, 36, 50, 68, 69, 134, 150, 159, 180, 191, 198, 204, 207, 208, 209, 238, 240, 256, 308, 310, 313, 324, 338, 342, 349, 355, 358, 359, 360
- ДСТУ 2389-94** 10, 16
- ДСТУ 2886-94** 82
- ДСТУ 3649-2010** 79, 80, 81, 87, 118
- ДСТУ 4276:2004** 80
- ДСТУ 4277:2004** 80
- имитатор сигналов** 283, 285
- классификация:**
 - видов диагностирования 75
 - вспомогательных систем 64
 - встроенных систем диагностирования 297
 - дефектов 15, 16
 - диагностических моделей 132, 133, 135, 161
 - диагностического оборудования 258
 - методов диагностирования 93, 152, 175, 176, 187, 223, 252, 336
 - методов прогнозирования 331, 332, 333, 334, 336, 337
 - неисправностей 15, 16, 234
 - объектов диагностирования 132
 - прогнозирующий функций 357
 - прогнозов 238
 - средств измерений 259
 - средств диагностирования 257, 258, 260, 261, 262
 - факторов, влияющих на надежность 59, 60
- компрессограф(ы)** 269, 275, 277
- компрессометр(ы)** 202, 204, 258, 269, 275, 277
- коэффициент:**
 - вариации наработки (ресурса) 68, 353
 - весомости показателей 237
 - динамичности 55
 - корреляции 46
 - обновления основных фондов (реновации) 72
 - осевой неравномерности 82
 - отражения 21
 - передачи 343
 - поглощения 21
 - подачи 246, 285, 288
 - преломления 21
 - продольного растяжения 21
 - теплоотдачи 21
 - технической готовности 54, 70, 107, 109
 - технического использования 70
 - трения 64
 - упругости 21
 - усиления 343
 - эффективности капиталовложений 71
- манометр(ы)** 83, 84, 87, 116, 202, 204, 219, 244, 245, 246, 270, 272, 273, 275, 277, 319
- матрица(ы):**
 - диагностическая 101, 165, 166
 - неисправностей 143
 - переходных вероятностей 45
 - рабочая (рабочих значений) 102, 318
- метод(ы):**
 - EOL-программирования 320
 - амплитудно-фазовых характеристик 250
 - анализа состояния рабочей жидкости 252
 - аналитические 151, 342
 - аналогий и уточнений 62
 - ветвей и границ 146, 186
 - виброакустические (вибрационные) 96, 146, 206, 209, 244, 247, 248, 251
 - визуально-диагностический 62
 - визуально-измерительные 202, 208, 214, 223, 225, 227, 245
 - временной 249, 250
 - граф-моделей 146
 - графоаналитические 154, 155
 - дедуктивный 187
 - диагностирования 9, 27, 32, 64, 74, 93, 94, 95, 98, 136, 154, 158, 160, 170, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 183, 188, 195, 243, 309, 328, 331, 336, 337, 338
 - измерительные 181
 - индикации примесей 248
 - индикационные 136, 187
 - интеллектуальные 189, 190
 - интуитивные 136, 174
 - инструментальные 181, 182, 190, 194, 207, 237
 - капиллярные 223
 - кинематический 245, 248
 - классификации 341
 - комбинационные (комбинированные) 185, 186, 240
 - контроля технического состояния 87
 - линейного прогнозирования 344, 345,

- 348
- логические 233
 - магнитные 224
 - математические 239, 336, 340
 - моделирования 332, 336, 340
 - наименьших квадратов 344
 - неразрушающего контроля 217, 218, 223
 - нормированных параметров 249, 250, 253
 - операционно-постовой 108, 109
 - определения нормативных значений 45
 - определения периодичности ТО 10, 60, 62
 - органолептические (органами чувств человека) 191, 192, 195, 196, 201, 206, 207, 227, 244, 245
 - переходных характеристик 247
 - поисковые 136, 188
 - последовательный 185
 - прогнозирования 10, 27, 238, 239, 240, 309, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 340, 343, 346, 349, 354
 - силовой 248, 250, 251
 - системные 335, 336
 - сопоставления и наложения осциллограмм 251
 - спектрального анализа 248
 - статистические 44, 50, 239, 332, 333, 340
 - статопараметрический 244, 245, 246, 247, 250, 251
 - стробоскопический 95
 - табличный 166, 236
 - теоретические 170, 171
 - теории идентификации 135
 - тепловой 252
 - термодинамический 244, 247, 248
 - тестового диагностирования (тестовые) 89, 90
 - технико-экономический 63
 - физико-статистические 340
 - физического и математического моделирования 151
 - цветной дефектоскопии 224
 - эвристические 170, 171, 239
 - экспериментальный 170, 181
 - экспертные 237, 238, 239
 - экспертных оценок 329, 332, 336, 340
 - экстраполяции 332, 336, 340, 341, 342, 343
 - эндоскопии 277
 - эталонных зависимостей 250, 251
 - эталонных осциллограмм 250
 - мониторинг** 32, 238, 281, 302, 304, 358
 - мотор-тестер(ы)** 103, 184, 263, 268, 269, 270, 271, 274, 276, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 289, 292, 293, 294
 - мультиметр(ы)** 269, 271, 274, 278, 279, 281, 282, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296
 - надежность** 8, 9, 10, 13, 18, 25, 26, 29, 42, 44, 53, 54, 58, 59, 60, 62, 65, 66, 70, 78, 97, 100, 101, 138, 144, 146, 149, 153, 154, 165, 186, 191, 193, 202, 256, 261, 263, 264, 297, 303, 306, 310, 311, 313, 316, 317, 318, 321, 327, 341, 345, 349, 355, 358
 - непрерывные объекты** 19, 22, 132, 133, 136
 - нормализация** 50, 342
 - осмотр** 160, 189, 195, 207, 214, 223, 245, 277:
 - внешний 62, 76, 77, 79, 245
 - контрольный 313
 - технический 76, 118, 127
 - остаточный ресурс** 10, 12, 13, 15, 17, 27, 32, 36, 42, 47, 53, 61, 65, 67, 113, 117, 157, 160, 169, 177, 178, 182, 191, 207, 208, 238, 246, 299, 303, 309, 310, 311, 315, 327, 328, 329, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 338, 339, 340, 341, 343, 344, 345, 346, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355
 - осциллограф(ы)** 204, 206, 249, 259, 261, 262, 263, 269, 274, 278, 279, 280, 281, 282, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 296
 - отказ** 8, 11, 12, 14, 16, 17, 18, 27, 28, 29, 32, 35, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 54, 58, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 89, 97, 99, 104, 111, 121, 127, 130, 134, 137, 142, 144, 146, 149, 152, 153, 154, 158, 159, 160, 169, 175, 182, 189, 190, 195, 196, 197, 206, 208, 210, 218, 223, 234, 235, 236, 237, 251, 256, 259, 262, 281, 289, 297, 306, 311, 314, 316, 317, 318, 321, 323, 324, 327, 328, 339, 346, 347, 350, 355, 357, 358
 - отказоустойчивость** 29
 - периодичность** 10, 53, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 76, 97, 98, 99, 110, 113, 115, 122, 157, 180, 191, 199, 223, 297, 299, 310, 315, 336, 338, 346, 354, 359
 - персонал станции диагностики**
 - постановка диагноза** 43, 69, 78, 97, 100,

101, 102, 165, 166, 175, 190, 191, 196, 235, 261, 263, 280, 281, 306, 321, 322, 323, 324, 335

предельное состояние 23, 24, 25, 28, 30, 32, 53, 54, 56, 57, 68, 142, 259, 324, 326, 327, 328, 346, 350, 353

предотказное состояние 13, 99, 261, 262, 263, 324, 357

приборы серии KTS 268, 269, 289, 290, 291, 293, 296

пробник (индикатор) 268, 278, 279

прогнозирование 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 27, 32, 40, 47, 49, 61, 67, 113, 114, 157, 175, 177, 178, 191, 200, 208, 237, 238, 239, 240, 246, 249, 260, 261, 303, 306, 309, 310, 313, 315, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 348, 349, 350, 352, 354, 355, 356, 357, 358, 360, 362

программа «Мотор-тестер» 284, 285

программное обеспечение 92, 114, 118, 158, 177, 182, 189, 249, 268, 277, 280, 281, 282, 283, 284, 287, 289, 290, 292, 293, 301, 302

производственный процесс 104, 105, 112

протокол контроля 79, 86, 87, 114, 218

работоспособность 11, 17, 18, 24, 26, 27, 29, 33, 34, 35, 41, 45, 46, 49, 54, 58, 64, 65, 78, 81, 88, 90, 91, 93, 94, 96, 97, 109, 117, 123, 125, 130, 134, 142, 146, 150, 159, 169, 180, 182, 184, 185, 186, 188, 194, 195, 198, 200, 207, 243, 256, 258, 259, 260, 264, 266, 273, 274, 275, 278, 294, 207, 298, 306, 310, 311, 313, 316, 317, 319, 321, 323, 324, 327, 329, 336, 339, 342, 343, 346, 358, 360

работы:

- вычислительные 162
- диагностические 74, 104, 107, 125
- крепежные 104, 110, 122, 125
- кузовные 107
- по системе питания 126
- подготовительные 102, 247, 315
- покрасочные 107
- профилактические 58
- разборочно-сборочные 339
- регулировочные 58, 80, 87, 104, 107, 123, 124, 162, 315
- ремонтные 68, 107, 113, 122, 315, 339
- смазочные 107, 110, 122, 127
- уборочно-моечные 107

- шиномонтажные (шинные) 107, 127

- экспериментальные 162

- электротехнические 126

расходомер 103, 202, 219, 244, 246, 269, 271

регулировка (регулирование, регулировочные работы): 18, 31, 34, 38, 41, 42, 45, 46, 52, 58, 62, 67, 68, 75, 78, 80, 81, 84, 87, 98, 101, 102, 103, 104, 107, 109, 111, 116, 121, 122, 123, 124, 127, 148, 162, 165, 169, 197, 225, 226, 227, 228, 230, 232, 263, 273, 276, 277, 297, 315, 316, 323, 329, 331

режим:

- «черный ящик» 289

- диагностирования 10, 23, 32, 58, 62, 91, 113, 132, 140, 190, 195, 207, 247, 309, 323

- измерения диагностических параметров 23

- неустановившийся (динамический) 24, 175, 184, 249, 251

- полный 23, 24

- реального времени 281, 302

- реальный 23

- самозагрузки 247

- снимка 288

- тестовый 23, 69, 261, 323

- установившийся 24, 184, 250

- частичный 23, 24

рефрактометр 275

самодиагностика 16, 19, 235, 262, 280, 286, 291, 296, 298, 299, 304

состояние 25:

- допустимое 14, 356

- износное 355

- исправное 13, 26, 27, 44, 97, 142, 150, 151, 157, 329, 331

- недопустимое 14

- неисправное 13, 14, 26, 27, 44, 98, 99, 110, 142, 150, 151, 153, 157, 167, 329

- неправильного функционирования 13, 16, 26

- нерабочее (неработоспособное, отказное) 13, 16, 19, 26, 28, 58, 113, 153, 185, 250

- правильного функционирования 13, 16, 26, 167

- предельное 23, 24, 25, 28, 30, 32, 54, 56, 57, 68, 142, 259, 324, 326, 327, 328, 346, 350, 353

- предотказное 13, 99, 261, 262, 263, 357

- рабочее (работоспособное) 13, 16, 19, 26, 49, 54, 58, 65, 70, 84, 110, 113, 142, 185, 250, 279, 314, 324, 331, 359

- требует принятия мер 14

- хорошее 14, 356

спектрофотометр 219

старение 15, 16, 29, 40, 61, 64, 225, 252, 355

стенд(ы):

- FW 411 272

- FWA 4630 272

- IW-2 267

- IW-7 267

- диагностики (диагностический) 24, 115, 299

- испытательные 47

- комплексный (комбинированный) 74, 83, 103, 104

- К-111 272

- КИ-13943 270

- КИ-15711 270

- КИ-22205 270

- КИ-4998 115, 117

- КИ-825 115, 117

- КИ-921 МТ 270

- оптический 272

- площадочный 102, 103

- полноопорный 103

- проверки рулевого управления 103

- проверки углов установки колес 259, 261

- раздельный 103, 104

- РК-1 272

- роликовые 115, 323

- с беговыми барабанами 102, 183, 259, 267, 274

- стационарный 109, 111, 259

- СТДА-1 270

- СТДА-2 270

- тормозной (проверки тормозных качеств) 83, 102, 103, 104, 259, 261, 267

- тяговых качеств 83, 103, 108, 124, 269

- ходовых качеств 83

стетоскоп 202, 204, 209, 211, 245, 269

стробоскоп 271, 275, 278, 279

тесты:

- вероятностные 92

- высокого давления 320

- детерминированные 92

- диагностические 21, 31, 318

- компрессионные 319

- поиска неисправностей 91, 165, 166

- проверочные 91

- разгона 319

- функциональные 96

технологическая пооперационная карта 115, 354

технологический процесс 8, 59, 67, 110, 112, 113, 125, 159, 177, 299, 308

технологичность 39, 69

топология 146

управление:

- микроклиматом в салоне 163

- надежностью 8, 18, 264

- объектом 33, 88, 233

- производством 69, 112, 126

- рабочими процессами 8, 304

- режимами эксплуатации 26

- техническим состоянием 9, 26, 67, 69, 112, 113, 117, 119, 331

- техническими системами 190, 196, 202

- технологическими процессами 113, 125, 196

- ТО и ТР 112, 264, 305

феррограф 219, 220

функции производственных подразделений 110, 111

эвристика 170

эксперт 237, 238, 239, 240, 243, 336, 340

экспертиза 237, 340

экспертные оценки 180, 196, 237, 239, 241, 242, 243, 329, 332, 340, 341

экспертные системы 113, 237, 281

эндоскоп 177, 196, 201, 269, 271, 276, 277

Учебное издание

**МИГАЛЬ
Василий Дмитриевич**

**ОСНОВЫ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ
АВТОМОБИЛЕЙ**

Учебное пособие

В авторской редакции

Технический редактор А. И. Жадан

Компьютерная верстка А. И. Жадан

Дизайн обложки С. И. Кривошапов

Підписано до друку 03.12.2015. Формат 70x100/16.
Папір офсетний. Гарнітура Таймс. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 23,25. Наклад 300 прим. Зам. № 15-78.

Видання і друк ТОВ «Майдан»
61002, Харків, вул. Чернишевська, 59
Тел.: (057) 700-37-30

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 1002 від 31.07.2002 р.