

Министерство образования и науки Республики Казахстан
Костанайский государственный университет им. А.Байтурсынова
Кафедра машиностроения

А.Б. Шаяхметов

ДИАГНОСТИКА ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

Учебное пособие

Костанай, 2016

УДК 623.437.4
ББК 39.33-082я73
Ш32

Автор:

Шаяхметов Амангельды Булатович, кандидат технических наук

Рецензенты:

Исинтаев Такабай Исинтаевич, кандидат технических наук, доцент, проректор по научной работе Костанайского инженерно-педагогического университета

Баймухамедов Малик Файзулович, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе Костанайского социально-технического университета им. З.Алдамжара

Моисеенко Олег Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологические машины и оборудование Костанайского государственного университета им. А. Байтурсынова

Шаяхметов А.Б.

Ш32 Диагностика транспортной техники. Учебное пособие. – Костанай: КГУ им. А. Байтурсынова, 2011 – 102 с.

ISBN 978-601-7233-98-3

В учебном пособии освещены вопросы информационного обеспечения работоспособности и диагностики транспортной техники, организации диагностирования на автотранспортном предприятии, организации рабочего места механика-диагноста, общего диагностирования автомобиля, неразрушающих методов контроля, методы технической диагностики и средства диагностирования транспортной техники.

Предназначено для студентов специальности Транспорт, транспортная техника и технологии; пособие может быть рекомендовано преподавателям высших учебных заведений при проведении занятий по Основам технической эксплуатации транспортной техники.

УДК 623.437.4
ББК 39.33-082я73

Утверждено и рекомендовано к изданию в открытой печати для внедрения в учебный процесс и представлено для издания под грифом МОН РК учебно-методическим отделом Казахской академии транспорта и коммуникации им. М. Тынышпаева, протокол от 27.05. 2016г. № 4.

ISBN 978-601-7233-98-3

© Костанайский государственный университет им. А.Байтурсынова, 2016 г.

Содержание

Введение.....	4
1 Информационное обеспечение работоспособности и диагностика транспортной техники.....	5
1.1 Методы получения информации при управлении работоспособностью автомобилей.....	5
1.2 Определение предельных и допустимых значений параметров технического состояния.....	10
1.3 Диагностика как метод получения информации об уровне работоспособности автомобилей.....	17
1.4 Процессы диагностирования.....	21
2 Технологические рекомендации организации диагностирования на автотранспортном предприятии.....	35
3 Организация рабочего места механика-диагноста.....	41
4 Общее диагностирование автомобиля.....	44
4.1 Блок-схема диагностирования автомобиля.....	44
4.2 Общее диагностирование автомобиля.....	45
5 Понятие о неразрушающих методах контроля.....	52
5.1. Основные виды НМК.....	52
5.2. Эффективность НМК.....	55
5.3. Критерии оценки качества изделий.....	56
6 Методы технической диагностики.....	59
6.1 Метод, основанный на обобщенной формуле Байеса.....	59
6.2 Метод минимального риска.....	64
6.3 Метод минимального числа ошибочных решений.....	67
6.4 Метод наибольшего правдоподобия.....	69
7 Средства диагностирования транспортной техники.....	72
7.1 Средства для диагностирования неисправностей цилиндропоршневой группы (цпг).....	72
7.2 Устройство для диагностирования технического состояния кривошипно-шатунной группы дизельного двигателя.....	75
7.3 Приспособление для диагностирования технического состояния и регулировки клапанного механизма двигателя.....	77
7.4 Прибор для диагностирования неисправностей системы зажигания.....	79
7.5 Средства для диагностирования электронной системы управления двигателем.....	82
7.6 Установка для диагностирования и ультразвуковой очистки электромагнитных форсунок бензиновых двигателей CNC-602A.....	84
7.7 Средства для исследования фракционного состава и качества отработавших газов автомобилей с бензиновыми двигателями.....	90
7.8 Средства для измерения дымности отработавших газов дизельных	93

двигателей автомобилей.....	
Список использованных источников.....	102

Автомобильный транспорт играет существенную роль в транспортном комплексе страны, регулярно обслуживая предприятия всех форм собственности. Отказ (жизнестойкость) надёжности машины зависят от рациональности конструкции, правильности выбора режимов движения, эксплуатационных условий, своевременного технического обслуживания и ремонта. Таким образом, подвижность машины сама по себе является составной частью характеристик, определяющих конкурентоспособность автомобильной техники, а её оценка соответственно может быть рассмотрена как составная часть определения качества автомобильной техники. Качество автомобильной техники, его текущая составляющая, оценивается техническим состоянием машины, которое, в свою очередь, определяется в результате диагностирования. Под диагностированием понимается технологический процесс определения технического состояния автомобильной техники без разборки и получение заключения о необходимости обслуживания или ремонта. Диагностика изучает формы проявления технических состояний, методы и средства обнаружения неисправностей и прогнозирование ресурса объекта без его разборки. Она позволяет количественно оценить безотказность и эффективность автомобильной техники и прогнозировать эти свойства в пределах остаточного ресурса или заданной наработки. Диагностика поддерживает на высоком уровне надёжность автомобильной техники, уменьшает расход запасных частей, материалов и трудовых затрат на техническое обслуживание и ремонт, повышает производительность машины и снижает себестоимость выполняемых ею оперативно-функциональных задач. Диагностика является технологическим элементом профилактики и ремонта и основным методом выполнения контрольных работ. Специфическим свойством, отличающим диагностику от обычного определения технического состояния, является, прежде всего, выявление скрытых неисправностей без разборки. Диагностика есть новое, быстро развивающееся направление проблемы поддержания надёжности машин и эксплуатации. Здесь имеется в виду научно обоснованная диагностика, базирующаяся на достаточно разработанном логическом фундаменте, на тонких математических и физико-химических методах, позволяющих достичь оптимальных результатов. Прimitивная диагностика, сводящаяся к элементарному поиску неисправностей на ремесленном уровне, существовала и ранее.

1 Информационное обеспечение работоспособности и диагностика транспортной техники

1.1 Методы получения информации при управлении работоспособностью автомобилей

Процесс эффективного управления системой базируется на непрерывной, полной и достоверной информации об окружающей обстановке и внутренних изменениях в системе, поступающей в управляющие органы в соответствии с определенным уровнем иерархии принятия решений. Достаточное качество информации обеспечивается в случае поступления ее в соответствующий орган управления с полнотой, точностью и достоверностью, позволяющими принимать обоснованные решения.

При принятии решений в технической эксплуатации автомобилей используют, как отмечалось, два вида информации: вероятностную (статистическую), характеризующую состояние совокупности объектов (автомобилей, агрегатов, деталей) и дающую представление о средних значениях показателей, и индивидуальную (диагностическую), характеризующую состояние или показатели работы конкретного объекта - автомобиля в целом, агрегата, детали.

Точность и достоверность статической информации оценивается на основе применения методов математической статистики, заключающихся в определении доверительных границ интервала, который с заданной доверительной вероятностью покрывает истинное значение показателя.

Определение статистических оценок рассматриваемого показателя выполняется по специальной методике, где указываются:

- доверительная вероятность, с которой должны находиться доверительные границы для искомого показателя;

- законы распределения случайной величины, с достаточной степенью адекватности описывающие изменение значений искомого показателя характерные для каждого из них значения основных математических ошибок (среднее значение, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации);

- план наблюдений по ГОСТ 27.502-8 предусматривающий возможно различных вариантов сбора данных - до первого отказа изделия на заданной наработке или календарной продолжительности наблюдений, до возникновения заданного числа отказов или предельных состояний изделий в подконтрольной группе и т. д.;

- метод определения числа объектов наблюдения (табличный или расчетный);

- величина относительной ошибки, задаваемая с целью обеспечения необходимого уровня точности оценки искомого показателя.

При проведении расчетов по указанной методике определяется необходимый размер выборки, обеспечивающий заданную точность и достоверность статистической оценки рассматриваемого показателя, или решается обратная задача.

Индивидуальную (диагностическую) информацию можно получить по отчетным данным для конкретного автомобиля (агрегата) или путем непосредственного измерения параметров технического состояния данного автомобиля. Используется она для оперативного уточнения и корректировки управляющего решения применительно к данному объекту.

Точность и достоверность диагностической информации обеспечиваются применением метрологически поверенных средств технического диагностирования (СТД) и обоснованного комплекса диагностических параметров с учетом выполнения требований однозначности, стабильности, чувствительности и информативности.

Статистическая и диагностическая информации дополняют друг друга в процессе принятия решения.

На автомобильном транспорте общего пользования статистическая информация собирается и анализируется по нормируемым показателям, приведенным в руководящих документах, утвержденных автотранспортным ведомством. Разработкой руководящих документов и материалов для них занимаются научно-исследовательские, проектно-технологические и конструкторские организации, входящие обычно в научно-производственные объединения (НПО).

Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта, важнейшими задачами которого являются разработка научных основ технической эксплуатации подвижного состава автомобильного транспорта, определение основных направлений научно-технического прогресса и формирование технической политики, проведение исследований с целью разработки нормативов технической эксплуатации автомобилей.

Разработкой технологического обеспечения и внедрения новой техники и прогрессивных технологических процессов на автотранспорте занимается Центральное проектно-технологическое бюро по внедрению новой техники и научно-исследовательских работ на автомобильном транспорте и взаимодействующие с ним проектно-технологические бюро территориально-производственных объединений автомобильного транспорта.

В НПО входят также проектные и конструкторские организации, занимающиеся вопросами развития, реконструкции и технического перевооружения производственно-технической базы, проектированием новых предприятий автомобильного транспорта, конструированием и созданием новых образцов технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта автомобилей.

Процесс передачи информации реализуется с помощью первичных носителей информации, в качестве которых выступают различные документы. Под документом понимается материальный объект, содержащий информацию в зафиксированном виде, оформленный в установленном порядке и имеющий в соответствии с действующим законодательством правовое значение. Информация в документах может быть представлена в формализованном либо в неформализованном виде. При этом учитывается человеко-машинный характер обработки документа с использованием ЭВМ. Это означает, что документ должен быть удобен в обращении на всех этапах обработки при движении его в системе управления: при заполнении, шифровке, переносе на машинные носители и собственно работе с документом в аппарате управления.

Информация, содержащаяся в документах, должна удовлетворять ряду требований:

- быть достоверной, так как она служит основанием для принятия решений, которые могут привести к значительным техническим, экономическим и социальным последствиям;
- иметь минимальный объем при максимуме его смыслового содержания;
- обладать некоторой избыточностью с целью обеспечения помехоустойчивости системы управления;
- текст сообщения должен быть сжатым и ясным: цифровые данные должны быть приведены в такой вид, чтобы потребитель информации не перерабатывал их.

В инженерно-технической службе автомобильного транспорта при оперативном управлении в качестве первичных используются следующие основные документы: «Листок учета ТО и ремонта» (или «ремонтный листок»), «Требование на запасные части», «Лицевая карточка автомобиля», «План-отчет ТО». Кроме основных, имеется ряд производных документов, в которых используются информация из основных документов либо данные, являющиеся результатом переработки первичной информации. Это, например, корешок ремонтного листка, контрольный талон к ремонтному листку и т. д.

На рисунке 1.1 показана скелетная структура лицевой и оборотной сторон ремонтного листка.

При поступлении автомобиля с требованием (заявкой) на ремонт механик контрольно-технического пункта (КТП) совместно с водителем заполняет лицевую сторону ремонтного листка, занося в нее описание внешних проявлений неисправностей (неформализованная информация), реквизиты автомобиля - гаражный номер, модель, тип кузова, цикл эксплуатации, пробег. Эта информация носит формализованный характер, и для ее занесения в документ используются специальные шифры. Затем в ремонтный листок заносятся время и дата его оформления и табельные номера (шифры) работников, заполнявших его, и их подписи.

Дальнейшее оформление ремонтного листка производится персоналом ИТС по мере принятия решений (определение необходимых ремонтно-регулирующих операций - РРО) и выполнения работ (отметки об агрегатах, узлах и деталях, снятых для замены и ремонта и о выданных запасных частях и фактически выполненных работах).

Лицевая сторона

Оборотная сторона

Ремонтный листок			Пометки о выданных запасных частях и материалах	
Описание внешних проявлений неисправности	Формализованное описание ремонтно-регулирующих операций	Отметки ОТК об устранении неисправностей	Отметки о фактически выполненных работах	
Подписи лиц, оформлявших заявку			Отметка дежурного зоны ожидания ремонта	Отметка о контроле состояния узлов, определяющих безопасность автомобиля
Реквизиты автомобиля	Дата и время выполнения требования			

Рисунок 1.1 – Структура ремонтного листа

По завершении работ, указанных в заявке, автомобиль предъявляется представителям ОТК, которые контролируют полноту и качество выполненных работ и проставляют свой шифр (табельный номер) и подпись, подтверждая факт их проведения. Обработка ремонтных листков производится с использованием вычислительной техники, а результаты обработки систематизируются и с учетом различного уровня обобщения докладываются руководителям АТП различного ранга.

На рисунке 1.2 показана структура другого первичного оперативного документа - Требования на запасные части. В соответствии с возникающими потребностями в замене снятых с автомобиля неисправных агрегатов, узлов, деталей по указаниям из центра управления производством персоналом комплекса подготовки производства (слесарями-комплектовщиками) производится оформление требования и на его основании получение на складе и доставка на рабочие посты необходимых запасных частей. Информация из требований переносится затем в ремонтный листок.

Реквизиты складской операции
Требование № _____ Дата _____
Подписи лиц, оформлявших требование
Выданные запчасти

Рисунок 1.2 – Структура требований на запасные части

В лицевой карточке автомобиля (рисунок 1.3) техник по учету на основании данных путевых листов заносит нарастающим итогом ежедневный пробег автомобиля. Эти данные являются базой для планирования постановки автомобиля на очередное ТО, о чем в лицевой карточке делается специальная отметка. Кроме того, в лицевую карточку с ремонтных листков переносят основные данные о выполненных ремонтах и произведенных заменах агрегатов.

ЛИЦЕВАЯ КАРТОЧКА АВТОМОБИЛЯ								
Гаражный №								
месяц	число	1	2	3		29	30	31
Январь								
Февраль								
...		Данные о фактических пробегах и отметки о запланированных и выполненных ТО и ремонтах						
Ноябрь								
Декабрь								
Данные о заменах агрегатов								

Рисунок 1.3 – Структура лицевой карточки автомобиля

Лицевая сторона

Оборотная сторона

Дата _____ План-отчет ТО			Фамилия исполнителя	Табельный номер (шифр)	Разряд
Гаражный номер	Отметка зоны ТО (подписи и шифры)	Отметка ОТК (подписи и шифры)			
			Бригадир (мастер) _____		

Рисунок 1.4 – Структура плана-отчета ТО

Техник по учету на основании фактического пробега автомобилей, отраженного в лицевых карточках, составляет суточные планы ТО автомобилей. Для этого он заполняет левую колонку лицевой стороны плана-отчета ТО (рисунок 1.4), занося туда гаражные номера автомобилей в количестве, соответствующем суточной программе зоны ТО. В дальнейшем при проведении ТО бригадир (мастер) делает отметки в средней колонке о выполнении ТО и заполняет оборотную сторону документа, записывая

фамилии и табельные номера исполнителей, проводивших работы по ТО в данную смену. В правой колонке делает отметки представитель ОТК, контролирующий качество и полноту выполнения работ.

Указанные четыре первичных документа являются основой организации документооборота ИТС, т. е. организации документопотоков по подсистемам управления и их трансформации в этом процессе.

1.2 Определение предельных и допустимых значений параметров технического состояния

В процессе оперативного управления работоспособностью автомобилей наряду с общей статистической информацией необходима индивидуальная информация, отражающая уровень технического состояния конкретного автомобиля, системы, агрегата, детали. Получение такой информации возможно путем непосредственного измерения параметров технического состояния данного автомобиля и сравнения их текущих значений с нормативами.

Автомобиль представляет собой сложную техническую систему. Как известно, качественной мерой, позволяющей оценить состояние системы или ее элементов, а также проявление свойств системы, является параметр (показатель). С точки зрения оценки состояния системы и проявления ее свойств различают параметры структурные и выходные.

Каждый из элементов системы, которой является автомобиль или агрегат, и каждое простейшее сопряжение можно оценить с помощью одного или нескольких структурных и выходных параметров. Система же оценивается по совокупности параметров, отражающих состояние отдельных элементов, сопряжений и их свойств.

В процессе эксплуатации автомобиля текущие значения параметров его состояния y_i изменяются от начальных или номинальных значений y_n до предельных y_p .

Формирование возможных состояний автомобиля определяется набором нормативных значений параметров состояния. На рисунке 1.5 изображена графическая зависимость изменения параметра состояния y (например, зазора) от наработки изделия (пробега автомобиля). Номинальное значение параметра определяется техническими условиями завода-изготовителя или другими регламентирующими документами и может иметь некоторый разброс значений, отражающий качество проектирования и изготовления изделия. В связи с этим в ряде случаев (когда параметр является регулируемым) требуется индивидуальный подбор номинального значения, оптимального для конкретного изделия с точки зрения обеспечения оптимальных показателей эксплуатационных свойств. Таким образом, представляется возможным наиболее полно использовать

индивидуальные особенности изделия, различные вследствие неоднородности производства.

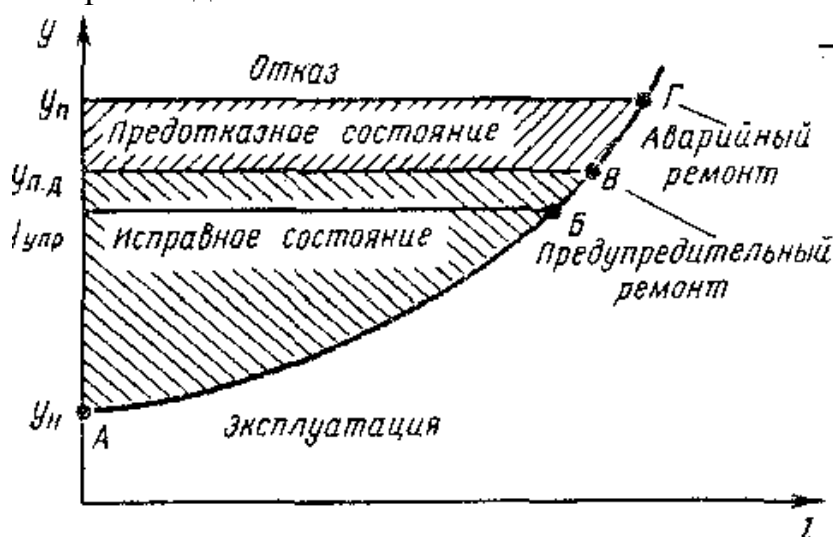


Рисунок 1.5 – Изменение состояния изделия в зависимости от значений параметров состояния

При эксплуатации изделия через определенную наработку значение параметра достигает предельной величины, при которой существенно ухудшаются технико-экономические показатели его использования или происходит отказ, момент наступления которого не поддается сколько-нибудь достоверному прогнозированию.

Изделие, у которого значение параметра достигло или превысило предельно допустимое значение, считается неисправным и находится в так называемом предотказном состоянии (зона между точками В и Г). Продолжение эксплуатации изделий в этой зоне обычно запрещено технической документацией (стандартами, техническими условиями заводов-изготовителей и т. п.), так как это приводит к аварийному отказу (точка Г), ущерб от устранения которого значительно выше затрат на его предупреждение, или к резкому увеличению эксплуатационных расходов (например, повышению угара масла, снижению топливной экономичности, мощности двигателя при износе деталей цилиндропоршневой группы).

В связи с тем, что на практике контроль технического состояния проводится периодически через определенную наработку автомобиля, использование для управления техническим состоянием в качестве норматива предельно допустимого значения параметра не всегда возможно. Для этих целей в ряде случаев вводится новое понятие упреждающего значения параметра $u_{упр}$. Оно представляет собой ужесточенное предельно допустимое значение, при котором обеспечивается заданный либо экономически целесообразный уровень вероятности безотказной работы на предстоящей межконтрольной наработке. Нахождение значений параметра к моменту контроля в пределах между u_n и $u_{упр}$ (зона между точками А и Б) соответствует возможности эксплуатации автомобиля. Достижение значений в пределах между $u_{упр}$ и

$u_{\text{пд}}$ (зона БВ) свидетельствует о необходимости проведения предупредительных воздействий (регулировок или замен) с затратами d , а пропуск значений параметров свыше $u_{\text{пд}}$ (зона ВГ) ведет к возникновению аварийного отказа, как правило, связанного со сходом автомобиля с линии или потерей рабочего времени и требующего проведения ремонта с затратами $c \gg d$.

Номинальные и предельные значения параметров автомобилей, его агрегатов, узлов и деталей должны устанавливаться заводами-изготовителями в отраслевой нормативно-технической документации, согласованной с общегосударственной системой стандартов и отраслевыми нормативными документами эксплуатирующих отраслей и ведомств с учетом специфических условий эксплуатации.

На основании анализа и классификации по методу назначения или определения нормативные значения параметров можно разбить на три группы.

К первой группе относятся нормативные значения, задаваемые на уровне государственных стандартов или других руководящих документов общегосударственного значения. Нормативы этой группы назначаются для параметров систем, обеспечивающих безопасность автомобиля и определяющих его влияние на окружающую среду. К ним относятся параметры, определяющие состояние тормозной системы, рулевого управления, шин и колес, системы освещения и сигнализации и другие, а также параметры токсичности отработавших газов, шума, вибрации и т. д. Эксплуатация автомобилей в любых условиях с отклонениями от этих параметров недопустима.

Ко второй группе относятся нормативы параметров, изменение которых не зависит от условий эксплуатации автомобилей, а определяется только конструктивными и технологическими факторами, такими, как применяемые материалы, технология изготовления, форма и размеры и т. п. Эти нормативы обычно оговариваются в технических условиях завода-изготовителя или в инструкции по эксплуатации изделия, и эти рекомендации являются одинаково достоверными для различных условий эксплуатации. Это, например, нормативные значения тепловых зазоров в газораспределительном механизме двигателя, зазор в контактах прерывателя, зазор между электродами свечи зажигания и т. д.

К третьей группе относятся нормативы для параметров, на изменение которых в зависимости от наработки существенное влияние оказывают условия эксплуатации. В этом случае нормативные значения одного и того же параметра для автомобилей, работающих на различных видах перевозок, могут существенно (в 1,5-2 раза) отличаться. Рассмотрим эту ситуацию на конкретном примере.

При установке одинаковых по конструкции редукторов главной передачи заднего моста на автомобиле-самосвале и седельном тягаче их режимы работы будут существенно отличаться. Соответственно условия эксплуатации первого редуктора характерны для перевозок самосвалом

строительных грузов (песка, грунта, бетона) на малом плече с постоянной сменой нагрузочных и скоростных режимов. Во втором случае в условиях междугородных перевозок грузов формировались достаточно стабильные нагрузочные и скоростные режимы работы редуктора. Параметром, определяющим техническое состояние зубчатого зацепления редуктора, является износ зубьев (конструктивный параметр), который можно оценить через люфт главной передачи (диагностический параметр). Номинальное значение люфта в обоих рассмотренных случаях было одинаковым и равнялось 20° . Однако в процессе эксплуатации указанных моделей автомобилей изменение этого параметра протекало по-разному. У самосвала под воздействием переменных режимов и ударных нагрузок происходил ярко выраженный процесс износа зубьев шестерен, и люфт к моменту выхода редуктора из строя достиг 60° . В случае же с тягачом, под воздействием стабильного режима работы в условиях эффективной смазки износ зубьев был небольшим, и выход редуктора из строя был обусловлен их усталостным разрушением. При этом люфт достиг лишь 38° .

Анализ рассмотренного примера показывает, что для приведенного параметра нецелесообразно назначать нормативное значение без учета конкретных условий эксплуатации. Если будет даваться усредненный норматив, скажем для рассмотренного примера 50° , то у автомобилей-самосвалов его применение вызовет значительное недоиспользование ресурса, а для тягачей этот норматив будет просто бессмысленным, так как основная масса редукторов выйдет из строя, так и не достигнув этого значения. Поэтому для таких параметров нормативные значения необходимо определять статистическими методами для характерных условий эксплуатации. Для этой цели следует применять метод назначения предельно допустимого значения на основе толерантных границ. Сущность его состоит в проведении статистического анализа распределения значений параметров, измеренных у достаточно представительной выборки автомобилей, находящихся в характерных условиях эксплуатации. При этом выдвигается гипотеза, что в данную выборку попала некоторая часть, a объектов, находящихся в предотказном (неисправном) состоянии. Путем математической обработки статистических данных определяют закон распределения значений параметра $f(y)$ и в зависимости от вида ограничения и вероятности a определяют статистическую оценку предельно допустимого значения параметра.

Если параметр имеет одностороннее ограничение сверху (например, люфт зубчатого зацепления), то в качестве предельно допустимого принимают значение $y_{\text{пд}}$ (рисунок 1.6, a), для которого

$$\int_{y_{\text{пд}}}^{\infty} f(y) dy = \alpha \quad (1.1)$$

Если параметр имеет одностороннее ограничение снизу (например, сила тяги на ведущих колесах), то (рисунок 1.6, б)

$$\int_0^{y_{no}} f(y) dy = \alpha \quad (1.2)$$

И, наконец, если параметр имеет двустороннее ограничение (например, вязкость моторного масла), то предельно допустимых значений два - нижнее $y_{нд1}$ и верхнее $y_{нд2}$ (рисунок 1.6, в), для которых:

$$\int_0^{y_{нд1}} f(y) dy = \frac{1}{2} \alpha; \quad \int_{y_{нд2}}^{\infty} f(y) dy = \frac{1}{2} \alpha \quad (1.3)$$

Необходимо иметь в виду, что определяемое предельно допустимое значение параметра для одноименных объектов, входящих в выборку, будет иметь естественное рассеивание. В силу этого на граничных областях рассеивания, аппроксимируемого теоретическим законом распределения, одни и те же значения параметра могут соответствовать как исправному, так и неисправному (предотказному) состоянию. Поэтому уровень вероятности α , определяющий назначение границы отнесения объекта к исправному или неисправному состояниям, определяется с учетом ошибок первого и второго рода, возможных при использовании данного параметра.

Под ошибкой первого рода понимают признание исправного объекта неисправным, а под ошибкой второго рода понимается пропуск неисправности, когда неисправный объект признается годным к дальнейшей эксплуатации.

Ошибки первого рода приводят к неоправданным разборочно-сборочным и контрольным работам, простоя автомобилей в ремонте. Ошибки второго рода приводят к возникновению аварийных линейных или дорожных отказов автомобилей или к значительным потерям за счет повышенного расхода топлива, увеличенной интенсивности изнашивания шин, к снижению срока службы аккумуляторных батарей.

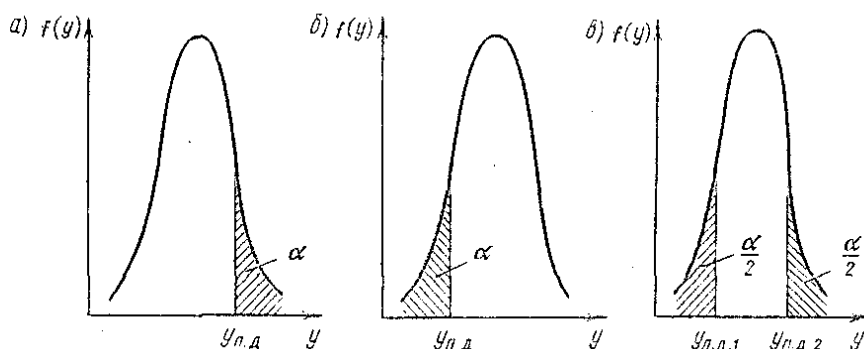


Рисунок 1.6 – Определение предельно допустимого значения параметра $u_{\text{пд}}$ на основе толерантных границ

На рисунке 1.7 приведена графическая интерпретация определения вероятности a для назначения граничной области в зависимости от возможных экономических потерь от ошибок первого и второго рода.

Обозначения 1 и 2 относятся к плотности распределения значений параметров, измеренных соответственно у группы автомобилей, находящихся в эксплуатации в работоспособном состоянии, и у группы автомобилей, находящихся в ремонте по причине отказа или наступления, ярко выраженного предотказного состояния узла, характеризуемого данным параметром. Зоны этих распределений пересекаются, и назначенное предельно допустимое значение $u_{\text{пд}}$ отсекает от них площади γ_1 и γ_2 . Площадь γ_1 соответствует вероятности ошибки первого рода - «ложная неисправность», а γ_2 - вероятность ошибки второго рода - пропуску неисправности. Изменяя значение $u_{\text{пд}}$, мы тем самым можем изменять соотношение этих вероятностей. При этом ошибка первого рода приводит к ущербу, выражающемуся в проведении с вероятностью γ_1 излишних предупредительных работ со стоимостью d . Этот ущерб

$$M_1 = d \int_{u_{\text{пд}}}^{\infty} f_1(y) dy = d\gamma_1 \quad (1.4)$$

Ошибка второго рода приводит к ущербу, выражающемуся в проведении с вероятностью γ_2 , аварийного ремонта со стоимостью c вместо невыявленных своевременно предупредительных работ со стоимостью d . Этот ущерб

$$M_{II} = (c - d) \int_0^{u_{\text{пд}}} f_2(y) dy = (c - d)\gamma_2 \quad (1.5)$$

Очевидно, что оптимальное значение норматива будет соответствовать минимальному суммарному ущербу,

$$M_{\Sigma} = d\delta_1 + (c - d)\gamma_2 \quad (1.6)$$

Анализ этого выражения и рисунка 1.7 показывает, что, учитывая значительное превышение стоимости затрат на аварийный ремонт по отношению к стоимости предупредительных работ (для различных систем и узлов автомобиля отношение c/d составляет в среднем от 3 до 8), а также появляющиеся в случае ошибки второго рода непрерывные затраты на повышенный расход топлива, износ шин и другое, предельно допустимое значение норматива назначается исходя из минимальной ошибки (вероятности γ_2) второго рода. Для определения предельно допустимого

значения параметра узлов, обеспечивающих безопасность движения, при назначении толерантных границ плотности распределения $f_1(y)$ необходимо принимать величину вероятности a , равную 15 %, а для остальных агрегатов и узлов равной 5 %.

Эти значения являются рациональными с точки зрения соотношения вероятностей проявления ошибок первого и второго рода и ущерба от них.

Таким образом, для определения предельно допустимых значений параметров с использованием статистической методики необходимо произвести следующие действия.

В разовой выборке измеренных значений параметров выявляют наименьшее и наибольшее значения этих параметров.

Интервал $U_{\max} - U_{\min}$ который называется размахом случайной величины u , разбивают на m равных интервалов, где m определяют в зависимости от объема выборки. Далее определяют число значений m_i , из выборки, попавших в i -й интервал. По значениям m_i строят гистограмму и определяют математические оценки случайной величины - среднее значение u , среднеквадратическое отклонение σ и коэффициент вариации v . С учетом характера процессов, внешнего вида гистограммы и значений математических оценок случайной величины подбирают теоретический закон распределения и строят кривую плотности распределения значений параметра $f_1(y)$ – рисунок

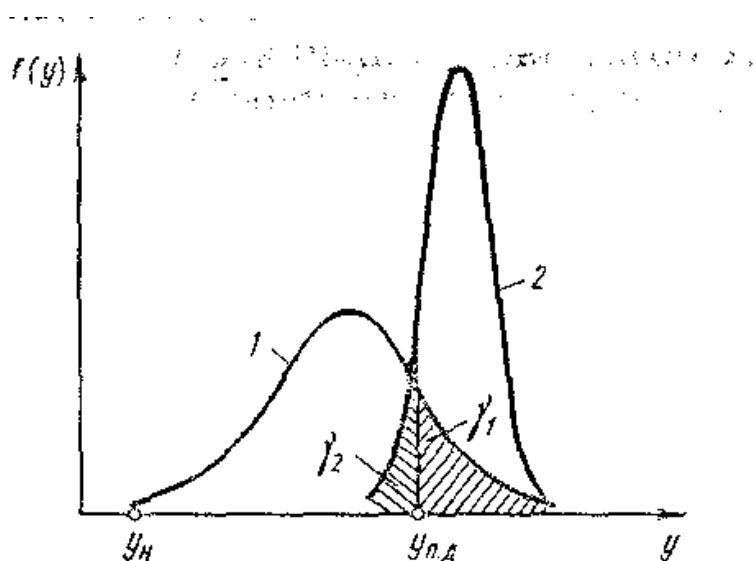


Рисунок 1.7 – Назначение граничной области значений параметра по потерям от ошибок первого и второго рода

Для проверки гипотезы согласования подобранного теоретического закона распределения с опытными данными используют различные критерии (обычно критерий χ^2 Пирсона). Из справочников для определенных значений критерия находят вероятность расхождения (по случайным причинам) теоретического и опытного распределений. При использовании критерия

Пирсона, например, согласование считается хорошим при вероятности больше 0,3.

Наконец, в зависимости от вида рассматриваемого параметра технического состояния (одно- или двустороннее ограничение, степень важности) по одной из формул 1.1, 1.2, 1.3 находят предельно допустимое значение диагностического параметра.

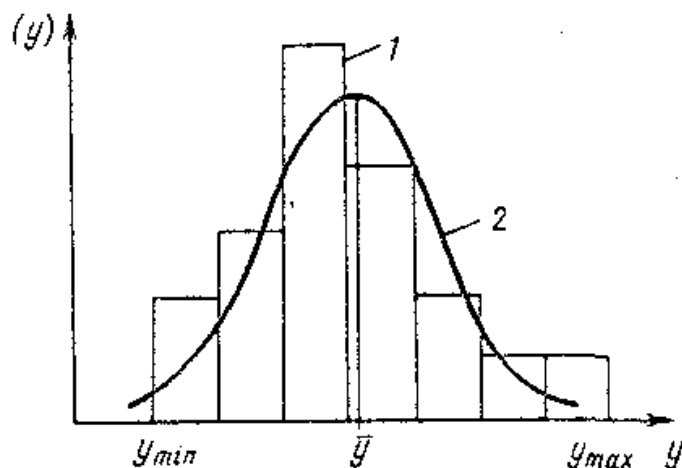


Рисунок 1.8 – Гистограмма (1) и теоретическая кривая (2) плотности распределения значений параметра

1.3 Диагностика как метод получения информации об уровне работоспособности автомобилей

Для принятия персоналом инженерно-технической службы автомобильного транспорта эффективных решений по оперативному управлению производственными процессами технической эксплуатации автомобилей возникает необходимость в использовании достоверной информации о техническом состоянии каждого отдельно взятого автомобиля. Основными источниками этой информации на автомобильном транспорте являются технический контроль, включающий в себя осмотр и инструментальное диагностирование.

В соответствии с принятой терминологией под техническим контролем в сфере производства понимается проверка соответствия продукции установленным техническим требованиям. Технический контроль появился в результате разделения труда как необходимая составная часть технологического процесса материального производства. На современном этапе развития производства технический контроль выполняет две основные функции: выявление и отбраковка продукции, не

соответствующей требованиям технических условия; получение дополнительной информации о производственном процессе и его результатах для выработки управляющих воздействий, направленных на поддержание заданного уровня качества продукции. При этом необходимо, чтобы получение указанной информации было доступным, не требовало разборки агрегатов и механизмов и больших затрат труда.

На первых этапах развития специфика производственных процессов технической эксплуатации автомобилей, характеризующихся высокой степенью неоднородности, определила возможность применения на АТП в основном субъективных методов определения технического состояния автомобилей при осмотре квалифицированным персоналом. Однако с ростом мощности автотранспортных предприятий в связи с проводимой технической политикой, направленной на концентрацию производства, процесс управления работоспособностью подвижного состава становился все более сложным, а требования к индивидуальной информации повышались.

В связи с этим на автомобильном транспорте появилась и начала развиваться техническая диагностика, поначалу называемая просто контролем, способствующая повышению производительности труда ремонтных рабочих, надежности и безопасности движения автомобилей, снижению трудоемкости работ, экономии топливно-энергетических и материальных ресурсов.

Различают понятие диагностики как отрасли знаний и как области практической деятельности (ГОСТ 20911-89). В первом случае используется термин «техническая диагностика»; во втором - «техническое диагностирование».

Техническая диагностика — отрасль знаний, исследующая технические состояния объектов, диагностирования и проявления технических состояний, разрабатывающая методы их определения, а также принципы построения и организацию использования систем диагностирования.

Техническое диагностирование - процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной точностью. Диагностирование завершается выдачей заключения о необходимости проведения исполнительской части операций ТО или ремонта.

Важнейшее требование к диагностированию - возможность оценки состояния объекта без его разборки.

Следует отметить, что взгляды на назначение диагностирования на ДТП, его организацию в системе ТО и ремонта, методы выбора организационных решений с начала развития диагностики постоянно изменяются в сторону более широкого использования ее возможностей. Несмотря на имеющиеся трудности с внедрением диагностирования, вызванные нехваткой диагностического оборудования, кадров, производственных площадей, результаты выполненных в этой области исследований показывают, что перечень задач, решаемых с использованием

диагностики, становится шире: от элемента технологического процесса ТО и ремонта автомобилей до одной из подсистем информационного обеспечения работоспособности автомобилей.

Диагностирование является качественно новой, более совершенной формой проведения контрольных работ. От традиционных контрольных осмотров, выполняемых на АТП в основном субъективными методами с привлечением в качестве экспертов наиболее квалифицированных механиков и ремонтных рабочих. Диагностирование отличается, во-первых, объективностью и достоверностью оценки технического состояния автомобилей, что достигается применением инструментальных методов проверки, во-вторых, возможностью определения выходных параметров (параметров эффективности) агрегатов и 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 им.

Возникновение потребности в объективной и достоверной информации, получаемой с помощью инструментальных методов контроля, объясняется действием на автомобильном транспорте двух важных факторов - усложнения автомобильной техники и стремления обеспечить поддержание работоспособности автомобилей в условиях низкой обеспеченности квалифицированными кадрами. Наличие в автохозяйствах простой по конструкции автомобильной техники, и небольшие размеры автохозяйств давали возможность обходиться информацией, получаемой через опытного механика субъективными методами. Однако с появлением новых моделей автомобилей усложненной конструкции и укрупнением автохозяйства такая информация все в меньшей степени обеспечивала эффективное управление поддержанием работоспособности автомобилей.

Современный дизель, многоконтурная тормозная система, рулевое управление с гидроусилителем, многоступенчатая коробка передач и другие прогрессивные конструктивные решения, обеспечив с одной стороны высокую эффективность использования этих автомобилей, с другой - резко усложнили организацию ТО и ремонта и потребовали создания прогрессивных методов их технической эксплуатации, в том числе методов технического диагностирования.

В условиях нехватки квалифицированных кадров при прочих равных условиях ухудшается качество проведения работ по ТО и ремонту автомобилей, а некоторые сложные виды работ не могут быть выполнены. Так, например, автослесарь 5-го разряда в силу своего опыта и профессиональных навыков с высокой степенью точности оценивает люфт рулевого колеса и без применения прибора. Но если на этой операции использовать автослесаря 3-го разряда, то достоверность его субъективной оценки будет, как показала практика, крайне низка и операция эта обычно не выполняется. Однако, если автослесарь 3-го разряда при этом использует средство технического диагностирования (динамометрический

люфтомер), то операция будет выполнена с высокой степенью достоверности. Таким образом, использование инструментальных методов контроля позволяет повысить полноту и качество выполнения операций ТО и ремонта при определенном снижении требований к квалификации персонала.

В последние годы отмечается тенденция усложнения и совершенствования диагностического оборудования за счет широкого применения микропроцессорной техники, автоматизации рабочих процессов, упрощения подключения и приведения в действие оборудования. Например, все ведущие фирмы перешли к выпуску автоматизированных мотор-тестеров (анализаторов двигателей) второго поколения, в которых вместо экрана осциллографа устанавливается дисплей, на котором высвечиваются строго определенный перечень команд оператору по подключению датчиков к той или иной точке двигателя, команды о запуске двигателя, об изменении частоты вращения коленчатого вала и т. д. При этом все процессы замера значений параметров и постановка диагноза производятся автоматически с помощью микропроцессора, и на экран дисплея в итоге выводятся обработанные результаты диагностирования в виде указаний по проведению необходимых ремонтно-регулирующих операций и замен. Роль оператора при этом значительно упрощена, что дает возможность снизить требования к его квалификации. Таким образом, применение объективных методов инструментального контроля обеспечивает при определенном повышении затрат на оборудование существенную экономию на подготовке кадров.

Важное значение имеет для персонала инженерно-технической службы АТП возможность определения показателей эксплуатационных свойств каждого конкретного автомобиля. Без диагностирования в технической службе такую информацию могли получать через достаточно продолжительное время в результате анализа информации по этому автомобилю или от водителя, который в силу использования опять-таки субъективных оценок выдавал малодостоверную, а иногда и заведомо ошибочную информацию. Последнее объясняется тем, что водитель и техническая служба АТП в ряде случаев являются так называемыми «партнерами с несовпадающими интересами». Использование опаздывающей или недостоверной информации приводило к тому, что в эксплуатации в течение длительного времени находились автомобили, имеющие повышенный расход топлива, большую интенсивность изнашивания шин, низкую степень заряженности аккумуляторных батарей и т. д. В результате увеличивались эксплуатационные затраты, возрастала вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий, увеличивалось отрицательное влияние автомобилей на окружающую среду. Вследствие ошибочной информации повышались неоправданные простои автомобилей в ТО и ремонте, росли трудовые затраты на преждевременную или излишнюю профилактику. Проведение планового или заявочного диагностирования позволяет в значительной степени сократить эти затраты

и обеспечить своевременное выявление автомобилей с отклонениями и устранение выявленных неисправностей.

Значительную роль - в снижении затрат при проведении ТО и ремонта сыграли широко проводимые в нашей стране мероприятия по концентрации подвижного состава на крупных автотранспортных предприятиях и внедрению на них централизованной системы управления производством. В этих условиях повысилось значение необходимости совершенствования методов информационного обеспечения процессов управления производством ТО и ремонта автомобилей, так как низкое качество используемой субъективной информации значительно затрудняло управление и снижало надежность функционирования системы.

Исследования позволили определить, что информация о техническом состоянии автомобилей, формируемая механиками на контрольно-техническом пункте при возвращении автомобиля с линии, на 76 % состоит из описаний внешних проявлений неисправностей. Данная информация имеет достаточно высокую достоверность (96%), но обладает низким качеством, так как содержит значительное количество (40 %) неоднозначных сведений. Неоднозначная информация, т. е. когда одному внешнему проявлению может соответствовать несколько возможных неисправностей, требует для их устранения проведения различных операций ТО и ремонта и, как следствие, различной подготовки производства. На эти, как правило, наиболее трудоемкие операции приходится до 40 % общего количества случаев и 75 % трудовых затрат.

Персонал инженерно-технической службы, получая информацию типа «пережог топлива», «не держат тормоза», «шум в главной передаче», не имеет возможности при принятии решения придать ему нормативную форму, обеспечивающую поэтапный количественный и качественный контроль его выполнения. В этом случае инженер теряет свои управленческие функции, превращается в регистратора факта поступления автомобиля.

1.4 Процессы диагностирования

Как уже отмечалось ранее, для оценки технического состояния объекта необходимо определить текущее значение структурного параметра и сравнить это значение с нормативным. Однако структурные параметры в большинстве случаев не поддаются измерению без разборки узла или агрегата. Конечно, только ради получения информации об уровне технического состояния никто не будет разбирать исправный агрегат или узел, так как это связано, во-первых, со значительными трудовыми затратами, и, во-вторых, что главное, каждая разборка и нарушение взаимного положения приработавшихся деталей приводят к сокращению остаточного ресурса на 30-40 % (см. рисунок 1.9).

Для этого при диагностировании о значениях структурных показателей судят по косвенным, диагностическим признакам, качественной мерой которых являются диагностические параметры. Таким образом, диагностический параметр - это качественная мера проявления технического состояния автомобиля, его агрегата и узла по косвенному признаку, определение количественного значения которого возможно без их разборки. Между структурными (y) и диагностическими (S) параметрами в зависимости от сложности объекта могут существовать различные взаимосвязи (рисунок 1.10).

Для определения в сложных случаях возможного набора диагностических параметров и выбора из них наиболее удобных для использования применяют построение структурно-следственной схемы узла или механизма.

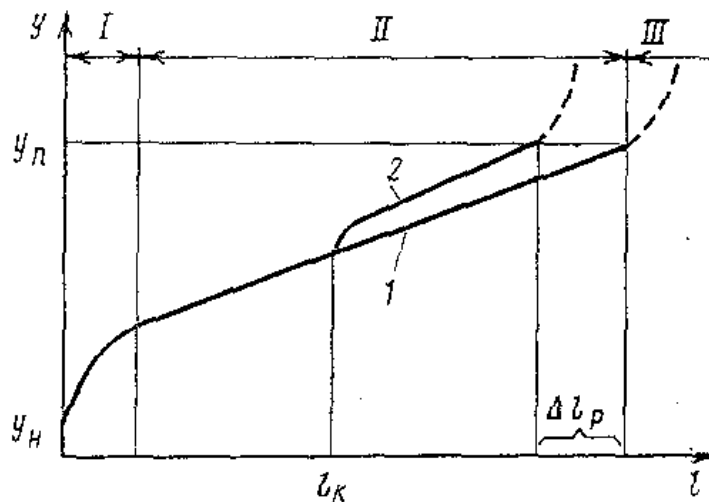


Рисунок 1.9 – Кривая изменения интенсивности изнашивания двух сопряженных деталей: 1 – без разборки; 2 – после разборки; I - зона приработки; II - зона нормальной работы; III - зона интенсивного изнашивания; Δl_p - снижение ресурса из-за разборки

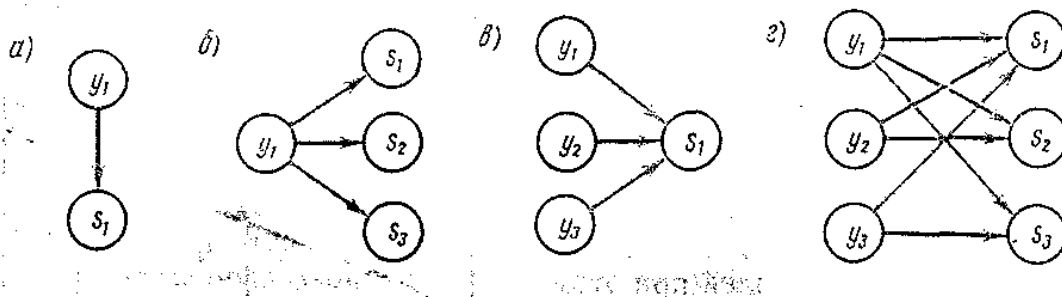


Рисунок 1.10 – Возможные связи между структурными и диагностическими параметрами: а – единичные; б – множественные; в – неопределенные; г - комбинированные

Структурно-следственная схема представляет собой граф-модель, увязывающую в единое целое основные элементы механизма, характеризующие их структурные параметры, перечень характерных неисправностей, подлежащих выявлению, и набор возможных для использования диагностических параметров. Перечень характерных неисправностей механизма составляют на основе статистических оценок показателей его надежности. Пример структурно-следственной схемы цилиндропоршневой группы двигателя приведен на рисунке 1.11.

Пользуясь подобной схемой, составленной на основе инженерного изучения объекта диагностирования, можно применительно к определенному перечню структурных параметров и неисправностей установить первоначальный перечень диагностических параметров и связи между теми и другими. Закономерности изменения значений диагностических параметров обусловлены изменениями структурных параметров механизма. Аналогично структурные диагностические параметры имеют номинальные значения S_n , соответствующие исправному состоянию нового изделия, предельные $S_{п}$ соответствующие условной границе перехода объектов в неисправное состояние и предельно допустимые $S_{пд}$.

Так же, как структурные, диагностические параметры имеют различную значимость и, как правило, определяют техническое состояние сложного механизма, агрегата, системы автомобиля комплексно.

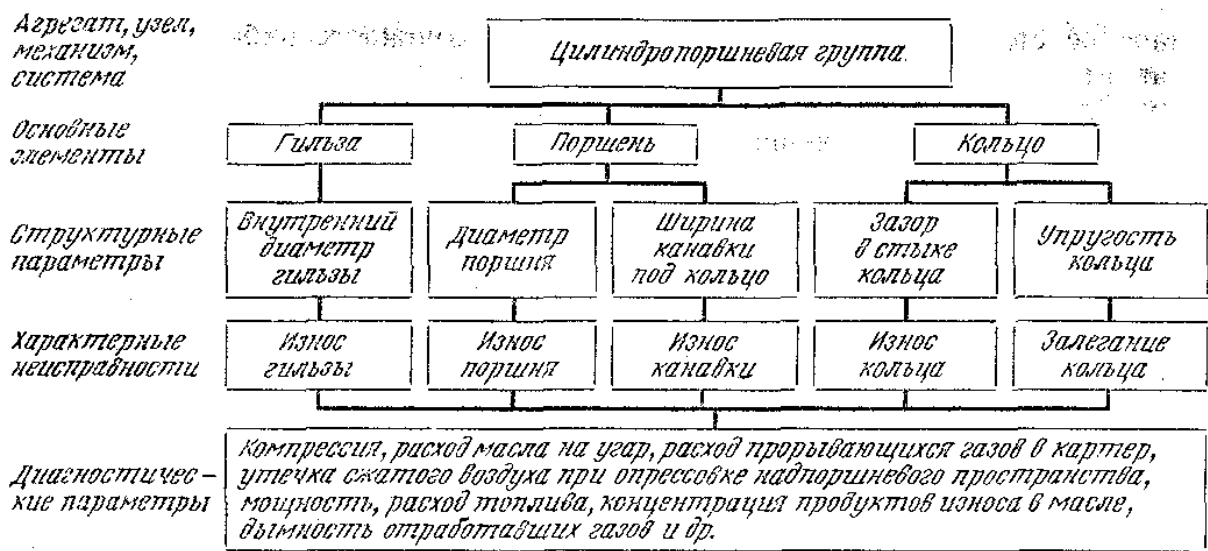


Рисунок 1.11 – Структурно-следственная схема цилиндропоршневой группы двигателя как объекта диагностирования

При измерении диагностических параметров неизбежно регистрируются помехи, которые обусловлены конструктивными особенностями диагностируемого объекта и избирательными способностями прибора и его точностью. Это затрудняет постановку

диагноза и снижает его достоверность. Поэтому следующим важным этапом является отбор из выявленной исходной совокупности наиболее значимых и эффективных в использовании диагностических параметров, для чего они должны отвечать четырем основным требованиям: однозначности, стабильности, чувствительности и информативности.

Требование однозначности заключается в том, что все текущие значения диагностического параметра S должны однозначно соответствовать значениям структурного параметра y в интервале изменения технического состояния механизма, агрегата (рисунок 1.12).

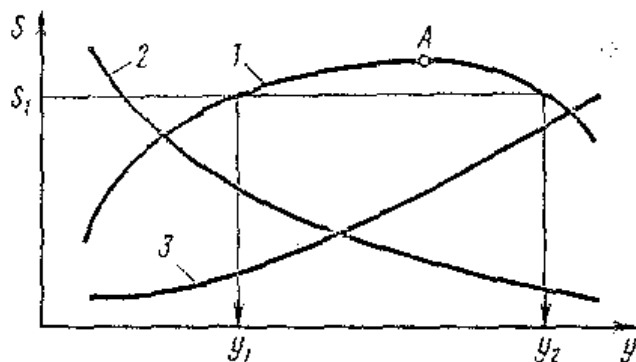


Рисунок 1.12 – Характеристика неоднозначного (1) диагностического параметра с экстремумом в точке A и однозначных параметров (убывающего 2 и возрастающего 3)

Математически это требование определяется условием $dS/dy \neq 0$, т. е. отсутствием перехода от возрастания к убыванию или, наоборот, в диапазоне $y_n \leq y_i \leq y_{пд}$.

Стабильность диагностического параметра определяется дисперсией его величины при многократных замерах в неизменных условиях измерения на объектах, имеющих одно и то же значение структурного параметра (рисунок 1.13).

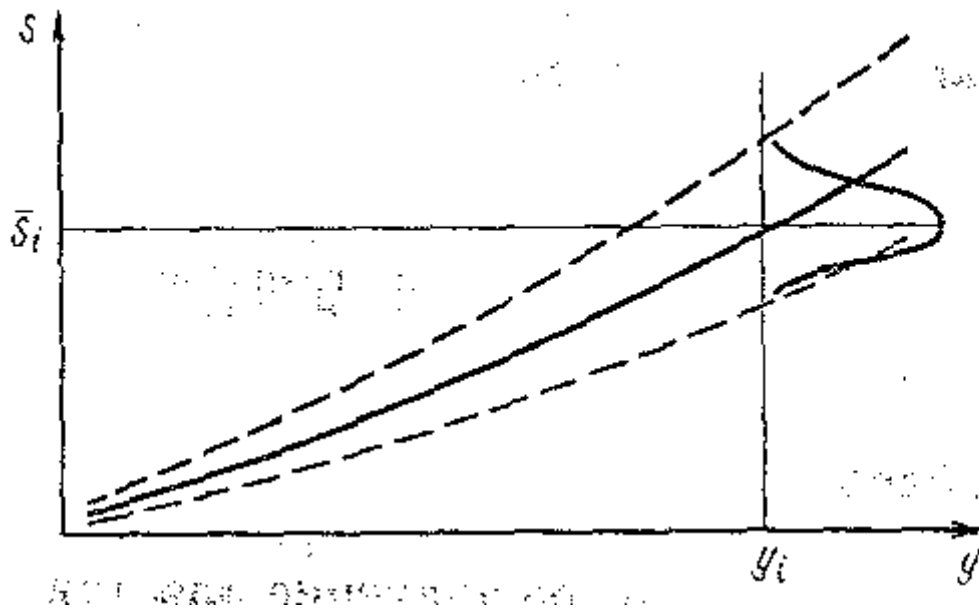


Рисунок 1.13 – Плотность распределения результатов значения диагностического параметра S_i при y_i

Нестабильность диагностического параметра снижает достоверность оценки технического состояния механизма с его использованием, что в некоторых случаях заставляет отказаться от быстродействующих и удобных методов диагностирования.

Так, например именно по этой причине до сих пор не начато серийное производство площадочных тормозных стендов, несмотря на их очевидные преимущества при организации инспекторского экспресс-диагностирования эффективности тормозной системы автомобилей.

Чувствительность диагностического параметра определяется скоростью его приращения при изменении величины структурного параметра и математически описывается зависимостью $dS/dy \gg 0$ (рисунок 1.14). Требование чувствительности является важным для оценки качества диагностического параметра и служит удобным критерием при выборе наиболее эффективного метода диагностирования в конкретных условиях.

Так, например, на рисунке 1.14 графическое изображение диагностического параметра 1 соответствует изменению количества газов, прорывающихся в картер двигателя, а 2 - изменению компрессии в цилиндрах двигателя в зависимости от износа деталей цилиндропоршневой группы. В первом случае мы имеем параметр, значение которого, например, для двигателя ЗИЛ-130 изменяется от номинального значения 22 л/мин до предельно допустимого, равного 120 л/мин, т. е. почти в 6 раз.

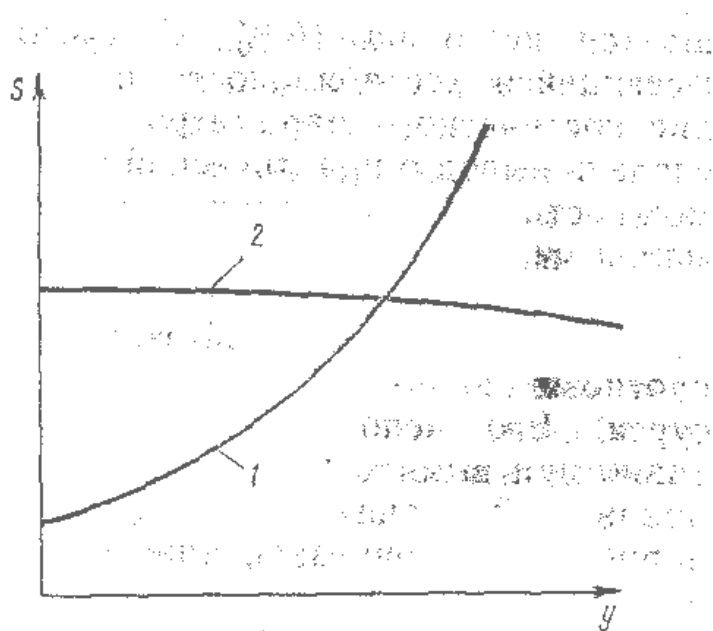


Рисунок 1.14 – Характеристика высокочувствительного (1) и малочувствительного (2) диагностических параметров

У второго же параметра значение для данного двигателя меняется от 0,75 МПа у нового до 0,63 МПа, соответствующего полностью изношенной цилиндропоршневой группе, т. е. уменьшается всего на 16 %. С учетом имеющейся нестабильности второго диагностического параметра можно сделать вывод о практической невозможности использования его из-за малой чувствительности для определения промежуточных значений износа цилиндропоршневой группы и прогнозирования его остаточного ресурса. Его использование эффективно при выявлении крупных неисправностей, таких, как залегание поршневых колец, зависание клапана, предельный износ цилиндропоршневой группы. И, наоборот, первый параметр - прорыв газов в картер позволяет с высокой степенью точности оценить уровень износа деталей, определить остаточный ресурс и наметить сроки предупредительных регламентных работ. По этой причине этот метод широко используется для индивидуального прогнозирования технического состояния цилиндропоршневой группы судовых, тепловозных и тракторных двигателей.

Информативность является главным критерием, положенным в основу определения возможности применения параметра для целей диагностирования. Она характеризует достоверность диагноза, получаемого в результате измерения значений параметра. Количественно информативность диагностического параметра можно оценить через снижение неопределенности знаний о техническом состоянии объекта после использования информации по результатам диагностирования. При этом, как уже говорилось ранее, достоверность оценки технического состояния определяется соотношением значений ошибок первого и второго рода. На рисунке 1.15 показано графическое изображение сравнительной информативности диагностических параметров, основанное на совместном

анализе распределения значений параметров $f_1(S)$ и $f_2(S)$, соответствующих исправным и неисправным объектам. Очевидно, что чем меньше площади перекрытия кривых распределения, представляющие собой суммарные вероятности ошибок первого и второго рода, тем информативней параметр и тем более достоверными будут результаты диагностирования.

Так, в приведенном на рисунке 1.15 примере, информативному параметру соответствует прорыв газов в картер двигателя, а малоинформативному параметру соответствует люфт редуктора главной передачи.

В первом случае с помощью назначения предельно допустимого значения параметра статистическим методом представляется возможным свести к минимуму ошибку второго рода и почти все поле значений параметра от номинала до предельно допустимого значения будет однозначно соответствовать исправному состоянию объекта. Во втором случае при значении диагностического параметра меньше предельно допустимого норматива такой однозначной оценки состояния объекта диагностирования дать невозможно. Здесь можно оценить фактическое состояние объекта только с вероятностных позиций, учитывая соотношение для данного значения параметра вероятностей

$$P_1 = \int_0^{s_1} f_1(S) ds \text{ и } P_2 = \int_0^{s_1} f_{21}(S) ds$$

Отсюда информативность данного диагностического параметра можно оценить значением коэффициента

$$K_{инф} = \frac{P_{1,д}}{P_{1,д} + P_{2,д}}, \quad (1.7)$$

$$\text{где } P_{1,д} = \int_0^{s_d} f_1(S) ds \text{ и } P_{2,д} = \int_0^{s_d} f_2(S) ds$$

Кроме указанных требований, предъявляемых к диагностическим параметрам, их качество оценивается также по затратам на диагностирование и по технологичности диагностирования, основанного на применении данного параметра. Перечисленные требования обуславливают выбор диагностических параметров при разработке методов, средств и процессов технического диагностирования.

Общий процесс технического диагностирования включает в себя (рисунок 1.16): 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 с нормативами.

Диагностирование осуществляется либо в процессе работы самого автомобиля, его агрегатов и систем на заданных нагрузочных, скоростных и тепловых режимах (функциональное диагностирование), либо при использовании внешних приводных устройств (роликовых стендов, 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 затратах.

Например, мощностные показатели автомобиля проверяют на режиме максимального крутящего момента, экономические показатели на режиме, соответствующем реализации контрольного расхода топлива, т. е. при наиболее экономичной скорости и при нагрузочном режиме, имитирующем движение автомобиля по ровному горизонтальному отрезку пути с асфальтобетонным покрытием. Тормозные качества проверяют при таких скоростях и нагрузках, которые позволяют надежно выявить основные неисправности тормозной системы автомобиля. Большинство нормативных показателей разрабатывается применительно к оптимальным тестовым режимам диагностирования.

Как показано на рисунке 1.16, у объекта диагностирования, выведенного на заданный режим, с помощью специального датчика (механического, гидравлического, пьезоэлектрического, индукционного и др.) воспринимается сигнал, отражающий диагностический параметр S , характеризующий, в свою очередь, значение структурного параметра u .

Различают легкоъемные и встроенные датчики. Первые устанавливаются на объект на время диагностирования (магнитные, навесные, на зажимах и т. п.), а вторые являются элементами конструкции автомобиля. Встроенные датчики могут быть подключены к контрольным приборам для постоянного наблюдения или к централизованным штепсельным разъемам.

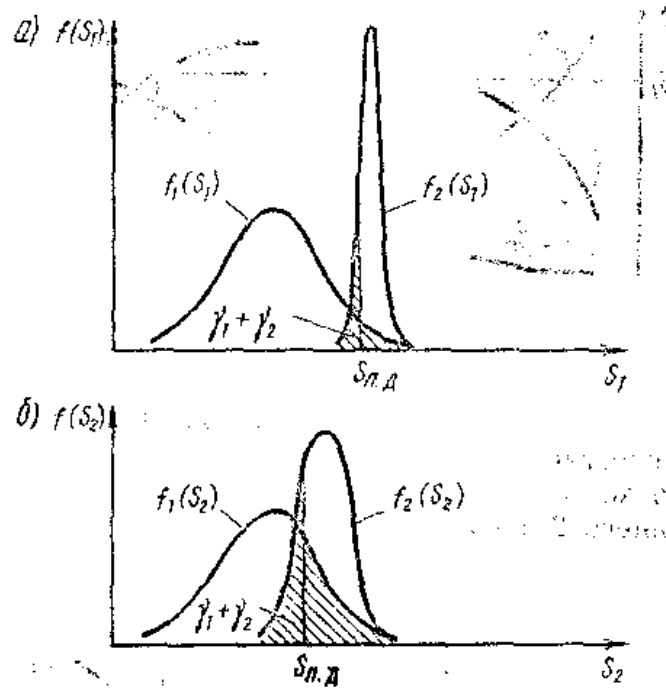


Рисунок 1.15 – Плотность вероятности информативного (а) и малоинформативного (б) диагностических параметров для групп исправных (1) и неисправных (2) объектов

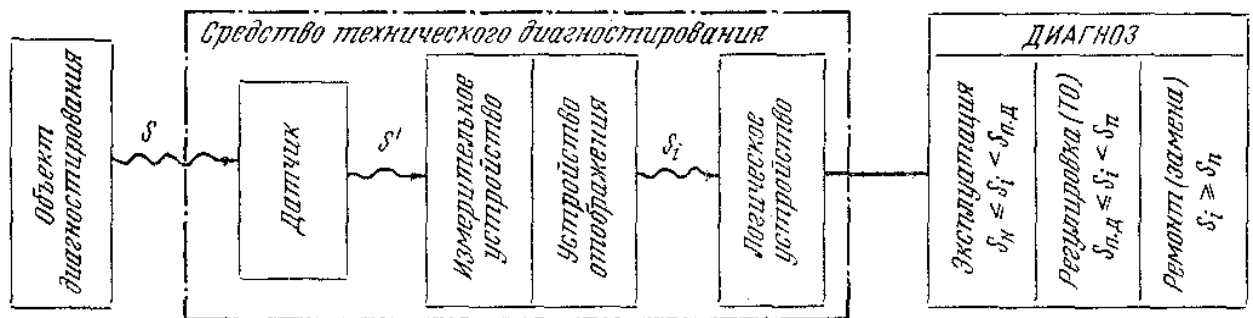


Рисунок 1.16 – Схема процесса диагностирования

От датчика сигнал в трансформированном виде S' поступает в измерительное устройство, затем количественное значение диагностического параметра S , выдается устройством отображения данных (стрелочный прибор, цифровая индикация, графопостроитель и т. п.).

В автоматизированных средствах технического диагностирования при помощи специального логического устройства, функционирующего на базе микропроцессора, выполняется автоматическая постановка диагноза, и выдаются рекомендации в нормативной форме о возможности дальнейшей эксплуатации или необходимости проведения ремонтно-регулирующих операций и замен неисправных элементов. В

неавтоматизированных СТД процесс постановки диагноза осуществляется оператором.

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-регулирующей операции 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.

Постановка диагноза, когда производится поиск неисправности у сложного механизма, системы и используется 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.

Диагностическая матрица (рисунок 1.17) представляет собой логическую модель, описывающую связи между диагностическими параметрами S и возможными неисправностями A объекта.

Диагностические параметры	Возможные неисправности		
	A_1	A_2	A_3
S_1	1	0	0
S_2	0	1	0
S_3	1	0	1
S_4	0	1	1

Рисунок 1.17 – Диагностическая матрица

Единица в месте пересечения строки и столбца означает возможность существования неисправности, а ноль - отсутствие такой возможности. Применяют также и более сложный вариант вероятностных матриц, в которых на пересечении столбцов и строк вместо единиц и нулей подставляются полученные экспериментальным путем статистические оценки вероятностей возникновения данной неисправности при достижении диагностическим параметром допустимого или предельного значения.

С помощью представленной на рисунке 1.17 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 норматив, существованию одной из неисправностей. Так, в рассматриваемом примере имеем: неисправность A_1 возникает в случае одновременного выхода за норматив параметров S_1 и S_3 , неисправность A_2 — параметров S_2 и S_4 , и неисправность A_3 — параметров S_3 и S_4 .

Диагностические матрицы являются основой автоматизированных логических устройств, применяемых в современных средствах технического диагностирования.

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. В настоящее время принято выделять три основные группы методов, классифицированных в зависимости от вида диагностических параметров (рисунок 1.18).

Первая группа методов базируется 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.

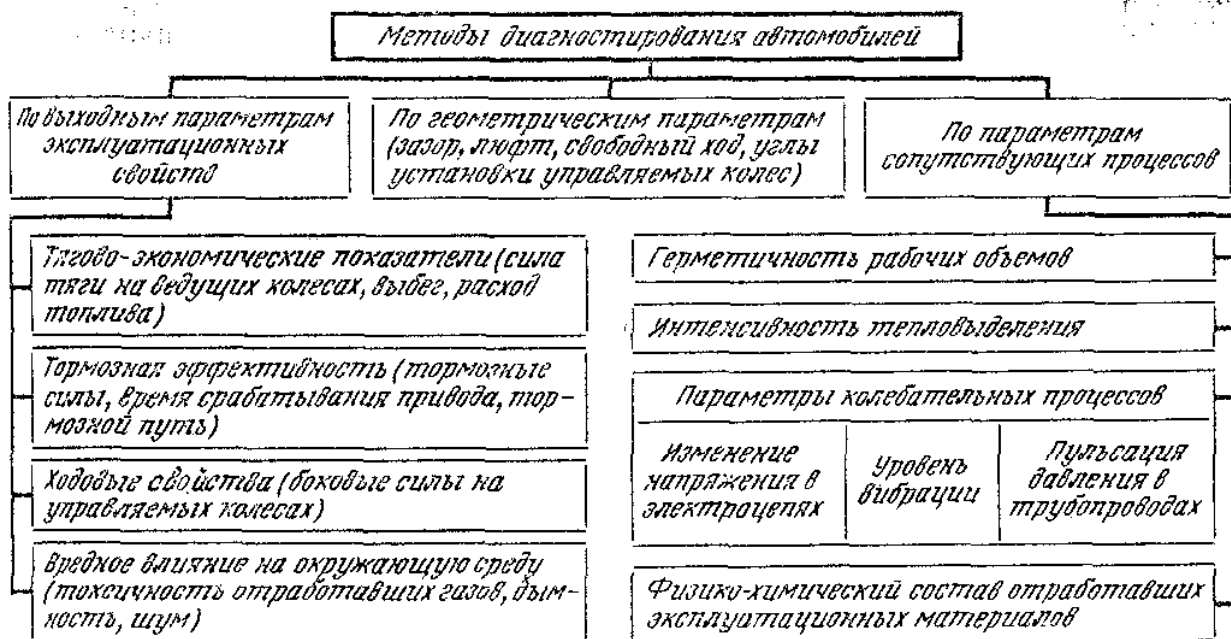


Рисунок 1.18 – Классификация методов диагностирования автомобилей

Вторая группа включает в себя методы, оценивающие по герметичности рабочих объемов степень износа цилиндропоршневой группы двигателя, работоспособность пневматического привода тормозов,

плотность прилегания клапанов и другое путем создания в контролируемом объеме избыточного давления (опрессовки) или, наоборот, разрежения и в оценке интенсивности падения давления (разрежения).

Методы, оценивающие по интенсивности тепловыделения работу трения сопряженных поверхностей деталей, а также протекание процессов сгорания (например, по температуре выхлопных газов) пока не нашли широкого применения на автомобильном транспорте. Методы, оценивающие состояние узлов и систем по параметрам колебательных процессов, широко используются при создании средств технического диагностирования автомобилей. Которые можно разделить на три подвида: методы, оценивающие колебания напряжения в электрических цепях (на этой основе созданы мотор-тестеры); параметры виброакустических сигналов (получаемых при работе зубчатых зацеплений, клапанных механизмов, подшипников и т. д.); оценивающие пульсацию давления в трубопроводах (на этой основе созданы дизель-тестеры для диагностирования дизельной топливной аппаратуры).

Определенное место занимают методы, оценивающие по физико-химическому составу отработавших эксплуатационных материалов состояние узлов и агрегатов и отклонения от их нормального функционирования. Например, простейший экспресс-анализ отработанного масла на загрязнение, сложный спектральный анализ проб масел, в результате проведения которого по наличию и концентрации различных химических элементов в масле можно поставить диагноз работоспособности отдельных узлов и сопряжений агрегата. Если в пробе картерного масла двигателя имеется высокое содержание свинца, это говорит об износе вкладышей шатунных и коренных подшипников, если высокое содержание железа - об износе гильз цилиндров, если высокое содержание кремния - о засорении воздушного фильтра и т. д.

Третья группа методов основывается на объективной оценке геометрических параметров в статике, что требует в целом ряде случаев применения динамометров для приложения к диагностируемому сопряжению стандартного усилия при определении зазора (люфта, свободного хода).

В настоящее время продолжаются исследования по разработке новых и совершенствованию имеющихся методов диагностирования применительно к усложняющимся конструкциям автомобилей, изменению элементной базы микроэлектроники и микропроцессорной техники и применению ресурсосберегающей технической политики на транспорте.

Средства технического диагностирования (СТД) представляют собой технические устройства, предназначенные для измерения текущих значений диагностических параметров. Они включают в себя 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; измерительное устройство и устройство отображения результатов (стрелочных приборов, цифровая индикация, экран осциллографа). Кроме того, СТД может включать в себя устройства автоматизации задания и поддержания тестового режима, измерения параметров и автоматизированное логическое устройство, осуществляющее постановку диагноза.

Результаты диагноза могут автоматически заноситься в запоминающее устройство для хранения или последующей передачи в управляющий орган.

Средства технического диагностирования можно разделить на три вида по их взаимодействию с объектом диагностирования (автомобилем): внешние, встроенные (бортовые) и устанавливаемые на автомобиль (рисунок 1.19).

Внешние СТД, т. е. не входящие в конструкцию автомобиля, в зависимости от их устройства и технологического назначения могут быть стационарными или переносными. Стационарные стенды устанавливаются на фундаменты, как правило, в специальных помещениях, оборудованных отсосом отработавших газов, вентиляцией, шумоизоляцией.

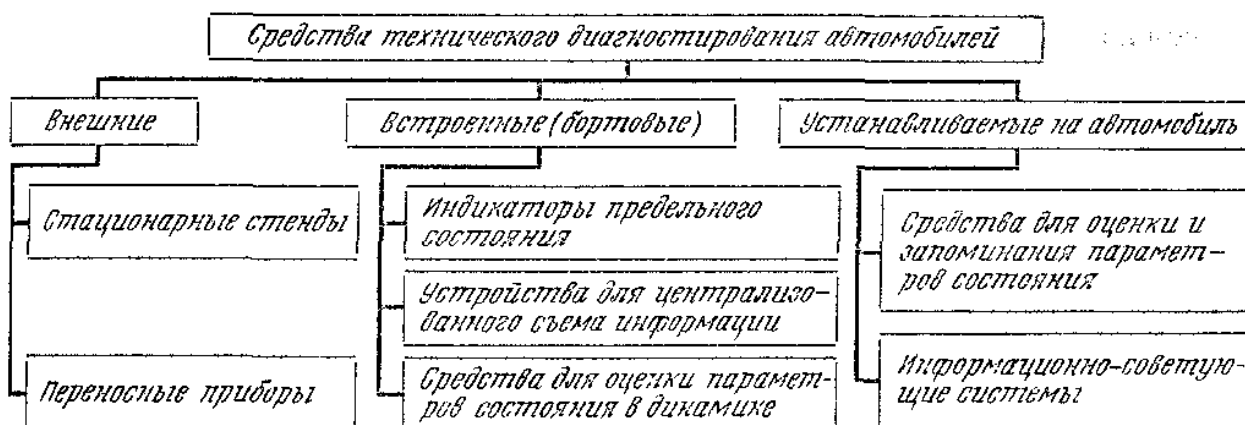


Рисунок 1.19 – Классификация средств технического диагностирования автомобилей

Переносные приборы используются как в комплексе со стационарными стендами, так и отдельно для локализации и уточнения неисправностей на специализированных участках и постах ТО и ремонта. Внешние СТД обеспечивают получение и обработку информации о техническом состоянии автомобилей и уровне их эксплуатационных свойств, необходимо и достаточно развитыми информационными возможностями на автомобилях массового выпуска целесообразно, но ограничивается их надежностью и экономическими соображениями. В связи с этим в последние годы получили распространение вместо встроенных СТД так называемые устанавливаемые СТД (УСТД), которые отличаются от встроенных конструктивным исполнением 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 после возвращения автомобиля в парк. Поскольку плановые и заявочные диагностирования автомобиля проводятся относительно редко, это позволяет иметь значительно меньшее количество УСТД по сравнению с встроенными СТД и обойти ограничения экономического порядка.

УСТД изготавливаются на базе электронных элементов. Это позволяет эффективно использовать ЭВМ для обработки получаемой диагностической информации о техническом состоянии автомобилей и ее дальнейшего использования для решения задач управления производством ТО и ремонта автомобилей. Кроме того, в последнее время на базе УСТД и встроенных СТД находят все более широкое применение информационно-советующие системы, для управления производством ТО и ремонта.

Встроенные (бортовые) СТД включают в себя входящие в конструкцию автомобиля датчики, устройства измерения, микропроцессоры и устройства отображения диагностической информации.

Простейшие встроенные СТД реализуются в виде традиционных приборов на панели (щитке) перед водителем, номенклатура которых на современных автомобилях постоянно расширяется за счет введения новых СТД, особенно электронных, обеспечивающих контроль состояния все усложняющихся 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 воздействий по фактическому состоянию, обеспечивая тем самым полное использование ресурса деталей и агрегатов. Широкое использование встроенных СТД, позволяющих проводить обучение методам экономичного и безопасного движения, проводить аттестацию режимов движения на маршрутах и определять маршрутные нормативы времени движения, расхода топлива, затрат на ТО и ремонт.

Целесообразность использования конкретных средств диагностирования определяется с использованием экономико-вероятностного метода, учитывающего стоимость диагностических средств и самого технологического процесса, а также влияние диагностирования на безотказность, долговечность автомобиля и периодичность его ТО.

Контрольные вопросы:

1. Какие два вида информации используют в технической эксплуатации автомобилей при принятии решений?
2. Что характеризует и о чем дает представление вероятностная информация?
3. Какой вид информации характеризует состояние работы конкретного объекта?
4. На основе какого метода оценивается точность и достоверность статистической информации?
5. Как можно получить индивидуальную информацию?
6. Что обеспечивает точность и достоверность диагностической информации?
7. В каких видах в документах могут быть представлена информация?
8. Каким требованиям должна удовлетворять информация?
9. Какие документы в инженерно-технической службе используются в качестве первичных?
10. Как в процессе эксплуатации автомобиля изменяются текущие значения параметров состояния?
11. Кем должны устанавливаться номинальные и предельные значения параметров автомобилей?
12. Что понимают под ошибкой первого рода?
13. Что понимается под техническим контролем?
14. Что такое техническая диагностика?
15. Что такое техническое диагностирование?
16. Важнейшее требование к диагностике.
17. Что такое диагностический параметр?
18. Дайте определение структурно-следственной схеме.
19. Каким требованиям должны отвечать диагностические параметры?
20. Что такое средства технической диагностики?

2 Технологические рекомендации организации диагностирования на автотранспортном предприятии

Диагностирование технического состояния элементов автомобилей является необходимой составляющей производственного процесса автотранспортного предприятия и должно: выявлять автомобили (из числа эксплуатируемых), техническое состояние которых не соответствует требованиям безопасности движения; выявлять (уточнять) перед текущим ремонтом причины отказа; проверять качество ТО и ТР; прогнозировать ресурс исправной работы узлов, агрегатов и автомобиля в целом; собирать, обрабатывать и выдавать информацию, необходимую для управления производством.

На основе практики работы предприятий и опыта проектирования систем диагностирования предлагается следующая структура подразделений технической диагностики на АТП.

Диагностирование автомобилей при выпуске-возврате осуществляется на контрольно-техническом пункте предприятия в течение 2-5 мин и в связи с отсутствием в настоящее время быстродействующей аппаратуры проводится, как правило, субъективными методами с использованием простейшего инструмента.

Субъективное диагностирование позволяет однозначно определить явные дефекты автомобиля и при необходимости направить его в зону объективного диагностирования. Сочетание объективного и субъективного диагностирования дает наилучшие результаты.

Субъективная оценка технического состояния автомобиля зависит от опыта и квалификации обслуживающего персонала и при всех ее недостатках, связанных в основном со значительными погрешностями, обладает и определенными достоинствами, так как не требует больших материальных затрат, а минимальное оценочное время и одновременность оценки целого ряда узлов и механизмов обуславливают большую избирательную возможность и практически неограниченное, число оценочных параметров. В зависимости от технического состояния автомобиля ставятся или на стоянку, или в зону текущего ремонта, или на определенный вид технического обслуживания.

Основное внимание при таком контроле уделяется механизмам, от которых зависит безопасность движения автомобиля. Недостаток времени на контроль и отсутствие в настоящее время быстродействующей аппаратуры исключает, как правило, использование объективных средств.

Как выход из положения, в целом ряде автотранспортных предприятий контроль основных узлов и механизмов автомобиля после его возврата распределен по дням недели таким образом, что ежедневно проверяется один из узлов автомобиля. В этом случае значительно увеличивается время на одновременную проверку того или иного узла

или механизма и имеется возможность воспользоваться объективными средствами контроля и диагностирования.

Линейное диагностирование возлагается на водителя, который во время заправки, движения и остановок автомобиля, используя как объективную оценку с помощью приборов на щитке, так и субъективную, посредством своих органов чувств (зрения, слуха, обоняния, осязания и ощущения) делает заключение о техническом состоянии автомобиля и выдает его в виде листка учета (совместно с контрольным механизмом) по возвращении в гараж. В этом случае ОТК организует практические занятия с водителями, контрольными механиками по освоению методов субъективного диагностирования.

Диагностирование автомобилей при первом техническом обслуживании ТО-1 (общее диагностирование Д-1) проводится, по узлам и механизмам, обеспечивающим безопасность работы автомобиля с использованием контрольно-измерительной аппаратуры, работающей на принципе: исправен, неисправен. В этом случае проверяется техническое состояние рулевого управления и тормозной системы, ходовой части, освещения и сигнализации, подтекание топлива в узлах системы питания и т. д.

Поэлементное диагностирование (Д-2) автомобилей при втором техническом обслуживании ТО-2 и текущем ремонте качественно отличается от общего диагностирования. В данном случае получение данных о двух состояниях узлов и механизмов (исправный, неисправный) недостаточно. Здесь выделяется еще промежуточный класс значений параметров с целью прогнозирования отказов путем периодической фиксации текущих значений параметров и последующего установления закона изменения параметра.

При проведении ТО-2 и ТР техническому диагностированию подвергаются те основные узлы автомобиля, где возможны износы, вибрации, шумы, стуки, нарушения регулировок. Основная цель такой диагностики - выявление неисправностей и установление объема технических или ремонтных воздействий на автомобиль.

В этом случае весь объем работ ТО-2 можно разделить на две части. Наличие значительного времени на контроль и диагностику при ТО-2 позволяет в полной мере использовать все имеющиеся в практике объективные средства контроля при определении технического состояния автомобиля. В этом случае автомобили диагностируются накануне проведения ТО-2.

Внедрение элементов диагностирования на предприятии осуществляется поэтапно, очередность этапов и конкретное место диагностирования определяется путем проведения анализа технического состояния автомобилей по данным непосредственных замеров и по данным учета, а также анализа транспортного и технологического процесса предприятия.

При непосредственных замерах применяются стандартные контрольно-диагностические приборы и средства, имеющиеся на предприятии (линейки, компрессометры, щупы, нагрузочные вилки, манометры, люфтомеры и др.)

Учетными данными в этом случае являются: расход топлива автомобиля, сроки службы шин и аккумуляторных батарей, фактическая периодичность технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей, затраты на текущий ремонт и т. д.

Полученные данные обрабатываются методами математической статистики и анализируются с целью определения вариации и экстремальных значений оценочных параметров. На АТП эти вопросы решаются группой учета производственно-технического отдела.

Полученные сведения дают возможность: установить минимальные и максимальные отклонения различных параметров технического состояния от нормы или допуска, а также от средней величины; с помощью коэффициента вариации, являющегося безразмерной величиной, сравнить между собой степень рассеивания числовых значений различных параметров; представить графически изменчивость параметров; определить наименее надежные узлы и механизмы автомобиля с целью усиления операций диагностики, повышения качества технического обслуживания и текущего ремонта.

Аналізу подвергаются методы и средства диагностирования и существующее положение с организацией технологического процесса ТО и ТР в данном предприятии. Проведенный анализ позволяет четко определить, в каком подразделении технологического процесса внедрение диагностирования является первоочередным.

Здесь же необходимо отметить, что внедрение объективного диагностирования немислимо без четко отработанной технологии технического обслуживания. В настоящее время предложен ряд схем технологических процессов ТО и ТР с применением диагностики, которые предполагают организацию диагностирования в процессе и после технического обслуживания и текущего ремонта.

Перед техническим обслуживанием диагностирование преследует цель определения общего состояния автомобиля и его агрегатов на динамических и инерционных стендах.

В процессе обслуживания автомобиля контрольно-диагностические операции проводятся на специализированных приборах и оборудовании, находящихся непосредственно на постах ТО и ТР.

После проведения регулировочных и восстановительных работ требуется повторный контроль качества регулировок и технических воздействий.

Таким образом, в результате анализа в конечном итоге оценивается организация технологического процесса ТО и ТР и становится возможным определить характер диагностических воздействий и конкретное место диагностирования в производственном процессе предприятия.

При диагностировании часто возникает необходимость в проведении регулировочных работ (в системах питания, зажигания, рулевого управления, тормозных систем и т. д.) и повторном контроле на этом же оборудовании.

Выбор, внедрение и организация системы диагностирования осуществляются производственно-техническим отделом АТП.

В задачи организации, внедряющей диагностирование, входят: анализ технического состояния автомобилей предприятия; выбор оценочных параметров в соответствии с подразделениями технического диагностирования; выбор стандартной аппаратуры и проектирование необходимого нестандартного оборудования; составление технологии диагностических работ.

В задачи ОТК предприятия в этом отношении входит: контроль над периодичностью, качеством и выполнением объемов работ по ТО и ТР; контроль над техническим состоянием подвижного состава; анализ учетных данных, характеризующих техническое состояние узлов, механизмов и агрегатов автомобилей, и выработка мероприятий, повышающих надежность и срок службы автомобилей в эксплуатации; организация обучения водителей, механиков и обслуживающего персонала методам субъективного и объективного диагностирования автомобилей.

Затраты на организацию и оборудование технического диагностирования зависят в основном от количества обслуживаемых автомобилей и их типов, степени механизации и автоматизации процессов диагностирования и полноты решения диагностического комплекса в технологических процессах технического обслуживания.

Для работы в подразделениях диагностирования используется имеющийся штатный производственный персонал. При выпуске-возврате автомобилей в случае субъективного диагностирования все операции осуществляют контрольный механик и водители: при объективном - операторы и быстродействующие стенды.

Диагностирование при технических обслуживаниях и текущих ремонтах производят механики-диагносты и постовые рабочие (на каждом посту работает 2-3 оператора).

Количество постов диагностики при технических обслуживаниях и текущем ремонте определяется исходя из мощности предприятия: так, для АТП в 200-300 единиц подвижного состава - один пост; для АТП в 400-500 единиц - два поста и т.д.

Время, отводимое на диагностирование, зависит от его вида: при выпуске-возврате оно составляет 2-5 мин, при ТО-1 30-35% и при ТО-2 20-25% от общей нормативной трудоемкости технического обслуживания с включением в него сопутствующих регулировок. На проведение чисто диагностических операций время диагностирования сократится и составит при ТО-1 10-15 мин и при ТО-2 50-70 мин.

На постах целесообразно также выполнять диагностические и регулировочные работы по приборам системы питания и зажигания, по

установке передних колес, по тормозным системам, т. е. по тем узлам и механизмам, где в процессе регулировки необходим текущий контроль. Диагностирование нельзя отрывать от технологического процесса, технического обслуживания и текущего ремонта - это звенья единой системы. Наибольшей эффективностью технического диагностирования будет в том случае, когда решаются все ее элементы, в том числе система учета технического обслуживания и текущего ремонта.

Техническое диагностирование автомобилей в эксплуатации является необходимой составляющей в профилактическом обслуживании автомобилей и одним из элементов научной организации труда. По мере совершенствования конструкции автомобилей потребность в обслуживании, естественно, будет сокращаться, но доля контрольно-диагностических работ, несомненно, возрастет.

Диагностирование на автомобильном транспорте относится к области новой техники, под которой понимаются вновь созданные орудия и предметы труда, а также технологические и организационные методы, предназначенные для замены существующих.

Внедрение диагностирования в производственные процессы обеспечивает сокращение затрат общественно необходимого труда на техническое обслуживание и ремонт, повышение уровня эксплуатационной надежности узлов и механизмов автомобиля, сокращение расходов на эксплуатационные материалы, запасные части и шины, проведение необходимых регулировочных работ по всем узлам и механизмам в процессе работы автомобиля; проведение объективного анализа технического состояния каждого автомобиля предприятия.

С созданием системы диагностирования на предприятии упорядочивается использование контрольно-диагностического оборудования и аппаратуры, имеющихся в наличии; каждому прибору отводится строго определенное место в технологическом процессе профилактики и ремонта автомобилей. Наибольшую эффективность диагностирование приносит при внедрении его во все звенья производственного процесса предприятия.

Последним этапом организации диагностирования должна явиться разработка методики прогнозирования вероятности безотказной работы автомобиля в определенном диапазоне пробега. Это тем более важно при работе автомобилей, длительно оторванных от стационарной базы (сельскохозяйственные работы, междугородные и международные перевозки и т. д.).

Рост грузового и пассажирского автомобильного транспорта общего пользования должен быть обеспечен в основном за счет значительного улучшения использования грузовых автомобилей и автобусов и повышения производительности труда. И здесь немаловажную роль в повышении технической готовности и ликвидации сходов автомобилей с линии из-за отказов будет иметь рационально организованная система диагностирования на каждом предприятии.

Диагностирование является элементом в системе управления производственными процессами АТП. Экономическая сторона диагностирования говорит о больших ее возможностях. Достаточно сказать, что срок, окупаемости затрат в зависимости от мощности предприятия и степени механизации и автоматизации составляет от 6 месяцев до двух лет.

Контрольные вопросы:

1. Что такое субъективное диагностирование?
2. В чем преимущества и недостатки субъективного диагностирования?
3. На что уделяется основное внимание при диагностировании?
4. В чем суть линейного диагностирования и на кого оно возлагается?
5. Какие узлы диагностируют при ТО-1?
6. При каком техническом обслуживании проводится поэлементное диагностирование, проводится прогнозирование отказов путем фиксации текущих значений параметров и последующего установления закона изменения параметра?
7. Какие вопросы решаются группой учета производственно-технического отдела?
8. Какие возможности дают сведения, полученные при диагностировании автомобилей в процессе их статистической обработки?
9. Как организуют процесс объективного диагностирования?
10. Кем осуществляется выбор, внедрение и организация системы диагностирования?
11. Что входит в задачи ОТК?
12. От чего зависят затраты на организацию и оборудование технического диагностирования?
13. Кто проводит диагностирование при техническом обслуживании и текущем ремонте?
14. Как определяется количество постов диагностики?
15. Какое время затрачивается на диагностирование при ТО-1 и ТО-2?
16. Что обеспечивает внедрение технического диагностирования на производстве?

3 Организация рабочего места механика-диагноста

Диагностическое оборудование, поступающее на предприятия автомобильного транспорта, все более и более совершенствуется, целый ряд операций автоматизируется, все большее число операций предоставляется решать машине, информационным системам, оставляя человеку-оператору наиболее ответственные функции управления. В рассматриваемом случае имеем дело с системой типа «человек-машина». Естественно, что возможности, как человека, так и машины ограничены. За единицу времени человек в состоянии переработать лишь строго определенное количество информации, зависящее от его опыта и навыков.

По целому ряду контрольных операций не требуется их количественная оценка, и простейшие операции контроля требуют участия лишь оператора, имеющего определенные навыки. Поэтому при создании диагностического комплекса нужно четко, разделить функции между оператором и машиной. Такое разделение проводится исходя из характеристик комплекса на основе системного подхода к анализу оценок возможностей и ограничений, как оператора, так и современного уровня развития средств контроля и диагностирования и приспособленности автомобилей к этим операциям. Рационально организованная система «оператор-автомобиль-среда» за счет положительных качеств оператора всегда компенсирует минусы машины. Такая система должна быть сбалансированной с физической, механической, энергетической и информационной точек зрения.

В данной системе определения состояния отдельных элементов автомобиля на оператора (механика-диагноста) могут быть возложены следующие функции: наблюдение за приборами контроля на щитке в кабине автомобиля и на пульте управления, за шумами, стуками; распознавание источников шума и стука в элементах автомобиля; слежение за изменением положения указателей контрольных приборов; вычисление результатов наблюдений; логическое суждение по результатам наблюдений, распознавания, слежения и вычисления; прогнозирование с целью качественной оценки будущего состояния; анализ событий по результатам обработки данных; кодирование и декодирование для обработки данных на ЭЦВМ; принятие решения на основе полученных результатов и сравнение с критериями и нормами; прием и передача команд в организованной системе управления; фильтрация полезных сигналов на основе информации для принятия соответствующего решения; выборка данных для последующей обработки; хранение информации о состоянии отдельных элементов автомобиля; манипулирование органами управления на автомобиле с контрольно-диагностическими приборами; силовые функции при изменении режимов работы управляемых элементов автомобиля и стенда.

Успешной и высокопроизводительной работе человека-оператора (производственного и вспомогательного рабочего, механика-диагноста и др.) способствует рационально организованное рабочее место. Правильная организация рабочего места должна учитывать технологические, санитарно-гигиенические, физиологические, психологические и эстетические требования и включать в себя такие мероприятия, как оснащение его соответствующими контрольно-диагностическими приборами, стендами и вспомогательными оборудованием и приспособлениями, позволяющими быстро, объективно и с высокой степенью достоверности произвести необходимые проверки автомобиля с целью определения его технического состояния и прогнозирования вероятности его безотказной работы; оптимальную последовательность в выполнении диагностических операций, специфики рабочих процессов автомобиля и наличие операционно-технологических карт; создание наиболее благоприятных условий труда с точки зрения механизации и автоматизации наиболее трудоемких диагностических операций, в частности, при экспрессной проверке технического состояния элементов автомобиля, обеспечивающих безопасность его работы; создание оптимальных размеров площади рабочего места, которые зависят от занимаемой позы человека-оператора и характера выполняемой им работы; уменьшение шума, вибрации, рациональное освещение, цветовую окраску интерьера и технологического оборудования.

Номенклатура контрольно-диагностического оборудования на рабочем посту зависит от целого ряда факторов, таких как мощность предприятия, тип подвижного состава, интенсивность работы автомобилей и т. д.

Рабочее место оператора оснащается также шифрами диагностических объектов, диагностическими картами Д-1 и Д-2, инструкцией по заполнению диагностических карт, таблицей предельных состояний оцениваемых элементов автомобилей, утверждённой инструкцией по безопасным приемам работы и пожарной безопасности.

Размер площади рабочего места должен учитывать условия удобства и приложение наименьших физических усилий во время производства диагностических операций. Пульты управления, табло, переносной инструмент, рубильники, переключатели и т. п. должны располагаться в зоне наибольшей досягаемости. Границы этой зоны определяются дугами, описываемыми движениями вытянутых правой и левой рук при поворачивании их в плечевом суставе (рисунок 3.1).

Манипулировать ручными органами управления наиболее удобно в том случае, когда они расположены ниже плеча, но выше локтя. Правильная рабочая поза снижает утомляемость и позволяет избежать несчастного случая и профессиональных заболеваний.

Рабочее место оператора-диагноста делится на основную или рабочую зону (приборы, табло, пульт, стенды и т. п.) и вспомогательную (сиденье, шкаф для хранения приборов, ниши для инструмента).

Необходимо установить определенный порядок размещения приборов в шкафу, инструмента в нишах и неизменно его поддерживать. Диагностирование автомобиля с помощью переносных и передвижных средств должно быть продумано с точки зрения расположения этих средств около или на автомобиле в непосредственной близости от оператора, т. е. в пределах зоны наиболее легкой досягаемости.

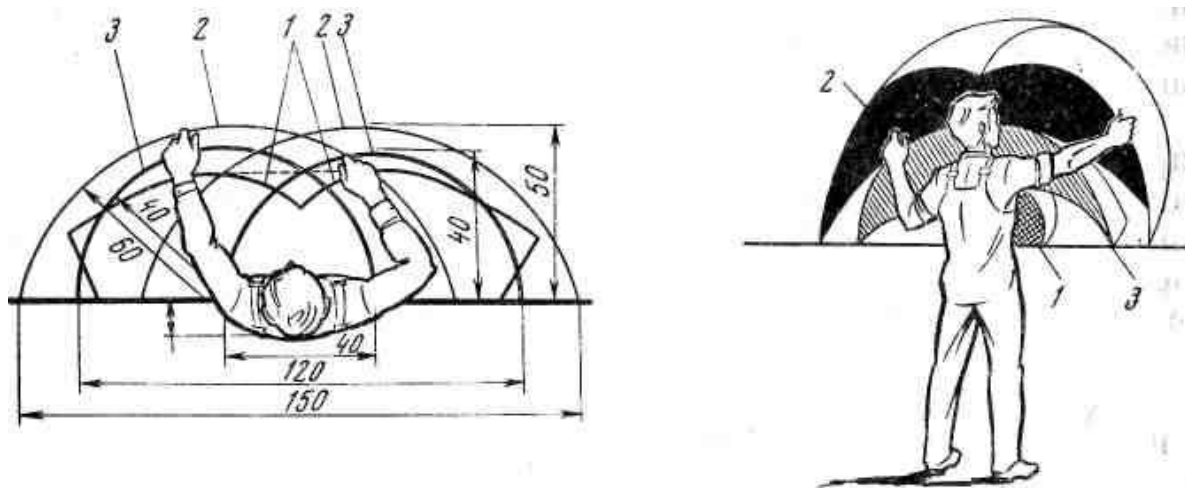


Рисунок 3.1 – Рабочие зоны человека-оператора:
1 - оптимальная; 2 - наименее удобная; 3 - приемлемая

Высота расположения приборов должна быть такой, чтобы было удобно манипулировать органами управления прибора и наблюдать за ходом проверки по указателю. Рациональное размещение контрольно-диагностического оборудования на рабочем месте повышает производительность труда на 5-7%.

Установлено также, что целесообразнее работать сидя, если процесс требует от человека усилий не более 5 кгс. Такое условие вполне приемлемо для контрольно-диагностических операций.

Правильная поза человека-оператора уменьшает статическую затрату энергии. Когда человек сидит, она составляет 4%, когда стоит - 12 и в напряженной позе (наклонившись) доходит до 55%.

Одним из основных элементов рабочего места оператора-диагноста являются панели пульта, которые с точки зрения эргономики должны располагаться так, чтобы лицевые плоскости приборов были перпендикулярны линии взора оператора, а органы управления на пультах находились в пределах досягаемости. Общая высота пульта должна быть не более 120 см от пола, если оператору нужно видеть пространство за пультом, и не более 165 см, если в обзоре отсутствует необходимость. Оптимальная зона действия на пульте ограничивается 70 см. Стул оператора должен поворачиваться на 60—90° влево и вправо, а высота сиденья и спинки стула должна регулироваться.

Рабочее место оператора-диагноста и посты диагностирования должны быть обеспечены мощной приточно-вытяжной вентиляцией и тепловой завесой ворот. В целях уменьшения загазованности помещения на поточных линиях диагностирования целесообразно применять подвесные или тяговые конвейеры.

Температура воздуха на рабочем месте оператора-диагноста согласно существующим санитарным нормам должна быть в пределах 16-18°C в холодный период года и 20-25°C - в теплый, а влажность 40-60%. Более высокая влажность воздуха создает неблагоприятный микроклимат, происходит нарушение терморегуляции и перегревание организма, уменьшается испарение пота и отдача тепла организмом человека.

Работающий на стенде диагностирования автомобиль создает повышенную шумность. Принято оценивать уровень шума в децибелах (дБ). Например, нормальный разговор оценивается громкостью 40-50 дБ, автомобильный сигнал на расстоянии 6-7 м – 80 дБ, работа токарных и других станков 75-85, испытание, автомобиля на стенде 100-110 дБ. По существующим санитарным нормам и правилам, предельно допустимый уровень шума на рабочих местах не должен превышать 85 дБ. Одним из мероприятий по снижению уровня шума может быть снабжение операторов средствами индивидуальной защиты (наушники, шлемы, заглушки), не раздражающими ухо и обеспечивающими ослабление шума до допустимого уровня.

Правильное сочетание цветов в интерьере рабочего места оператора-диагноста позволяет повысить производительность и улучшает условия его труда. Вращающиеся части стендов окрашивают в желто-оранжевый цвет. Панели стен окрашивают в спокойный светло-зеленый цвет. Пол выкладывают метлахской плиткой. Пульт управления облицовывают светлым пластиком.

Контрольные вопросы:

1. Что необходимо учесть при создании диагностического комплекса?
2. С каких точек зрения должна быть сбалансирована система?
3. Какие функции в диагностической системе возлагаются на оператора-диагноста?
4. Условие успешной и высокопроизводительной работы человека-диагноста.
5. Какие требования необходимо учитывать при организации рабочего места оператора?
6. От чего зависит номенклатура контрольно-диагностического оборудования на рабочем посту?
7. Чем еще оснащается рабочее место оператора?
8. От чего зависит площадь рабочего места оператора?
9. Как определить границы рабочей зоны оператора?
10. В каких случаях удобно манипулировать ручными органами управления?
11. На какие зоны делится рабочее место оператора-диагноста?

12. Какой должна быть высота расположения приборов?
13. Какой должна быть температура на рабочем месте оператора-диагноста?
14. По существующим санитарным нормам и правилам, каким должен быть предельно допустимый уровень шума на рабочем месте?

4 Общее диагностирование автомобиля

4.1 Блок-схема диагностирования автомобиля

Диагностирование автомобиля в целом и его элементов должно проводиться в определенном порядке, использующем последовательные, условные проверки. С этой целью весь автомобиль можно разделить на уровни. Первый уровень включает в себя общее диагностирование автомобиля с целью определения его основных выходных показателей производительности и экономической эффективности. На втором уровне диагностируются части автомобиля, такие, как двигатель, электрооборудование, трансмиссия, ходовая часть, рулевое управление, тормозные системы и дополнительное оборудование в целом. В третий уровень входит диагностирование агрегатов механизмов, систем, приборов, устройств. Четвертый уровень включает в себя диагностирование подвижных сопряжений типа: деталь с деталью, деталь с внешней средой. На пятом уровне рассматриваются отдельные детали. Использование предложенной классификации позволяет более строго подойти к рассмотрению всех последующих материалов, начав с общего диагностирования автомобиля и закончив этот процесс сопряжениями и при необходимости деталями. Современные достижения в области развития методов и средств диагностирования позволяют проводить оценку состояния на первых трех уровнях, а обеспеченность средствами диагностирования четвертого уровня составляет не более 20%.

Диагностировать отдельные детали вряд ли целесообразно, так как существенные изменения элементов автомобиля происходят в подвижных и других сопряжениях во время рабочих процессов.

Контроль состояния деталей производится обычно при разборке во время текущего и капитального ремонтов.

4.2 Общее диагностирование автомобиля

Под общим диагностированием понимается диагностирование автомобиля по параметрам, характеризующим его общее техническое состояние без выявления конкретной неисправности или отказа по принципу «годен-негоден», «исправен-неисправен».

Производительность или количество грузов, перевезенных автомобилем на определенное расстояние за один час, за смену, за год зависит, помимо прочих причин, и от технического состояния автомобиля. Такие параметры, как мощность двигателя, тяговое усилие, интенсивность

разгона автомобиля влияют на показатели производительности. Топливная экономичность автомобиля характеризуется расходами топлива на различных режимах и зависит от технического состояния тех элементов автомобиля, которые участвуют в перемещении автомобиля. Таким образом, зная тяговое усилие на колесах автомобиля, интенсивность разгона и расходы топлива на режимах холостого хода, движения и разгона, можно судить об общем техническом состоянии автомобиля.

Предварительное техническое состояние определяется по параметрам субъективного диагностирования с помощью органов чувств и применения простейших средств для усиления сигнала.

Интенсивность разгона автомобиля может быть определена на дороге при движении на прямой передаче на минимальной скорости, путем резкого нажатия на педаль управления дросселем и визуальной оценки времени разгона до определенной скорости. При этом визуально оценивается работа двигателя на минимальной частоте вращения в режиме холостого хода, герметичность систем смазки, охлаждения и питания.

Аналогично может быть определена величина выбега с максимальной скорости до нулевой. По цвету отработавших газов судят о составе рабочей смеси. Черный выпуск говорит об обогащенной смеси. На ходу автомобиля проверяется работа сцепления, коробки передач, трансмиссии. Шумы и стуки могут прослушиваться стетоскопом с определением конкретного места стука или шума, проверяется тормозной путь, замедление при торможении и одновременность торможения колес.

Для объективного диагностирования автомобиля в целом, осуществляемого с помощью контрольно-измерительного оборудования и приборов, применяются стенды с беговыми барабанами, оснащенными тормозной установкой и расходомерами.

В настоящее время для диагностирования грузовых автомобилей и автобусов серийно выпускаются две однотипные станции диагностирования - Береговским опытным заводом модели КИ-4856 и Челябинским авторемонтным заводом модели СДЗ-К453. Стенд модели КИ-4856 предназначен для определения тягово-экономических показателей грузовых автомобилей типа ГАЗ и ЗИЛ и автобусов подобных модификаций. На стенде имеется возможность также определять: максимальную скорость автомобиля по срабатыванию ограничителя частоты вращения коленчатого вала; мощность на прокручивание трансмиссии и двигателя с целью установления потерь на трение. Стенд (рисунок 4.1) состоит из рамы 1 с беговыми барабанами, электротормозной установки 2, предназначенной для прокручивания колес и трансмиссии автомобиля и для определения его мощности. Стенд монтируется на тупиковой или прямоточной канаве узкого типа. Вся измерительная аппаратура сосредоточена на пульте 3.

Техническая характеристика стенда КИ-4856

Тип стенда беговых барабанов	стационарный, с двумя парами	
Нагрузочно-приводное устройство	электромашина	балансирная,
мощность 55 кВт		
Тормозная мощность, кВт	114 при 1500 об/мин	
Регулирование тормозной мощности	бесступенчатое,	
дистанционное		
Напряжение питающей сети, В	380 + 10	
Габаритные размеры, мм	11500x5300	
Масса, кг	3865	

Для замера расхода топлива на стенде имеется топливный бак 4 и устройство 5 для массового расхода топлива. Для отвода отработавших газов от автомобиля и горячего воздуха от балансирного электродвигателя служат трубопроводы и вентилятор 7. На световом табло 8 высвечиваются команды, поступающие от оператора, находящегося на пульте управления, водителю автомобиля.

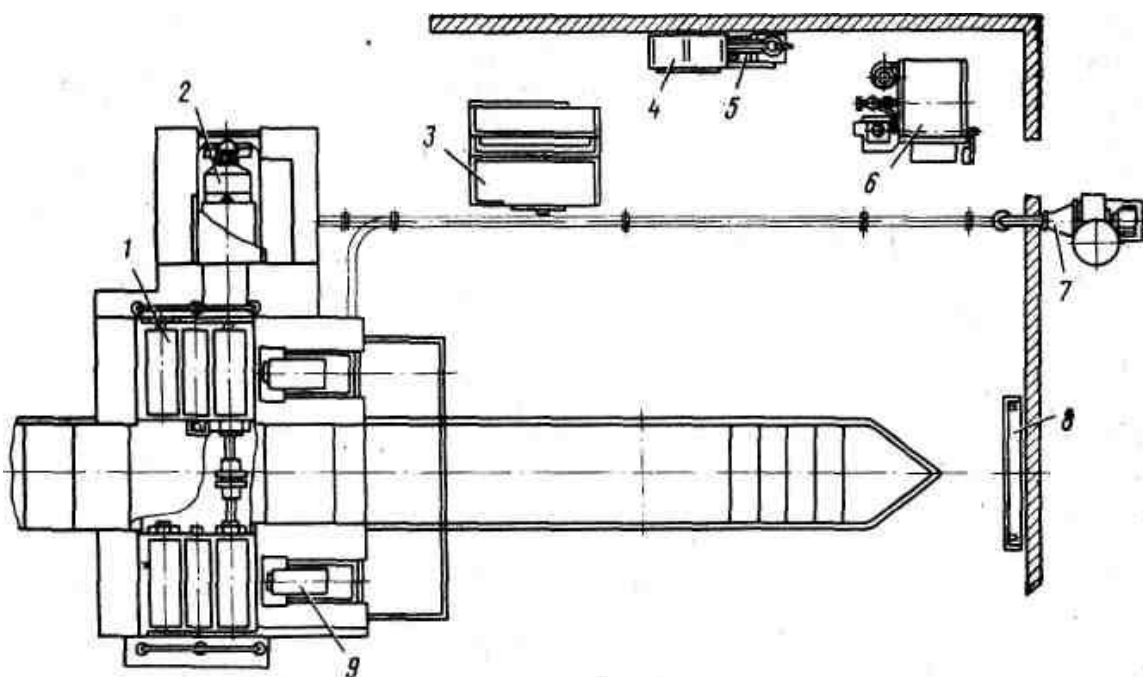


Рисунок 4.1 – Общий вид тягового стенда КИ-4856

- 1 - рама с беговыми барабанами; 2 - электротормозная установка; 3 - пульт управления; 4 - топливный бак; 5 - расходомер топлива; 6 - реостат; 7 - вентилятор; 8 - световое табло; 9 - упоры

На стенде заняты два оператора. Порядок диагностирования и регулирования автомобиля на стенде следующий: включают рубильник пульта управления, подают команду «въезд» на световом табло и одновременно нажимают кнопку «тормоз» на пульте; автомобиль ведущими колесами устанавливают на барабаны стенда; кнопкой «упор»

поднимают упоры и опускают выталкивающие площадки стенда; на глушитель надевают металлорукав для отвода отработавших газов; включают стенд и прокручивают трансмиссию автомобиля при частоте вращения беговых барабанов стенда 700 об/мин (42 км/ч), снимают показатели мощности на прокручивание ведущих колес, которые должны быть не более:

<i>Для автомобилей</i>	ГАЗ-5312	12 кВт
»	» ГАЗ-3307	12,5 »
»	» ЗИЛ-441510	18 »
»	» ЗИЛ-431410	21 »

пускают двигатель автомобиля, включают прямую передачу, тормозным устройством загружают автомобиль до скорости движения 50 км/ч (830 об/мин) и снимают показатели, которые должны быть не менее:

<i>Для автомобилей</i>	ГАЗ-5312	24 кВт
»	» ГАЗ-3307	35 »
»	» ЗИЛ-441510	27 »
»	» ЗИЛ-431410	38 »

останавливают автомобиль и двигатель. Понижение мощности на колесах автомобиля свидетельствует о недопустимых изменениях в техническом состоянии элементов автомобиля; мерную колбу топливомера заполняют топливом, при этом в систему питания автомобиля на место трубки, идущей от топливного насоса к карбюратору, подсоединяют трубопровод от топливомера; пускают двигатель, включают прямую передачу, загружают автомобиль до скорости 50 км/ч (830 об/мин) При установившемся режиме рукоятку крана топливомера переводят на «замер» и определяют часовой расход топлива q_{ϕ} за время t :

$$q_{\phi} = 3,6 Q/t \text{ кг/ч,} \quad (4.1)$$

где Q — расход топлива при измерении, г;

Допустимый расход топлива кг/ч не более:

<i>Для автомобилей</i>	ГАЗ-5312	20 кг/ч
»	» ГАЗ-3307	23 »
»	» ЗИЛ-441510	30 »
»	» ЗИЛ-431410	32 »

Повышенный расход топлива является следствием тех же причин, что и пониженная мощность двигателя.

Станция СДЗ-К453 применяется для диагностирования технического состояния грузовых карбюраторных автомобилей типа ГАЗ и ЗИЛ. Станция состоит из инерционного стенда с беговыми барабанами, нагрузочно-приводного устройства и контрольно-измерительной аппаратуры, сосредоточенной на трех передвижных пультах. Инерционный стенд состоит из двух одинаковых тележек. На каждой из них установлены два беговых барабана и дополнительные инерционные массы. Инерционные массы и барабаны соединены между собой

бесшумной цепной передачей. Подъемники, установленные между барабанами, и нагрузочно-тормозное устройство обеспечивают свободный заезд и выезд автомобилей со стенда. Обе тележки соединены между собой карданным валом с разъединительной муфтой. Для измерения скорости «движения» автомобиля служит тахогенератор, а для отсчета пути разгона, наката и торможения - датчики. Нагрузочно-приводное устройство предназначено для раскрутки колес автомобиля и создания нагрузки при диагностировании мощностных характеристик двигателя. Нагрузочно-приводное устройство в зависимости от типа можно подключать либо к валу инерционной массы, либо к валу бегового барабана. Пульт комплексных параметров совместно с расходомером топлива служит для измерения комплексных параметров технического состояния автомобилей и управления нагрузочно-приводным устройством через силовой шкаф и жидкостный реостат.

Параметры, измеряемые пультом комплексных параметров: расход топлива на холостом ходу; расход топлива в установившемся режиме под нагрузкой; усилие на прокручивание колес переднего моста; усилие на прокручивание трансмиссии автомобиля; путь разгона автомобиля в заданном интервале скоростей; путь наката автомобиля в заданном интервале скоростей; тормозной путь каждого колеса переднего моста; тормозной путь каждого колеса заднего моста; тормозной путь каждого колеса каждой оси прицепа (полуприцепа); разница тормозного пути каждого колеса; тяговое усилие, развиваемое автомобилем в установившемся режиме под нагрузкой; состояние спидометра автомобиля; давление, развиваемое топливным насосом автомобиля; производительность компрессора автомобиля; состояние манометра пневмосистемы автомобиля.

Пульт контроля системы зажигания двигателя обеспечивает проведение следующих измерений: частоты вращения коленчатого вала; среднего значения угла замкнутого состояния контактов прерывателя; начального угла опережения зажигания; угла опережения, создаваемого вакуумным регулятором; вакуума во впускном трубопроводе.

Пульт контроля системы электрооборудования двигателя обеспечивает проведение следующих измерений: напряжения аккумуляторной батареи без нагрузки; напряжения аккумуляторной батареи, нагруженной стартером; силы тока, потребляемой стартером в режиме пуска и полного торможения; падения напряжения на замкнутых контактах прерывателя; частоты вращения начала отдачи генератора без нагрузки; частоты вращения начала отдачи генератора при полной нагрузке; напряжения включения реле обратного тока или реле выключения; напряжения, поддерживаемого регулятором напряжения; силы тока, допускаемой ограничителем тока; напряжения между фазами генератора переменного тока; напряжения между обмотками возбуждения у генераторов, имеющих две обмотки.

Регулирование элементов автомобиля на экономичный расход топлива может быть произведено по величине максимального разрежения во впускном трубопроводе двигателя. Установлено, что наибольшему разрежению при регулировании опережения зажигания соответствует наименьший расход топлива на определенном режиме работы автомобиля.

Величина разрежения изменяется в зависимости от технического состояния карбюратора, элементов систем зажигания и газораспределения и является функцией степени открытия дросселя, т. е. нагрузки двигателя и скорости движения автомобиля, при этом, если увеличивается только нагрузка, разрежение падает, а если увеличивается скорость, то разрежение растет. При увеличении скорости одновременно возрастает и нагрузка на двигатель. Поэтому необходимо все больше открывать дроссель, в результате чего изменяется разрежение во впускном трубопроводе. Вначале при малой частоте вращения коленчатого вала двигателя небольшое открытие дросселя вызывает значительный рост мощности двигателя и скорости движения автомобиля - разрежение увеличивается. В дальнейшем, когда для увеличения скорости движения приходится уже значительно открывать дроссель, нагрузка двигателя начинает возрастать быстрее скорости движения и разрежение уменьшается.

Исследования показывают, что при установившемся режиме движения автомобиля разрежение во впускном трубопроводе зависит от степени соответствия регулировки карбюратора и опережения зажигания оптимальному режиму работы. Определенной величине разрежения соответствует вполне определенный расход топлива. При одном и том же опережении зажигания наибольшему разрежению соответствует наименьший расход топлива. На регулировку карбюратора это положение не распространяется, так как наибольшему разрежению соответствует не экономический, а мощностной состав смеси, при котором расход топлива заметно увеличивается. Поэтому для правильной регулировки карбюратора необходимо знать величину разрежения, при которой она оказывается оптимальной.

Весь комплекс регулировочных работ проводится на стенде, оборудованном, помимо расходомера топлива, вакуумметром. На первом этапе определяется техническое состояние элементов автомобиля, влияющих на расход топлива. При работе двигателя на холостом ходу разрежение изменяется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и регулировки системы холостого хода карбюратора. В соответствии с этим изменяется и расход топлива.

Снижение частоты вращения коленчатого вала двигателя за счет открытия дросселя приводит сначала к увеличению разрежения, а затем к его уменьшению, одновременно с этим понижается и расход топлива. Затем, изменяя положение винта холостого хода, добиваются наибольшего разрежения, что приводит к возрастанию частоты вращения. Сделав две-три попытки регулировок обоими винтами, добиваются на данном режиме

работы наибольшего разрежения, находят минимально устойчивую частоту вращения, при которой не должно быть резких скачков от стрелки вакуумметра. Расход топлива будет при этом почти наименьшим. Добиваться действительно наименьшего расхода топлива не имеет смысла, так как дополнительная экономия топлива при этом не окупает усложнения процесса регулировки (теряется точный ориентир по максимуму разрежения), кроме того, ухудшается приемистость двигателя.

Оптимальным углом опережения зажигания соответствуют наибольшие разрежения на данном режиме работы. Реализация оптимального угла опережения зажигания осуществляется путем поворота корпуса распределителя или октан-корректора.

Регулирование расхода топлива при движении под нагрузкой осуществляется путем уточнения и приведения к норме всех параметров, влияющих на расход топлива, установления оптимального угла опережения зажигания по величине максимального разрежения. В этом случае расход топлива будет минимальным.

Наивыгоднейший угол опережения зажигания лежит в пределах 30-35° по углу поворота коленчатого вала. За счет регулировочных воздействий расходы топлива автомобилей могут быть снижены в пределах 10-14%. Чем больше расход топлива, тем больше возможность его снижения. Суммарное снижение расхода топлива с учетом регулировки холостого хода составит в среднем 15,5% мощностных показателей. Регулирование расхода топлива с учетом технического состояния отдельных элементов автомобиля приводит одновременно и к улучшению работы двигателя автомобиля.

Контрольные вопросы:

1. Что в себя включает первый уровень диагностирования автомобиля?
2. Что диагностируют при втором уровне?
3. Что собой представляют третий и четвертый уровни диагностирования?
4. Что такое общее диагностирование автомобиля?
5. По каким параметрам определяется предварительное техническое состояние автомобиля?
6. Стенд, какой модели применяется для диагностирования тягово-экономических показателей грузовых автомобилей?
7. Устройство стенда КИ-4856.
8. Устройство стенда СДЗ-К453.
9. Посредством чего может быть произведено регулирование элементов автомобиля на экономичный расход топлива?

5 Понятие о неразрушающих методах контроля

Неразрушающие методы контроля (НМК), или дефектоскопия – это обобщающее название методов контроля материалов (изделий), используемых для обнаружения нарушения сплошности или однородности макроструктуры, отклонений химического состава и других целей, не требующих разрушения образцов материала или изделия в целом. Основные требования, предъявляемые к неразрушающим методам контроля, или дефектоскопии - возможность осуществления контроля на всех стадиях изготовления, при эксплуатации и при ремонте изделий; - возможность контроля качества продукции по большинству заданных параметров; - согласованность времени, затрачиваемого на контроль, со временем работы другого технологического оборудования; - высокая достоверность результатов контроля; - возможность механизации и автоматизации контроля технологических процессов, а также управления ими с использованием сигналов, выдаваемых средствами контроля; - высокая надёжность дефектоскопической аппаратуры и возможность использования её в различных условиях; - простота методик контроля, техническая доступность средств контроля в условиях производства, ремонта и эксплуатации. Основными областями применения НМК являются дефектоскопия ответственных деталей и устройств; дефектоскопия деталей и устройств длительной эксплуатации (портовые сооружения, мосты, краны, атомные электростанции, котлы, искусственные спутники Земли); непрерывная дефектоскопия особо ответственных агрегатов и устройств (котлы атомных, тепло- и электростанций), контроль подземных выработок; проведение исследований структуры материалов и дефектов в изделиях с целью усовершенствования технологии.

5.1 Основные виды НМК

В зависимости от принципа работы все НМК делятся на акустические (ультразвуковые); капиллярные; магнитные (или магнитопорошковые); оптические (визуально оптические); радиационные; радиоволновые; тепловые; контроль течеисканием; электрические; электромагнитные, или токовых вихревые (методы вихревых токов). Акустические методы основаны на регистрации колебаний, возбуждаемых или возникающих в контролируемом объекте. Их применяют для обнаружения поверхностных и внутренних дефектов (нарушений сплошности, неоднородности

структуры, межкристаллитной коррозии, дефектов склейки, пайки, сварки и т.п.) в деталях и изделиях, изготовленных из различных материалов. Они позволяют контролировать геометрические параметры при одностороннем допуске к изделию, а также физико-механические свойства металлов и металлоизделий без их разрушения. В настоящее время разработаны и успешно применяются теневой, резонансный, эхоимпульсный, эмиссионный, велосимметрический, импедансный и метод свободных колебаний. Эти методы называют также ультразвуковыми. Капиллярные методы основаны на капиллярном проникновении капель индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов. При контроле этими методами на очищенную поверхность детали наносят проникающую жидкость, которая заполняет полости поверхностных дефектов. Затем жидкость удаляют, а оставшуюся в полостях дефектов часть обнаруживают с помощью проявителя, который образует индикаторный рисунок. Капиллярные методы используются в полевых, цеховых и лабораторных условиях, в широком диапазоне положительных и отрицательных температур. Они позволяют обнаруживать термические и шлифовочные трещины, волосовины, закаты и пр. Капиллярные методы могут быть применены для обнаружения дефектов в деталях из металлов и неметаллов простой и сложной формы. Магнитные методы контроля основаны на регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами, или на определении магнитных свойств контролируемых изделий.

Эти методы позволяют обнаружить дефекты типа несплошности материала (трещины, волосовины, закаты), а также определить механические характеристики ферромагнитных сталей и чугунов по изменению их магнитных характеристик. Визуально оптические методы контроля основаны на взаимодействии светового излучения с контролируемым объектом (КО). По характеру взаимодействия различают методы прошедшего, отражённого, рассеянного и индуцированного излучений (под последним имеется в виду оптическое излучение предмета под действием внешнего воздействия, например люминесценцию). Информативными параметрами этих методов являются амплитуда, фаза, степень поляризации, частота или частотный спектр, время прохождения света через объект, геометрия преломления или отражения излучения. Оптические методы широко применяют из-за большого разнообразия способов получения первичной информации о наличии наружных дефектов независимо от материала контролируемого изделия. Радиационные методы контроля основаны на регистрации и анализе проникающего ионизирующего излучения. Используется рентгеновское, гамма-излучение, потоки нейтрино и т.д. Проходя через толщу изделия, проникающие излучения по-разному ослабляются в дефектном и бездефектном сечениях и несут информацию о внутреннем строении вещества и наличии дефектов внутри изделия. Эти методы используются для контроля сварных и паяных швов, отливок, проката и т.п.

Радиоволновые методы основаны на регистрации параметров электромагнитных волн радиодиапазона, взаимодействующих с КО. Обычно используются волны сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона длиной 1-100 мм для контроля изделий из материалов, где радиоволны затухают, не очень сильно: диэлектрики (пластмасса, керамика, стекловолокно), магнитодиэлектрики (ферриты), полупроводники, тонкостенные металлические объекты. Так же, как оптические и акустические, различают методы прошедшего, отраженного, рассеянного излучения и резонансный метод. Тепловые методы основаны на регистрации изменений тепловых или температурных полей КО. Они применимы к любым материалам. Различают пассивный (на объекты не воздействуют внешним источником тепла) и активный (объект нагревают или охлаждают) методы. Измеряемым информативным параметром является температура или тепловой поток. При пассивном методе измеряют температурное поле работающего объекта. Дефект определяется появлением мест повышенной (пониженной) температуры. Таким методом определяют места утечки теплоты в зданиях; трещины в двигателях и т.д. При контроле активным методом объект нагревают контактным или бесконтактным методом и измеряют температуру с той или другой стороны объекта. Это позволяет обнаруживать несплошности (трещины, пористость, инородные включения) в объектах, изменения в структуре физико-механических свойствах материала по изменению теплопроводности, теплоёмкости, коэффициенту теплопередачи. Измерение температуры или тепловых потоков выполняют контактным или бесконтактным способом. Наиболее эффективное средство бесконтактного наблюдения – сканирующий тепловизор. Его используют для определения дефектов пайки многослойных изделий из металлов и неметаллов, клеевых соединений и т.п. Методы контроля течеисканием основаны на регистрации индикаторных жидкостей и газов, проникающих в сквозные дефекты КО. Их применяют для контроля герметичности работающих под давлением сварных сосудов, баллонов, трубопроводов, топливной и гидроаппаратуры, масляных систем силовых установок и т.п. К методам течеискания относят гидравлическую опрессовку, аммиачно-индикаторный метод, контроль с помощью гелиевого и галоидного течеискателей и т.д. Проводят течеискание и с помощью радиоактивных веществ, что значительно повышает чувствительность метода. Электрические методы основаны на регистрации параметров электрического поля, взаимодействующего с КО (собственно электрический метод), или поля, возникающего в КО в результате внешнего воздействия (термоэлектрический или трибоэлектрический методы).

Первичными информативными параметрами является электрическая емкость или потенциал. Ёмкостный метод используется для контроля диэлектрических или полупроводниковых материалов. По изменению проводимости, в частности её реактивной части, контролируют

химический состав пластмасс, полупроводников, наличие в них несплошностей; влажность сыпучих материалов и другие свойства. Для контроля проводников применяют метод электрического потенциала. Толщину проводящего слоя, наличие несплошностей вблизи поверхностей проводника контролируют, измеряя падение потенциала на некотором участке. Электрический ток огибает поверхностный дефект, по увеличению падения потенциала на участке с дефектом определяют глубину несплошности с погрешностью в несколько процентов. Термоэлектрический метод применяют для контроля химического состава материала. Например, нагретый до постоянной температуры медный электрод прижимают к поверхности изделия и по возникающей разности потенциалов определяют марку стали, титана, алюминия или другого материала. Разновидностью электрического метода является метод электронной эмиссии, то есть измерение эмиссии ионов с поверхности изделия под влиянием внутренних напряжений. Этот метод используется для определения растрескиваний в эмалевых покрытиях, для сортировки деталей, измерения толщины пленочных покрытий и определения степени закалки изделия. Электромагнитный метод (вихревых токов) основан на регистрации изменений взаимодействия электромагнитного поля катушки с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых этой катушкой в КО. Его применяют для обнаружения поверхностных дефектов в магнитных и немагнитных деталях и полуфабрикатах. Метод позволяет обнаруживать нарушения сплошности (в основном трещины) на различных по конфигурации деталях.

5.2 Эффективность НК

Эффективность НК определяется большим числом факторов, главными из которых являются выявляемость дефектов, производительность, оперативность, безопасность и стоимость. Визуальные и капиллярные методы контроля изделий из ферромагнитных материалов позволяют обнаруживать дефекты только на поверхности изделия. Магнитными и токовихревыми методами можно обнаружить как поверхностные, так и подповерхностные дефекты. Радиационными и акустическими методами можно обнаружить поверхностные, подповерхностные и внутренние дефекты.

С точки зрения опасности для обслуживающего персонала выделяются радиационные методы. Определённой токсичностью обладают методы капиллярные и течеисканием при использовании определённых типов пробных веществ и ультрафиолетовых осветителей. Остальные методы НК не оказывают заметного влияния на здоровье обслуживающего персонала.

С точки зрения автоматизации контроля наиболее благоприятны методы вихревого тока, магнитные методы с феррозондовыми, индукционными и подобными типами преобразователей, радиационный и некоторые виды тепловых методов. Главные преимущества этих методов заключаются в отсутствии прямого контакта преобразователя с изделием и в предоставлении информации о дефектах в виде показаний приборов. Ультразвуковой метод с этой точки зрения требует контакта преобразователя с изделием, например, через слой воды. Трудность автоматизации других методов контроля заключается в необходимости визуальной обработки информации о дефектах.

По стоимости выполнения контроля к наиболее дорогим относятся методы радиографические и течеискания. Это связано с длительностью операций контроля, а также с необходимостью капитальных затрат на помещения и оборудование. Если сравнивать, например, затраты на проведение радиационного и ультра-звукового контроля сварных соединений толщиной 10-20 мм, то они будут в 3-5 раз меньше, чем для радиационного. Это преимущество возрастает с увеличением толщины сварных соединений.

Комплексная система контроля несколькими методами может строиться на основе 100%-го контроля всего объёма продукции каждым методом или на основе выборочного контроля тем или иным (или всеми) методом контроля. Иногда дополнительный контроль осуществляется только в тех участках, где основной метод не обеспечивает заданных требований, или назначается для повышения информативности. В особо ответственных случаях для повышения надежности выявления дефектов различных типов проводят контроль сварных соединений методами радиационного просвечивания и акустическим. Контроль отливок, как правило, выполняют методом радиационного просвечивания, а акустический метод используют для определения местоположения выявленных дефектов. Контроль поковок, если заготовки не имеют припуска на «мертвую» зону ультразвукового искателя, также использует сочетание акустического и поверхностных методов дефектоскопии. Для контроля внутренних поверхностей используются токовихревые методы и перископический осмотр (визуально-оптический метод контроля) или перископический осмотр и акустический контроль.

5.3 Критерии оценки качества изделий

Для выработки критериев, которые могут служить для забраковывания изделия после контроля, проводятся работы по изучению влияния дефектов на эксплуатационную надежность изделий, а также исследование корреляции размеров дефектов с теми параметрами, которые могут быть оценены при НМК. Браковочные нормы, обычно

выражающиеся в значениях минимальных размеров недопустимых дефектов, приводятся в технических условиях на продукцию. Иногда эти нормы имеют также ограничения по количеству дефектов, их взаимному расположению, форме, ориентации. Если существует корреляция между реальными размерами дефектов и их параметрами, оцениваемыми при неразрушающем контроле, и в нормативной документации указаны размеры недопустимых дефектов, то дефектоскопист может безошибочно выбрать средства и методы контроля. Если же корреляция между реальными размерами дефектов и измеряемыми НМК параметрами слаба, то браковочные нормы должны быть выражены в значениях, измеряемых данным методом параметров. Например, при ультразвуковом методе контроля о размере дефекта судят по амплитуде отраженного сигнала и оценивают не реальный, а «эквивалентный» размер дефекта, т.е. размер модели дефекта, простой формы, дающий сигнал, равный по амплитуде сигналу от реального дефекта, или оценивают «условный» размер, весьма приблизительно характеризующий проекцию дефекта на поверхность, со стороны которой проводится контроль. Эти параметры коррелируют с реальными размерами дефектов только в простых случаях (акустический контроль труб, листов), а при контроле литья, сварных швов, поковок корреляция настолько слаба (вследствие различной ориентации и формы дефектов), что оценить реальные размеры дефектов невозможно. В этом случае браковочные нормы задаются значениями эквивалентных и условных размеров недопустимых дефектов. При этом установление браковочных норм требует серьезных предварительных исследований. Какой бы параметр дефекта не был положен в основу браковочных норм, оценка дефекта в любом случае связана с определенными погрешностями, которые необходимо учитывать при выработке критериев годности изделий. Очевидно, что браковочные нормы, отличающиеся друг от друга меньше, чем на ошибку оценки дефекта, обеспечивают фактически одинаковое качество изделий. Однако за годы внедрения НМК в отраслях промышленности накопилось большое количество различных технических условий на продукцию, составленных без единой системы; требования этих условий, зачастую близкие по смыслу, приводят к необходимости применения различных средств контроля, в конечном счете, неоправданно увеличивая затраты. Для унификации средств контроля, стандартизации уровней нормативных требований, а также облегчения понимания между дефектоскопистами и специалистами других профилей разработана система классов чувствительности и групп качества по отраслям промышленности. Эта система позволяет устанавливать нормы браковки исходя из степени ответственности изделий с учетом сложившейся практики разработки браковочных норм для конкретных видов продукции.

Контрольные вопросы:

1. Что такое дефектоскопия?
2. Какие требования предъявляют к дефектоскопии?

3. Назовите основные виды неразрушающих методов контроля.
4. На чем основаны акустические методы?
5. В каких случаях применяют акустический метод контроля?
6. Дайте определение капиллярному методу контроля.
7. Как проводят капиллярный метод контроля?
8. На чем основан визуально оптический метод контроля?
9. При радиационном методе контроля, какие излучения используют?
10. Для контроля, каких соединений используют радиационный метод?
11. Как классифицируют тепловой метод контроля?
12. Какой метод используют для контроля герметичности сосудов, баллонов работающих под давлением?
13. Для контроля, каких материалов используют ёмкостный метод?
14. Назначение электромагнитного метода контроля?
15. Какие факторы определяют эффективность неразрушающих методов контроля?
16. Какие методы обладают определенной токсичностью?
17. Какие методы контроля наиболее благоприятны с точки зрения автоматизации?
18. Какие методы контроля дорогостоящие?
19. Что такое браковочные нормы?
20. Какая система разработана для лучшего понимания между дектоскопистами и специалистами?

6.1 Метод, основанный на обобщенной формуле Байеса

Среди методов технической диагностики метод, основанный на обобщенной формуле Байеса, занимает особое место благодаря простоте и эффективности. Разумеется, метод Байеса имеет недостатки: большой объем предварительной информации, «угнетение» редко встречающихся диагнозов и др. Однако в случаях, когда объем статистических данных, позволяет применить метод Байеса, его целесообразно использовать как один из наиболее надежных и эффективных. Пусть имеется диагноз D_i и простой признак k_j , встречающийся при этом диагнозе, то вероятность совместного появления событий (наличие у объекта состояния D_i и признака k_j)

$$P(D_i k_j) = P(D_i) P(k_j / D_i) = P(k_j) P(D_i / k_j) \quad (6.1)$$

Из этого равенства вытекает формула Байеса

$$P(D_i / k_j) = P(D_i) \frac{P(k_j / D_i)}{P(k_j)} \quad (6.2)$$

Очень важно определить точный смысл всех входящих в эту формулу величин: $P(D_i)$ - вероятность диагноза D_i , определяемая по статистическим данным (априорная вероятность диагноза). Так, если предварительно обследовано N объектов и у N_i объектов имелось состояние D_i , то

$$P(D_i) = N_i / N \quad (6.3)$$

$P(k_j / D_i)$ – вероятность появления признака k_j у объектов с состоянием D_i . Если среди N_i объектов, имеющих диагноз D_i , у N_{ij} , проявился признак k_j , то

$$P(k_j / D_i) = \frac{N_{ij}}{N_i} \quad (6.4)$$

$P(k_j)$ – вероятность появления признака k_j во всех объектах независимо от состояния (диагноза) объекта. Пусть из общего числа N объектов признак k_j был обнаружен у N_j объектов, тогда

$$P(k_j) = \frac{N_j}{N} \quad (6.5)$$

Для установления диагноза специальное вычисление $P(k_j)$ не требуется. Как будет ясно из дальнейшего, значения $P(D_i)$ и $P(k_j/D_v)$, известные для всех возможных состояний, определяют величину $P(k_j)$. В равенстве (6.2) $P(D_i/k_j)$ – вероятность диагноза D_i после того, как стало известно наличие у рассматриваемого объекта признака k_j (апостериорная вероятность диагноза). Обобщенная формула Байеса относится к случаю, когда обследование проводится по комплексу признаков K , включающему признаки k_1, k_2, \dots, k_v . Каждый из признаков k_j имеет m_j разрядов ($k_{j1}, k_{j2}, \dots, k_{js}, \dots, k_{jm}$). В результате обследования становится известной реализация признака

$$k_j^* = k_{js} \quad (6.6)$$

и всего комплекса признаков K^* . Индекс $*$, как и раньше, означает конкретное значение (реализацию) признака. Формула Байеса для комплекса признаков имеет вид

$$P(D_i / K^*) = P(D_i)P(K^* / D_i) / P(K^*), (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.7)$$

где $P(D_i/K^*)$ – вероятность диагноза D_i после того, как стали известны результаты обследования по комплексу признаков K ; $P(D_i)$ – предварительная вероятность диагноза D_i (по предшествующей статистике). Формула (7.7) относится к любому из n возможных состояний (диагнозов) системы. Предполагается, что система находится только в одном из указанных состояний и потому

$$\sum_{s=1}^n P(D_s) \quad (6.8)$$

В практических задачах нередко допускается возможность существования нескольких состояний A_1, \dots, A_r , причем некоторые из них могут встретиться в комбинации друг с другом. Тогда в качестве различных диагнозов D_i следует рассматривать отдельные состояния $D_1=A_1, \dots, D_r=A_r$ и их комбинации $D_{r+1}=A_1 \wedge A_2$.

Перейдем к определению $P(K^*/D_i)$. Если комплекс признаков состоит из n признаков, то

$$P(K^* / D_i) = P(k_1^* / D_i)P(k_2^* / k_1^* D_i) \dots P(k_v^* / k_1^* \dots k_{v-1}^* D_i) \quad (6.9)$$

где $k_j^*=k_{js}$ – разряд признака, выявившийся в результате обследования. Для диагностически независимых признаков;

$$P(K^* / D_i) = P(k_1^* / D_i)P(k_2^* / D_i)...P(k_v^* / D_i) \quad (6.10)$$

В большинстве практических задач, особенно при большом числе признаков, можно принимать условие независимости признаков даже при наличии существенных корреляционных связей между ними.

Вероятность появления комплекса признаков K^*

$$P(K^*) = \sum_{s=1}^n P(D_s)P(K^* / D_s) \quad (6.11)$$

Обобщенная формула Байеса может быть записана

$$P(D_i / K^*) = \frac{P(D_i)P(K^* / D_i)}{\sum P(D_s)P(K^* / D_s)} \quad (6.12)$$

где $P(K^*/D_i)$ определяется равенством (6.9) или (6.10). Из соотношения (6.12) вытекает

$$\sum_{s=1}^n P(D_i / K^*) = 1 \quad (6.13)$$

что, разумеется, и должно быть, так как один из диагнозов обязательно реализуется, а реализация одновременно двух диагнозов невозможна. Следует обратить внимание на то, что знаменатель формулы Байеса для всех диагнозов одинаков. Это позволяет сначала определить вероятности совместного появления i -го диагноза и данной реализации комплекса признаков

$$P(D_i K^*) = P(D_i)P(K^* / D_i) \quad (6.14)$$

и затем апостериорную вероятность диагноза

$$P(D_i / K^*) = P(D_i K^*) / \sum P(D_i K^*) \quad (6.15)$$

Для определения вероятности диагнозов по методу Байеса необходимо составить диагностическую матрицу (таблица 6.1), которая формируется на основе предварительного статистического материала. В этой таблице содержатся вероятности разрядов признаков при различных диагнозах.

Если признаки двухразрядные (простые признаки «да – нет»), то в таблице достаточно указать вероятность появления признака $P(k_j/D_i)$. Вероятность отсутствия признака $P(k_j/D_i)=1-P(k_j/D_i)$

Однако более удобно использовать единообразную форму, полагая, например, для двухразрядного признака $P(k_j/D_i)=P(k_{j1}/D_i); P(k_j/D_i)=P(k_{j2}/D_i)$.

Отметим, что $\sum_{s=1}^{m_j} P(k_{js} / D_i) = 1$, где m_j – число разрядов признака k_j .

Таблица 6.1 – Диагностическая матрица в методе Байеса

Диагноз D_i	Признаки k_j									
	k_1			k_2				k_3		$P(D_i)$
	$P(k_{11}/D_i)$	$P(k_{12}/D_i)$	$P(k_{13}/D_i)$	$P(k_{21}/D_i)$	$P(k_{22}/D_i)$	$P(k_{23}/D_i)$	$P(k_{24}/D_i)$	$P(k_{31}/D_i)$	$P(k_{32}/D_i)$	
D_1	0,8	0,2	0	0,1	0,1	0,6	0,2	0,2	0,8	0,3
D_2	0,1	0,7	0,2	0	0	0,3	0,7	0,1	0,9	0,1
...

Сумма вероятностей всех возможных реализаций признака равна единице. В диагностическую матрицу включены априорные вероятности диагнозов. Процесс обучения в методе Байеса состоит в формировании диагностической матрицы. Важно предусмотреть возможность уточнения таблицы в процессе диагностики. Для этого в памяти ЭВМ следует хранить не только значения $P(k_{is}/D_i)$, но и следующие величины: N – общее число объектов, использованных для составления диагностической матрицы; N_i - число объектов с диагнозом D_i ; N_{ij} - число объектов с диагнозом D_i , обследованных по признаку k_j . Если поступает новый объект с диагнозом D_μ , то проводится корректировка прежних априорных вероятностей диагнозов следующим образом:

$$P(D_i) = \begin{cases} \frac{N_i}{N+1} = P(D_i) \frac{N}{N+1}; i = 1, 2, \dots, n; i \neq \mu \\ \frac{N_\mu + 1}{N+1} = P(D_\mu) \frac{N}{N+1} + \frac{1}{N+1}; i = \mu \end{cases} \quad (6.16)$$

Далее вводятся поправки к вероятностям признаков. Пусть у нового объекта с диагнозом D_μ выявлен разряд r признака k_j . Тогда для дальнейшей диагностики принимаются новые значения вероятности интервалов признака k_j при диагнозе D_μ :

$$P(k_{js} / D_\mu) = \begin{cases} \frac{P(k_{js} / D_\mu) \frac{N_{\mu j}}{N_{\mu j} + 1}}{P(k_{jr} / D_\mu) \frac{N_{\mu j}}{N_{\mu j} + 1} + \frac{1}{N_{\mu j} + 1}}; s \neq r \\ \frac{P(k_{jr} / D_\mu) \frac{N_{\mu j}}{N_{\mu j} + 1} + \frac{1}{N_{\mu j} + 1}}{P(k_{jr} / D_\mu) \frac{N_{\mu j}}{N_{\mu j} + 1} + \frac{1}{N_{\mu j} + 1}}; s = r \end{cases} \quad (6.17)$$

Условные вероятности признаков при других диагнозах корректировки не требуют.

Пример. Поясним метод Байеса. Пусть при наблюдении за газотурбинным двигателем проверяются два признака: k_1 – повышение температуры газа за турбиной более, чем на 50°C и k_2 – увеличение времени выхода на максимальную частоту вращения более, чем на 5 с. Предположим, что для данного типа двигателей появление этих признаков связано либо с неисправностью топливного регулятора (состояние D_1), либо с увеличением радиального зазора в турбине (состояние D_2).

При нормальном состоянии двигателя (состояние D_3) признак k_1 , не наблюдается, а признак k_2 наблюдается в 5% случаев. На основании статистических данных известно, что 80% двигателей вырабатывают ресурс в нормальном состоянии, 5% двигателей имеют состояние D_1 и 15% – состояние D_2 . Известно также, что признак k_1 встречается при состоянии D_1 в 20%, а при состоянии D_2 в 40% случаев; признак k_2 при состоянии D_1 встречается в 30%, а при состоянии D_2 – в 50% случаев. Сведем эти данные в диагностическую таблицу 2. Найдем сначала вероятности состояний двигателя, когда обнаружены оба признака k_1 и k_2 . Для этого, считая признаки независимыми, применим формулу (12). Вероятность состояния

$$P(D_1 / k_1 k_2) = \frac{0,05 * 0,2 * 0,3}{0,05 * 0,2 * 0,3 + 0,15 * 0,4 * 0,5 + 0,8 * 0 * 0,05} = 0,09$$

Аналогично получим $P(D_2 / k_1 k_2) = 0,91$; $P(D_3 / k_1 k_2) = 0$. Определим вероятность состояний двигателя, если обследование показало, что повышение температуры не наблюдается (признак k_1 отсутствует), но увеличивается время выхода на максимальную частоту вращения (признак k_2 наблюдается). Отсутствие признака k_1 есть признак наличия \bar{k}_1 (противоположное событие), причем $P(\bar{k}_1 / D_i) = 1 - P(k_1 / D_i)$.

Для расчета применяют также формулу (12), но значение $P(k_1 / D_i)$ в диагностической таблице заменяют на $P(\bar{k}_1 / D_i)$. В этом случае

$$P(D_1 / \bar{k}_1 k_2) = \frac{0,05 * 0,8 * 0,3}{0,05 * 0,8 * 0,3 + 0,15 * 0,6 * 0,5 + 0,8 * 1 * 0,05} = 0,12$$

и аналогично $P(D_2 / \bar{k}_1 k_2) = 0,46$; $P(D_3 / \bar{k}_1 k_2) = 0,41$. Вычислим вероятности состояний в том случае, когда оба признака отсутствуют. Аналогично предыдущему получим

$$P(D_1 / \bar{k}_1 \bar{k}_2) = \frac{0,05 * 0,8 * 0,7}{0,05 * 0,8 * 0,7 + 0,15 * 0,6 * 0,5 + 0,8 * 1 * 0,15} = 0,03$$

$$P(D_2 / \bar{k}_1 \bar{k}_2) = 0,05 ; P(D_3 / \bar{k}_1 \bar{k}_2) = 0,92$$

Отметим, что вероятности состояний D_1 и D_2 отличны от нуля, так как рассматриваемые признаки не являются для них детерминирующими. Из

проведенных расчетов можно установить, что при наличии признаков k_1 и k_2 в двигателе с вероятностью 0,91 имеется состояние D_1 , т.е. увеличение радиального зазора. При отсутствии обоих признаков наиболее вероятно нормальное состояние (вероятность 0,92). При отсутствии признака k_1 и наличии признака k_2 вероятности состояний D_1 и D_2 примерно одинаковы (0,46 и 0,41) и для уточнения состояния двигателя требуется проведение дополнительных обследований.

6.2 Метод минимального риска

Вероятность принятия ошибочного решения складывается из вероятностей ложной тревоги и пропуска дефекта. Если приписать «цены» этим ошибкам, то получим выражение для среднего риска

$$R = C_{21}P_1 \int_{x_0}^{\infty} f(x/D_1)dx + C_{12}P_2 \int_{-\infty}^{x_0} f(x/D_2)dx \quad (6.18)$$

Разумеется, цена ошибки имеет условное значение, но она должна учесть предполагаемые последствия ложной тревоги и пропуска дефекта.

В задачах надежности стоимость пропуска дефекта обычно существенно больше стоимости ложной тревоги ($C_{12} \gg C_{21}$). Иногда вводится цена правильных решений C_{11} и C_{22} , которая для сравнения со стоимостью потерь (ошибок) принимается отрицательной. В общем случае средний риск (ожидаемая величина потери) выражается равенством

$$R = C_{11}P_1 \int_{-\infty}^{x_0} f(x/D_1)dx + C_{21}P_1 \int_{x_0}^{\infty} f(x/D_1)dx + C_{12}P_2 \int_{-\infty}^{x_0} f(x/D_2)dx + C_{22}P_2 \int_{x_0}^{\infty} f(x/D_2)dx \quad (6.19)$$

Величина x , предъявляемая для распознавания, является случайной и потому равенства (6.18) и (6.19) представляют собой среднее значение (математическое ожидание) риска.

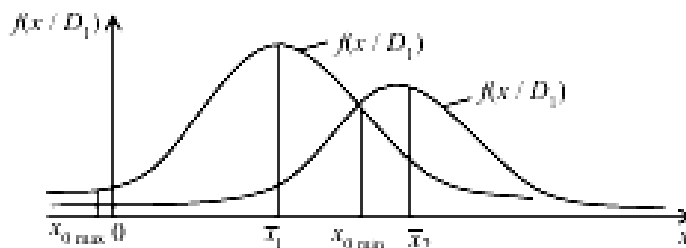


Рисунок 6.1 – Точки экстремума среднего риска ошибочных решений

Найдем граничное значение x_0 из условия минимума среднего риска. Дифференцируя (19) по x_0 и приравнявая производную нулю, получим сначала условие экстремума.

$$\frac{dR}{dx_0} = C_{11}P_1f(x_0/D_1) - C_{21}P_1f(x_0/D_1) + C_{12}P_2f(x_0/D_2) - C_{22}P_2f(x_0/D_2) = 0 \quad (6.20)$$

или

$$\frac{f(x_0/D_1)}{f(x_0/D_2)} = \frac{(C_{12} - C_{22})P_2}{(C_{21} - C_{11})P_1} \quad (6.21)$$

Это условие часто определяет два значения x_0 , из которых одно соответствует минимуму, второе – максимуму риска (рисунок 6.1). Соотношение (6.21) является необходимым, но недостаточным условием минимума. Для существования минимума R в точке $x = x_0$ вторая производная должна быть положительной $\frac{d^2R}{dx_0^2} > 0$, что приводит к следующему условию относительно производных плотностей распределений:

$$\frac{f'(x_0/D_1)}{f'(x_0/D_2)} < \frac{(C_{12} - C_{22})P_2}{(C_{21} - C_{11})P_1} \quad (6.22)$$

Если распределения $f(x, D_1)$ и $f(x, D_2)$ являются, как обычно, одномодальными (т. е. содержат не более одной точки максимума), то при

$$\bar{x}_1 < x_0 < \bar{x}_2 \quad (6.23)$$

условие (6.22) выполняется. Действительно, в правой части равенства стоит положительная величина, а при $x > \bar{x}_1$ производная $f'(x/D_1)$, тогда как при $x > \bar{x}_1$ значение $f'(x/D_2)$. В дальнейшем под x_0 будем понимать граничное значение диагностического параметра, обеспечивающее по правилу (7.22) минимум среднего риска. Будем также считать распределения $f(x/D_1)$ и $f(x/D_2)$ одномодальными («одногогорбыми»).

Из условия (6.4) следует, что решение об отнесении объекта x к состоянию D_1 или D_2 можно связать с величиной отношения правдоподобия. Напомним, что отношение плотностей вероятностей распределения x при двух состояниях называется отношением правдоподобия. По методу минимального риска принимается следующее решение о состоянии объекта, имеющего данное значение параметра x :

$$x \in D_1, \text{ если } \frac{f(x_0/D_1)}{f(x_0/D_2)} > \frac{(C_{12} - C_{22})P_2}{(C_{21} - C_{11})P_1} \quad (6.24)$$

$$x \in D_2, \text{ если } \frac{f(x_0/D_1)}{f(x_0/D_2)} < \frac{(C_{12} - C_{22})P_2}{(C_{21} - C_{11})P_1} \quad (6.25)$$

Эти условия вытекают из соотношений (6.23) и (6.22).

Условие (7.24) соответствует $x < x_0$, условие (6.25) $x > x_0$. Величина $\lambda = \frac{(C_{12} - C_{22})P_2}{(C_{21} - C_{11})P_1}$ представляет собой пороговое значение для отношения

правдоподобия. Напомним, что диагноз D_1 соответствует исправному состоянию, D_2 – дефектному состоянию объекта; C_{21} – цена ложной тревоги; C_{12} – цена пропуска цели (первый индекс – принятое состояние, второй – действительное); $C_{11} < 0$, C_{22} – цены правильных решений (условные выигрыши). В большинстве практических задач условные выигрыши (поощрения) для правильных решений не вводятся и тогда

$$\lambda = C_{12}P_2 / C_{21}P_1 \quad (6.26)$$

Часто оказывается удобным рассматривать не отношение правдоподобия, а логарифм этого отношения. Это не изменяет результата, так как логарифмическая функция возрастает монотонно вместе со своим аргументом. Расчет для нормального и некоторых других распределений при использовании логарифма отношения правдоподобия оказывается несколько проще. Рассмотрим случай, когда параметр x имеет нормальное распределение при исправном D_1 и неисправном D_2 состояниях. Рассеяние параметра (величина среднеквадратичного отклонения) принимается одинаковым.

В рассматриваемом случае плотности распределений

$$f(x/D_1) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x}_1)^2}{2\sigma^2}};$$

$$f(x/D_2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x}_2)^2}{2\sigma^2}}$$

Внося эти соотношения в равенство (6.22), получаем после логарифмирования

$$\ln \frac{f(x_0/D_1)}{f(x_0/D_2)} = -\frac{1}{2\sigma^2} [2x_0(\bar{x}_2 - \bar{x}_1) + \bar{x}_1^2 - \bar{x}_2^2] = \ln \frac{(C_{12} - C_{22})P_2}{(C_{21} - C_{11})P_1}$$

Из этого уравнения

$$x_0 = \frac{1}{2} \left(\bar{x}_1 + \bar{x}_2 \right) - \frac{\sigma^2}{\bar{x}_2 - \bar{x}_1} \left(\ln \frac{P_2}{P_1} + \ln \frac{(C_{12} - C_{22})}{(C_{21} - C_{11})} \right)$$

При $x < x_0$, $x \notin D_1$; при $x > x_0$ $x \notin D_2$.

Пример

Диагностика состояния трансмиссии газотурбинного двигателя осуществляется по содержанию железа в масле. Для исправного состояния среднее значение составляет $x_1=5$ (5 г железа на 1 т масла) и среднеквадратичное отклонение $\sigma_1 = 2$. При наличии дефекта подшипников и других деталей (неисправное состояние) эти значения равны $x_2=12$, $\sigma_2=3$. Распределения предполагаются нормальными. Требуется определить предельное содержание железа в масле, выше которого двигатель подлежит снятию с эксплуатации и разборке (во избежание опасных последствий). По статистическим данным неисправное состояние трансмиссий наблюдается у 10% двигателей.

Примем, что отношение стоимостей пропуска цели и ложной $\frac{C_{12}}{C_{21}} = 20$, и откажемся от «вознаграждения» правильных решений ($C_{11}=C_{22}=0$). Из условия (6.22) получаем

$$\frac{f(x_0 / D_1)}{f(x_0 / D_2)} = 20 \frac{0,1}{0,9} = 2,22$$

Плотности распределения

$$f(x_0 / D_1) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-5)^2}{2 \cdot 2^2}}$$

$$f(x_0 / D_2) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-12)^2}{2 \cdot 3^2}}$$

Внося эти значения в предыдущее равенство, получаем после логарифмирования

$$-\frac{(x_0 - 5)^2}{8} + \frac{(x_0 - 12)^2}{18} = \ln\left(\frac{2 \cdot 2,22}{3}\right)$$

Это уравнение имеет положительный корень $x_0=7,456$.

6.3 Метод минимального числа ошибочных решений

Вероятность ошибочного решения определяется как

$$P_{ouu} = P_1 \int_{x_0}^{\infty} f(x/D_1) dx + P_2 \int_{-\infty}^{x_0} f(x/D_2) dx \quad (6.27)$$

Из условия экстремума этой вероятности получаем

$$\frac{dP_{ouu}}{dx_0} = -P_1 f(x_0/D_1) + P_2 f(x_0/D_2) = 0 \quad (6.28)$$

Условие минимума дает

$$\frac{d^2 P_{ouu}}{dx_0^2} = -P_1 f'(x_0/D_1) + P_2 f'(x_0/D_2) > 0 \quad (6.29)$$

или

$$f'(x_0/D_1) / f'(x_0/D_2) < P_2 / P_1 \quad (6.30)$$

Для одномодальных распределений неравенство (6.30) выполняется, и минимум вероятности ошибочного решения получается из соотношения (7.28)

$$f(x_0/D_1) / f(x_0/D_2) = P_2 / P_1 \quad (6.31)$$

где, как и раньше, $P_1 = P(D_1)$, $P_2 = P(D_2)$ – априорные вероятности диагнозов.

Решение $x \in D_1$ принимается при

$$f(x/D_1) / f(x/D_2) > P_2 / P_1 \quad (6.32)$$

и $x \in D_2$ при

$$f(x/D_1) / f(x/D_2) < P_2 / P_1 \quad (6.33)$$

Очевидно, что соотношения (6.31)–(6.33) являются частным случаем условия минимального риска, если стоимости решений одинаковы. Условие выбора граничного значения (6.31) часто называется условием Зигерта–Котельникова (условием идеального наблюдателя). К этому условию приводит также метод Байеса. Действительно, вероятности диагнозов D_1 и D_2 для данного значения x (апостериорные вероятности)

$$P(D_1/x) = P(D_1) f(x/D_1) / f(x); P(D_2/x) = P(D_2) f(x/D_2) / f(x).$$

Решение $x \in D_1$ принимается при

$$P(D_1/x) > P(D_2/x)$$

или

$$f(x/D_1)/f(x/D_2) > P_2/P_1 \quad (6.34)$$

что совпадает с равенством (6.32). В задачах надежности рассматриваемый метод часто дает «неосторожные решения», так как последствия ошибочных решений существенно различаются между собой. Обычно цена пропуска дефекта существенно выше цены ложной тревоги. Если указанные стоимости приблизительно одинаковы (для дефектов с ограниченными последствиями, для некоторых задач контроля и др.), то применение метода вполне оправдано.

Пример

Диагностика состояния трансмиссии газотурбинного двигателя осуществляется по содержанию железа в масле. Для исправного состояния среднее значение составляет $x_1=5$ (5 г железа на 1 т масла) и среднеквадратичное отклонение $\sigma_1 = 2$. При наличии дефекта подшипников и других деталей (неисправное состояние) эти значения равны $x_2=12$, $\sigma_2=3$. Распределения предполагаются нормальными.

Требуется определить предельное содержание железа в масле, выше которого двигатель подлежит снятию с эксплуатации и разборке (во избежание опасных последствий). По статистическим данным неисправное состояние трансмиссий наблюдается у 10% двигателей.

Плотности распределения

$$f(x_0/D_1) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-5)^2}{2 \cdot 2^2}}$$

$$f(x_0/D_2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-12)^2}{2 \cdot 3^2}}$$

$$\frac{f(x_0/D_1)}{f(x_0/D_2)} = \frac{P_2}{P_1}$$

$$-\frac{(x_0-5)^2}{8} + \frac{(x_0-12)^2}{18} = \ln\left(\frac{0,1}{0,9}\right)$$

Это уравнение имеет положительный корень $x_0=9,79$

6.4 Метод наибольшего правдоподобия

Метод наибольшего правдоподобия можно рассматривать как частный случай метода минимального риска. Правило решения принимается следующим:

$$x \in D_1, \text{ если } \frac{f(x/D_1)}{f(x/D_2)} > 1 \quad (6.35)$$

$$x \in D_2, \text{ если } \frac{f(x_0/D_1)}{f(x_0/D_2)} < 1$$

где x – значение параметра для диагностируемого объекта.
Граничное значение находится из условия

$$f(x_0/D_1) = f(x_0/D_2) \quad (6.36)$$

Сопоставляя условия (6.35) и (6.36), легко установить, что они совпадают, если положить

$$\frac{(C_{12} - C_{22})P_2}{(C_{21} - C_{11})P_1} = 1 \quad (6.37)$$

В большинстве практических случаев используется условие (6.37), и тогда для метода наибольшего правдоподобия следует считать

$$\frac{C_{12}P_2}{C_{21}P_1} = 1 \quad (6.38)$$

Для задач надежности вероятность неисправного состояния обычно представляет собой малую величину, но цена пропуска дефекта значительно больше цены ложной тревоги ($C_{12} \gg C_{21}$). Тогда условие (6.38) дает решение, не требующее знания точных значений стоимости ошибок и качественно отражающее указанные обстоятельства ($P_2 \ll P_1, C_{12} \gg C_{21}$).

Пример

Диагностика состояния трансмиссии газотурбинного двигателя осуществляется по содержанию железа в масле. Для исправного состояния среднее значение составляет $x_1=5$ (5 г железа на 1 т масла) и среднеквадратичное отклонение $\sigma_1 = 2$. При наличии дефекта подшипников и других деталей (неисправное состояние) эти значения равны $x_2=12$, $\sigma_2=3$. Распределения предполагаются нормальными. Требуется определить предельное содержание железа в масле, выше которого двигатель подлежит снятию с эксплуатации и разборке (во избежание опасных последствий). По статистическим данным неисправное состояние трансмиссий наблюдается у 10% двигателей.

Плотности распределения

$$f(x_0 / D_1) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-5)^2}{2 \cdot 2^2}}$$

$$f(x_0 / D_2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-12)^2}{2 \cdot 3^2}}$$

$$-\frac{(x_0 - 5)^2}{8} + \frac{(x_0 - 12)^2}{18} = 0$$

Это уравнение имеет положительный корень $x_0=8,14$.

Контрольные вопросы:

1. Что такое вероятность диагноза?
2. Как определяется вероятность диагноза?
3. Как определяется вероятность появления признака у объектов?
4. Что такое апостериорная вероятность диагноза?
5. Что означает комплекс признаков?
6. Что определяется с помощью формулы Байеса?
7. Из чего складывается вероятность принятия ошибочного решения?
8. Что учитывает цена ошибки?
9. В каких случаях распределения считают одномодальными?
10. Что собой представляет пороговое значение правдоподобия?
11. Какое условие называют условием идеального наблюдателя?
12. На чем основан метод наибольшего правдоподобия?
13. Каково соотношение между ценой пропуска дефекта и ценой ложной тревоги?
14. Из какого условия находится граничное значение параметра диагностируемого объекта?

7.1 Средства для диагностирования неисправностей цилиндропоршневой группы (цпг)

Назначение и устройство компрессометра.

Компрессометр предназначен для измерения давления, развиваемого в цилиндре двигателя в конце такта сжатия (компрессии). Измерение компрессии в цилиндрах является наиболее простым и дешёвым, а потому широко распространённым способом диагностирования двигателя. Компрессометр (рисунок 7.1) представляет собой манометр 1 с обратным клапаном 4, который соединяется со свечным отверстием с помощью резинового шланга 5 с наконечником 6. Он позволяет измерить конечную величину давления, а также наглядно оценить динамику его нарастания в течение нескольких оборотов коленчатого вала, что является важной информацией для опытного механика. Основные способы измерения компрессии. Для измерения компрессии прибор заворачивают вместо свечи зажигания у бензинового двигателя или свечи накаливания у дизеля. При измерении компрессии следует соблюдать несколько условий: двигатель должен быть прогрет до рабочей температуры; желательно отключить подачу топлива в цилиндры (отключив бензонасос, форсунки или другим способом), особенно, если есть вероятность обогащения смеси; необходимо вывернуть свечи во всех цилиндрах; аккумуляторная батарея должна быть полностью заряжена, а стартер исправен.

Измерение компрессии можно выполнять как при полностью открытой, так и закрытой дроссельной заслонке. Каждый из этих способов определяет «свои» дефекты. Если заслонка полностью закрыта, то в цилиндры поступает малое количество воздуха. Максимальное давление в цилиндре оказывается невелико (порядка 0,6...0,8 МПа) из-за малого давления в коллекторе (0,05...0,06 МПа вместо 0,1 МПа при полностью открытом дросселе). Утечки при закрытой заслонке также оказываются малы из-за малого перепада давления, но даже при этом соизмеримы с поступлением воздуха. Вследствие этого величина компрессии в цилиндре оказывается очень чувствительной к утечкам - даже из-за незначительной причины давление падает сразу в несколько раз. При полностью открытом дросселе этого не происходит. Значительное увеличение количества поступившего в цилиндры воздуха приводит и к росту компрессии, однако утечки, несмотря на их небольшой рост, становятся значительно меньше подачи воздуха. Вследствие этого компрессия даже при серьёзных дефектах может ещё не упасть до недопустимого уровня (например, до 0,8...0,9 МПа у бензинового двигателя).

Измерения компрессии с полностью открытой заслонкой позволяют обнаружить: поломки и прогары поршней; зависание (закоксовывание) колец в канавках поршня; деформации или прогар клапанов; серьезные повреждения (задиры) поверхности цилиндра.

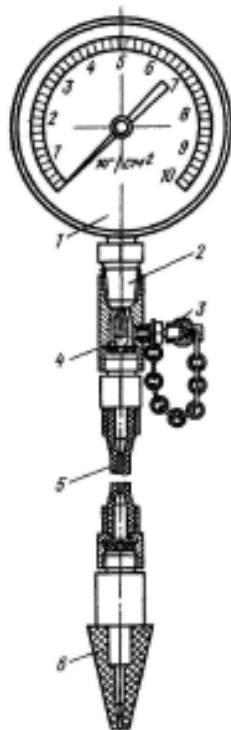


Рисунок 7.1 – Компрессометр

- 1 - манометр; 2 - штуцер; 3 - колпачковая гайка; 4 - обратный клапан;
5 - резиновый шланг; 6 - резиновый наконечник

Измеряя компрессию с закрытой заслонкой, удаётся определить: не вполне удовлетворительное прилегание клапана к седлу; зависание клапана (из-за неправильной сборки механизма привода клапана с гидротолкателем); дефекты профиля кулачка распределительного вала в конструкциях с гидротолкателем (например, износ, биение тыльной стороны кулачка). При измерениях следует учитывать динамику нарастания давления. Так, если на первом такте величина давления, регистрируемого компрессометром, низкая (0,3...0,4 МПа), а при последующих тактах резко возрастает – это свидетельствует об износе поршневых колец (проверяется заливкой в цилиндр через свечное отверстие 5...10 см 3 свежего масла). Напротив, если на первом такте достигается умеренное давление ($\approx 0,7...0,9$ МПа), а при следующих тактах эта величина практически не растёт – это свидетельствует о наличии утечек (клапаны, прокладка, трещина в головке и т.п.). Проводя измерения компрессии, в большинстве случаев следует рассматривать полученные результаты как относительные, т.е. неисправные цилиндры сравниваются с исправными, а абсолютное значение компрессии не

оценивается. Это позволяет исключить ошибки при оценке технического состояния в целом исправного двигателя.

Назначение и устройство тестера утечек. Кроме компрессометра, для определения состояния ЦПГ и герметичности надпоршневого пространства без разборки двигателя используется тестер утечек (рисунок 7.2). С помощью данного прибора определяется механическое состояние цилиндропоршневой группы, плотность прилегания клапанов, целостность прокладки головки блока цилиндров (в дальнейшем ГБЦ) и т.д. по величине падения давления сжатого воздуха, подаваемого в цилиндр через свечное отверстие. Данная процедура проводится без разборки двигателя. Принцип тестирования позволяет производить диагностику на двигателе, снятом с автомобиля. Оценку показаний прибора необходимо делать исходя из следующих рекомендаций. Известно, что даже при минимальном износе цилиндров, в силу наличия конструктивных зазоров, всегда имеется определённая утечка воздуха. Тем не менее, при хорошем состоянии двигателя стрелка манометра контроля утечек должна показывать давление не менее чем на 15...30 % от выставленного ранее. Очень важна разница показаний по всем цилиндрам, допускаемая в пределах 10...15 %.

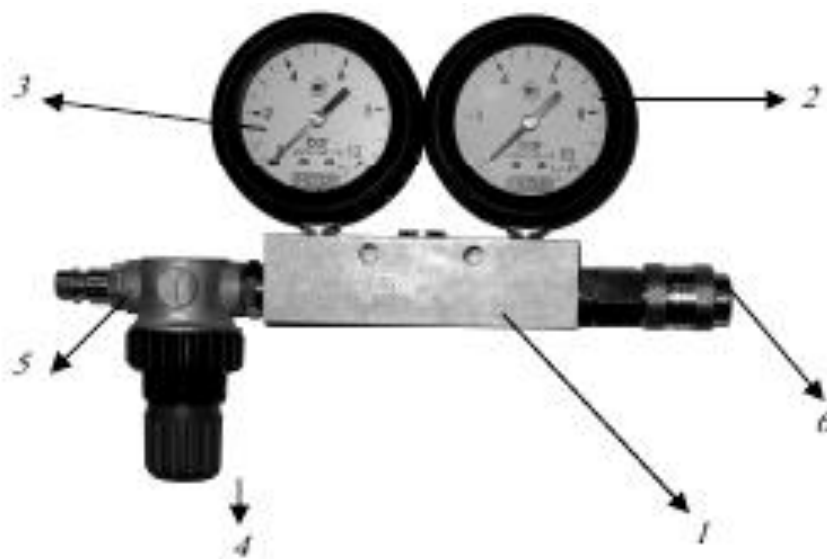


Рисунок 7.2 – Общий вид пневмотестера (тестера утечек) надпоршневого пространства

1 - корпус; 2 - манометр контроля утечек; 3 - манометр контроля входного давления; 4 - регулятор давления; 5 - входной штуцер; 6 - быстроразъемная муфта измерительного канала

В случае если тестер показал высокую величину утечки (более 70 % от выставленного ранее), имеет смысл определить её причину. Для этого следует: 1. Открыть крышку радиатора (расширительного бачка), маслозаливочной горловины, вынуть масляный щуп, снять крышку

воздушного фильтра (для карбюраторных двигателей) или отсоединить входной патрубок впускного коллектора.

2. Выставить давление на входном манометре 6 бар. Показания манометра контроля утечек в этом случае не имеют значения.

Причина повышенной утечки определяется либо по шуму входящего воздуха, либо визуально:

1. Выход воздуха из маслозаливочного отверстия (гнезда шупа) свидетельствует о негерметичности пары: цилиндр – поршень.

2. Выход воздуха из выходного патрубка впускного коллектора (входной горловины карбюратора) свидетельствует о негерметичности или прогаре в паре: впускной клапан – седло клапана.

3. Выход воздуха из глушителя свидетельствует о негерметичности или прогаре в паре: выпускной клапан – седло клапана.

4. Выход воздуха из соседнего свечного отверстия свидетельствует о негерметичности или прогаре прокладки ГБЦ (в некоторых случаях о трещине в блоке цилиндров).

5. Воздушные пузырьки в расширительном бачке или радиаторе свидетельствуют о негерметичности или прогаре прокладки ГБЦ или о трещине в ГБЦ или самом блоке цилиндров.

Не исключена возможность сочетания двух и более неисправностей. Более точную причину повышенной утечки можно определить при разборке двигателя.

7.2 Устройство для диагностирования технического состояния кривошипно-шатунной группы дизельного двигателя

Устройство КИ-13933-ГОСНИТИ (рисунок 7.3) предназначено для определения технического состояния сопряжений кривошипно-шатунной группы (КШГ) дизельных двигателей при проведении регламентных работ, предусмотренных при ТО-2. Работа устройства основана на оценке состояния сопряжений кривошипно-шатунной группы при разнице положений при пусковой и максимальной частотах вращения коленчатого вала двигателя.

Порядок пользования прибором:

1. Подготовить автомобиль к работе, для чего запустить двигатель, прогреть его до температуры 70...90 °С и остановить.

2. Вставить индикатор 1 в корпус устройства и зафиксировать крепежной скобой 2. Вставить в корпус направляющую 4, ввести струну 5 и вернуть её в ножку индикатора. Механизм подачи струны 3 установить в крайнее нижнее положение.

3. Зафиксировать струну винтом 6. Привести механизм подачи струны 3 в крайнее верхнее положение.

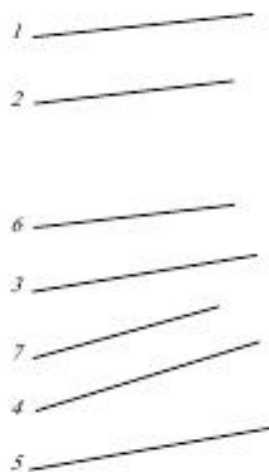


Рисунок 7.3 – Прибор КИ-13933-ГОСНИТИ

4. Снять форсунку проверяемого цилиндра. Соединить топливопровод высокого давления со шлангом для отвода топлива.

Примечание. Для сокращения трудоёмкости проверки суммарных зазоров в шатунных подшипниках при ресурсном диагностировании двигателя достаточно определить суммарный зазор только в последнем цилиндре.

5. Установить вместо снятой форсунки прибор КИ-13933-ГОСНИТИ и закрепить его при помощи пластины 7 и гаек крепления форсунок. Затяжку произвести умеренно, недопустима деформация пластины.

6. Прокручивая коленчатый вал двигателя, установить поршень в положение ВМТ.

7. Плавно спускать струну, вращая гайку и одновременно наблюдая за стрелкой индикатора. Как только струна коснётся поршня, стрелка индикатора начнет вибрировать. В этот момент установить нулевое деление шкалы индикатора против стрелки, а затем сразу отвести струну вверх на 0,8...0,9 мм.

8. Запустить двигатель.

9. Установить максимальные обороты двигателя, сразу же плавно отпускать струну, вращая гайку, одновременно наблюдая за стрелкой индикатора. Как только стрелка индикатора начнет вибрировать, сделать отсчёт. Примечание. Для обеспечения требуемой точности диагностирования время выполнения операции не должно превышать 30 с.

10. Повторить операции по п. 5, 6, 7 и 8 ещё 1–2 раза и заглушить двигатель.

11. Полученные результаты сравнить с номинальными, предельными и предельно допустимыми значениями суммарных зазоров для двигателя.

Сделать заключение о техническом состоянии кривошипно-шатунной группы двигателя.

7.3 Приспособление для диагностирования технического состояния и регулировки клапанного механизма двигателя

Приспособление для проверки и регулировки клапанов двигателей предназначено для предприятий автосервиса и автотранспортных предприятий, на которых осуществляются обслуживание и ремонт автомобилей ВАЗ моделей: 2101, 2102, 21011, 21013, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2121, 2131, а также Chevrolet Niva (без гидрокompенсаторов в приводе клапанов). Правильная установка зазоров между кулачками распределительного вала и рычагами клапанов позволяет соблюдать заложенные в конструкции двигателя фазы газораспределения, что в свою очередь позволяет получить максимальные мощностные характеристики двигателя. Измерение зазоров с помощью приспособления не требует специальных профессиональных навыков и повышает точность установки за счёт учёта местных износов в приводе, где перемещение 0,52 мм соответствует зазору в 0,15 мм в зоне контакта при температуре деталей двигателя +20 °С. При использовании приспособления можно избежать ошибки при затяжке контргайки, для чего необходимо при затяжке гайки следить за показанием индикатора. Наличие штанги позволяет производить регулировку всех клапанов без перестановки приспособления.

Устройство приспособления представлено на рисунке 7.4. Приспособление представляет собой жёсткую штангу 1, оснащённую тремя невыпадающими гайками 2. По штанге перемещается корпус 3, который закрепляется на штанге винтом 4. В корпусе помещаются индикатор часового типа 5, который закрепляется винтом 6, и подвижный измерительный рычаг 7.

Порядок выполнения работы:

1. Снять клапанную крышку.
2. Вращая коленчатый вал по часовой стрелке, установить распределительный вал в положении, при котором метка распределительного вала совпадает с меткой на корпусе распределительного вала, при этом поршень четвёртого цилиндра находится в верхней «мёртвой» точке в конце такта сжатия. Оба клапана при этом закрыты. Такое положение соответствует углу поворота коленчатого вала – 0 градусов.
3. Установить штангу на выступающие резьбовые концы шпилек распределительного вала (не отворачивая гаек).
4. Закрепить штангу тремя гайками 2. Цифры 1...8 на штанге соответствуют номеру клапана; градусы – углу поворота коленчатого вала.
5. Вставить индикатор 5 в корпус 3.

6. Установить корпус с индикатором на штанге против 8-го клапана, при этом ввести измерительный рычаг 7 в соприкосновение с верхней плоскостью рычага клапана на 1...1,5 мм от его края.

7. Закрепить корпус с индикатором на штанге винтом 4. Перемещая индикатор в корпусе, установить стрелку малой шкалы на любой цифре от 1 до 9. Закрепить индикатор винтом 6.

8. Вращая ободок индикатора, совместить нулевой штрих шкалы с большой стрелкой.

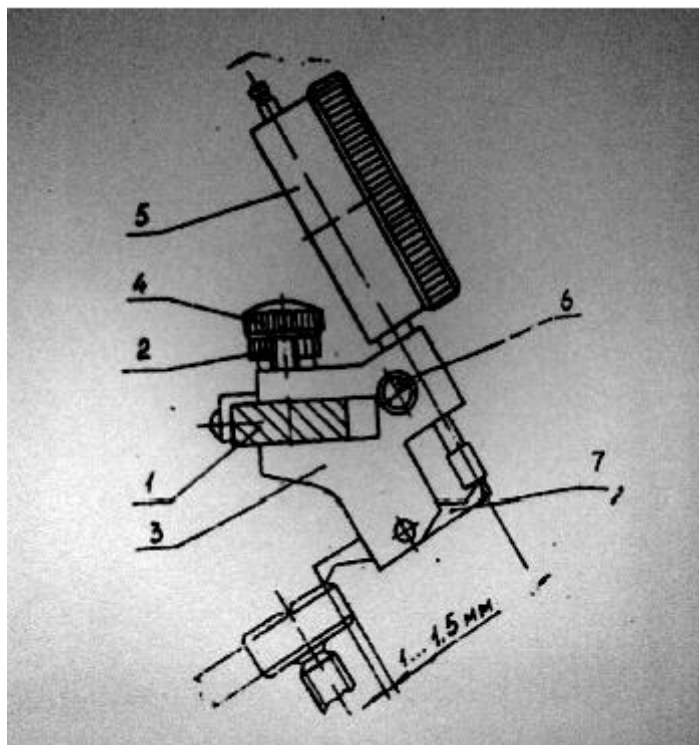


Рисунок 7.4 – Приспособление для регулировки зазоров:

1 – штанга; 2 – гайка; 3 – корпус; 4 – винт; 5 – индикатор; 6 – винт; 7 – рычаг измерительный

9. Ручкой поднять конец рычага клапана до упора. Стрелка индикатора должна переместиться на 52 деления, т.е. на 0,52 мм. Если перемещение стрелки больше или меньше, необходимо произвести регулировку зазора.

Регулировка зазоров:

1. Ослабить контргайку, придерживая ключом регулировочный болт.
2. Вращая регулировочный болт ключом, установить величину хода рычага, клапана такой, чтобы стрелка перемещалась на 52 деления.
3. Закрепить контргайку.
4. Ещё раз проконтролировать величину зазора.
5. Переместить корпус с индикатором на 6-й клапан и произвести регулировку зазора 6-го клапана.

6. Повернуть коленчатый вал двигателя на 180° и отрегулировать зазоры 7-го и 4-го клапанов.

7. Аналогичным образом произвести регулировку зазоров остальных клапанов в соответствии с номерами клапанов и углами поворота коленчатого вала, нанесённых на штанге.

7.4 Прибор для диагностирования неисправностей системы зажигания

Назначение и устройство стробоскопа Искра-А. Конструктивно стробоскоп Искра-А выполнен в пластмассовом корпусе, в котором укреплена печатная плата с расположенными на ней электронными компонентами. Связь стробоскопа Искра-А с внешними устройствами осуществляется при помощи специализированных кабелей. Подача питающего напряжения осуществляется при помощи кабеля питания с разъёмами типа «крокодил». Снятие сигнала производится при помощи индуктивного датчика. Внешний вид стробоскопа показан на рисунке 7.5. Кнопки служат для выбора режима работы стробоскопа и определения угла опережения зажигания. Кнопка переключения режимов работы стробоскопа. Переключение осуществляется однократным нажатием кнопки. Кнопка «+» служит для увеличения отсчёта угла опережения зажигания (УОЗ). Кнопка «-» служит для уменьшения отсчёта УОЗ. Однократное нажатие этих кнопок приводит к изменению угла на $0,1^\circ$. При удержании кнопок в нажатом состоянии происходит плавное автоматическое изменение угла с шагом $0,1^\circ$. Индуктивный датчик предназначен для подключения стробоскопа к высоковольтным проводам системы зажигания двигателя автомобиля.



Рисунок 7.5 – Общий вид стробоскопа Искра-А



Рисунок 7.6 – Общий вид индикаторов

Индикаторы, расположенные на тыльной стороне стробоскопа, представлены на рисунке 7.6. Цифровой индикатор 3, расположенный на торцевой стороне стробоскопа, предназначен для отображения частоты вращения коленчатого вала двигателя и определяемого угла опережения зажигания. Индикаторы 1, 2, расположенные на торцевой стороне стробоскопа выше цифрового индикатора, предназначены для отображения режима работы. Индикатор «об/мин» (1) загорается в режиме определения частоты вращения коленчатого вала двигателя. Индикатор «град» (2) загорается в режиме определения угла опережения зажигания.

Стробоскоп может работать в двух режимах: в режиме определения частоты вращения коленчатого вала двигателя и в режиме определения угла опережения зажигания. Выбор режима работы осуществляется кнопкой переключения режима. Режим работы указывается индикаторами. Изменение отсчёта угла опережения зажигания осуществляется кнопками «+» и «-».

Для определения частоты вращения коленчатого вала двигателя и определения угла опережения зажигания необходимо выполнить следующие действия:

1. Включить зажигание и дать двигателю прогреться.
2. Подключить кабель питания стробоскопа к аккумулятору автомобиля. Разъём типа «крокодил», отмеченный красным цветом, подключается к положительной клемме аккумулятора (отмеченной знаком «+»). Разъём типа «крокодил», отмеченный чёрным цветом, подключается к отрицательной клемме аккумулятора (отмеченной знаком «-»). Цифровой индикатор отобразит «- - -» и загорится индикатор «об/мин». Отсутствие индикации указывает на неисправность стробоскопа, кабеля питания или низкое напряжение аккумулятора.
3. Подключить индуктивный датчик стробоскопа к высоковольтному проводу, идущему к свече зажигания первого цилиндра двигателя автомобиля. При подключении клещи нужно расположить так, чтобы

направление стрелки на датчике совпадало с направлением вдоль провода в сторону свечи. После правильного подключения клещей на индикаторе стробоскопа отобразится значение частоты оборотов двигателя, уменьшенное в 10 раз.

4. Направить стробоскоп стеклянной линзой в сторону двигателя машины.

5. Выставить необходимое количество оборотов коленчатого вала двигателя, управляя дроссельной заслонкой автомобиля.

6. Используя кнопку переключения режимов, перевести стробоскоп в режим определения угла опережения зажигания. Должен загореться индикатор «град».

7. Направить световой пучок стробоскопа на метку визуального контроля угла опережения зажигания (в зависимости от типа автомобиля или двигателя – это могут быть риски или приливы ВМТ на корпусе двигателя и на шкиве или маховике коленчатого вала двигателя).

8. Нажимая кнопки «+» и «-» на стробоскопе, добиться совмещения риски ВМТ на маховике или шкиве коленвала двигателя с риской ВМТ на корпусе двигателя.

9. Цифровой индикатор отобразит установленный угол опережения зажигания. Снять показания цифрового индикатора.

10. Нажимая кнопки «+» и «-» на стробоскопе, установить угол опережения зажигания равный 7° п. к. в. (положение коленчатого вала) (ВАЗ-2107), вращая корпус распределителя зажигания, добейтесь совмещения риски ВМТ на маховике или шкиве коленчатого вала двигателя с риской ВМТ на корпусе двигателя. Требуемый угол зажигания установлен.

Для проверки характеристики центробежного регулятора необходимо выполнить следующие действия:

1. Отсоединить и заглушить вакуумный шланг, идущий к вакуумному регулятору.

2. Для получения первой точки характеристики подключаем стробоскоп, как для проверки начального угла опережения зажигания.

3. Направляем луч стробоскопа на контрольные метки, увеличиваем частоту вращения коленчатого вала до 1000 мин^{-1} , с помощью кнопок «+» и «-» совмещаем контрольные метки (при увеличении оборотов контрольные метки «разъезжаются» и кнопками «+» и «-» их возвращают в первоначальное положение, соответствующее начальному УОЗ). На цифровом индикаторе отобразится величина угла, на которую центробежный регулятор увеличил начальный УОЗ.

4. Далее аналогичные измерения проводим на оборотах коленчатого вала 1500 мин^{-1} , 2500 мин^{-1} , 3000 мин^{-1} . Полученные значения сверяют с характеристикой, показанной на рисунке 7.7, если значения находятся в поле допуска, то центробежный регулятор исправен.

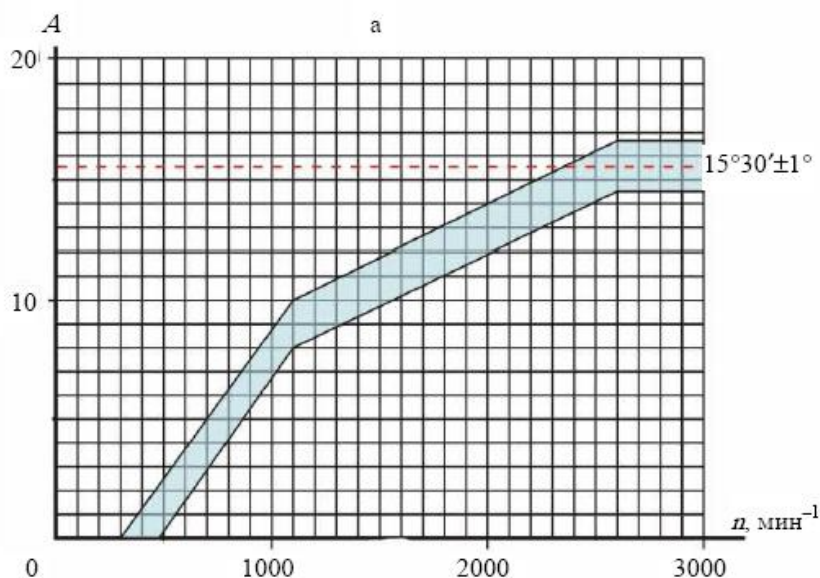


Рисунок 7.7 – Характеристика центробежного регулятора распределителя зажигания 30.3701-01

A – угол опережения зажигания, угл.град по распределительному валу; n – частота вращения распределительного вала, мин⁻¹

7.5 Средства для диагностирования электронной системы управления двигателем

Блок автомобильной диагностики АМД-4А с программным обеспечением МТ-10 предназначен для диагностики двигателей внутреннего сгорания автомобилей, оснащенных системами электронного управления впрыском топлива. Конструкция АМД-4А позволяет использовать его как в стационарном, так и в мобильном варианте. Питание осуществляется от аккумулятора тестируемого автомобиля. АМД-4А в режиме сканера позволяет: – отображать в динамике все контролируемые параметры электронных блоков управления (ЭБУ) и напрямую устройств электронных систем управления двигателями (ЭСУД), просматривать как в цифровом, так и в графическом виде до 16 параметров одновременно; автоматически определять тип ЭБУ (только для автомобилей ВАЗ, ГАЗ, ИЖ, ЗАЗ); – управлять исполнительными механизмами двигателя в процессе отображения интересующих параметров (если это позволяет ЭБУ); – вести долговременную запись поступающей информации; – получать сведения об ошибках ЭБУ, паспортах ЭБУ, двигателя, калибровках, таблицах коэффициентов топливоподачи; – проводить испытания для определения механических потерь, скорости прогрева двигателя и другие (в зависимости от типа

ЭБУ). – создать базу данных для учёта и систематизации клиентов и проводимых работ.

Перед началом работы необходимо убедиться, что автомобиль надёжно зафиксирован стояночным тормозом или противооткатными упорами, рычаг управления КПП находится в нейтральном положении.

Подключаем разъём диагностического кабеля сканера к колодке диагностики автомобиля. Включаем зажигание. Для автоматического установления связи между ЭБУ и сканером выбираем в меню программы «Автоопределение» и марку автомобиля.

После установления связи с ЭБУ программа покажет сведения о его паспортных данных в окне «Паспорт». После закрытия окна «Паспорт» автоматически открывается окно «Комплектация», где будут показаны устройства и функции, включённые в работу системы управления двигателем. Следующее окно «Каналы АЦП» наиболее важно при первичной диагностике. Здесь указываются напряжения сигналов датчиков с аналогово-цифрового преобразователя. Наиболее важные из них приведены в табл. 5.1 и 5.2.

Подключаем манометр для измерения давления топлива МТА-4ИР к штуцеру топливной рампы.

Выбираем в меню программы строку «Параметры» и переходим к строке «Исполнительные механизмы», в открывшемся окне «Реле бензонасоса» нажимаем кнопку «ВКЛ» (активируем бензонасос), затем нажимаем на клапан манометра до устранения воздушной пробки. Активируем бензонасос ещё раз и после его выключения считываем показания манометра. Они должны оставаться стабильными в течение нескольких минут и давление топлива должно быть не менее 0,28 МПа (2,8 кгс/см²), в противном случае возможны засорение фильтра тонкой очистки топлива и неисправности бензонасоса, его обратного клапана, регулятора давления топлива, форсунок. В системах впрыска топлива без трубопровода обратного слива топлива в бак регулятор давления топлива интегрирован в модуль бензонасоса. Давление топлива в таких системах составляет порядка 0,4 МПа и не изменяется в зависимости от разрежения во впускном коллекторе.

Затем в этом же окне выбираем «Реле вентилятора». Произвести включение и выключение. Этими действиями вы проверяете исправность вентилятора охлаждения и его цепей.

Выбрать строку «Желаемое положение регулятора холостого хода». Нажать сначала клавишу «Home» на клавиатуре, затем «End». При обрабатывании регулятором полученной команды должно прослушиваться характерное пощелкивание. На работающем двигателе те же самые действия увеличивают и уменьшают обороты двигателя.

Далее выбираем в меню «Коды неисправности». Если они есть, нажимаем клавишу с изображением дискеты для их сохранения. Анализируя список кодов неисправностей, в первую очередь обращаем внимание на «текущие» и «многократные» ошибки. Наличие текущей

ошибки указывает на конкретную неисправность, но на этом этапе диагностики лучше воздержаться от каких-либо выводов. После просмотра ошибок их можно стереть, нажав клавишу «Сброс».

7.6 Установка для диагностирования и ультразвуковой очистки электромагнитных форсунок бензиновых двигателей CNC-602A

Установка CNC-602 (рисунок 7.8), изготовленная фирмой Shenzhen Launch Tech Co., Ltd, может промывать и тестировать топливные форсунки в режимах, полностью имитирующих их работу на двигателе. Возможна также промывка топливной системы и форсунок автомобиля без снятия с двигателя, что даёт существенную экономию времени. Качество промывки гарантируется ультразвуковой технологией, а точность результатов тестирования – микропроцессорным управлением длительностью впрыска и давлением топлива в замкнутом контуре. Автоматизация всего процесса и простая панель управления обеспечивают лёгкость и удобство эксплуатации.

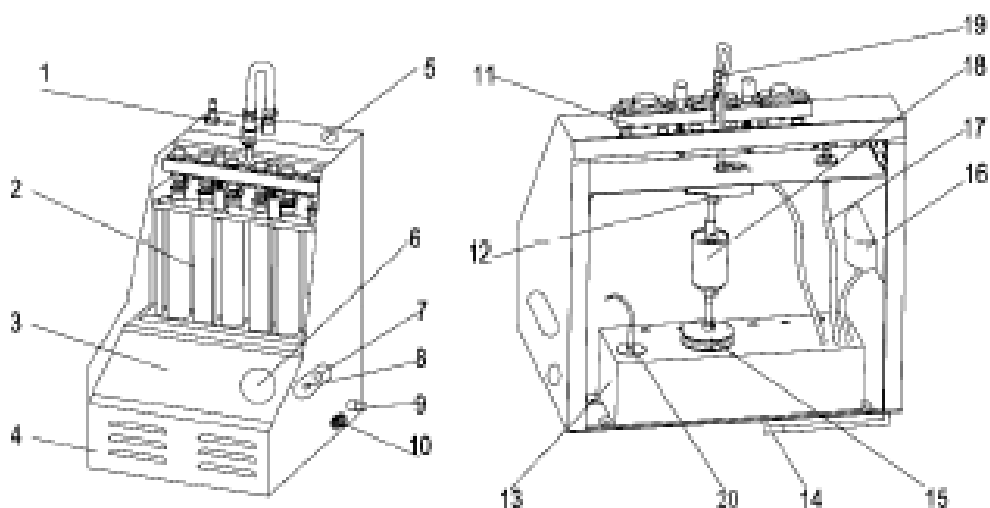


Рисунок 7.8 – Общий вид установки CNC-602A:

1 – клапан сброса давления; 2 – мерный стакан; 3 – панель управления; 4 – корпус; 5 – разъём управления форсунками; 6 – манометр; 7 – выключатель подсветки; 8 – выключатель питания; 9 – плавкий предохранитель; 10 – разъём питания; 11 – сборка распределителя топлива; 12 – Т-образный распределитель; 13 – бак; 14 – индикатор уровня жидкости/сливной шланг; 15 – насос; 16 – наполнительное отверстие; 17 – возвратный шланг; 18 – фильтр; 19 – быстроразъёмный соединитель; 20 – датчик уровня топлива

Существуют следующие режимы работы:

– ультразвуковая очистка форсунок – полное удаление органических отложений за один приём с помощью излучателя мощностью 100 Вт;

- проверка баланса производительности и факела распыла – одновременное измерение относительной и индивидуальной производительности 6-ти форсунок;
- проверка герметичности – проверяется визуально при максимально допустимом рабочем давлении;
- проверка расхода – соответствие производительности форсунки паспортному значению проверяется установкой требуемого давления и длительности впрыска на панели прибора и последующим контролем объёма пропущенной форсункой жидкости.
- автоматическая проверка – проверка форсунок при имитации режимов работы на автомобиле.
- промывка на автомобиле. Позволяет чистить форсунки и систему подачи топлива автомобиля. Подсоединение прибора к топливной системе любого автомобиля крайне несложно и позволяет экономить время. Соответствующий набор адаптеров входит в комплект поставки.

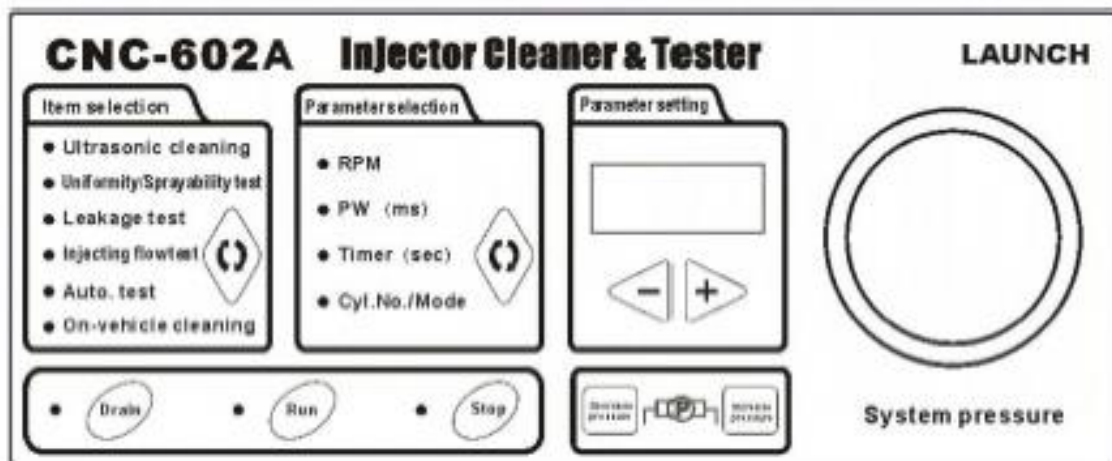


Рисунок 7.9 – Общий вид панели управления

Панель управления разделена на пять функциональных блоков, представленных в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Режимы работы установки

Блок 1	Назначение 2
Выбор режима работы	Выбор режима работы осуществляется с помощью кнопки «(0)»; при этом загорается соответствующий индикатор
Выбор параметра	Выбор параметра осуществляется с помощью кнопки «(0)»; при этом загорается соответствующий индикатор
Установка значения параметра	После выбора режима работы и параметра установка значения параметра осуществляется с помощью кнопок


	« / » (– увеличение. – уменьшение) Значение параметра высвечивается на индикаторе
--	---

Продолжение таблицы 7.1

Управление системой	Управление сливом жидкости из мерных стаканов, началом и остановкой работы CNC-602A
Управление давлением жидкости	Настройка давления жидкости с помощью кнопок [увеличить]/[уменьшить]

Правила использования:

При ультразвуковой очистке

1. Подключить кабели питания установки и ультразвуковой ванны.
2. Наполнить ультразвуковую ванну необходимым количеством жидкости так, чтобы уровень жидкости был на 20 мм выше игольчатого клапана форсунки.
3. Установить предварительно отмытые форсунки на полку с отверстиями в ультразвуковой ванне.
4. Соединить каждую форсунку с прибором при помощи кабеля.
5. Включить питание ультразвуковой ванны.
6. Выбрать [Ultrasonic cleaning] на панели управления с помощью кнопки «»: (рисунок 7.9). Выбрать [Timer] в колонке параметров и установить время очистки (значение по умолчанию составляет около 10 мин). Нажать кнопку [Run] для включения ультразвукового излучателя.
7. По истечении времени установка CNC-602A автоматически отключит ультразвуковой излучатель и подаст звуковой сигнал.
8. Снять форсунки с ультразвуковой ванны и продуть сжатым воздухом.

При проверке баланса производительности и факела распыла

Данный режим работы позволяет сравнить относительную производительность всех форсунок, установленных на одном двигателе, и проверить соответствие их характеристик паспортным данным. Помогает выявить несоответствия, вызванные засорением или неисправностью форсунок.

1. Подобрать необходимые адаптеры для форсунок и установить их на распределитель топлива.
2. Установить форсунки в нормальном (рабочем) положении на распределитель топлива (рекомендуется смазать уплотнительные кольца форсунок).
3. Установить распределитель топлива на установку с помощью регулируемых шпилек и рифлёных гаек. Зафиксировать два рифлёных болта (чёрного цвета).
4. Подключить форсунки к кабелю управления.

5. Перед выполнением проверки опустошить мерные стаканы, нажав кнопку [Drain].

6. Выбрать режим работы [Uniformity/Sprayability test] на панели управления, установить значения параметров впрыска (см. значения в документации на автомобиль или справочной литературе), нажать кнопку [Run] для начала проверки (переключение между режимами проверки факела распыла и баланса производительности осуществляется с помощью кнопки [Drain]).

7. По завершении проверки установка CNC-602A автоматически остановит работу и подаст звуковой сигнал.

При проверке герметичности запорного клапана форсунки. Тест позволяет определить герметичность запорного клапана при заданном давлении жидкости.

1. Перед выполнением проверки нажать кнопку [Drain], чтобы опустошить мерные стаканы, если необходимо.

2. Выбрать [Leakage test] на панели управления и нажать кнопку [Run] для начала проверки. Регулировка давления осуществляется с помощью кнопок [Decrease pressure]/[Increase pressure] во время выполнения проверки. Рекомендуется устанавливать давление на 10 % выше указанного производителем автомобиля.

3. По завершении проверки установка CNC-602A автоматически остановит работу и подаст звуковой сигнал. Исправная форсунка допускает появление не более одной капли в минуту (или в соответствии со спецификацией производителя). Начальное время таймера устанавливается равным 1-й минуте.

При проверке производительности форсунки. Режим позволяет измерить реальную производительность форсунки в рабочих условиях (измерить количество топлива, которое дозирует форсунка за 15 с) и проверить её соответствие паспортным данным. Причиной несоответствия производительности может быть загрязнение или несоответствие электрических параметров форсунки.

1. Перед выполнением проверки нажать кнопку [Drain], чтобы опустошить мерные стаканы, если необходимо.

2. Выбрать [Injecting flow test] на панели управления и нажать кнопку [Run] для начала проверки. Отрегулировать давление с помощью кнопок [Decrease pressure]/[Increase pressure] в соответствии со спецификацией.

3. По завершении проверки установка CNC-602A автоматически остановит работу и подаст звуковой сигнал.

Автоматическая проверка. Данная функция позволяет проводить в автоматическом режиме тестирование форсунок по процедурам: баланс, распыление, герметичность, производительность, что позволяет сэкономить время и провести полную диагностику форсунок при симуляции различных режимов работы двигателя в один приём.

1. Перед выполнением проверки нажать кнопку [Drain], чтобы опустошить мерные стаканы, если необходимо.

2. Выбрать [Autotest] на панели управления и установить давление жидкости в соответствии со спецификацией на форсунку, выбрать режим проверки (1, 2, или 3), нажать кнопку [Run] для начала теста.

3. Регулировка давления жидкости возможна с помощью кнопок [Decrease pressure]/[Increase pressure] во время тестирования.

4. По завершении проверки установка CNC-602A автоматически остановит работу и подаст звуковой сигнал.

По умолчанию устанавливается режим 1. Режим 3 включает в себя операции режима 1 и режима 2.

Основные режимы проверки форсунок представлены на рисунках 7.10 и 7.11.

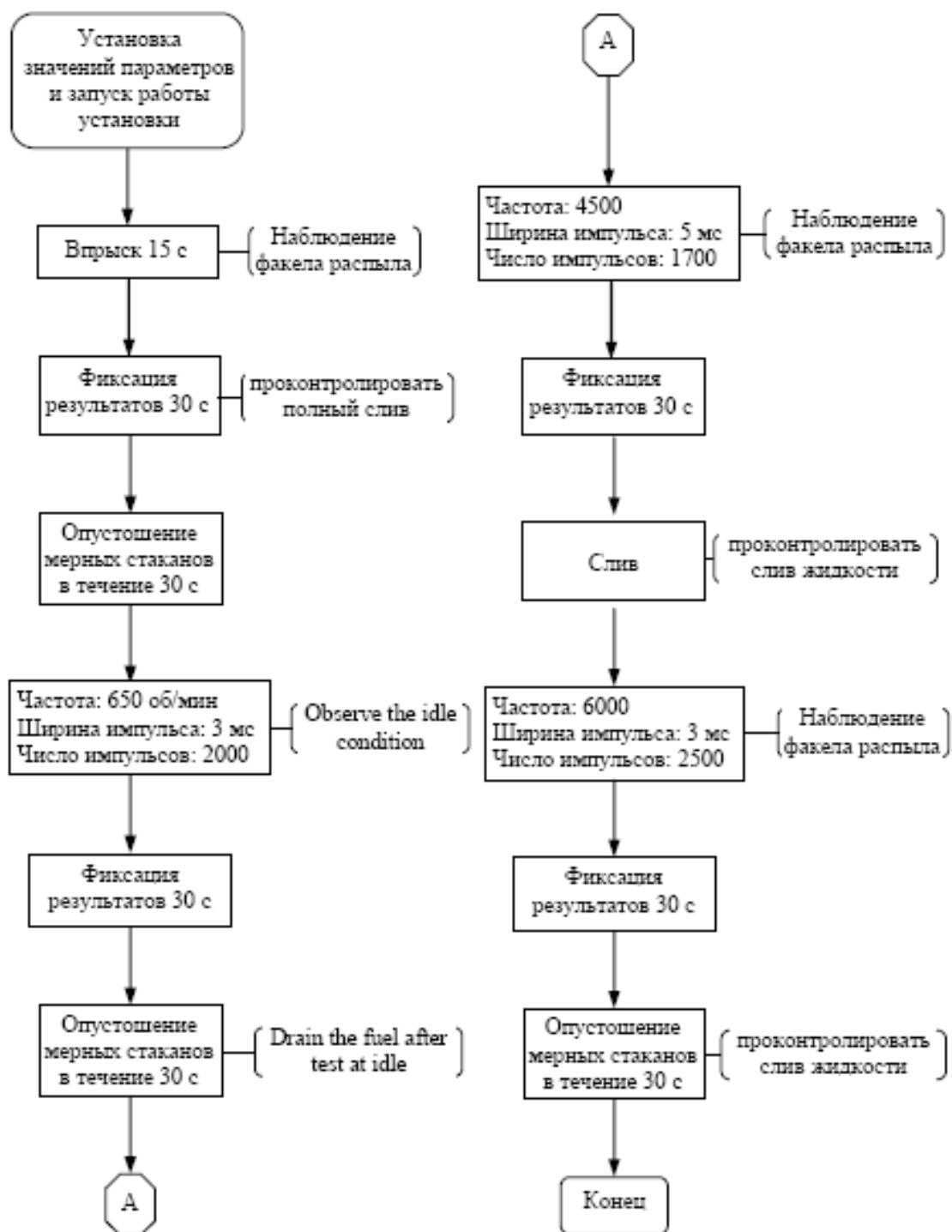


Рисунок 7.10 – Режим № 1 автоматической проверки форсунок

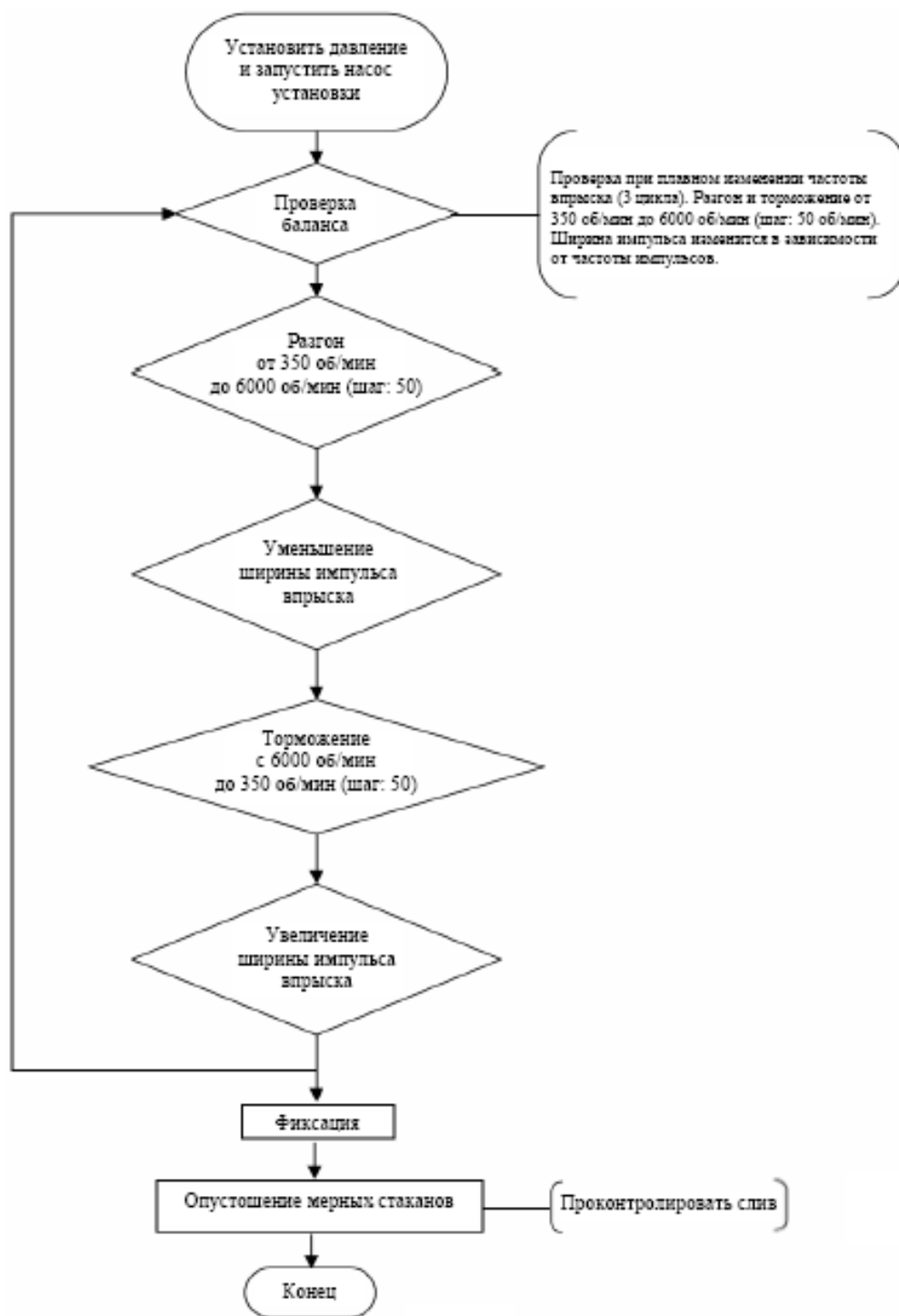


Рисунок 7.11 – Режим № 2 автоматической проверки форсунок

7.7 Средства для исследования фракционного состава и качества отработавших газов автомобилей с бензиновыми двигателями

Газоанализаторы Инфракар М предназначены для измерения объёмной доли оксида углерода (CO), углеводородов, диоксида углерода (CO₂) и кислорода (O₂) в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями. В газоанализаторе имеется канал для измерения частоты вращения коленчатого вала двигателей автомобилей, осуществляется расчёт коэффициента избытка воздуха λ . Тахометр газоанализатора предназначен для измерения и отображения в цифровом виде частоты вращения коленчатого вала двух и четырёхтактных двигателей внутреннего сгорания с бесконтактной и контактной одноискровой системой зажигания и высоковольтным распределением. Газоанализаторы Инфракар М применяются на станциях технического обслуживания автомобилей, станциях инструментального контроля технического состояния автомобилей, на автотранспортных предприятиях.



Рисунок 7.12 – Газоанализатор Инфракар М1 (передняя панель)

Рабочие условия применения прибора:

1. Питание прибора: от сети переменного тока 220 В, частота 50 Гц; от источника постоянного тока с напряжением питания 12 В.
2. Температура окружающего воздуха от 0 до +40 °С;
3. Относительная влажность окружающего воздуха до 95 % при температуре +30 °С и более низких температурах без конденсации влаги.
4. Атмосферное давление 84 – 106,7 кПа (от 630 до 800 мм. рт. ст.).
5. Тахометр прибора должен подключаться к высоковольтному проводу 1-й свечи, импульсы на котором должны иметь следующие характеристики: амплитуда импульсов 2 – 20 кВ; длительность импульсов 20 – 50 мкс.

Технические характеристики Инфракар М1

1. Диапазоны измерения и основная погрешность приведены в таблице 7.2.

2. Предел допускаемого времени установления показаний равен 30 с для каналов CO, CO₂, CH и 60 с – для канала O₂.

3. Время прогрева не должно превышать 30 мин при температуре 20 °С.

4. Цена единицы наименьшего разряда отсчётного устройства для CO – 0,01 %, для CH – 2 млн –1 .

Таблица 7.2 – Технические характеристики газоанализатора

Обозначение и наименование газоанализатора	Диапазон измерений (ДИ)	Пределы допускаемой основной абсолютной* погрешности	Пределы допускаемой основной относительной* или приведённой погрешности
ВЕКМ. 413311.004-1 Инфракар М1	CO: 0 – 7 %; CH: 0 – 3000 млн ⁻¹ ; CO ₂ : 0 – 16 %; O ₂ : 0 – 21 %; коэффициент избытка воздуха λ 0 – 2 (расчёт); частота вращения коленвала 0 – 1200 об/мин; 0 – 6000 об/мин	± 0,2 % об. ± 20 млн ⁻¹ ± 1 % об. ± 0,2 % об.	± 6 % отн. ± 6 % отн. ± 6 % отн. ± 6 % отн. ± 2,5 % от ДИ ± 2,5 % от ДИ
*В соответствии с ГОСТ 52033–2003, выбирается большее из значений. Коэффициент λ вычисляется прибором по измеренным CO, CH, CO ₂ и O ₂			

Порядок выполнения работы:

1. Установить прибор на горизонтальной поверхности. В зависимости от источника электрического питания к разъему на задней панели подключить кабель питания 220 В или кабель питания 12 В. К штуцеру Слив подсоединить трубку для сброса конденсата. К штуцеру Вход подсоединить через короткую трубку из ПВХ бензиновый фильтр, к нему подсоединить прободоотборный шланг с газозаборным зондом (рисунок 7.13).

2. К гнезду на задней панели подключить кабель с датчиком тахометра, датчик подсоединить к высоковольтному проводу 1-й свечи.

3. Установить пробозаборник прибора в выхлопную трубу автомобиля на глубину не менее 300 мм от среза трубы и закрепить его зажимом.

4. Произвести настройку нулей всех каналов нажатием кнопки >0<. Должно быть обеспечено поступление чистого воздуха, не загрязнённого выбросами CO₂, CO и CH.

5. Нажатие и удержание кнопки 4/2 такта позволяет установить в тахометре тип двигателя, к которому подключён прибор (двух – или четырёхтактный). Короткое нажатие на кнопку 4/2 такта позволяет проконтролировать тип двигателя, установленный в тахометре.



Рисунок 7.13 – Газоанализатор Инфракар М1 (задняя панель)

6. Для изменения уровня чувствительности тахометра необходимо одновременно нажать кнопки Печать и 4/2 такта. При этом на индикаторе « λ » появится значение установленного уровня чувствительности. Нажатием на кнопки 4/2 такта (+) и Печать (-) можно установить требуемый уровень чувствительности тахометра для устойчивого измерения частоты оборотов коленчатого вала для данного автомобиля. При завышении показаний тахометра и при его неустойчивой работе необходимо понизить чувствительность, а при занижении показаний – повысить чувствительность тахометра. Запоминание установленного уровня производится нажатием кнопки $>0<$ (Ввод). Выход без запоминания осуществляется нажатием кнопки Насос (Выход). При измерении частоты вращения коленчатого вала в двигателях с 2-искровой системой зажигания в тахометре устанавливается режим точно также как и в 2-тактном двигателе.

7. Включить нажатием кнопку Насос. Газоанализатор готов к работе. После окончания режима настройки нуля (чувствительности – по каналу O_2) газоанализатор переходит в режим измерения концентраций всех каналов, а также частоты вращения коленчатого вала двигателя, производится расчёт коэффициента λ . Переключение режимов вычисления параметра λ для различных видов топлива осуществляется нажатием и удержанием более 4 с кнопки $CO_{кор}$ (Топливо). На индикаторе λ будут высвечиваться названия режимов в порядке: «БЕНЗИН», «ПРОПАН», «П. ГАЗ». «БЕНЗИН» – для бензина, «ПРОПАН» – для смеси пропана и бутана, «П. ГАЗ» – для метана (природный газ). Автоматическая подстройка нуля производится через 30 мин, время подстройки – 30 с. В процессе измерения (при нажатой кнопке Насос (Выход)) автоподстройка не происходит.

8. Показания следует фиксировать через 40 – 60 с после начала измерения. Нажатием кнопки Печать производится распечатка измеренных величин с указанием реального времени.

9. По окончании работы выключить побудитель расхода газа нажатием кнопки Насос.

10. Вынуть пробозаборник из выхлопной трубы автомобиля, отсоединить тахометр.

11. Выключить питание прибора.

7.8 Средства для измерения дымности отработавших газов дизельных двигателей автомобилей

Дымомер Инфракар Д предназначен для измерения дымности отработавших газов автомобильных дизельных двигателей, а также для измерения частоты вращения коленчатого вала и температуры масла двигателей. Прибор применяется на станциях технического обслуживания автомобилей и других предприятиях, связанных с ремонтом и обслуживанием автомобилей с дизельными двигателями на соответствие требованиям ГОСТ.

Рабочие условия применения прибора:

- Питание прибора от бортовой сети автомобиля напряжением (12 В) или от сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 ± 1 Гц;
- Температура окружающего воздуха от 0 до 35 °С;
- Диапазон относительной влажности до 80 % при 30 °С;
- Атмосферное давление 92 – 105 кПа.

Технические характеристики прибора Инфракар Д

1. Характеристика дымомера представлена в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Характеристика дымомера

Определяемая характеристика	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности	
		абсолютной	приведённой
1	2	3	4
Коэффициент поглощения	0...∞	$\pm 0,05 \text{ м}^{-1}$ при $K = 1,6...1,8 \text{ м}^{-1}$	
Коэффициент ослабления света N, %	0...100	-	$\pm 1,0 \%$
Частота вращения, об/мин	0...6000		$\pm 2,5 \%$
Температура масла, °С	0...100		$\pm 2,5 \%$

2. Время прогрева рабочей камеры не должно превышать 10 мин.

3. Давление отработавшего газа в камере дымомера не должно отличаться от давления окружающего воздуха более чем на 735 Па. Оно измеряется встроенным датчиком давления.

4. Предел допускаемого интервала времени работы дымомера без корректирования чувствительности должен быть не менее 12 месяцев.

5. Время срабатывания показаний T 0,9 электрической измерительной цепи при установке экрана, полностью закрывающего фотоприёмник, должно быть равным 0,9-1,1 с. Время срабатывания, вызванное прохождением дыма от момента входа в прибор до момента полного заполнения дымовой камеры, не должно превышать 0,4 с. Устройство и принцип работы дымомера. Дымомер состоит из оптического блока, пульта управления и пробоотборного устройства. В дымомере использован метод просвечивания столба отработавших газов источником света и его поглощения. Длина траектории лучей света называется эффективной оптической базой L . Эффективная оптическая база дымомера равна 0,43 м. Сигнал фотоприёмника, пропорциональный степени поглощения однородного по плотности дыма, обрабатывается контроллером и отображается на дисплее в виде коэффициента поглощения светового потока K , m^{-1} , и коэффициента ослабления светового потока N , %.

Оптическая система защищена от возможных загрязнений принудительным обдувом. Излучение источника света проходит кювету, отражается отражателем, направляется снова в кювету и попадает на фотоприёмник. Вентилятор обеспечивает внутри первичного преобразователя избыточное давление воздуха. Выход нагнетённого воздуха происходит через щелевые держатели измерительной камеры и тем самым обеспечивается защита оптики от сажи отработавшего газа. Оптический блок выполнен в виде прямоугольного каркаса с защитным кожухом (рисунки 7.14 и 7.15), связанного кабелем связи с переносным пультом управления (рисунок 7.17).



Рисунок 7.14 – Дымомер Инфракар Д (вид спереди)



Рисунок 7.15 – Дымомер Инфракар Д (вид сзади)

Газовый тракт состоит из газозаборного зонда с пробоотборным шлангом (рисунок 7.16), входного штуцера, переключающего клапана и вентилятора. Наличие переключающего клапана позволяет подстраивать нуль прибора при установленном газозаборном устройстве в выхлопной трубе. Вентилятор в дымомере с клапаном включается автоматически во время измерения.



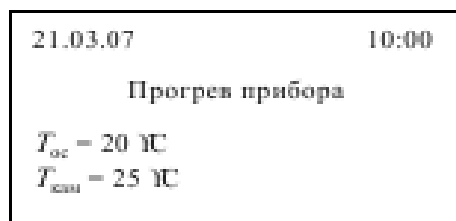
Рис. 7.16 – Газозаборный зонд с пробоотборным шлангом



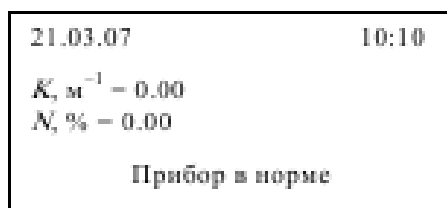
Рисунок 7.17 – Пульт управления

Подготовка и порядок выполнения работы:

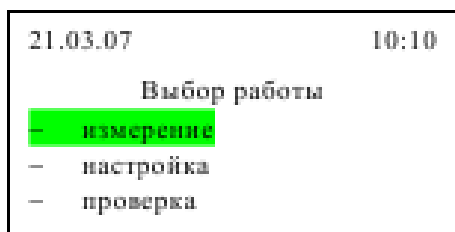
1. Подключить сетевой кабель к разъёму оптического блока. В зависимости от источника электрического питания к разъёму на задней панели (см. рисунок 8.15) подключить кабель питания 220 В или кабель питания 12 В из комплекта принадлежностей.
2. Присоединить кабель связи к разъёму оптического блока и к разъёму пульта управления (см. рисунок 7.17).
3. Соединить элементы газоотборной системы со штуцером оптического блока.
4. Подключить разъём датчика температуры, а также датчик частоты вращения коленчатого вала к разъёму оптического блока.
5. Перевести сетевой выключатель в положение «1». На дисплее в верхней строке появится изображение текущего времени и дата. В нижней строке – температуры рабочей камеры оптического блока и окружающего воздуха.



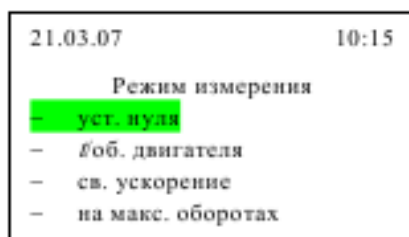
6. После установления температуры рабочей камеры будет выполнена операция «Установка нуля», и прибор перейдет в режим измерения текущей дымности.



7. Для выбора операции нажать кнопку «F1», на экране появится Главное меню «Выбор работы». Для выбора требуемой операции использовать кнопки «↑», «↓». После этого нажать кнопку «Enter». Выход из режима и возврат в Главное меню осуществляются кнопкой «←», возврат в текущее измерение дымности – кнопкой «←→».

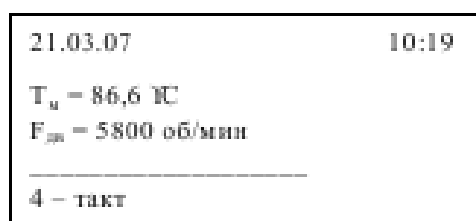


8. Из Главного меню и положения курсора на строке Измерение нажать кнопку «Enter». На экране дисплея появится Меню режимов измерения: Для выбора требуемой операции использовать кнопки «↑», «↓». После этого нажать кнопку «Enter». Возврат в текущее измерение дымности осуществляется кнопкой «←→».



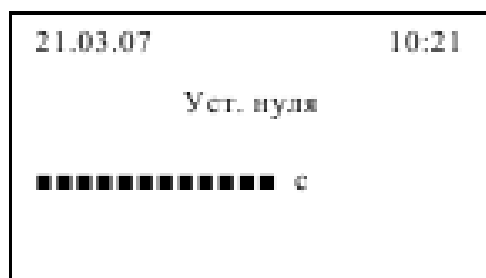
9. В режиме измерения температуры масла и оборотов коленчатого вала двигатель должен быть заглушен и установлен стояночный тормоз.

Установить датчик температуры (до ограничителя) в двигатель на место масляного щупа. 10. Установить датчик частоты вращения коленчатого вала на топливной трубке 1-го цилиндра, зажав датчик винтом. Запустить двигатель и прогреть его, используя нагрузочные режимы или многократное повторение циклов свободного ускорения. Температура должна быть в пределах, установленных предприятием-изготовителем, но не ниже 60 °С. Измеряют значения n_{\min} и n_{\max} , которые должны быть в пределах, установленных предприятием-изготовителем. Выход из режима – кнопкой «Enter». На экране дисплея отобразятся текущие результаты измерения: Допускается использовать штатные средства транспортного средства для определения температуры масла двигателя – по индикатору температуры охлаждающей жидкости, а частоту оборотов коленчатого вала – по показаниям тахометра.



11. В режиме измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя нажатие на кнопку «1» приводит к понижению чувствительности схемы тахометра, на кнопку «3» – к повышению чувствительности. Нормальная чувствительность – 200 единиц отображается на нижней строке дисплея.

12. При установке нуля нажать кнопку «Enter». Дымомер переходит в режим установки нуля, которая длится 22 с. На экране дисплея отображается время процесса установки нуля: Выход из режима установки нуля выполняется автоматически. Перед выполнением режима установки нуля необходимо убедиться, что пробоотборный зонд не установлен в выхлопную трубу автомобиля и / или двигатель не запущен.



13. Подготовку к контролю дымности проводят в следующем порядке:

- заглушить двигатель;
- установить стояночный тормоз;
- установить противооткатные упоры на колёса ведущих мостов;

- установить зонд для отбора отработавших газов из выпускной трубы в дымомер, для легковых автомобилей – зонд с наконечником;
- запустить двигатель;
- включить сцепление и установить рычаг переключения передач в нейтральное положение;
- выбрать режим измерения. Нажать кнопку «Enter».

14. В режиме измерения на свободном ускорении на экране появляется следующая информация:

- текущее значение коэффициента поглощения света K , м^{-1} ;
- текущее значение коэффициента ослабления света N , %;
- номер цикла измерения №;
- график Время – Дымность (K) с шагом 0,1 с (длительность заполнения экрана 12 с, затем его обновление). Следует переместить равномерно педаль подачи топлива за 0,5 – 1 с до упора и держать педаль в этом положении 2–3 с, отпустить педаль и через 8–9 с приступить к повторному измерению. В нижней строке дисплея появится бегущая линия для выдержки времени цикла измерения. Циклы свободного ускорения повторятся автоматически не менее 6 раз. После первого цикла измерения произойдет автоматический переход к следующему циклу измерения и обновится экран. После шестого цикла на дисплее появится результат измерения:

№ 1 $K = 1,41 \text{ м}^{-1}$ $N = 45,3 \%$ № 2 № 3 № 4 № 5 № 6 $K_{\text{ср}} = \text{хх.х} \text{ м}^{-1}$ Измерение действит.

15. В зависимости от полученных циклов измерения в строке «Результат измерения» появится надпись «действительный», если число циклов измерений равно 6 или максимальные значения четырех последних циклов не образуют убывающей последовательности в зоне шириной $0,25 \text{ м}^{-1}$. В противном случае следует прервать измерение и возвратиться в режим измерения текущей дымности кнопкой «F1». Запуск измерений в первом цикле происходит только при превышении установленного порога дымности (5 %). Если измерение действительное, то в предпоследней строке дисплея появится среднее значение измеренной дымности. Если результат измерений недействительный, то следует повторить п. 15 до получения действительного результата. Выход из режима измерения и переход в Главное меню после проведения измерения осуществляется кнопкой «Enter».

16. В режиме измерения на максимальной частоте вращения двигателя на экране появляется следующая информация:

- текущее значение коэффициента поглощения света K , м^{-1} ;
- текущее значение коэффициента ослабления света N , %;
- номер цикла измерения №;
- график Время – Дымность (K) с шагом 0,1 с (длительность заполнения экрана 12 с). Запуск измерения происходит только при превышении установленного порога дымности (5 %). Время измерения составляет 12 с с момента превышения порога. Необходимо нажать педаль подачи топлива до упора и удерживать её в этом положении, пока экран не сменится на вывод результата.

18. После проведения измерения дымности в режиме свободных ускорений на дисплее появится отчёт результата. Нажать кнопку «←→». На дисплее высветится окно (Вл – владелец автомобиля):

21.03.07	11:00
Вл: _____	
Гос. № _____	
Дымность на св. ускор.	
$K = 1,016 \text{ м}^{-1}$	

Печатать ? <enter>	

Для печати – нажать «Enter», отмена печати – «F1». После печати или отмены происходит переход в меню «Измерение». Текстовый ввод осуществляется клавишами букв и цифр, смена регистра – «Shift», выбор цифр – «↑», выбор букв «↓», переход к следующей букве – «→». 17. Проверка дымомера производится с использованием контрольного светофильтра. Для этого в Главном меню при установленном курсоре на строке «Проверка» нажать кнопку «Enter». Будет выполнена операция «Установка нуля», и приор перейдёт в режим измерения дымности по контрольному светофильтру. Установить в окно корпуса фильтр, на экране будет отображаться текущее значение дымности. Сравнить измеренное значение со значением, указанным в паспорте прибора. Разность показаний не должна отличаться более чем на $\pm 0,3 \text{ м}^{-1}$.

Контрольные вопросы:

1. Дать определение понятиям «степень сжатия» и «компрессия».
2. Рассказать о назначении и устройстве компрессометра и тестера утечек.
3. Объяснить необходимость совместного использования компрессометра и тестера утечек для оценки состояния ЦПГ и клапанов.
4. Перечислить условия, необходимые для проведения корректных измерений компрессии и оценки величины утечек.

5. Перечислить дефекты и неисправности бензинового двигателя, выявляемые с помощью компрессометра и тестера утечек.
6. Назовите признаки изменения технического состояния КШМ.
7. Каковы основные причины изменения технического состояния КШМ?
8. На чём основано действие прибора КИ-139333-ГОСНИТИ?
9. В чём заключается подготовка автомобильного двигателя к работе, и для каких целей она проводится?
10. При каких оборотах двигателя делается отсчёт по индикатору?
11. Назовите номенклатурные значения суммарных зазоров в сопряжениях кривошипно-шатунной группы двигателя Д-245.
12. Последовательно опишите порядок измерения суммарных зазоров в сопряжениях кривошипно - шатунной группы.
13. Объясните назначение теплового зазора клапанов двигателя.
14. Назовите основные причины нарушения тепловых зазоров клапанов.
15. Какие величины зазоров клапанов предусмотрены заводом-изготовителем для диагностируемого двигателя?
16. Какими способами осуществляется измерение зазоров клапанов двигателя?
17. Каково назначение и устройство приспособления для проверки зазоров клапанов?
18. Опишите порядок действий при измерении зазоров клапанов при использовании данного приспособления.
19. Рассказать о назначении, устройстве и порядке работы со стробоскопом
20. Что называется углом опережения зажигания и почему его необходимо изменять в зависимости от режима работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС)?
21. Рассказать принцип работы центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания.
22. Перечислить возможные неисправности центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания и их признаки.
23. Что подразумевается под протоколом передачи данных ЭСУД ДВС?
24. Перечислите датчики и исполнительные механизмы ЭСУД, расскажите об их назначении и выполняемых функциях.
25. Расскажите о назначении и выполняемых функциях сканера на примере АМД-4А.
26. Расскажите о порядке проведения диагностики ЭСУД с использованием АМД-4А.
27. Перечислите возможные неисправности ЭСУД, выявляемые и не выявляемые с помощью сканера.
28. Обоснуйте физический принцип ультразвуковой чистки.
29. Расскажите о назначении и устройстве установки СНС-602А.
30. Расскажите о применяемых в установке СНС-602А технологических жидкостях.

31. Назовите режимы работы установки CNC-602A и дайте им краткую характеристику.
32. Перечислите диагностические параметры электромагнитных форсунок и дайте им краткую характеристику.
33. Перечислите основные загрязняющие вещества отработавших газов и их ПДК.
34. Какие значения содержания оксида углерода и углеводородов установлены ГОСТ 52033–2003 для автомобильных двигателей?
35. Расскажите о назначении прибора Инфракар М.
36. Каков принцип действия прибора для измерения компонентов отработавших газов?
37. Опишите методику исследования качества отработавших газов.
38. Как подготовить автомобиль для проверки качества отработавших газов?
39. Как влияет техническое состояние системы питания на мощность и расход топлива двигателя?
40. Назовите основной и вспомогательный параметры дымности отработавших газов дизельных двигателей.
41. Каковы требования к дымности автомобиля в режиме свободного ускорения?
42. Объясните значение графика, изображённого на рис. 8.1.
43. Расскажите о назначении прибора.
44. Опишите принцип работы оптического блока.
45. Что называется эффективной оптической базой? Чему она равна?
46. Каково назначение переключающего клапана оптического блока дымомера?
47. Как осуществляется подготовка автомобиля к контролю дымности?
48. Опишите режим измерения дымности на свободном ускорении.

Список использованных источников

1. Кузнецова Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей. – М.: Транспорт, 1991. – 413 с.
2. Мирошников Л.П. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях. – М.: Транспорт, 1977. – 240 с.
3. Каневский И.Н. Неразрушающие методы контроля. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.
4. Биргер И. А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
5. Воробьев В. Г. Диагностирование и прогнозирование технического состояния авиационного оборудования. – М.: Транспорт, 1994. – 191 с.
6. Дмитриев А. К. Основы контроля и технической диагностики. – М.: МО, 1988. – 206 с.
7. Ключев В. В. Технические средства диагностирования. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
8. Автомобильный справочник: пер. с англ. – М.: За рулём, 1999. – 896 с.
9. Дунаев А.П. Организация диагностирования при обслуживании автомобилей. – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.
10. Дьяков И.Ф. Энергетический показатель – основа учёта ресурса и диагностики автомобиля // Сб. тез. докл. семинара «Вопросы электронизации автомобилей». – М.: НИИАЭ, 1991. – 81 с.
11. Марков О.Д. Автосервис. – М.: Транспорт, 1999. – 270 с.
12. Румянцев С. И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. – М.: Машиностроение, 1989. – 272 с.
13. Удовенко А.А. Экологические проблемы на транспорте. – Новочеркасск: Юж.-Рос. гос. техн. ун-т, 2003. – 44 с.
14. Харазов А.М. Диагностирование и эффективность эксплуатации автомобилей. – М.: Высшая школа, 1986. – 210 с.
15. Харазов А.М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей. – М.: Высш. шк., 1990. – 208 с.