

**Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации**

**Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

А.А. Хохлов  
Н.П. Аюгин  
А.Л. Хохлов  
И.Р. Салахутдинов

## **Основы теории диагностики:**

краткий курс лекций



**Димитровград - 2019**

**УДК 629.03**  
**ББК 39.35**  
**Х - 86**

**Хохлов, А.А.** Основы теории диагностики: краткий курс лекций / А.А. Хохлов, Н.П. Аюгин, А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019.- 75 с.

Рецензенты: Голубев Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования» ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ротанов Евгений Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Естественнонаучные и технические дисциплины», ПКИУПТ (филиал) ФГБОУ ВО «МГУТУ ИМ. К.Г.РАЗУМОВСКОГО (ПКУ)»

Основы теории диагностики: краткий курс лекций предназначен для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Утверждено  
на заседании кафедры «Эксплуатация транспортно-  
технологических машин и комплексов»  
Технологического института – филиала  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,  
протокол № 1 от 4 сентября 2019г.

Рекомендовано  
к изданию методическим советом Технологического  
института – филиала  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ  
Протокол № 1 от 5 сентября 2019г.

© Хохлов А.А., Аюгин Н.П., Хохлов А.Л., Салахутдинов И.Р., 2019  
© Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2019

## Оглавление

<b>ЛЕКЦИЯ 1.</b>	
Задачи диагностики и виды диагностирования.....	4
<b>ЛЕКЦИЯ 2.</b>	
Методы и средства диагностики .....	11
<b>ЛЕКЦИЯ 3.</b>	
Автомобиль как объект диагностики.....	21
<b>ЛЕКЦИЯ 4.</b>	
Структурно-следственная и функциональные модели диагностики .....	30
<b>ЛЕКЦИЯ 5.</b>	
Основы технологии диагностики.....	37
<b>Лекция 6.</b>	
Организация диагностики транспортных средств.....	48
<b>ЛЕКЦИЯ 7.</b>	
Диагностика транспортных средств, оборудованных электронными Системами управления.....	62
<b>ЛЕКЦИЯ 8.</b>	
Анализ информации полученной при диагностике электронных систем управления транспортных средств .....	73

## 2 КРАТКИЙ КУРС ЛЕКЦИЙ

### 1. Задачи, основные термины и понятия диагностики

#### 1) Задачи диагностики и виды диагностирования

#### 2) Основные понятия и определения

#### **Задачи диагностики и виды диагностирования**

Диагностирование машин позволяет определять техническое состояние агрегатов, механизмов и систем машины без их разборки или с частичной разборкой и прогнозировать сроки службы составных частей машины. Фактически появляется возможность управлять техническим состоянием машин, назначая соответствующие предупредительные работы и выполняя их в процессе технического обслуживания и ремонта (ТО и Р). Это снижает время простоя машины и обеспечивает значительную экономию средств на ТО и Р. Выполнение только действительно необходимых операций по ремонту и регулированию сокращает расход запасных частей, топлива и смазочных материалов. Так, своевременное обнаружение и устранение значительных неисправностей в системах питания или зажигания двигателя, агрегатов трансмиссии или ходовой части улучшает на 5...10 % топливно-экономические показатели, увеличивает мощность двигателя, в 2...3 раза улучшает экологические показатели, повышает безопасность машины при ее работе.

*Основными задачами технического диагностирования являются:*

- контроль технического состояния для установления значений параметров требованиям технической документации;
- поиск места и причин отказа (неисправности);
- прогнозирование технического состояния.

Для каждой диагностируемой машины устанавливаются нормативные показатели исправности (работоспособности) при эксплуатации, ТО, ТР и КР.

Виды технического диагностирования, в зависимости от признаков сгруппированы на рисунке 1.

*Общее диагностирование* - диагностирование машины, агрегата по диагностическим параметрам, характеризующим их

общее техническое состояние без выявления конкретной неисправности, в результате которого дается заключение: «исправен - неисправен». Общее диагностирование может применяться как экспресс-диагностирование преимущественно агрегатов, систем и механизмов, обеспечивающих безопасность движения.



Рисунок 1 – Виды диагностирования

*Позлементное (углубленное) диагностирование* - диагностирование машины, агрегатов, узлов по диагностическим параметрам, характеризующим их техническое состояние с выявлением места, причины и характера неисправностей и отказов.

*Тестовое диагностирование* - установление диагноза при помощи подачи на объект специально организуемых тестовых воздействий от средств диагностирования.

*Функциональное диагностирование* - установление диагноза при подаче на объект только рабочих воздействий.

*Объективное диагностирование* - процесс диагностирования, осуществляемый при помощи контрольно-измерительного оборудования, приборов и инструментов.

*Субъективное диагностирование* - определение диагностических параметров, поддающихся оценке с помощью органов чувств, без контрольно-измерительных приборов и инструментов или с применением отдельных простейших средств для усиления сигнала.

*Полное диагностирование* - установление диагноза по полному числу диагностических параметров. Полное диагностирование предусматривает проведение технологического процесса диагностики в соответствии с маршрутной картой без изъятия каких-либо операций. Время, затрачиваемое на полное диагностирование, наибольшее, а на экспресс-диагностирование - наименьшее.

*Неполное диагностирование* - установление диагноза по ограниченному числу диагностических параметров.

*Экспресс-диагностирование* - установление диагноза по минимальному числу диагностических параметров.

Техническое диагностирование в зависимости от его вида выполняют в различных местах. Диагностирование при несложных видах ТО проводят непосредственно на временной стоянке. При сложном ТО-3 для тракторов, ТО-2 для комбайнов диагностирование проводят обычно в ремонтной мастерской. Заявочное диагностирование осуществляют или непосредственно в поле, привлекая передвижную ремонтно-диагностическую мастерскую, или в центральной мастерской. Предремонтное, приремонтное и послеремонтное диагностирование обычно выполняют в месте проведения ремонта.

Виды диагностирования зависят от содержания работы, начиная от предпродажного ТО машины и заканчивая ее утилизацией (таблица 4).

*Предпродажное диагностирование* машин осуществляют после их транспортирования и досборки перед непосредственной продажей в целях оценки качества досборки и готовности машины к работе (состояние крепежных деталей, заправка маслом, другими рабочими жидкостями, быстрый пуск двигателя и др.).

*Диагностирование при ТО* выполняют в целях выявления значений параметров машины, превышающих допусковые.

*Заявочное диагностирование* проводят при поступлении заявки о появившейся в процессе работы неисправности в виде необычных стуков, скрежета деталей, перегрева составной части, уменьшения мощности, производительности машины, увеличения расхода топлива и т.п.

*Ресурсное диагностирование* составных частей и агрегатов осуществляют перед ремонтом в целях определения его вида. При этом контролируют ресурсные параметры, предельные значения которых обуславливают проведение КР агрегата. Ресурсными параметрами двигателя являются зазоры в соединениях гильза - поршень, в коренных и шатунных подшипниках, а также расход газов, прорывающихся в картер.

Таблица 4 - Виды диагностирования машин

Вид диагностирования	Назначение	Основное содержание
Предпродажное	Контроль машины в целях определения ее соответствия техническим требованиям	Проверка соответствия параметров состояния машины техническим требованиям при продаже
При ТО	Определение готовности к работе в течение смены, до очередного ТО и к осенне-зимнему или весенне-летнему сезону	Контроль исправности и работоспособности механизмов и составных частей, обеспечивающих безотказность за смену, до очередного ТО и в предстоящем сезоне
Заявочное	Поиск дефекта или контроль работоспособности при поступлении заявки на неисправность машины	Определение вида, места и причины дефекта или контроль работоспособности машины, агрегата
Ресурсное	Определение остаточного ресурса составных частей перед ремонтом	Проверка технического состояния ресурсных агрегатов или ресурсных составных частей
Предремонтное и приремонтное	Определение составных частей и агрегатов, требующих ремонта или восстановления	Выявление параметров, значения которых превышают допусковые, при данном виде ремонта
Послеремонтное	Оценка качества ремонта	Контроль исправности и работоспособности

		механизмов и составных частей на соответствие их техническим требованиям на ремонт
При утилизации машины	Определение составных частей, годных для дальнейшей эксплуатации после ремонта или восстановления	Контроль состояния составных частей, которые могут быть использованы после их ремонта или восстановления

*Предремонтное и приремонтное диагностирование* агрегатов и машин выполняют перед ремонтом или в процессе ремонта объекта (текущего или капитального). Основное содержание такого диагностирования заключается в проверке состояния ресурсных составных частей и сборочных единиц в агрегате.

*Послеремонтное диагностирование* проводят в целях контроля качества ремонта по параметрам функционирования и параметрам, характеризующим способность выполнять заданные функции до следующего ремонта. Объектами диагностирования являются агрегаты полнокомплектных машин.

*Диагностирование при утилизации* машины осуществляют в процессе списания машины в целях отбора составных частей, которые можно использовать при ремонте других аналогичных машин. Практика показывает, что после списания машины 50 % и более ее составных частей могут быть использованы после проведения технического обслуживания, ремонта или восстановления.

### **Основные понятия и определения**

*Качественные признаки* - признаки, определяющие техническое состояние объекта без использования количественных показателей: наличие или отсутствие подтекания масла, топлива, стуки и др. Они определяются с помощью органов чувств человека (органолептическими



методами).

*Параметры технического состояния* - различные физические величины, характеризующие работоспособность или исправность объекта. Их можно количественно измерить.

*Диагностические параметры* - параметры, используемые для определения технического состояния машин (температура, шум, вибрация, давление, напряжение, сила тока и др.).

Параметры характеризуются номинальными, допускаемыми и предельными значениями.

*Номинальное значение параметра* - исходное значение, установленное технической документацией для новой или капитально отремонтированной машины.

*Допускаемое значение параметра* - значение, при котором составную часть машины после контроля допускают к эксплуатации без выполнения операций ТО или ремонта.

При допускаемом значении параметра составная часть может надежно работать до следующего планового контроля.

*Предельное значение параметра* - значение параметра, достижение которого определяет отказ соответствующего объекта диагностирования.

*Техническое диагностирование* - процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной точностью. Объектом диагностирования может быть изделие, его составные части, элементы, техническое состояние которых подлежит определению.

*Диагностика* - научная дисциплина, раскрывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объекта без разборки или при минимальной разборке.

*Вероятность безотказной работы за время  $t$*  - величина, статистически характеризуемая отношением числа объектов  $m$ , безотказно проработавших до наработки  $t$ , к числу объектов  $n$ , работоспособных в начальный момент,  $p = m/n$ .

*Остаточный ресурс* - прогнозируемый срок безотказной работы объекта до перехода в предельное состояние, исчисляемый с момента прогнозирования.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое диагностика?
2. Каковы задачи диагностики?
3. Каковы виды диагностики согласно классификации?
4. Что такое диагностический параметр?
5. Чем отличается предпродажная диагностика от диагностики при утилизации машины?
6. Чем отличается ресурсная диагностика от послеремонтной диагностики?

## 2. Методы и средства диагностики

### 1) Методы диагностирования

### 2) Средства диагностирования

#### Методы диагностирования

Методы диагностирования подразделяют на две группы (рисунок 2): органолептические (субъективные) и инструментальные (объективные). Инструментальные методы по характеру измерения параметров подразделяются на прямые (непосредственное измерение) и косвенные (по диагностическим параметрам) методы.

*Органолептические методы.* Органолептическими являются проверки на слух и осмотром, осязанием и обонянием.

*На слух* выявляют места и характер ненормальных стуков, шумов, перебоев в работе двигателя, места увеличения зазора между клапанами и коромыслами механизма газораспределения, неисправностей трансмиссии и ходовой системы (по скрежету, шуму и люфту), неплотности (по шуму прорывающегося воздуха) и т.п.

*Осмотром* устанавливают места подтекания масла, воды, топлива, цвет отработавших газов, дымление из сапуна, биение вращающихся частей, натяжение цепных передач, увеличение числа несрезанных растений, невымолоченных зерен и др.

*Осязанием* устанавливают места и степень ненормального нагрева, биения, вибрации деталей, вязкость, липкость жидкости и т.п.

*Обонянием* определяют по характерному запаху отказ муфт сцепления и поворота, течь бензина, электролита, короткое замыкание электропроводки и др.

Как показывает практика, опытные механики до 70 % неисправностей и отказов двигателей и других агрегатов оперативно определяют с помощью органолептических методов и простейших тестов.

*Инструментальные методы.* Измерения параметров технического состояния данными методами производят с использованием диагностических средств.

По *физическому принципу или процессу* инструментальные

методы диагностирования делятся на энергетические, пневмогидрав- лические, тепловые, виброакустические, спектрографические, оптические и др.



Рисунок 2 – Характеристика диагностирования

Каждый метод предназначен для измерения показателя определенного физического процесса. Классификация по использованному физическому процессу позволяет наиболее полно выявить возможности, техническую характеристику соответствующего метода диагностирования. Процесс характеризуется изменением физической величины во времени; например в основе *энергетического* процесса лежат физические величины - сила, мощность; *пневмогидравлического* - давление; *теплового* - температура; *виброакустического* - амплитуда колебаний на определенных частотах и т.д.

По *характеру измерения параметров* инструментальные методы диагностирования машин подразделяются на прямые и косвенные.

*Прямые методы* основаны на измерении структурных параметров технического состояния непосредственно прямым измерением: зазоров в подшипниках, прогиба ременных и цепных передач, размеров деталей и т.д.

*Косвенные методы* основаны на определении параметров технического состояния агрегатов машин по диагностическим (косвенным) параметрам. Косвенные методы основываются на измерении значений непосредственно физических величин, характеризующих техническое состояние механизмов, систем и агрегатов машин: давления, перепада давлений, температуры, перепада температур в рабочем теле системы, расхода газа, топлива, масла, параметров вибрации составных частей машин, ускорения при разгоне двигателя и др.

*Кинематический метод* диагностирования основан на измерении относительного перемещения деталей, изменения их относительного положения, макрогеометрии деталей. Он включает в себя контроль зазоров в соединениях, суммарных зазоров в кинематической цепи, радиальных, торцевых и угловых перемещений валов механизмов, несоосности и непараллельности.

*Кинематический метод* используется при контроле зазоров в подшипниковых узлах, в зубчатых передачах и шлицевых соединениях, в механизме газораспределения двигателя

внутреннего сгорания, в кривошипно-шатунном механизме, в рулевом управлении, в механизмах управления муфтой сцепления и тормозами, при контроле износа цепных передач и гусениц тракторов и т.д. Этот контроль проводится при неработающем объекте и, как правило, без разборки механизмов. Метод достаточно прост для практического применения.

*Виброакустический метод* диагностирования основан на регистрации параметров упругих колебаний, возникающих в механизмах при соударении деталей во время функционирования. Упругие колебания, называемые структурным шумом в отличие от воздушного шума, распространяются по корпусу механизма. При диагностировании они фиксируются датчиками, преобразующими механические колебания в электрические сигналы. Это, как правило, пьезоэлектрические преобразователи ускорений. Датчики устанавливают на корпус механизма.

Метод является универсальным, может быть использован для оценки состояния различных механизмов и соединений, в которых происходят соударения деталей (подшипники качения и скольжения, зубчатые передачи, шлицевые соединения, кривошипно-шатунные механизмы, механизмы газораспределения двигателей внутреннего сгорания, кулачковые механизмы, форсунки дизелей, в которых соударяются детали распылителя и т.д.).

Однако вибропреобразователь воспринимает результирующие колебания, поступающие практически от всех соединений механизма одновременно. Поэтому при виброакустическом диагностировании сложной задачей является разделение сигналов и выделение сигнала от проверяемого соединения. Обычно применяют следующие способы селекции (разделения) сигналов: частотный, временной и амплитудный.

*Пневматические методы* диагностирования основаны на оценке герметичности замкнутых полостей различных устройств: топливных баков, сердцевин радиаторов, соединений

трубопроводов, камеры сгорания и цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания, уплотнительных устройств агрегатов трансмиссии и ходовой системы.

Пневматические методы просты и доступны, реализуются на базе несложных технических средств (манометры, вакуумметры, дифференциальные манометры, пневматические и пневмовакuumные калибраторы, индикаторы герметичности).

### Средства диагностирования

Распространены переносные, передвижные и стационарные комплекты диагностических средств. Больше всего диагностических приборов и их комплектов имеется для контроля двигателей внутреннего сгорания, в частности дизелей, поскольку двигатель — наиболее сложный агрегат машины.

Основные контрольно-диагностические средства для определения технического состояния машин представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Основные контрольно-диагностические средства для определения технического состояния машин

Контрольно-диагностическое средство	Контролируемые параметры	Шифр средства	Измеряемые параметры
1	2	3	4
Индикатор расхода газов	Техническое состояние цилиндропоршневой группы по объему газов, прорывающихся в картер	КИ-13671М, КИ-17999М, КИ-28126	Перепад давлений на мерной шайбе
Анализатор герметичности цилиндров двигателя	Разрежение в цилиндрах, измеряемое через форсуночные или свечные отверстия	КИ-5973, КИ-5315М	Уменьшение разрежения
Пневмотестер	Герметичность надпоршневого	К-272	Падение давления



	пространства		воздуха
Электронный расходомер топлива	Объемный расход топлива	КИ-28094	Частота вращения турбинки
Универсальный электронный автостетоскоп	Стуки и шумы механизмов и агрегатов	КИ-28154	Акустическое давление в звуковом диапазоне частот
Дымомер	Степень сгорания топлива	КИД-2М	Оптическая плотность

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
Устройство для измерения давления	Давление в главной масляной магистрали	КИ-13936, КИ-28156	Давление масла
Моментоскоп	Начало подачи топлива	КИ-4941	Уровень топлива
Механотестер для проверки топливной аппаратуры дизелей	Давление впрыскивания и качество распыла топлива (без съема форсунок)	КИ-5918	Измерение давления и оценка качества
Устройство для диагностирования турбокомпрессора	Давление наддува турбокомпрессора	КИ-28204	Давление
Измеритель мощности двигателя	Мощность двигателя по ускорению разгона	ИМД-ЦМ	Ускорение разгона
Бесконтактный лазерный измеритель температуры	Температура поверхности корпусных деталей	КИ-28153	—
Прибор для проверки гидравлической системы	Производительность масляного насоса гидравлической системы, давление срабатывания автоматов золотников распределителя и предохранительного клапана	ДР-90М, ДР-350 (КИ-28159)	Давление и расход масла
Прибор для проверки рулевого управления	Свободный ход рулевого управления и усилие на рулевом колесе	К-402	Угол и усилие поворота рулевого колеса
Переносной прибор для проверки автотракторного электрооборудования	Проверка генераторов постоянного и переменного тока, реле-регуляторов,	Ц-4324 или КИ-11400	Ток и напряжение в цепях электрооборудования

	стартера и аккумуляторных батарей		
Угломер	Момент начала подачи топлива и фаз газораспределения	КИ-13926	Угол перемещения пузырьков воздуха в ампуле
Тахометр	Частота вращения	ТЧ-10Р	Частота вращения

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
Устройство для проверки системы топливopодачи низкого давления	Параметры состояния подкачивающего насоса, перепускного клапана и фильтра тонкой очистки топлива	КИ-13943	Манометрические величины
Измеритель линейных величин	Сходимость передних колес машины	КИ-13927	Линейные величины
Плотномер жидкости	Плотность электролита	КИ-13951	Плотность
Наконечник с манометром	Давление	НИИАТ-458М	Давление воздуха в шинах
Прибор для проверки и регулировки фар	Направление светового потока	К-310, ОПК	Положение светового пятна на экране
Газоанализатор	Концентрация оксидов углерода и углеводов	ГИАМ-27-01	Поглощение энергии в инфракрасной области спектра
Прибор для проверки эффективности тормозных систем транспортных средств	Замедление, усилие нажатия на педаль, тормозной путь, время срабатывания тормозной системы	«Эффект» фирмы «МЕТА»	Различные
Переносной комплект средств технического сервиса АТЭ и КИП	Параметры электрооборудования и контрольно-измерительных приборов	КИ-5929М	То же

**Контрольные вопросы**

1. По каким признакам классифицируют методы диагностики?
2. Какие методы диагностики относят к органолептическим?
3. Какие методы диагностики относят к инструментальным?
4. Чем отличаются прямые методы диагностики от косвенных?
5. В чем сущность кинематического метода диагностики?
6. В чем сущность виброакустического метода диагностики?
7. В чем сущность пневматического метода диагностики?

### **3. Автомобиль как объект диагностики**

- 1) Диагностические нормативы**
- 2) Автомобиль как система элементов**
- 3) Распределение ресурса автомобиля**

#### **Диагностические нормативы**

Как известно из теории надежности, автомобиль, его агрегаты и системы могут находиться в одном из возможных технических состояний:

- исправном и работоспособном,
- неисправном и работоспособном,
- неисправном и неработоспособном.

Диапазон изменения структурных параметров в пределах поля допуска определяет исправность техники. При выходе какого-либо структурного параметра за пределы поля допуска машина или ее агрегат переходят в состояние неисправности, оставаясь по-прежнему работоспособной. С увеличением наработки по мере дальнейшего отклонения величины структурного параметра от поля допуска наступает сначала предотказное состояние машины, а затем возникает отказ и изделие переходит в неработоспособное состояние.

Каждому из этих состояний соответствует определенная совокупность диагностических параметров, значения которых отражают величины отклонения структурных параметров от допустимых значений.

Для количественной оценки технического состояния объекта по результатам измерения текущих значений диагностических параметров необходимы диагностические нормативы, которые бы соответствовали определенным пределам зоны исправности машины, а также давали информацию о необходимости предупреждающих технологических воздействий в целях предотвращения перехода машины в зону предотказного состояния. К ним относятся начальная (или номинальная) величина диагностического параметра  $S_n$  его предельное

значение  $S_n$  и упреждающая (допустимая) величина  $S_y$  при заданной периодичности планового диагностирования  $t_d$ .

Основным назначением диагностических нормативов является определение годности объекта в данный момент путем сравнения измеренной текущей величины диагностического параметра  $S_i$  с предельной  $S_n$  и прогнозирование его работоспособности в период предстоящей наработки  $t_d$  путем сравнения величины  $S_i$  с упреждающей величиной  $S_y$ .

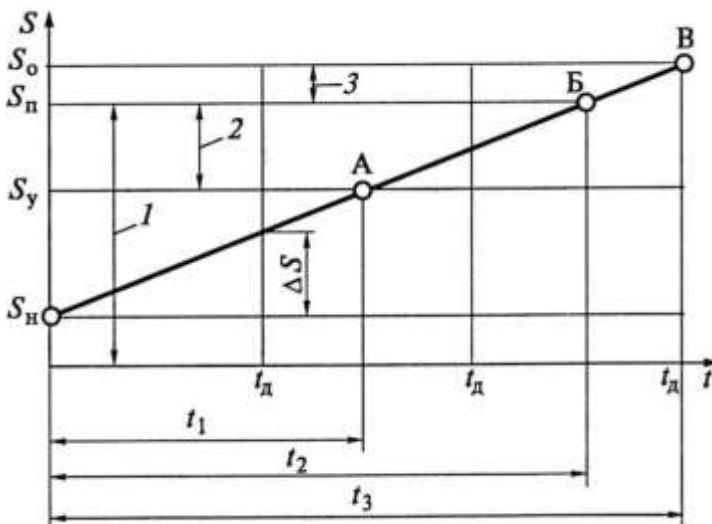
В общем случае диагностический параметр является сложной стохастической (случайной) функцией многих случайных величин (нагрузки, характеристики конструкционных материалов, наработки, времени и др.). Эта функция может иметь линейный, нелинейный или релейный вид. Для практической диагностики знание вида зависимости необязательно, так как важными являются только значения нормативов, но для установления их величин в нормативно-технической документации, особенно значения  $S_y$ , вид зависимости (функции) диагностического параметра от структурного параметра или наработки имеет большое значение.

Схема формирования диагностических нормативов при линейной зависимости диагностического параметра от наработки показана на рисунке 3. Данная схема формирования диагностических нормативов характерна для узлов трения типа вал - втулка и зубчатых передач.

Как видно из схемы, одной из основных задач, решаемых при установлении нормативов, является определение таких межконтрольных (междиagnostических) пробегов автомобиля, при которых, с одной стороны, использование ресурса агрегатов и сборочных единиц было бы наиболее полным, а с другой - упреждающее технологическое воздействие согласно величине  $S_y$  - своевременным.

Если диагностический параметр имеет релейный характер изменения, упреждающая величина  $S_y$  теряет смысл и нормативными будут начальная и предельная  $S_n$  величины. В

этом случае предельное значение диагностического параметра ужесточают на величину, гарантирующую безотказную работу в предстоящем межконтрольном пробеге.



1 - зона работоспособного исправного состояния; 2 - запас исправной работы; 3 - зона предотказного состояния;  $S_n$ ,  $S_y$ ,  $S_p$ ,  $S_o$  - начальная, упреждающая, предельная, отказная величины диагностического параметра  $S$  соответственно;  $A$  - профилактика (упреждение неисправности - проводится по прогнозируемому значению наработки  $t_1$ );  $B$  - неисправность (упреждение отказа соответствует наработке  $t_2$ );  $V$  - отказ (диагностируется при наработке  $t_3$ );  $t$  - наработка;  $t_d$  — периодичность плановой диагностики;  $\Delta S$  — допустимое отклонение диагностического параметра

Рисунок 3 – Схема формирования диагностических нормативов при линейной зависимости диагностического параметра  $S$  от наработки

Для обеспечения условий сравнимости диагностические нормативы относят к определенным скоростным, нагрузочным и тепловым режимам работы объекта.

В зависимости от сборочных единиц и механизмов автомобиля нормативные показатели условно можно разделить на две группы:

- устанавливаемые ГОСТами;
- рекомендуемые заводами - изготовителями автомобилей.

Диагностические нормативы первой группы относятся в основном к агрегатам, сборочным единицам и узлам конструкции, определенно влияющим на обеспечение безопасности движения, а также к механизмам автомобиля, от которых зависит шум, вибрация и токсичность отработавших газов. Как правило, эти параметры (тормозной путь, время срабатывания тормозного механизма, содержание оксида углерода в отработавших газах и т.д.) отражают основные рабочие процессы механизмов и легко измеряются непосредственно. Диагностические параметры этой группы, напрямую не оговоренные ГОСТом, находят пересчетом соответствующего норматива. Например, нормативное значение тормозной силы определяют по величинам тормозного пути и массы автомобиля. В эксплуатации корректировка нормативных показателей первой группы допускается только в сторону их ужесточения. Так, например, не допускается увеличение тормозного пути, повышения содержания оксида углерода в отработавших газах, уменьшения тормозной силы на колесах.

Диагностические нормативы второй группы в основном связаны с технологическими допусками структурных параметров на изготовление механизма, с одной стороны, и с оптимальными показателями надежности, долговечности и экономичности работы автомобиля - с другой. Как правило, нормативы структурных параметров устанавливаются на стадии проектирования и окончательно определяются при стендовых и эксплуатационных испытаниях опытных образцов. Примером структурных нормативных параметров этой группы могут



служить установленные технической документацией зазоры в клапанном механизме, контактах прерывателя.

Среди нормативных показателей первой и второй групп имеются нормативы, относящиеся к тем конструктивным элементам, агрегатам и системам автомобиля, состояние которых не влияет на безопасность движения, но вызывает дополнительные эксплуатационные потери. Эти потери связаны с повышением расхода топлива, снижением мощности двигателя и эффективности использования автомобиля, уменьшением долговечности деталей и узлов, их более частыми ремонтами. Указанные показатели находят широкое применение при диагностике автомобиля и составляют группу промежуточных нормативов.

### **Автомобиль как система элементов**

Автомобиль (агрегат, механизм) представляет собой упорядоченную систему (структуру) элементов. Работа автомобиля обусловлена взаимодействием указанных элементов между собой или средой.

В процессе эксплуатации структурные параметры непрерывно или дискретно изменяются от номинальных до предельных значений. Поэтому техническое состояние объекта определяется совокупностью отклонений от номинальных (или предельных) значений структурных параметров автомобиля, обуславливающих его исправность.

Автомобиль как объект диагностирования физически характеризуется, во-первых, потребностью (объемом, частотой) получения информации о его техническом состоянии, во-вторых, возможностью (приспособленностью) снятия этой информации. Первая характеристика определяется законами распределения отказов (неисправностей) механизмов автомобиля, изменением его технического состояния, а также издержками, связанными с ТО и ремонтом. Вторая характеристика определяется контролепригодностью

автомобиля и оценивается трудоемкостью и стоимостью диагностических работ.

Агрегаты, системы и механизмы автомобиля разнородны по принципу действия (газодинамические процессы происходят в двигателе, электрохимические процессы - в аккумуляторных батареях, тепловые процессы - в системе охлаждения, механические - в кривошипно-шатунном механизме), неравнопрочны, имеют различные показатели надежности (коэффициенты вариации ресурса, частота отказов). Все это вызывает необходимость использования многих принципиально различных методов и средств диагностирования, различной периодичности, технологии и организации его проведения.

Элементы автомобиля непосредственно или косвенно связаны между собой. Эти связи могут быть последовательными, параллельными и смешанными. Множественные связи между механизмами, системами и агрегатами автомобиля затрудняют определение его технического состояния путем однократного диагностирования. Это объясняется влиянием на измеряемые диагностические параметры технического состояния взаимодействующих с объектом элементов, возникновением фона или искажением получаемой информации. Чтобы получить полную и достоверную информацию при однократном (первичном) диагностировании, требуются сложные и дорогостоящие средства. В связи с этим преимущественно используется двукратное диагностирование:

- общее - по основным параметрам работоспособности объекта;
- поэлементное - сопровождающееся последовательным устранением неисправностей, т.е. диагностирование, совмещенное с ТО автомобиля.

Равнопрочность элементов автомобиля практически невозможна. Поэтому первоочередными объектами диагностирования являются те элементы и сопряжения, отказ

которых наиболее вероятен. Такие элементы называют критическими, или определяющими.

Критичность элементов оценивают коэффициентом повторяемости неисправностей, их средней частотой, процентными отношениями числа появлений неисправностей данного элемента, а также стоимостными и трудовыми затратами на устранение пропущенных отказов, проведение планового обслуживания и диагностирования.

Статистический анализ показателей надежности и затрат на восстановление отказов позволяет получить характеристику и адрес наиболее слабого звена объекта диагностирования.

Кроме указанных затрат, являющихся дискретными, объект диагностирования характеризуется непрерывными затратами на поддержание его работоспособности. Непрерывные затраты связаны с расходом топлива, масла, износом шин и снижением производительности автомобиля из-за падения его колесной мощности и средней скорости движения. Эти затраты являются значительной частью общих издержек.

### **Распределение ресурса автомобиля**

Решающее значение для характеристики объекта диагностирования имеют закономерности распределения его ресурса. Именно большая вариация ресурса обуславливает нецелесообразность регламентного, принудительного обслуживания большинства агрегатов, механизмов автомобиля и вызывает необходимость их диагностирования. Для автомобиля, находящегося в рядовой эксплуатации, характерно значительное рассеивание ресурса и максимальных износов однотипных деталей. На рисунке 4 показано распределение ресурса двигателей автомобиля ЗИЛ-130 до первого капитального ремонта или пробега 300 тыс. км (1) и максимальных износов коренных шеек коленчатых валов после пробега 120 тыс. км (2). Распределение ресурса зависит от качества производства и эксплуатации автомобиля.

Качество производства автомобиля следует рассматривать, во-первых, как результат производства нового автомобиля (первичное производство), во-вторых, как результат его капитального ремонта (вторичное производство). Современное качество производства нового автомобиля далеко не обеспечивает однородность, а следовательно, и одинаковую интенсивность изменения структурных и диагностических параметров.

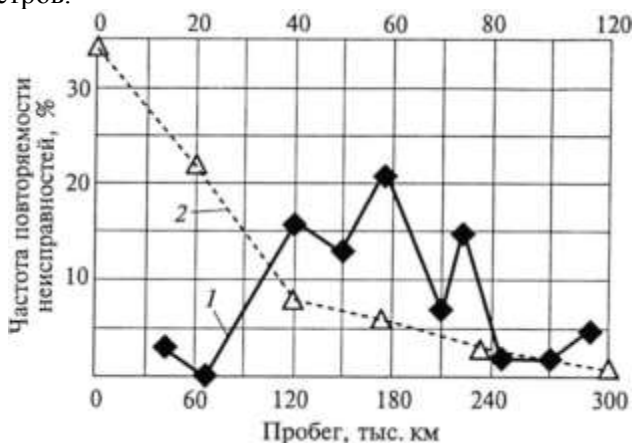


Рисунок 4 - Распределение ресурса двигателей автомобиля ЗИЛ-130 до первого капитального ремонта или пробега 300 тыс. км (1) и максимальных износов коренных шеек коленчатых валов после пробега 120 тыс. км (2)

Так, например, о неоднородности производства можно судить по различию топливной экономичности новых исправных автомобилей, работающих в одинаковых условиях. После капитального ремонта автомобилей рассеивание параметров технического состояния, обусловленное неоднородностью производства, значительно возрастает.

### Контрольные вопросы

1. Чем отличается работоспособное от неработоспособного

состояния объекта диагностики?

2. Чем отличается исправное от неисправного состояния объекта диагностики?

3. Чем отличается общая диагностика от поэлементной?

4. Что такое коэффициент повторяемости неисправностей?

#### **4. Структурно-следственная и функциональные модели диагностики**

- 1) Изменения структурных параметров автомобиля**
- 2) Структурно-следственная модель объекта диагностирования**
- 3) Функциональная модель диагностируемого объекта**
- 4) Контролепригодность автомобиля**

##### **Изменения структурных параметров автомобиля**

В процессе эксплуатации структурные параметры объекта диагностирования изменяются, а упорядоченность системы в целом и ее функциональные качества ухудшаются, деградируют.

Для того чтобы измерить степень этой деградации в данный момент и прогнозировать ее в предстоящем пробеге, необходимо знать закономерности и причины изменений структурных параметров под воздействием типичных эксплуатационных факторов. Такими причинами изменения структурных параметров механизмов автомобиля являются:

- естественное изнашивание, старение (или какой-либо другой вид постепенной деградации) при нормальных малоизменяющихся условиях эксплуатации;

- форсированное изнашивание (или другой вид изменения) под воздействием нарушений нормальной эксплуатации (появление в масле или топливе абразива, воды; длительная работа при высоких скоростных, нагрузочных, тепловых режимах; нарушение регулировок);

- производственные дефекты, а также случайные значительные сосредоточенные нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации (наезд на препятствие, удары).

В процессе естественного изнашивания происходит постепенное, монотонное изменение структурных параметров вследствие трения при естественных для данного объекта изменениях нагрузочных, скоростных и тепловых режимов. При этом изнашивание может быть прогрессивным, ускоряющимся (например, при изнашивании жесткого сопряжения) либо, наоборот, замедляющимся

(например, при изнашивании упругих сопряжений вследствие уменьшения давления на контакте при потере упругих свойств).

Форсированные изменения параметров технического состояния механизмов автомобиля тоже являются постепенными. В отличие от естественного изнашивания интенсивность их изменений может быть понижена эксплуатационными мерами. Эти изменения протекают быстрее, чем при естественном изнашивании, поэтому для их обнаружения требуются относительно простые, не обладающие высокой точностью измерительные средства.

В результате производственных дефектов (трещины, неснятые напряжения), а также случайных эксплуатационных воздействий (наезды на препятствие, удары) происходят внезапные изменения структурного параметра. Вследствие этих изменений (макроповреждений) автомобилю обычно требуется ремонт с заменой деталей и узлов, потому что изменения могут сразу привести к отказу объекта или существенно снизить его ресурс и надежность. Внезапный характер возникновения таких изменений не позволяет осуществлять их индивидуальное прогнозирование.

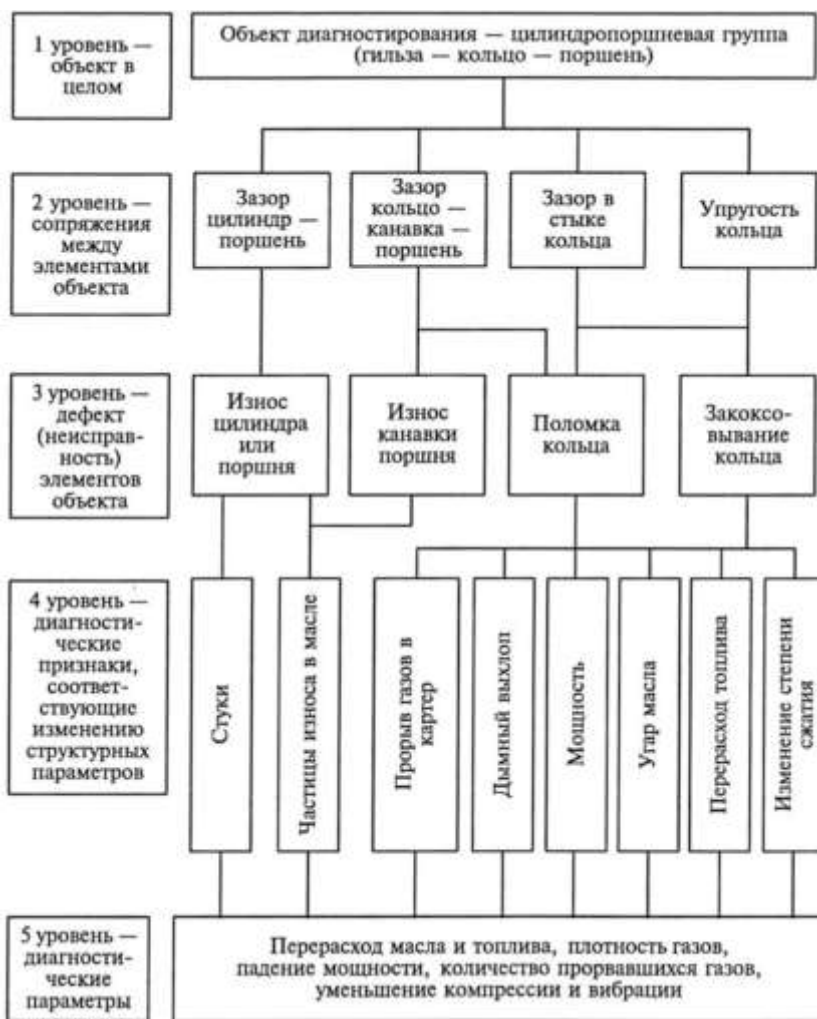
В реальных условиях имеет место одновременное существование всех перечисленных типов деградации объекта.

### **Структурно-следственная модель объекта диагностирования**

Для того чтобы разработать какой-либо метод и технологию диагностирования автомобиля, недостаточно знать закономерности изменения его отдельных механизмов или узлов. Необходимо обобщенное логическое или аналитическое описание наиболее важных свойств всего объекта диагностирования.

В целом это описание (модель) должно включать в себя перечень наиболее часто отказывающих элементов (узлов, механизмов, деталей) автомобиля, соответствующие этим элементам структурные и диагностические параметры и связи между ними. Наиболее простым и логическим описанием объекта диагностирования является *структурно-следственная модель*. На рисунке 5 показана

структурно-следственная модель объекта диагностирования на примере цилиндропоршневой группы автомобильного двигателя.





## Рисунок 5 - Структурно-следственная модель объекта диагностирования

Как видно из схемы, последний уровень занимают диагностические параметры, т.е. физические величины, при помощи которых можно измерить сопутствующие или рабочие процессы объекта диагностирования и таким образом определить техническое состояние объекта без его разборки.

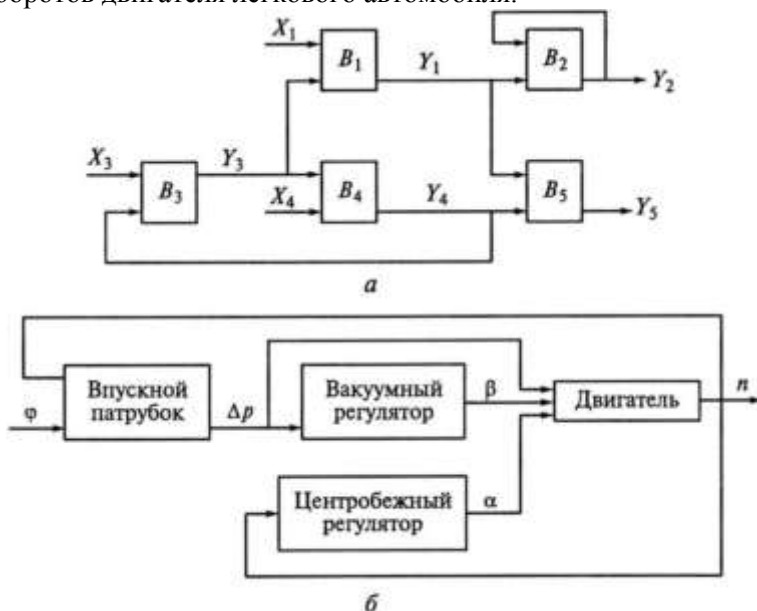
Структурно-следственная модель создается на основе инженерного изучения устройства объекта и его функционирования, статистического анализа показателей надежности и оценки диагностических параметров. Эта модель дает наглядное представление о наиболее ответственных элементах объекта диагностирования, его структурных и диагностических параметрах и связях между ними в масштабе данного объекта. Пользуясь структурно-следственной моделью, можно выбрать наиболее важные диагностические параметры и, следовательно, методы и средства диагностирования.

### **Функциональная модель диагностируемого объекта**

Для разработки технологического процесса диагностирования сложного объекта, включающего в себя параллельные и последовательные подсистемы, кроме структурно-следственных схем необходима *функциональная модель*. Такая модель раскрывает межэлементные и блочные связи объекта и позволяет определить оптимальную технологическую последовательность (тесты и программы) процессов диагностирования агрегатов и систем, приборов и узлов автомобиля.

Модель (схема) диагностического объекта обычно изображается графически - каждый элемент обозначается прямоугольником с некоторым количеством входов (входных воздействий) и одним выходом (реакцией элемента). На рисунке 5 показаны функциональные модели диагностики абстрактного объекта и системы регулирования оборотов двигателя легкового автомобиля.

На рисунке 6 показаны функциональные модели диагностики абстрактного объекта и системы регулирования оборотов двигателя легкового автомобиля.



$B_1 - B_5$  - элементы объекта;  $X_1, X_3, X_4$  - внешние воздействия;  $Y_1 - Y_5$  - реакции;  $\phi$  - положение дросселя;  $\Delta p$  - разрежение в патрубке;  $\alpha, \beta$  - углы опережения зажигания;  $n$  - частота вращения вала (обороты) двигателя

Рисунок 6 – Функциональные модели диагностики абстрактного объекта (а) и системы регулирования оборотов двигателя легкового автомобиля (б)

### Контролепригодность автомобиля

К конструктивным особенностям, определяющим автомобиль как объект диагностирования, относится контролепригодность (КП) его агрегатов, систем и механизмов. Под термином «*контролепригодность*» понимают приспособленность автомобиля к диагностическим работам,

обеспечивающим в заданных условиях необходимую достоверность при минимальных затратах труда, времени и средств.

Контролепригодность является составной частью эксплуатационной технологичности автомобилей и оценивается трудоемкостью диагностических работ.

Трудоемкость диагностирования автомобиля складывается из трудоемкости подготовительных работ, т.е. дополнительной трудоемкости  $T_d$ , и трудоемкости собственно диагностирования, т.е. основной трудоемкости  $T_o$ , включающей в себя измерение диагностических параметров и постановку диагноза. Трудоемкость диагностирования  $T_d$  главным образом зависит от совершенства конструкции автомобиля, а основная трудоемкость  $T_o$  — от совершенства методов и средств диагностирования.

*Коэффициент контролепригодности (КП)* локально характеризует приспособленность конструкции автомобиля (его элементов и систем) к диагностированию. Коэффициент КП определяется по формуле

$$k_{\text{п}} = T_o / (T_o + T_d). \quad (1)$$

Дополнительные показатели КП дифференцированно оценивают КП конструкции автомобиля и качественно, и количественно. Качественно - по связи с факторами, характеризующими трудоемкость диагностирования, и количественно - по их влиянию (весомости) на основные показатели КП. Перечень наиболее важных дополнительных показателей включает в себя доступность диагностирования  $X_1$ ; легкость подключения приборов  $X_2$ ; возможность диагностирования без разрыва цепей  $X_3$ ; удобство работ  $X_4$ ; обеспеченность контроля встроенными датчиками  $X_5$ ; безошибочность подключения  $X_6$ ; унификацию контрольных точек  $X_7$ ; число контрольных точек  $X_8$ ; централизацию контроля  $X_9$ ; санитарно-гигиенические показатели  $X_{10}$ , компоновку автомобиля  $X_{11}$ .

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое структурно-следственная модель объекта диагностики?
2. Что такое функциональная модель объекта диагностики?
3. Чем отличается структурно-следственная модель объекта диагностики от функциональной модели?
4. Чем оценивается контролепригодность автомобиля?
5. Как рассчитывают коэффициент контролепригодности?

## **5. Основы технологии диагностики**

### **1) Технология и этапы диагностирования**

### **2) Организация диагностирования автомобилей на станциях технического обслуживания**

#### **Технология и этапы диагностирования**

Технологию диагностирования машин разрабатывают с учетом особенностей планово- предупредительной системы ТО и Р машин.

Технологию диагностирования разрабатывают для определенного диагностического средства. Она имеет свое целевое назначение. Технология диагностирования машин состоит из трех разделов: инструктивного, технологического и справочного.

*Инструктивный раздел* необходим для организации работы и обучения диагностов. Раздел содержит рекомендации по созданию поста диагностирования, описание устройства наиболее сложных диагностических средств и порядка ввода их в эксплуатацию, особенностей работы с диагностическими средствами. Здесь же приводят рекомендации по организации работы диагностов от приема до сдачи проверенной машины.

*Технологический раздел* включает в себя комплекты диагностических карт для регламентированного и заявочного диагностирования, определяющих последовательность диагностирования.

*Справочный раздел* содержит систематизированные данные об оборудовании поста, номинальных, допускаемых и предельных значениях измеряемых параметров, диагностическую карту, рекомендации по поиску и устранению неисправностей, нормативы трудоемкости диагностирования машин.

*Технологические карты* содержат перечень работ, методы их выполнения (режимы работы двигателя, других агрегатов машины и рекомендуемые диагностические средства, порядок их подключения к машине и управления ими в работе), технические требования к состоянию проверяемых механизмов

и систем. В картах приводят указания о последовательности работ в случае выхода какого-либо обобщенного параметра за допускаемое значение; о числе исполнителей, их квалификации, распределении обязанностей между ними и трудоемкости работ. Целесообразно использовать маршрутные диагностические карты, схематично показывающие все виды, последовательность и особенности работ, требования к их проведению. Такие карты выполняют в виде плакатов или планшетов, покрытых прозрачной защитной пленкой.

*Диагностическая карта* — документ, содержащий основные результаты диагностирования, отражающие кроме технического состояния машины рекомендации по необходимым операциям ТО, сложным регулировкам или ремонту агрегатов. Вводная часть карты содержит основные данные о машине, характере имевшихся ранее неисправностей и работах, выполненных в хозяйстве по их устранению. В основной части карты записывают результаты оценки качественных признаков состояния и измеренные значения ресурсных и функциональных параметров. В заключительной части указывают машины и потребность в ремонтно-обслуживающих работах.

Технология диагностирования техники основана на принципе универсальности (применимости к большой группе машин); применении условных алгоритмов (последовательностей) диагностирования; использовании в технических требованиях допускаемых, а не предельных значений измеряемых параметров; прогнозировании остаточного ресурса агрегатов.

Весь процесс диагностирования включает в себя подготовительный, основной и заключительный этапы.

Работы *подготовительного этапа* зависят от целей диагностирования. Так, для диагностирования при ТО выполняют полный объем работ (мойка и ее внешний осмотр, подготовка машины и диагностических средств к работе) и составляют примерный план регламентированных работ. При

заявочном диагностировании эти работы касаются только неисправного агрегата.

На *основном этапе* прогревают двигатель, задают требуемые режимы двигателю и другим агрегатам, измеряют согласно предварительному и последовательно уточняемому плану диагностические параметры, анализируют состояние агрегатов и проводят дополнительные углубленные проверки. Последовательно определяют потребность двигателя и других агрегатов в ремонте, устранении неисправностей, сложных регулировках и других предупредительных операциях.

На *заключительном этапе* снимают с машины диагностические средства, проводят сложные регулировки, по возможности устраняют выявленные неисправности, анализируют состояние машины и дают рекомендации о ремонтно-обслуживающих работах.

При разработке технологий устанавливают трудоемкости отдельных контрольных работ и полного диагностирования.

### **Организация диагностирования автомобилей на станциях технического обслуживания (СТОА)**

В связи с тем, что автомобили, поступающие на СТОА, чрезвычайно неоднородны по своему техническому состоянию. Поэтому определение технического состояния автомобиля до его поступления на ТО и ремонт, а также перед конкретным технологическим воздействием, имеет большое значение для повышения эффективности проводимых обслуживающих и ремонтных операций.

Диагностирование на СТОА выполняет две функции:

- является самостоятельным видом услуг, потому что контрольно-диагностические работы выполняются по заявкам владельцев автомобилей;

- присутствует в качестве необходимого элемента основных производственных процессов СТОА (приемки, ТО, ТР и выдачи автомобилей).

На рисунке 7 представлена схема включения диагностических работ в производственный процесс СТОА.

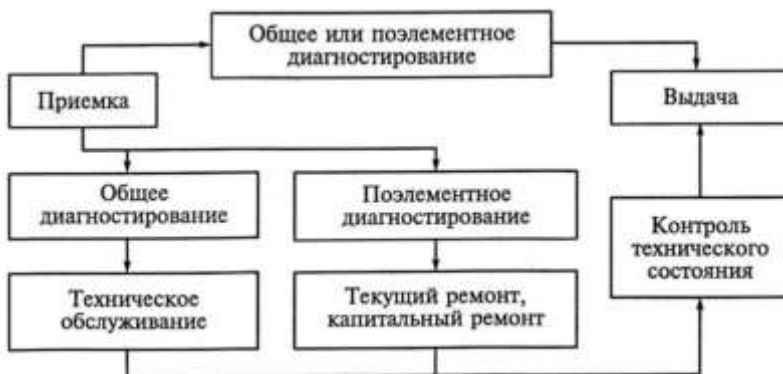


Рисунок 7 – Схема включения диагностических работ в производственный процесс станции технического обслуживания автомобилей

В соответствии с приведенной схемой диагностирование подразделяется:

- на заявочное диагностирование  $D_3$ , осуществляемое на специализированных постах;
- диагностирование во время приемки автомобилей  $D_n$ ;
- технологическое диагностирование  $D_t$  — при проведении ТО и ремонта;
- контрольное диагностирование  $D_k$ .

Контрольное диагностирование выполняется при проверке качества выполнения работ непосредственно в технологических зонах ТО и ТР или при необходимости на специализированных постах.

Основные функции диагностирования сводятся к следующему:

- уточнение причин неисправностей в целях определения необходимого объема работ до осуществления технических воздействий на автомобиль;



- профилактическая проверка технического состояния систем и агрегатов автомобиля и прогнозирование их остаточного ресурса;

- проведение важнейших эксплуатационных регулировок, требующих применения контрольно-измерительной аппаратуры, в том числе в зонах ТО и ремонта СТОА;

- определение соответствия автомобилей или их агрегатов после ТО или ремонта требованиям ТУ и другой нормативно-технической документации.

*Специализированные участки диагностирования.* В настоящее время выполнение указанных функций осуществляется как на специализированных участках диагностирования, так и на рабочих постах ТО и ТР. На рабочих постах контрольно-регулирующие работы с применением диагностических средств, переносных приборов осуществляются непосредственно в процессе ТО и ремонта двигателей, электрооборудования, ходовой части автомобилей.

Специализированные участки диагностирования должны быть оснащены всем необходимым диагностическим оборудованием, обеспечивающим углубленную проверку технического состояния автомобиля. В состав специализированного участка диагностирования, как правило, входит следующее оборудование: подъемник, компьютерный комплекс для диагностики двигателя и электрооборудования, расходомер топлива, прибор для контроля отработавших газов бензиновых двигателей и дизелей, стенд для проверки тормозов, прибор для проверки и регулировки установки фар, стенд для проверки амортизаторов, прибор для проверки рулевого управления, стенд для проверки углов установки колес, оборудование для определения неуравновешенности колес без их снятия с автомобиля, воздухооразда- точная колонка.

Специализированные участки диагностирования организуются в виде проездных или тупиковых постов. В первом случае посты объединяются в диагностическую линию.

Такие линии наиболее эффективны для проведения заявочного (общее диагностирование), приемочного и контрольного диагностирования.

Тупиковые посты организуются специализированно по видам диагностических объектов и работ: диагностика двигателя и электрооборудования, диагностика тормозной системы, диагностика ходовой части и рулевого управления. Такая организация участка диагностики эффективна при проведении заявочного (поэлементное диагностирование) и технологического диагностирования. Тупиковые посты наиболее целесообразны при проведении контрольно-регулирующих работ при ТО автомобилей.

Компоновка и типаж диагностических комплексов в конечном итоге определяются общим количеством постов, производственно-технологической структурой и специализацией СТОА.

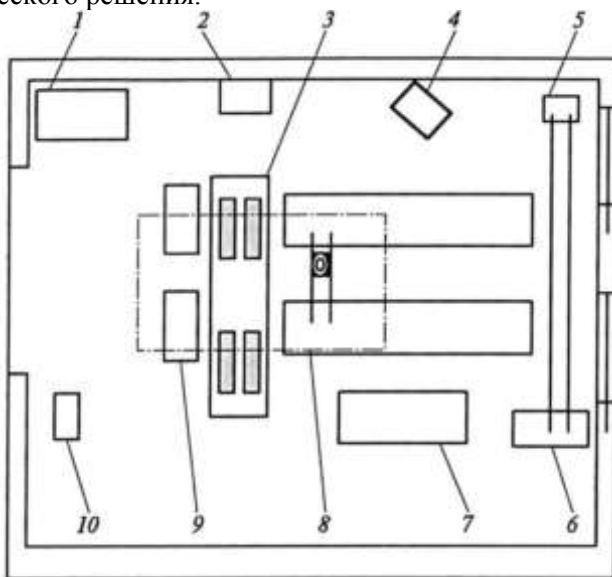
Пример типовой компоновки участка диагностики с тупиковым постом дан на рисунке 8.

Работа по диагностированию автомобилей должна быть увязана с производственными возможностями других участков СТОА, особенно участка текущего ремонта, чтобы обнаруженные в процессе диагностирования автомобилей неисправности были устранены.

Размещение специализированного участка диагностирования должно осуществляться в непосредственной близости от зоны приемки и выдачи автомобилей, что значительно упрощает организацию взаимодействия этих участков.

Результаты диагностирования фиксируют в карте проверки технического состояния автомобиля. В карту обязательно вносится заключение о техническом состоянии объекта проверки с перечислением имеющихся неисправностей и рекомендациями по их устранению. Заключение должно быть обосновано результатами измерений соответствующих диагностических параметров, которые также записывают в карту.

Диагностические карты, применяемые в различных технологических зонах СТОА, содержат отличающую друг от друга номенклатуру диагностических параметров, соответственно отличается и вид принимаемого в этих зонах технического решения.



1 - стол; 2 - силовой шкаф тормозного стенда; 3 - блок роликов тормозного стенда; 4 - стойка управления на базе персонального компьютера; 5 - прибор контроля света фар; 6 - шкаф для инструментов и приборов; 7 - рабочий верстак; 8 - ножничный подъемник с дополнительным домкратом; 9 - тестер подвески; 10 - воздухоораздаточная колонка

Рисунок 8 - Типовая компоновка участка диагностики с тупиковым постом

Так, например на посту предпродажной подготовки регистрируются все неисправности, и все они подлежат устранению; на посту приемки устанавливается факт и записывается согласованное с заказчиком решение; на посту

заявочного диагностирования регистрируются фактические значения измеряемых параметров и при необходимости дается заключение о проведении тех или иных ремонтных или регулировочных работ. В технологических зонах ТО и ремонта в диагностическую карту заносятся значения параметров, подлежащих измерению по талонам сервисной книжки или измеряемых при проведении соответствующих ремонтных работ; на посту технического контроля (ОТК) проверяются только те диагностические параметры, которые характеризуют качество проведенных работ, и по выявленным неисправностям автомобиль возвращается в технологическую зону для устранения дефекта.

Расчет необходимого числа постов и линий диагностирования, а также оснащение их необходимыми средствами технической диагностики (СТД) производится в зависимости от мощности СТОА и производственной программы, в частности количества автомобилей в смену, месяц или год, поступивших на диагностирование.

Для специализированных диагностических постов ритм работы  $R$  определяется по формуле

$$R = t/N, \quad (2)$$

где  $t$  — расчетный период времени;  $N$  — число диагностируемых автомобилей за расчетный период времени.

Такт работы отдельного поста  $t_{\Pi}$  определится как

$$t_{\Pi} = (T_{\Pi}/P_{\Pi}) + t_{\text{в}}, \quad (3)$$

где  $T_{\Pi}$  — трудоемкость диагностирования на посту;  $P_{\Pi}$  — число рабочих на посту;  $t_{\text{в}}$  — суммарное время на выполнение вспомогательных операций (например, въезд и съезд автомобиля с поста, подключение шлангового отсоса).

Число постов диагностирования  $X$ , необходимых для выполнения заданного объема работ, определяется по формуле

$$X = \frac{\tau}{R \cdot k_{\text{исп}}}, \quad (4)$$

где  $k_{\text{исп}}$  — коэффициент использования рабочего времени на посту.

Если диагностические посты объединены в специализированную диагностическую линию, то такт работы линии  $\tau_l$  рассчитывается по формуле

$$\tau_l = \frac{T_l}{X_{n,l} \cdot P_{n,l}} + t_{в.л}, \quad (5)$$

где  $T_l$  — суммарная трудоемкость диагностических работ на линии;  $X_{n,l}$  — число постов на линии;  $P_{n,l}$  — среднее число рабочих на одном посту линии;  $t_{в.л}$  — суммарное время на выполнение вспомогательных операций (время заезда и выезда автомобиля с линии).

Необходимое число диагностических линий для выполнения заданного объема работ определяется по формуле

$$X_l = \frac{\tau_l}{R_l \cdot k_{исп}}, \quad (6)$$

где  $R_l$  — ритм работы линии.

Если при диагностировании проводятся регулировочные работы, то продолжительность диагностирования, равно как и необходимое число постов и линий, следует увеличить на поправочный коэффициент, равный 1,2... 1,5 в зависимости от вида работ.

Выбор СТД для оснащения СТОА осуществляется исходя из технологии и объема проводимых работ на отдельных постах, функциональных возможностей, производительности, метрологических и других характеристик оборудования и приборов. Оснащение СТОА различной мощности и специализации СТД осуществляется в соответствии с табелем технологического оборудования станции.

Например, пост диагностирования двигателя должен быть оснащен следующими СТД (без указания конкретной модели и фирмы-изготовителя): диагностическим стендом, включающим в себя мототестер, сканер, программный модуль, клеммный датчик, печатающее устройство, четырехкомпонентный газоанализатор, прибор для проверки электронных систем

впрыска и зажигания с программным модулем, специальные кабели для конкретной марки и модели автомобиля, универсальный тестер, портативный мини-мототестер, набор для измерения давлений в системе впрыска.

С учетом степени универсальности СТД и возможности их использования на нескольких одноименных постах станции ориентировочно можно увязать мощность СТОА с расчетной мощностью для всей станции и приведенной к одному посту стоимостью СТД (таблица 6).

Таблица 6 – Относительная стоимость средств технического диагностирования на станциях технического обслуживания автомобилей различной мощности

Количество рабочих постов на СТОА	Расчетная стоимость СТД, %	Приведенная к одному рабочему посту стоимость СТД, %
6 (базовый вариант)	100	16,7
10	136,7	13,67
15	146,3	9,75
20	152,2	7,61

Как видно из таблицы 6, с увеличением мощности станции и ростом числа одноименных рабочих постов удельные затраты на их оснащение комплексом диагностического оборудования снижаются. Однако при этом необходимо учитывать коэффициент загрузки оборудования и возможность нехватки отдельных видов оборудования ввиду одновременности выполняемых одних и тех же диагностических операций на разных постах.

### **Контрольные вопросы**

1. Что включают в инструктивный раздел диагностики?
2. Что включают в технологический раздел диагностики?
3. Что включают в справочный раздел диагностики?
4. Что такое диагностическая карта?
5. Каковы основные этапы технологии диагностики?
6. Какую функцию выполняет диагностика на СТОА?

7. В чем особенности организации специализированных участков диагностики на СТОА?

## **6. Организация диагностики транспортных средств**

- 1) Диагностирование автомобилей по заявкам**
- 2) Диагностирование автомобилей при техническом обслуживании и ремонте**
- 3) Последовательность контрольно-диагностических операций машин**
- 4) Диагностическая карта**

### **Диагностирование автомобилей по заявкам**

Этот вид диагностических работ с проведением последующей регулировки наиболее распространен в настоящее время. Осуществляется он на отдельных специализированных постах. За владельцем остается право самостоятельного выбора той или другой работы. Такая система позволяет варьировать объемы диагностирования в зависимости от технического состояния автомобиля и потому является более гибкой, чем комплексное диагностирование.

Наибольшее число заявок владельцев автомобилей приходится на диагностические работы по проверке и регулировке углов установки управляемых колес, динамической балансировке колес, системам электрооборудования и питания двигателя. В результате этого вида услуг клиенту выдается карта контрольно-диагностического осмотра, в которой занесены результаты диагностирования и даны рекомендации по устранению обнаруженных неисправностей, либо, что чаще всего, устранения неисправностей или регулировки соответствующих систем и агрегатов (замена свечи зажигания, установка правильного угла опережения зажигания, регулировка карбюратора, регулировка углов установки управляемых колес).

### **Диагностирование автомобилей при техническом обслуживании и ремонте**



Диагностирование автомобилей является технологическим элементом ТО и Р автомобиля и позволяет получить информацию об его техническом состоянии по диагностическим параметрам.

В зависимости от назначения, периодичности, перечня и места выполнения диагностирование подразделяют на два вида: общее (Д-1) и поэлементное (углубленное) или (Д-2).

При регулировочных работах на постах ТО и ТР для контроля состояния агрегатов, систем и определения их остаточного ресурса проводят технологическое (ресурсное) диагностирование *Др*.

Диагностирование Д-1 предназначено для выявления неисправностей механизмов и систем, определяющих безопасность движения автомобиля (таблица 7), а также соединений, имеющих малую наработку на отказ или возможность регулировки. Это воздействие производят с целью контроля качества ремонтно-обслуживающих работ по указанным элементам, выполнения нетрудоемких регулировочных операций с применением средств диагностирования и выборочной проверки для выявления автомобилей, техническое состояние которых не соответствует требованиям безопасности движения.

Таблица 7 – Составные части автомобиля, техническое состояние которых влияет на безопасность движения (БД), топливную экономичность (ТЭ) и состояние окружающей среды (ОС)

Составные части автомобиля (возможные виды нарушений технического состояния)	Критерий		
	БД	ТЭ	ОС
1	2	3	4
<i>Двигатель</i>			
Цилиндропоршневая группа и газораспределительный механизм (потеря компрессии во всех или нескольких цилиндрах)	+	+	+
Головка блока цилиндров (нагар в камерах сгорания)	-	+	-
Термостат, жалюзи, шторка радиатора системы охлаждения (нарушение теплового режима)	-	+	+
Топливный бак, карб., форсунка (негерметичность,	+	+	+

износ, засорение, нарушение регулировки)			
Топливный насос, газовый редуктор (негерметичность, нарушение регулировки, износ)	+	+	+
Система выпуска газов (повышенный уровень шума)	-	-	+

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
<i>Сцепление</i>			
Ведущий и ведомый диски (пробуксовка)	+	+	+
Усилитель привода выключения сцепления (негерметичность, нарушение регулировки)	+	+	+
<i>Коробка передач</i>			
Подшипники, шестерни (износ)	-	-	+
Соединения, уплотнения (негерметичность)	+	-	+
Механизм переключения передач (затруднительное переключение)	+	+	+
<i>Карданная передача</i>			
Шарниры, фланцы, промежуточные опоры (ослабление крепления, износ подшипников)	+	-	+
<i>Задний мост</i>			
Соединения, уплотнения (негерметичность)	-	-	+
Подшипники, шестерни (износ, нарушение регулировки)	-	+	+
<i>Передняя ось и рулевое управление</i>			
Рулевой механизм (нарушение регулировки)	+	-	-
Гидроусилитель рулевого управления (негерметичность, нарушение регулировки)	+	-	+
Колеса (нарушение регулировки)	+	+	-
Подшипники ступиц (нарушение регулировки, ослабление крепления)	+	+	-
Рулевые тяги (ослабление крепления)	+	-	+
<i>Тормозная система</i>			
Компрессор (несоответствие давления воздуха)	+	+	+
Узлы и трубопроводы (негерметичность, нарушение работоспособности)	+	+	+
Тормозные барабаны и накладки колодок (несоответствие зазора)	+		-
Тормозная педаль (несоответствие свободного и рабочего ходов)	+	-	-
Тормозные камеры и цилиндры (негерметичность, нарушение регулировки)	+	+	+
Стояночный тормоз (нарушение регулировки)	+	-	-
<i>Рама, подвеска, колеса</i>			
Рама, узлы и детали буксирного и опорно-сцепного устройства (износ)	+	-	-

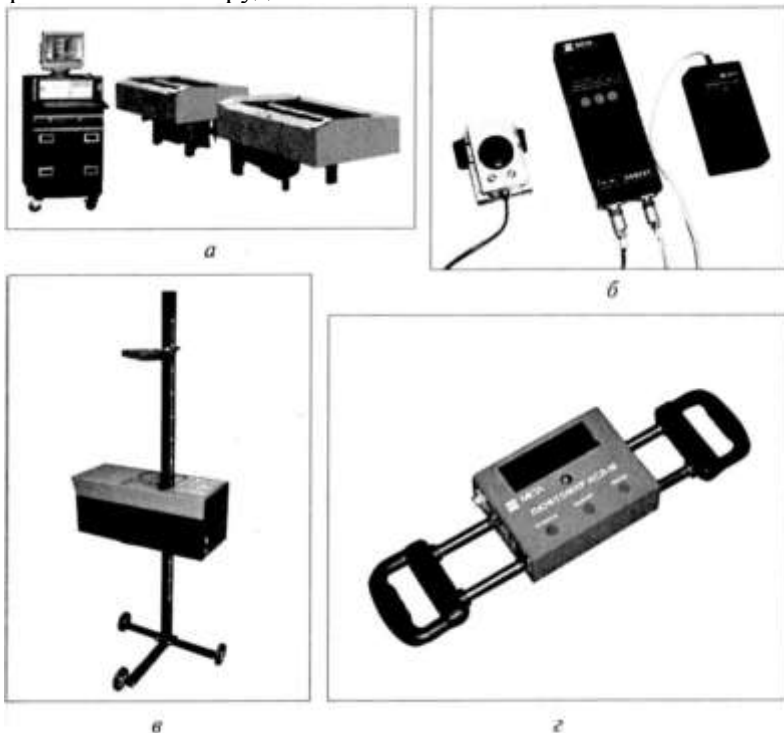
Продолжение таблицы 7

1	2	3	4
Детали подвески (негерметичность, ослабление крепления, разрушение деталей)	+	+	+
Шины (износ, несоответствие давления)	+	+	-
<i>Кабина, кузов, платформа</i>			
Стекла окон, петли и замки дверей, зеркала, ремни безопасности, подголовники (ослабление крепления и другие неисправности)	+	-	-
Крылья, подножки, брызговики (трещины, ослабление крепления, коррозионное разрушение)	+	-	+
Отопитель (негерметичность, нарушение регулировки)	+	+	+
<i>Электрооборудование</i>			
Провода (замыкание на корпус)	+	-	-
Аккумуляторная батарея, генератор, стартер (нарушение регулировки, ослабление крепления)	+	+	+
Приборы системы зажигания (нарушение регулировки)	+	+	+
Приборы освещения и сигнализации (нарушение работоспособности)	+	+	-
Стеклоочистители и стеклоомыватели (нарушение работоспособности)	+	+	-

При плановом диагностировании Д-1 проверяют исправность тормозов, рулевого управления, шин, внешних приборов освещения и сигнализации, а также установку передних колес. Если по результатам диагностирования Д-1 автомобиль не может быть выпущен на линию и не поддается регулировке на участке Д-1, то он должен быть направлен для устранения неисправностей с последующей проверкой.

Диагностирование Д-1 можно производить с помощью быстродействующих средств диагностирования систем автомобиля, обеспечивающих безопасность движения (рисунок 9). Их целесообразно применять в автохозяйствах сельскохозяйственных предприятий, на автотранспортных предприятиях, базах централизованного технического обслуживания (БЦТО), СТОА, имеющих необходимый объем

работ по диагностированию Д-1, для рациональной загрузки применяемого оборудования.



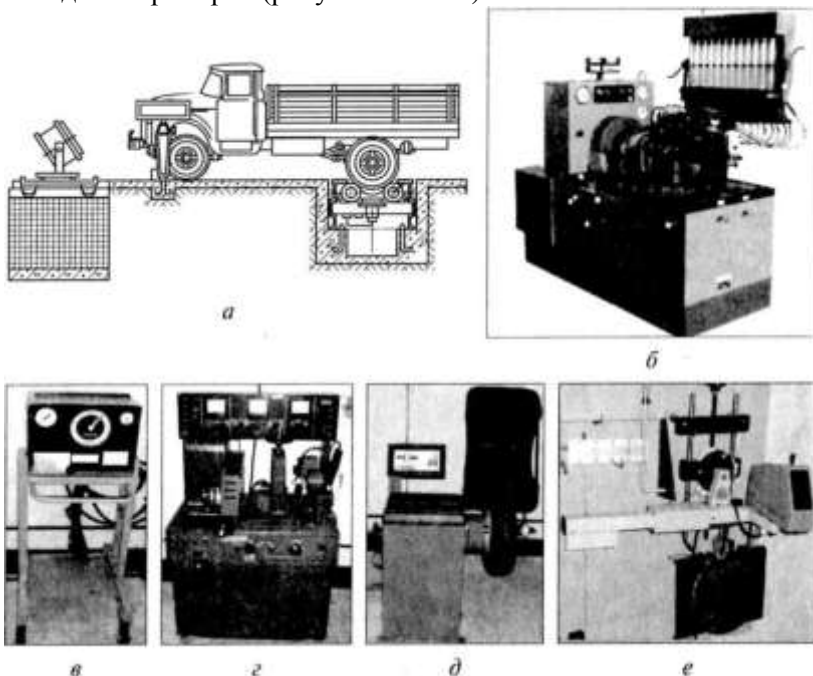
а — стенд для диагностирования тормозов СТС-10; б — прибор для диагностирования тормозов «Эффект-02»; в — прибор для проверки внешних световых приборов ОП; г — люфтомер ИСЛ-М для проверки рулевого управления

Рисунок 9 – Оборудование для проведения диагностики Д-1 автомобилей

Плановое диагностирование Д-1 проводят, как правило, с периодичностью ТО-1. Оно должно обеспечивать выпуск на линию технически исправного в отношении безопасности движения автомобиля. Выборочно Д-1 проводят для автомобилей по направлению с контрольно-технического

пункта и после ТР систем, обеспечивающих безопасность движения.

Диагностирование Д-2 предназначено для определения общего технического состояния автомобиля, а также выявления конкретных неисправностей, их мест, характера, причин и способов устранения с помощью различных диагностических стендов и приборов (рисунки 10 и 11).



а - стенд тяговых качеств КИ-4856; б - стенд для проверки топливных насосов высокого давления ДД10-01; в - стенд для проверки гидросистем рулевого управления К-465М; г - стенд для контроля и испытания электрооборудования Э-242; д - стенд для балансировки колес БМ-200; е - оптический стенд для контроля и регулировки углов установки колес СКО-1М  
Рисунок 10 – Стенды, применяемые при диагностировании Д-2 автомобилей



а



б



в



г



д



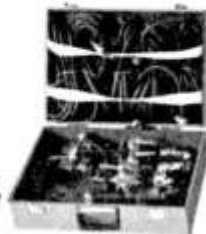
е



ж



и



з

а - комплекс автодиагностики КАД-400; б - автодизель-тестер для контроля технического состояния ДВС АДТ-1; в, г - мотор-тестеры МЗ-2 и МТ-5; д - прибор проверки карбюраторов ПИК; е - прибор для испытания и регулировки форсунок дизелей М-106Э; ж - приборы для очистки свечей зажигания Э-203-0 и для проверки искровых свечей зажигания Э-203-П; з - прибор для проверки пневмоприборов тормозных систем К-235М; и - газоанализатор «Инфракар»

Рисунок 11 – Приборы, используемые при Д-2 автомобилей

При плановом диагностировании Д-2 проверяют эффективность рабочих процессов по тяговым показателям, расходу топлива, и его системы, агрегаты трансмиссии и ходовой части, опрокидывающий механизм самосвала, электрооборудование; проверяют установку фар, исправность контрольно-измерительных приборов и др.

Диагностирование Д-2 позволяет осуществлять поиск неисправностей, устранение которых требует выполнения ремонтных работ большой трудоемкости. В соответствии с требованиями рациональной технологии эти неисправности подлежат устранению на участке ТР до начала ТО-2.

При диагностировании Д-2 производят также поэлементную проверку элементов, влияющих на безопасность движения, например усилителей рулевого управления, шкворневых соединений, карданных передач.

Перед выполнением и в процессе диагностирования Д-2 проводят необходимые для обеспечения его качества подготовительные работы, такие как проверка и подкачка шин, установка автомобиля на стенд, присоединение датчиков приборов, прогрев двигателя и других агрегатов и т.п.

Одной из технологических задач диагностирования Д-2 является определение действительной потребности в производстве запланированных работ, выполняемых не при каждом обслуживании, а с определенным коэффициентом повторяемости, что позволяет получить информацию для оперативного планирования работ и управления производством ТО и ТР автомобилей.

На СТОА установлены виды диагностических воздействий, аналогичные Д-1 и Д-2.

Так называемое *контрольное диагностирование*  $D_k$  производят как обязательное заключительное воздействие при ТО и для контроля систем, определяющих безопасность движения, после ТР. Его назначение и состав технологических операций аналогичны диагностированию Д-1, применяемому в автохозяйствах.



*Заявочное* диагностирование Д<sub>з</sub> выполняют по заявкам клиентов. При выполнении этого вида диагностирования в полном объеме используют технологию обычного диагностирования Д-2. Однако владелец автомобиля имеет право заказать и частичный объем диагностирования Д-2—Д<sub>з</sub>.

При приемке и выдаче автомобилей на СТОА по производственной необходимости или желанию владельца может быть принято решение о предварительном или заключительном диагностировании на участке Д<sub>з</sub> или Д<sub>к</sub>.

Государственный технический осмотр, проводимый в основном 1 раз в год, способствует обеспечению должного технического состояния, экологической и дорожной безопасности автомобилей.

При техническом осмотре автомобилей органами ГИБДД МВД России могут использоваться как средства диагностирования Д-1 систем, обеспечивающих безопасность движения (см. таблица 4), так и средства, входящие в состав Д-2, для проверки расхода топлива, состава отработавших газов, потерь мощности в трансмиссии, элементов карданных передач, передней оси и подвесок, гидро- и пневмоусилителей и т.д.

### **Последовательность контрольно-диагностических операций машин**

Каждый вид диагностирования обеспечивают определенной номенклатурой технологических карт. Для их создания проводят значительные статистические исследования по выявлению вероятности отказа деталей и агрегатов, трудоемкости и стоимости предупреждения и устранения последствий отказов различными методами и технологическими средствами.

Операции, изложенные в технологических картах, выполняют в строгой технологической последовательности, обеспечивающей высокое качество результатов труда и полную загрузку исполнителей.

Рекомендуемая последовательность проведения контрольно-

диагностических операций при предпродажном (ПО), гарантийном (ГО) и послегарантийном обслуживании (ПГО) машин приведена в приложении А.

### Диагностическая карта

Результаты диагностирования машины заносят в диагностическую карту. Образец диагностической карты приведен ниже.

Утверждаю _____ (должность, подпись) «__» _____ 201__ г.						
<b>Диагностическая карта машины</b>						
I. Общие сведения						
Предприятие (хозяйство) ____ Дата ____ Марка машины ____						
Государственный номерной знак __ Год поступления машины __						
Вид последнего ремонта _____ Нарботка от начала эксплуатации или от последнего ремонта, моточасы _____						
II. Заявка водителя о неисправностях						
_____						
III. Результаты внешнего осмотра и оценки качественных признаков состояния						
_____						
IV. Результаты измерения параметров состояния и выявленных неисправностей						
№ п/п	Объект диагностирования и параметр состояния	Ед. измерения	Значение	Состояние объекта и необходимые операции: Р, О, З	Отметка о выполнении операции	Допускаемое значение параметра
V. Остаточный ресурс, моточасы						
Двигателя				Ходовой части		
Трансмиссии				Гидропривода		
Тормозной системы				Рабочего оборудования		
VI. Заключение о виде, объеме и сроке ремонтно-обслуживающих работ						

Мастер-диагност \_\_\_\_\_

(подпись)

Пр и м е ч а н и е . Р — регулирование; О — очистка; З — замена.

Наработку от начала эксплуатации указывают в том случае, если трактор (агрегат) ранее не проходил КР. Если же трактор (агрегат) подвергался КР, рядом с наименованием агрегата и обозначением наработки ставят буквы КР, например: «дизель, КР - 1000», что означает: агрегат - дизель; наработка от последнего капитального ремонта - 1000 мото-ч.

В разделе II диагностической карты приводят данные, полученные на основании опроса тракториста-машиниста о работе механизмов и эксплуатационных неполадках. При этом особое внимание обращают на расход (угар) картерного масла за несколько последних смен.

Полученные сведения учитывают при постановке диагноза о состоянии соответствующей составной единицы.

Внешним осмотром машины (раздел III) выявляют неисправности, в числе которых могут быть признаки предельного состояния составных частей.

После внешнего осмотра составных частей машины пускают дизель, прослушивают его, а затем проверяют работу механизмов при движении трактора на различных передачах. Результаты основных измерений и обнаруженных признаков, свидетельствующих о ненормальной работе механизмов, отмечают в разделе IV.

На основе результатов измерений с учетом наработки агрегатов определяют остаточный ресурс, который по агрегатам отмечают в разделе V.

В разделе VI приводят заключение о виде, объеме и сроке ремонтно-обслуживающих работ по каждому продиагностированному агрегату машины.

Следует отметить особенности ресурсного диагностирования, проводимого при ТО-3 и СТО по так называемым ресурсным параметрам, определяющим потребность в КР или ТР.

Полнокомплектный трактор подлежит КР, если была

установлена потребность в этом виде ремонта не менее трех агрегатов из указанных в таблице 5, в том числе дизеля и хотя бы одного агрегата трансмиссии из основных составных частей. В настоящее время полнокомплектный ремонт трактора на практике не осуществляют. Вместо него зачастую проводят модернизацию со стремлением обеспечить 100 %-ный ресурс машины.

При определении потребности в КР в первую очередь диагностируют агрегаты, указанные в таблице 8.

Таблица 8 – Составные части, предельное состояние которых определяет предельное состояние трактора

Тип тракторов	Основные составные части	Дополнительные составные части
Колесные с шарнирной рамой и гидромеханической коробкой передач	Дизель Коробка передач Передний мост с колесными редукторами Задний мост с колесными редукторами	Управление поворотом с гидравлической системой Рама Кабина в сборе Раздаточная коробка (автономная)
Колесные полурамные и безрамные	Дизель Коробка передач Задний мост с конечными передачами Передний ведущий мост с конечными передачами	Управление поворотом с гидроусилителем Кабина в сборе
Гусеничные с раздельными агрегатами трансмиссии	Дизель Коробка передач Задний мост с конечными передачами	Подвеска Рама Кабина в сборе

Если дизель не нуждается в КР, целесообразно продолжить диагностирование дизеля, чтобы определить объем его ТР. Если дизель требует КР, переходят к ресурсному диагностированию агрегатов трансмиссии и т.д.

### Контрольные вопросы

1. В чем особенность диагностики автомобилей по заявкам?
2. Какие операции проводят при общей диагностике?

3. Какое технологическое оборудование применяют при общей диагностике?
4. Какое технологическое оборудование применяют при поэлементной диагностике?
5. По состоянию каких элементов трактора принимают решение о проведении его капитального ремонта?

## **7. Диагностика транспортных средств, оборудованных электронными системами управления**

- 1) Электронные системы управления**
- 2) Организация обмена данными**
- 3) Стандарты интерфейса связи**
- 4) Бортовая система диагностирования**

### **Электронные системы управления**

В настоящее время мобильные машины используют большое число электронных систем, которые интенсивно обмениваются данными и информацией в процессе работы.

Основные электронные системы обеспечивают функции:

- управления работой двигателя;
- управления трансмиссией;
- управления тормозной системой;
- самодиагностики электронных систем;
- комфорта и климат-контроля в кабине водителя;
- навигации, связи и других мультимедийных устройств.

Сбор информации с датчиков, обработка данных, подготовка алгоритмов и формирование управляющих сигналов для работы отдельных систем, агрегатов и всего автомобиля в целом происходят в электронных блоках управления (ЭБУ).

Основные ЭБУ могут располагаться в одном месте, чаще в кабине, но также возможно их размещение непосредственно около исполнительных механизмов системы.

Основными функциями ЭБУ являются:

- непрерывный контроль работы всех составляющих системы;
- преобразование аналоговых сигналов в цифровой вид;
- сохранение и обработка данных;
- сравнение полученных данных с заданными, распознавание ошибок;
- расчет необходимого сигнала управления в случае отклонения от заданного значения;
- обмен данными с пультом управления и диагностическим прибором.



Рисунок 12 – Схема электронной системы управления дизеля

Все ЭБУ в мобильных машинах завязаны в общую схему (рисунок 12), работоспособность и объем функций которой зависят от индивидуальных возможностей и качества заложенных в каждый ЭБУ программных продуктов. Система диагностирования современных машин может проводить оценку качества работы всех элементов системы, участвующих в общей схеме ее работы.

Функции самодиагностики чаще всего прописываются в ЭБУ жизненно важных систем (влияющих на безопасность движения и экологические показатели работы машины), но могут быть дополнительно введены в программы любого ЭБУ. Таким образом, проведение непрерывного диагностирования множества датчиков, исполнительных механизмов и самого ЭБУ уже заложено в его программу. Если же машина снабжена дополнительными рабочими органами и системами, предназначенными для выполнения каких-либо технологических операций, то число датчиков и исполнительных элементов, участвующих в процессе самодиагностики, существенно увеличивается.

Необходимость контроля всех систем и агрегатов мобильной техники объясняется стремлением производителей обеспечивать оперативный контроль технологического процесса работы и технического состояния всех сложных агрегатов машины. Это позволяет повысить надежность машины, но в то же время ведет к усложнению бортовой электронной системы в целом.

### **Организация обмена данными**

При разработке новых моделей техники требования к количеству передаваемых данных и скорости обмена между ЭБУ непрерывно увеличиваются. Обычный метод передачи данных между так называемыми абонентами системы реализуется через отдельные, как минимум, парные, проложенные от узла к узлу проводники посредством передачи аналоговых или цифровых сигналов, сигналов широтно-импульсной



модуляции или сигналов, реализованных функцией включения (рисунок 13).

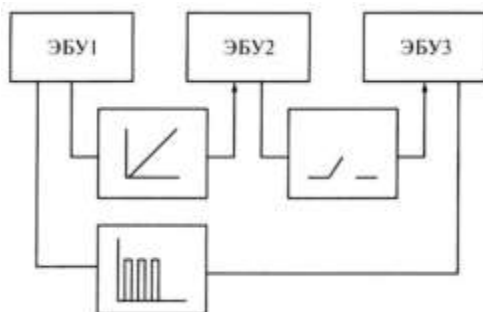


Рисунок 13 – Организация обмена данными через классический интерфейс

Реализация традиционной электропроводки в современных машинах затруднена вследствие ограничения числа контактов в штекерных разъемах и технологических возможностей исполнения кабельной разводки.

В 1980-х гг. фирмой Bosch была разработана электронная цифровая шина CAN (Controller Area Network — сеть бортовых контроллеров). В настоящее время из множества шин с последовательной передачей данных она принята за стандарт.

В качестве преимуществ схемы электрооборудования с шиной CAN перед классической схемой можно указать снижение массы и объема соединительных проводов, простоту монтажа, повышение надежности передачи данных, быструю адаптацию дополнительных электронных устройств, как недостаток — обязательное наличие электронного блока (контроллера) на каждом конечном абоненте.

Благодаря объединению абонентов в единую сеть требуется малое количество проводов, так как последовательная передача большого числа данных возможна даже по двухпроводной шине, а сами данные могут неоднократно считываться разными ЭБУ (рисунок 14). По сравнению с другими логическими

структурами (кольцевая или звездообразная шины) сбой в работе такой совокупной системы маловероятны. Линейная шина CAN продолжает функционировать в рабочем режиме независимо от отказа любой из систем, взаимодействуя с ЭБУ, датчиками, причем при необходимости используя исправные элементы отказавшей системы.

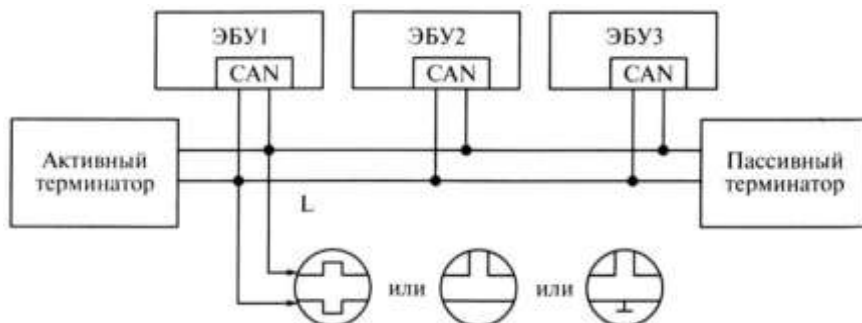


Рисунок 14 – Организация обмена данными через интерфейс-шину CAN

Шина CAN является линейной системной шиной, т.е. шиной без центрального управляющего устройства, к которой имеют доступ все системы машины с электронным управлением. Через интерфейсы CAN любой ЭБУ может обмениваться информацией, последовательно передавая данные по общей шине CAN. Иными словами, доступ к шине CAN обеспечен всем равноправно подключенным абонентам без необходимости вышестоящего управления.

Система шины CAN адресует сведения не по меткам абонентов, а по их содержанию. К каждому сообщению присоединяется жесткий идентификатор, который характеризует содержимое сообщения и устанавливает его приоритет по отношению к другим сообщениям. В каждом ЭБУ ведется обработка только тех сообщений, чьи идентификаторы накапливаются в приемочном списке (фильтрация сообщений). Каждый абонент, подключенный к шине CAN, может отправить данные, важные для одного или нескольких абонентов системы.

Все участники системы оценивают, нуждаются ли они в посланном сообщении или нет, в зависимости от чего продолжают обработку сигнала или просто его отбрасывают. Конфликты по отправке и получению сообщений решаются в зависимости от его приоритета, указанного в идентификаторе. Устройства с более низким приоритетом автоматически переключаются на прием сообщения с высшим приоритетом, после чего будут повторять попытку отправки своего сообщения до тех пор, пока доступ к шине не освободится.

При обнаружении ошибки шина CAN прерывает текущую передачу и посылает сигнал ошибки. Поскольку неисправные контроллеры могут значительно ухудшать нагрузочный режим шины CAN, предусмотрены специальные механизмы, позволяющие различать промежуточную и постоянную ошибки. Этот процесс базируется на статистической оценке условий возникновения ошибок и закладывается в программу ЭБУ.

В зависимости от важности обслуживаемых систем различаются требования к шинам CAN. Самые ответственные шины CAN - работающие в режиме реального времени (высокоскоростные CAN). Сюда входят системы управления двигателем, трансмиссией, рабочими органами и т. п. В них используются достаточно высокие характерные скорости передачи данных - 125 Кбод и 1 Мбод (1 Кбод = 1 Кбит/с).

Для функционирования системы диагностирования мобильных машин также необходим достаточно интенсивный обмен данными. Диагностические программы опрашивают ключевые ЭБУ со скоростями передачи данных 500 или 250 Кбод, хотя для обмена информацией с «внешним» устройством диагностирования в основном используется гораздо меньшая скорость (до 10 Кбод).

### **Стандарты интерфейса связи**

Для обмена данными с «внешним» устройством диагностирования (тестер, сканер и др.) бортовой системе требуется определенный интерфейс связи. В процессе диагностирования тестер посылает адресный сигнал всем ЭБУ.

Один из них распознает этот адрес и посылает назад код распознавания скорости передачи. Измеряя время между фронтами импульсов, тестер устанавливает скорость передачи сигналов, автоматически настраивается на эту скорость и устанавливает связь с блоками управления.

Кроме вывода информации о неисправностях почти все современные ЭБУ позволяют в режиме реального времени выводить на диагностический разъем информацию о параметрах работы системы управления. В некоторых блоках управления с наиболее развитой самодиагностикой число выводимых параметров может достигать пятидесяти, на что затрачивается до 50 % ресурсов микрокомпьютера.

Большинство производителей машин для диагностирования разработанных электронных систем внедряют внутренние стандарты, в связи с чем предприятиям, эксплуатирующим технику, приходится приобретать дилерское оборудование к каждой конкретной марке машины.

В 1988 г. общество автомобильных инженеров (SAE) разработало и рекомендовало к применению на территории Калифорнии стандарт CARB (California Air Resources Board) с диагностическим протоколом On Board Diagnostic (OBD-I).

Данный стандарт был реализован только в отношении электрических элементов двигателя, влияющих на эмиссию отработавших газов, для проверки проводников на наличие обрыва или короткого замыкания. Сведения об ошибках передавались через мигающую контрольную лампу на панели приборов или в виде циклически повторяющихся сигналов (блик-кодов) через устройства внешнего диагностирования.

В 1996 г. благодаря инициативе службы обслуживания и ремонта транспортных средств США был внедрен новый стандарт для диагностических устройств OBD-II, являющийся обязательным для всех транспортных средств, поставляемых на американский рынок.

Стандарт OBD-II распространяется только на основные системы транспортных средств - двигатель, автоматическую

трансмиссию, антиблокировочную систему тормозов и воздушные подушки безопасности. Диагностирование систем, не влияющих на безопасность движения и экологию, в основном возможно только дилерскими приборами, согласованными со стандартами заводов-изготовителей.

С 2000 г. разработанный Bosch стандарт EURO OBD (EOBD) становится обязательным и в Европе. Основным отличием данного стандарта от OBD-II является закрепление протокола CAN. Диагностический разъем EOBD аналогичен американскому, но для реализации связи по шине CAN дополнительно задействованы резервированные контакты.

В настоящее время совместно со EOBD-стандартом в мобильных машинах используются и специализированные протоколы, посредством которых можно получить гораздо большее количество данных о состоянии силового агрегата и других систем, управляемых ЭБУ.

Специально для дилерских приборов разработаны внутренние стандарты заводов-производителей (ОЕМ), которые должны выдавать максимум информации как о фактическом состоянии систем мобильных машин на момент диагностирования, так и о неисправностях, возникающих в процессе их эксплуатации. Как правило, несколько лет после выпуска новой модели производитель не открывает свободный доступ к информации о кодах ошибок при диагностировании электронных блоков и алгоритмах их исправления, предоставляя исключительное право диагностирования этих машин дилерским центрам.

### **Бортовая система диагностирования**

Число электронных блоков, исполнительных элементов, датчиков в мобильных машинах неуклонно растет, что существенно усложняет контроль их технического состояния, поиск и устранение неисправностей. В то же время у разработчиков техники появляется возможность, интегрировав в ЭБУ систему, которая бы анализировала проходящие через него

управляющие и ответные сигналы, косвенно или напрямую оценивать работоспособность узлов машины. Это послужило предпосылкой появления в составе ЭБУ новой системы, получившей название бортовая система диагностирования.

В большинстве электронных систем современных машин реализована бортовая система диагностирования, включающая в себя активное и пассивное диагностирование. Активное диагностирование предполагает проведение различных тестовых операций, пассивное - проводится путем сбора информации о состоянии блоков управления, датчиков и исполнительных механизмов систем с фиксацией распознанных ошибок.

Работа бортовой системы диагностирования основана на непрерывной проверке исправности основных электрических цепей, анализе откликов основных устройств на тестовые сигналы, измерении сигналов в определенных точках системы и сравнении их с эталонными.

Бортовая система диагностирования осуществляет:

- идентификацию системы и блоков управления;
- контроль входных и выходных сигналов;
- контроль передачи данных и внутренних функций блока управления;
- считывание, распознавание и хранение информации о статистических и спорадических ошибках;
- считывание текущих реальных данных;
- программирование параметров и моделирование функций системы;
- согласование работы между ЭБУ разных систем.

Современные тенденции развития бортовой системы диагностирования характеризуются увеличением числа сигнальных указателей за счет введения новых датчиков и алгоритмов диагностирования и развитием диагностического контроля через систему предупредительной сигнализации.

Помимо системы предупредительной сигнализации современные машины оснащаются встроенной бортовой систе-

мой диагностирования. Такая система позволяет проводить непрерывный мониторинг узлов и агрегатов, с помощью специальных алгоритмов выявлять отклонения в их работе, фиксировать эти ошибки в памяти системы в виде определенных диагностических кодов неисправности (ДКН) и при необходимости выводить их на монитор.

Доступ к диагностическим кодам неисправности производится в определенной для каждой модели машины последовательности и определяется возможностями бортовой системы диагностирования.

Одной из особенностей бортовой системы диагностирования является максимальное использование информации, получаемой от датчиков. При необходимости расширения функций самодиагностирования можно ввести дополнительные датчики, которые также могут быть адаптированы в электронную систему управления.

Необходимо отметить, что наряду со встроенной системой диагностирования получили распространение так называемые устанавливаемые технические средства диагностирования (УТСД), которые отличаются конструктивным исполнением средств обработки, хранения и выдачи информации и предназначены для машин, не имеющих бортового диагностирования или с таковой, но с ограниченными функциями. Такие системы диагностирования выполняются в виде легкоъемного блока, который периодически устанавливается на машину и после определенного промежутка времени эксплуатации демонтируется. Применение УТСД позволяет диагностировать машину на разных рабочих режимах, в том числе под нагрузкой. Поскольку плановые и заявочные диагностирования конкретных машин проводятся относительно редко, одним прибором УТСД можно обслуживать несколько единиц эксплуатируемой на предприятии техники.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие функции выполняют электронные системы управления автомобиля?

2. Какие функции выполняет ЭБУ двигателя?
3. Каким образом организован обмен данными между ЭБУ по средствам классического интерфейса?
4. Каким образом организован обмен данными между ЭБУ через интерфейс-шину CAN?
5. Какие функции выполняет бортовая система диагностики? Каковы ее возможности?



## **8. Анализ информации полученной при диагностике электронных систем управления транспортных средств**

- 1) Подключение диагностических средств к диагностической колодке или адаптеру**
- 2) Анализ информации бортовой системы диагностирования**
- 3) Установка информационного обеспечения и подключение внешних систем технического диагностирования**

### **Подключение диагностических средств к диагностической колодке или адаптеру**

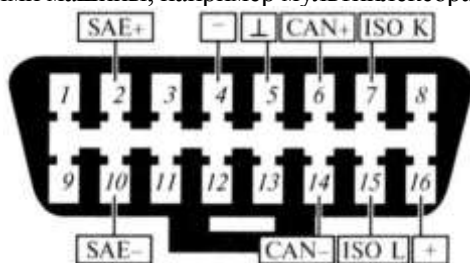
Подключение диагностического тестера к электронной системе машины производится через предусмотренный разработчиками диагностический разъем или введением универсальных адаптеров между элементами штепсельного разъема ЭБУ. Если производится проверка только конкретного устройства, тестер подсоединяется непосредственно к штепсельному разъему агрегата через специальные адаптеры.

В машинах, имеющих несколько ЭБУ, диагностические разъемы могут быть установлены в различных местах, как правило в кабине на панели приборов или под щитком, и снабжаются защитным колпачком. Вполне допустимо, что в транспортных средствах одного типа могут быть установлены блоки управления разных изготовителей, для которых требуются разные диагностические программы.

Стандартный диагностический разъем для всех машин представляет собой трапециевидный штекер с 16 контактами (рисунок 15). Определенные контакты зарезервированы под диагностирование по различным протоколам: выводы 7 и 15 - для диагностирования по протоколу ISO; выводы 2 и 10 - для диагностирования по протоколу SAE; выводы 6 и 14 - для диагностирования по протоколу CAN; выводы 4, 5 и 16 - для подачи питания.

Зарезервированные контакты, как правило, замкнуты на систему управления двигателем, хотя иногда здесь же могут быть подключены и другие системы.

Связь с каким-либо блоком управления в машине - это сложный процесс. Только при безупречном и правильном соединении контактов будет обеспечена устойчивая связь между контроллерами. Прерывание контакта даже на кратчайшее время или неплотный контакт, а также слишком большие переходные сопротивления препятствуют установлению надежной связи. Поэтому адаптации при диагностировании придается особенное значение. Наиболее надежная и простая адаптация обеспечивается, как правило, при использовании специальных адаптерных проводов, изготовленных производителями машины, например мультиплексора CARB.



1, 3, 8, 9, 11, 12, 13 - резервные контакты; 2, 10 - соответственно положительный и отрицательный сигнал для диагностирования по протоколу SAE; 4 - «масса» автомобиля; 5 - «масса» сигналов; 6 - высокоскоростная CAN; 7- K-линия для диагностирования по протоколу ISO; 14 - низкоскоростная CAN; 15 - L-линия для диагностирования по протоколу ISO; 16 - +12 В аккумуляторной батареи

Рисунок 15 – Выводы диагностического разъема OBD-II

Мультиплексор CARB - это адаптерный провод для диагностических тестеров, используемый только в том случае, если в автомобиле имеется стандартный диагностический разъем. С помощью мультиплексора CARB можно проводить диагностирование на различных выводах диагностического разъема с использованием K-линии, интерфейса SAE или интерфейса CAN без дополнительного переключения, причем после подсоединения провода к тестеру можно сразу же начинать работу, не проводя предварительных настроек.

Антон Алексеевич Хохлов  
Николай Петрович Аюгин  
Алексей Леонидович Хохлов  
Ильмас Рифкатович Салахутдинов

Основы теории диагностики:  
краткий курс лекций

для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019.- 75 с.