

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

Кафедра автомобильного транспорта

**ЛЕКЦИЯ №1.
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
АВТОМОБИЛЕЙ.**

Составитель: В.В. КОСТРИЦКИЙ, ст. преподаватель

Новополоцк 2015

СОДЕРЖАНИЕ

1.1. Сущность и задачи диагностики.....	3
1.2. Параметры, характеризующие техническое состояние автомобиля, его агрегатов и механизмов.....	6
1.3. Процесс диагностирования и прогнозирование остаточного ресурса.....	12
1.4. Структурно-следственная модель объекта диагностирования.....	16
1.5. Алгоритмы диагностирования и матрицы поиска неисправностей.....	18
1.6. Виды диагностирования.....	27
1.7. Средства диагностирования.....	29
1.8. Методы диагностирования.....	31
1.9. Диагностическая информация в системе управления техническим состоянием автомобиля.....	35
1.10. Функции диагностирования в системе управления технической готовностью автомобильного парка.....	37
1.11. Определение оптимальной периодичности диагностирования. Эффективность внедрения диагностики в автотранспортных организациях.....	40

1.1. Сущность и задачи диагностики.

Основным источником достоверной информации о техническом состоянии каждого отдельно взятого автомобиля является технический контроль, включающий осмотр и инструментальное (измерительное) диагностирование, осуществляемое с применением средств измерений.

Техническое состояние – совокупность подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации свойств объекта, характеризующаяся в определенный момент времени признаками и параметрами состояния, установленными технической документацией на этот объект.

В соответствии с принятой терминологией под **техническим контролем** в сфере производства понимается проверка соответствия продукции установленным техническим требованиям (соответствие технического состояния автотранспортного средства нормативно-технической документации и законодательным нормам).

Контроль технического состояния транспортного средства – это вид эксплуатационного технического контроля транспортного средства, при котором путем проведения контрольно-диагностических работ определяется соответствие элементов конструкции, оборудования и комплектации требованиям нормативных правовых актов транспортного средства. Контроль технического состояния транспортного средства проводится при государственном техническом осмотре или при экспресс-контроле на автотранспортных организациях. Однако контроль определяет только соответствие или несоответствие нормативным актам, в то время как в большинстве случаев необходимо установить конкретную неисправность, вызвавшую это несоответствие. В этом случае используется понятие технической диагностики.

Техническая диагностика – отрасль знаний, изучающая и устанавливающая признаки неисправностей составных частей объектов, разрабатывающая методы и средства, с помощью которых дается заключение (ставится диагноз) о техническом состоянии объектов диагностирования, а также принципы построения и организации использования систем диагностирования.

Объект диагностирования – изделие (транспортное средство, автомобиль) и его составляющие, подвергаемые диагностированию.

Техническое диагностирование – процесс определения технического состояния объекта диагностирования с требуемой точностью.

Результатом диагностирования является **диагноз** – заключение о техническом состоянии объекта с указанием при необходимости места, вида и причины дефекта.

Средства и объекты диагностирования, подготовленные к проверке параметров состояния или осуществляющие ее по правилам, установленным соответствующей документацией, называются **системой технического диагностирования**.

Таким образом, различают понятие диагностики как отрасли знаний и как области практической деятельности. В первом случае используется термин «техническая диагностика», во втором – «техническое диагностирование».

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

Диагностика решает задачи трех типов по определению состояния объектов диагностирования.

К первому типу относятся задачи по определению состояния, в котором объект находится в настоящий момент (диагноз – греч. *diagnosis* – распознавание, определение), ко второму – задачи по предсказанию состояния, в котором объект окажется в некоторый будущий момент (прогноз – от греч. *prognosis* – предвидение, предсказание), к третьему – задачи по определению состояния, в котором находился объект в некоторый момент в прошлом – ретроспекция (генезис – от греч. *genesis* – происхождение, возникновение) (рисунок 1.1).

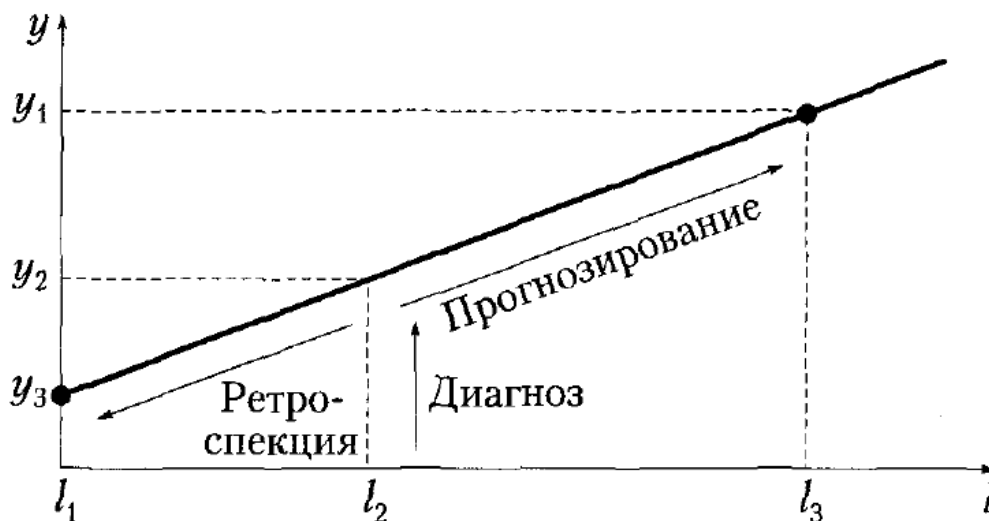


Рисунок 1.1. Схема определения технического состояния объекта: y — значение диагностического параметра; l — пробег.

Задачи первого типа относят к технической диагностике, второго – к технической прогностике (или, как чаще говорят, к техническому прогнозированию), а третьего – к технической генетике.

Основными задачами диагностики применительно к автомобилям являются:

- выявление автомобилей (из числа эксплуатируемых), техническое состояние которых не соответствует требованиям безопасности движения и охраны окружающей среды;

- определение неисправностей, для устранения которых необходимы регулировочные либо ремонтные работы (если для устранения неисправности требуются большие затраты рабочего времени, то такие работы выполняются перед ТО);

- выявление или уточнение перед ремонтом причин отказа или неисправности;

- контроль качества ТО и ремонта;

- прогнозирование ресурса исправной работы узлов, агрегатов и автомобилей в целом;

- сбор, обработка и выдача информации, необходимой для управления производством;

- установление в отдельных случаях технического состояния автомобиля, в котором он находился в прошлом, например перед аварией (техническая генетика).

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

При диагностировании выявляют автомобили, техническое состояние которых не отвечает требованиям безопасности движения, а перед ТО определяют потребность в устранении неисправностей или проведении ремонта, контролируют качество ТО и ремонта, определяют возможность исправной работы агрегатов и механизмов автомобиля в предстоящем межконтрольном пробеге, собирают и обрабатывают информацию, необходимую для управления производством.

В системе управления технической службой АТО диагностирование является информационно-контролирующим блоком, подчиненным отделу управления производством.

Диагностирование – это более совершенная форма проведения контрольных работ ввиду:

- объективности и достоверности оценки технического состояния автомобилей, что достигается применением инструментальных методов проверки;

- возможности определения выходных параметров (параметров эффективности) агрегатов и систем автомобилей (мощности, топливной экономичности, тормозных качеств и т.д.);
- наличия условий для повышения надежности и организованности функционирования производства ТО и ремонта автомобилей за счет более эффективного оперативного управления им.

1.2. Параметры, характеризующие техническое состояние автомобиля, его агрегатов и механизмов.

При работе и хранении автомобиля происходит физическое старение деталей. В результате этого изменяется техническое состояние автомобиля, агрегата, узла, системы, детали, которое определяется как состояние (свойство), в любой момент времени оцениваемое определенными признаками.

Количественная мера, характеризующая свойство агрегата, системы, элемента, называется **параметром технического состояния**.

Параметрами технического состояния (структурными параметрами) являются физические величины (выраженные в миллиметрах, градусах и т.п.), определяющие связь и взаимодействие элементов автомобиля, и его функционирование в целом. Например, структурными параметрами сопряжения «поршень – цилиндр двигателя» могут быть размеры сопряженных деталей поршней и цилиндров, которые определяют зазор между ними, овальность и т.п. Для тормозной системы параметром технического состояния будет зазор между колодками и тормозным барабаном (диском), определяющий тормозной путь или тормозную силу на колесах автомобиля.

Понятие диагностического параметра. Возможность непосредственного измерения в процессе эксплуатации структурных параметров (износов, зазоров) сопряжений механизмов автомобиля без их разборки весьма ограничена. Поэтому при диагностировании пользуются косвенными признаками, отражающими техническое состояние автомобиля. Эти признаки называются **диагностическими параметрами** и представляют собой пригодные для измерения физические величины, связанные с параметрами технического состояния автомобиля и несущие информацию о его состоянии.

Диагностический параметр – это физическая величина, контролируемая средствами диагностирования и косвенно характеризующая работоспособность автомобиля или его агрегатов и систем.

Диагностические параметры (ДП) можно подразделить на три вида:

- 1) ДП выходных рабочих процессов, характеризующие функциональные свойства автомобиля, агрегата, системы;

2) геометрические ДП;

3) ДП сопутствующих процессов, сопровождающие работу двигателя, агрегата, системы.

В процессе эксплуатации параметры технического состояния изменяются от номинального y_n до текущего y_t , затем до предельно допустимого $y_{пд}$ и, наконец, до предельного $y_{п}$ значения под влиянием различных конструктивно-технологических и эксплуатационных факторов.

Номинальное (начальное) значение y_n определяется проектно-конструкторской документацией и качеством изготовления изделия.

Превышение предельного значения $y_{п}$ приводит к отказу изделия и недопустимо.

Предельно допустимое значение $y_{пд}$ предшествует предельному и сигнализирует пользователю о необходимости принятия мер по восстановлению технического состояния.

Текущее значение параметра y_t характеризует фактическое техническое состояние изделия.

Предельные значения структурных параметров обусловлены вероятностью отказов и неисправностей автомобиля и являются в основном значениями технико-экономического характера.

Предельные значения параметров состояния в зависимости от того, на основании каких критериев (признаков) они устанавливаются, делятся на три группы: технические; технико-экономические; технологические (качественные).

Технические критерии (признаки) характеризуют предельное состояние составных частей, когда они не могут больше выполнять свои функции по техническим причинам (например, предельное увеличение шага цепи (свыше 40 % номинального значения) приводит к ее проскальзыванию на звездочках и спаданию) или когда дальнейшая эксплуатация объекта приведет к аварийному отказу (например, работа автомобиля при предельном износе тормозных колодок может привести к аварии).

Технико-экономические критерии, характеризующие предельное состояние, указывают на снижение эффективности использования объекта вследствие изменения технического состояния (например, при предельном износе цилиндропоршневой группы угар картерного масла увеличивается более чем на 3,5 %, что указывает на нецелесообразность работы на таком двигателе).

Технологические критерии характеризуют резкое ухудшение качества выполнения работ по причине предельного состояния рабочих органов машин.

В качестве *примера* рассмотрим процесс изнашивания тормозных накладок и барабанов (дисков) тормозной системы. В результате изнашивания происходит

увеличение зазора y между накладками и тормозными барабанами (дисками), что вызывает рост тормозного пути S_T (рисунок 1.2).

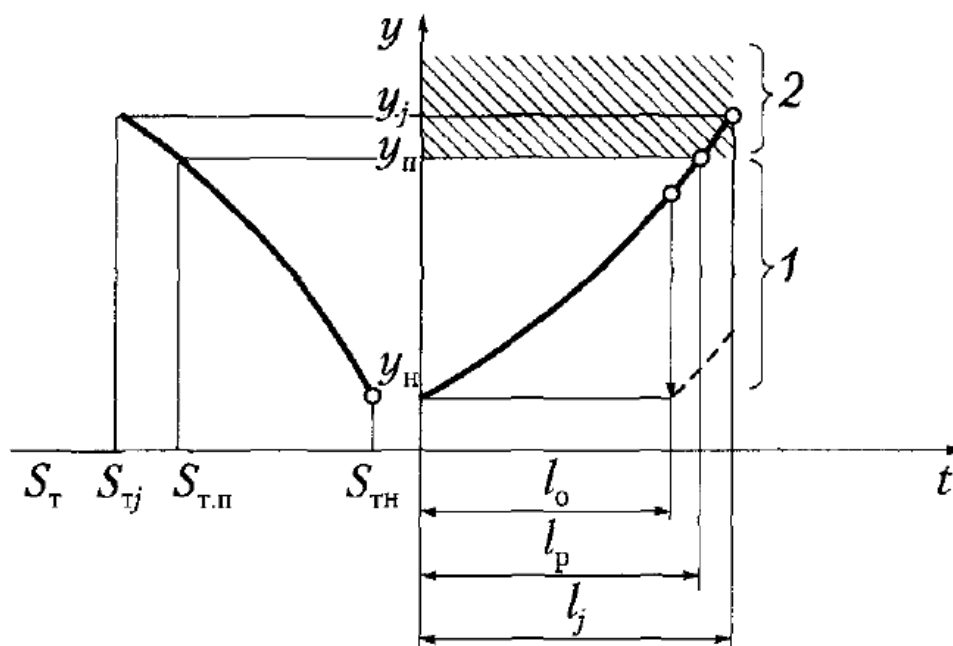


Рисунок 1.2. Изменение технического состояния y и тормозного пути $S_{Т.П.}$ в зависимости от пробега:

1 — зона работоспособности; 2 — зона отказа; l_0 — оптимальная периодичность регулировки; l_p — предельное значение пробега; l_j — значение пробега, при котором наступает отказ; $S_{Т.П.}$ — предельное значение тормозного пути; $S_{Т.Н.}$ — значение тормозного пути при номинальном значении параметра; $S_{Тj}$ — недопустимое значение тормозного пути; y_H — номинальное значение параметра; y_{II} — предельное значение параметра; y_j — недопустимое значение параметра.

Предельному значению тормозного пути $S_{Т.П.}$, который регламентирован технической документацией, соответствует предельное значение зазора y_{II} в тормозном механизме.

Этому зазору, в свою очередь, соответствует пробег l_p , при котором зазор и тормозной путь достигают предельного значения. Продолжительность работы изделия, измеряемая в часах или километрах пробега, а в ряде случаев в единицах выполненной работы, называется наработкой. Нарботка до предельного состояния, оговоренного технической документацией, называется ресурсом. Таким образом, в рассматриваемом примере l_p — это ресурс, а в интервале пробега $0 \leq l_i \leq l_p$ (зона работоспособности) изделие по этому показателю исправно и может выполнять свои функции.

Если изделие удовлетворяет требованиям нормативно-технической документации по всем показателям, то оно считается исправным. Если параметры

изделия, характеризующие его способность выполнять заданные функции, соответствуют установленным нормативно-технической документацией требованиям, то оно признается работоспособным. Отсюда следует, что в случае, когда автомобиль может выполнять свои основные функции, но не отвечает всем требованиям технической документации (например, помято крыло), он работоспособен, но неисправен.

Если продолжать эксплуатировать автомобиль за пределами l_p (например, до l_j), то наступит отказ, т.е. событие, заключающееся в нарушении работоспособности. При этом прекратится транспортный процесс (произойдет остановка на линии, преждевременный возврат с линии).

Отказ автомобиля фиксируется в следующих случаях, связанных с техническим состоянием:

- опоздание с выходом на линию;
- прекращение уже начатого транспортного процесса (линейный отказ);
- досрочный возврат с линии (неполное выполнение задания);
- принудительное обоснованное недопущение к работе или прекращение работы автомобиля на линии контрольными органами (ГАИ или ГИБДД, транспортная инспекция, экологическая милиция).

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

Роль предельно допустимого значения параметра заключается в том, чтобы своевременно информировать (предупредить) о приближении момента отказа для принятия соответствующих мер.

Свойства диагностических параметров. Для обеспечения надлежащей достоверности и экономичности диагностирования диагностические параметры должны обладать чувствительностью, однозначностью, стабильностью, информативностью.

Под чувствительностью K_r диагностического параметра Π понимают отношение приращения $d\Pi$ параметра к соответствующему изменению dU структурного параметра:

$$K_r = \frac{d\Pi}{dU}.$$

Чем больше значение этой величины, тем чувствительнее диагностический параметр к изменению структурного параметра.

Требование чувствительности является важным для оценки качества диагностического параметра и служит удобным критерием при выборе наиболее эффективного метода диагностирования в конкретных условиях.

Так, например, на рисунке 3 графическое изображение диагностического параметра 1 соответствует изменению количества газов, прорывающихся в картер

двигателя, 2 – изменению компрессии в цилиндрах двигателя в зависимости от износа деталей цилиндропоршневой группы.

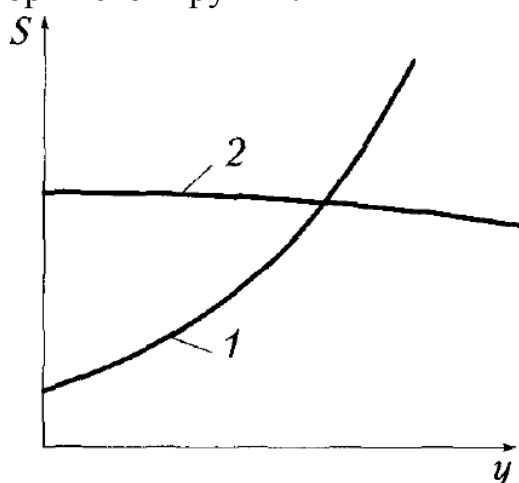


Рисунок 1.3. Характеристика высокочувствительного (1) и малочувствительного (2) диагностических параметров.

В первом случае мы имеем параметр, значение которого отклоняется от номинального значения значительно. У второго же параметра значение для данного двигателя уменьшается незначительно. С учетом имеющейся нестабильности второго диагностического параметра можно сделать вывод о практической невозможности его применения (из-за малой чувствительности) в определении промежуточных значений износа цилиндропоршневой группы и прогнозирования ее остаточного ресурса. Его использование эффективно при выявлении крупных неисправностей, таких как залегание поршневых колец, зависание клапана, предельный износ цилиндропоршневой группы. И наоборот, первый параметр — прорыв газов в картер — позволяет с высокой степенью точности оценить уровень износа деталей, определить остаточный ресурс и наметить сроки предупредительных регламентных работ. По этой причине данный метод широко используется для индивидуального прогнозирования технического состояния цилиндропоршневой группы судовых, тепловозных и тракторных двигателей.

Однозначность диагностического параметра определяется его монотонно возрастающей или убывающей зависимостью от структурного параметра в диапазоне от начального U_n до предельного $U_{п}$ изменения структурного параметра.

На рисунке 1.4 показаны три варианта поведения диагностического параметра Π по мере изменения значения структурного параметра U .

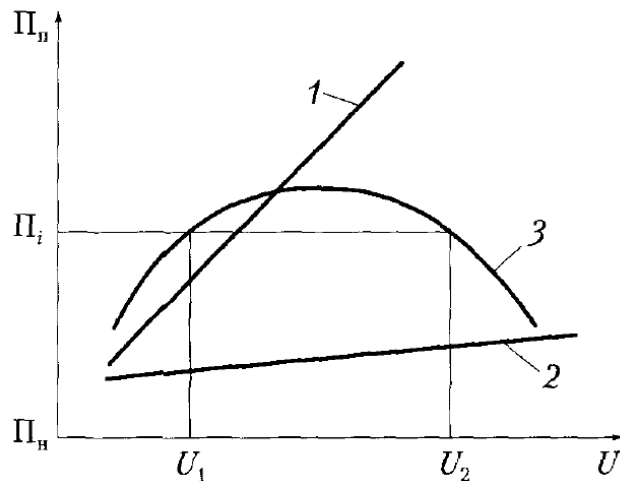


Рисунок 1.4. Примеры зависимостей диагностических параметров от состояния структурного параметра.

Параметры 1 и 2 – однозначные, поскольку каждому возможному состоянию соответствует одна вполне определенная величина признака. Параметр 3 – неоднозначен, поскольку одно и то же значение признака может соответствовать двум состояниям (или более).

Сравнивая параметры 1 и 2, можно заметить, что при изменении состояния на величину ΔU изменение величины $\Delta П$ для первого параметра больше, чем для второго, т.е. первый параметр более чувствительный.

Стабильность диагностического параметра определяется дисперсией его значения при многократных измерениях в неизменных условиях на объектах, имеющих одно и то же значение структурного параметра. Нестабильность диагностического параметра снижает достоверность оценки технического состояния механизма, что в некоторых случаях заставляет отказаться от удобных методов диагностирования. Так, например, именно это является одной из основных причин, по которой площадочные тормозные стенды, несмотря на некоторые их преимущества, не применяются при государственном техническом осмотре. Это связано с тем, что такие стенды, как и стенды с беговыми барабанами, имеют нестабильность показаний. Для определения истинного состояния тормозной системы необходима повторная проверка, что не представляется проблематичным при использовании стенда с беговыми барабанами.

Информативность диагностического параметра является главным критерием, положенным в основу определения возможности применения параметра для целей диагностирования, и характеризует достоверность диагноза, получаемого в результате измерения значений параметра (рисунок 1.5).

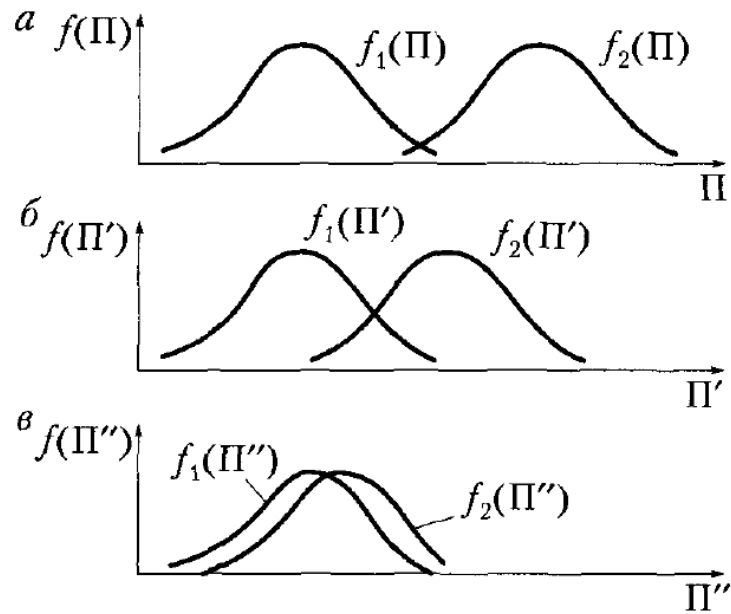


Рисунок 1.5. Схема сравнительной информативности диагностических параметров: а – информативного (Π); б – малоинформативного (Π'); в – неинформативного (Π''); f_1, f_2 – функции распределения параметров соответственно исправных и неисправных объектов.

Диагностические параметры механизма, как и структурные, являются переменными случайными величинами и имеют соответствующие номинальные и предельные значения. С увеличением пробега автомобиля диагностические параметры могут либо увеличиваться (вибрации и др.), либо уменьшаться (давление масла и т.д.). Существующая связь между диагностическими и структурными параметрами позволяет без разборки автомобиля и его элементов количественно оценить их техническое состояние.

1.3. Процесс диагностирования и прогнозирование остаточного ресурса.

Составные элементы диагностирования (или контроля) технического состояния представлены на рисунок 1.6.

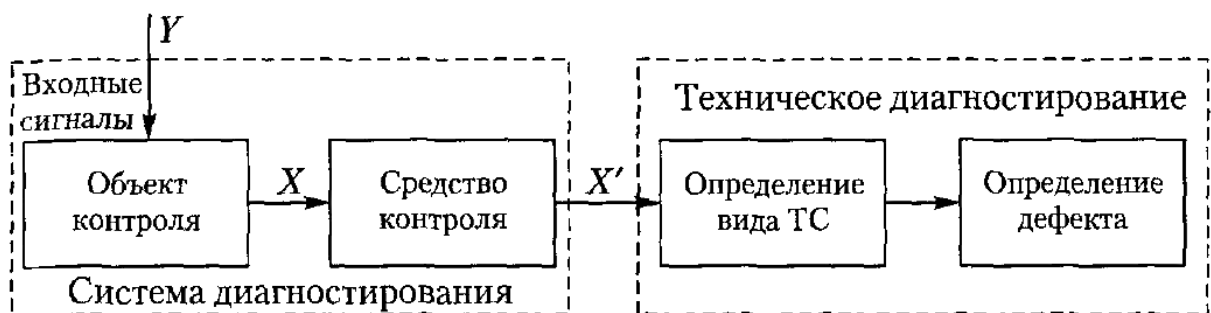


Рисунок 1.6. Составные элементы диагностирования.

Совокупность средств контроля и объекта контроля представляет собой систему диагностирования. Объект контроля выдает выходной сигнал X , если на него воздействует входной сигнал Y . Выходной сигнал обрабатывается средством контроля и представляется диагносту в виде диагностического параметра X' . Анализ полученных при диагностировании данных с целью распознавания вида технического состояния и определение дефекта (или места отказа) составляют предмет *технического диагностирования*.

Отдельное тестовое или рабочее воздействие на объект контроля и снимаемый ответ называется *элементарной проверкой*. Совокупность тестовых воздействий и порядок их выполнения составляют *диагностический тест*. Если тест выполняется для проверки работоспособности, то его называют проверяющим, а если для определения места отказа – *тестом поиска отказа*.

Тестовое воздействие осуществляют путем естественного функционирования объекта на заданных силовых, скоростных и тепловых режимах или при помощи стендов, мобильных устройств. Параметры технического состояния измеряют съемными и встроенными измерителями-преобразователями, в простейших случаях – визуально. Обработка информации заключается в преобразовании, усилении, анализе и фильтрации диагностических параметров как по виду, так и по величине (например, посредством пороговых устройств). Постановка диагноза в простейшем случае состоит из сравнения полученного сигнала (выражающего величину диагностического параметра) с нормативным. В сложных случаях применяют логические устройства (диагностические матрицы или приборы распознавания образов).

Диагностирование осуществляется либо в процессе работы самого транспортного средства, его агрегатов и систем в заданных нагрузочных, скоростных и тепловых режимах (функциональное диагностирование), либо при использовании внешних приводных приспособлений, с помощью которых на автомобиль оказываются тестовые воздействия (тестовое диагностирование). Эти воздействия должны обеспечивать получение максимальной информации о техническом состоянии объекта при оптимальных трудовых и материальных затратах.

Прогноз определяется как вероятностное научно-обоснованное суждение о перспективах, возможных состояниях того или иного явления в будущем и (или) об альтернативных путях и сроках их осуществления. Под **прогнозированием** также понимают определение срока исправной работы автомобиля до возникновения предельного состояния, обусловленного технической документацией.

Различают два вида прогнозирования технического состояния автомобилей: среднестатистическое и по характеру (закономерности) изменения параметров состояния сборочных единиц конкретного автомобиля.

Среднестатистическое прогнозирование основано на статистической обработке и анализе средних результатов, полученных в процессе разработки, производства и эксплуатации автомобилей, а также на последующем установлении единых допускаемых значений параметров состояния и единой периодичности обслуживания для одноименных сборочных единиц однотипных автомобилей.

Прогнозирование по характеру изменения параметров основано на выявлении скоростей изменения параметров состояния сборочных единиц автомобиля. Применение среднестатистического прогнозирования требует установления единой периодичности планового ТО для всей совокупности одноименных сборочных единиц однотипных автомобилей, что значительно упрощает планирование и организацию их ТО и ремонта. В этом заключается одно из основных преимуществ такого вида прогнозирования. Его недостатками являются, с одной стороны, неизбежность отказов в результате рассеивания сроков безотказной работы одноименных сборочных единиц однотипных машин, а с другой – возможность значительного недоиспользования ресурса в связи с единой периодичностью обслуживания машин.

Однако трудности, связанные с учетом измеряемых величин и их обработкой, не позволяют прогнозировать этим методом остаточный ресурс всех сборочных единиц автомобилей. Поэтому для отдельных сборочных единиц применяют среднестатистическое прогнозирование их остаточного ресурса. При этом заранее рассчитывают допускаемые значения контролируемых параметров и используют их в технологии диагностирования.

Прогнозирование по характеру изменения параметра применяется для таких сборочных единиц (цилиндропоршневая группа, кривошипно-шатунный механизм двигателя), срок безотказной работы, которых определяет межремонтный ресурс сборочной единицы или автомобиля в целом.

Рассмотрим схему прогнозирования остаточного ресурса (рисунок 1.7).

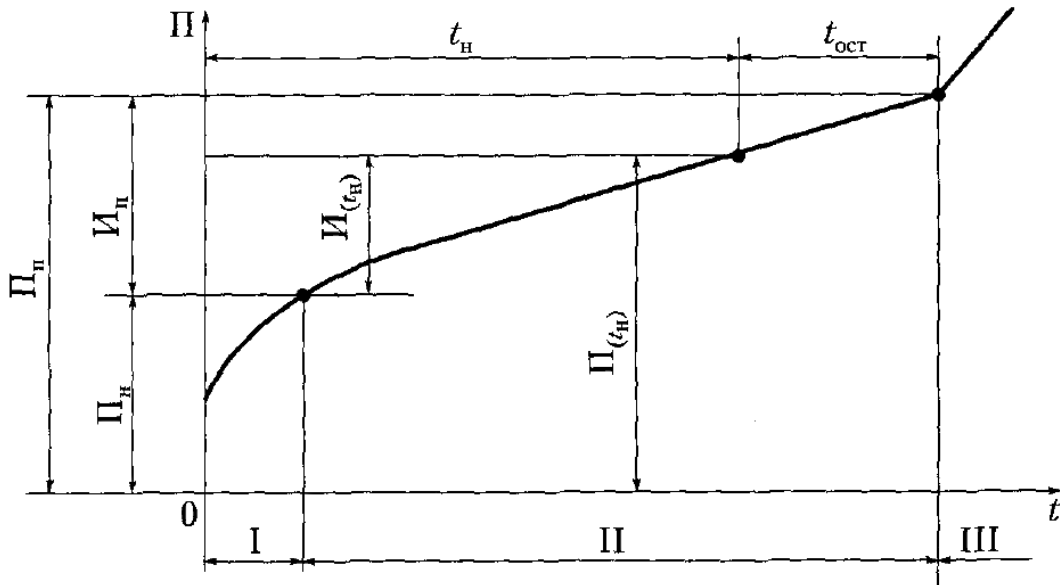


Рисунок 1.7. Схема прогнозирования остаточного ресурса при известной наработке от начала эксплуатации сборочной единицы (детали):

I – этап приработки; II – этап нормальной работы с установившейся скоростью износа; III – этап наступления предельного состояния диагностируемой сборочной единицы или детали; $I_{\text{п}}$ – предельное изменение параметра состояния, $I_{\text{п}} = P_{\text{п}} - P_{\text{н}}$; $I_{(t_{\text{н}})}$ – изменение параметра состояния к моменту диагностирования (после наработки $t_{\text{н}}$), $I_{(t_{\text{н}})} = P_{(t_{\text{н}})} - P_{\text{н}}$; $P_{(t_{\text{н}})}$ – измеренная величина параметра; $P_{\text{п}}$ – предельное значение параметра; $P_{\text{н}}$ – номинальная величина параметра; $t_{\text{н}}$ – величина наработки; $t_{\text{ост}}$ – остаточный ресурс.

Расчет остаточного ресурса производится по формуле:

$$t_{\text{ост}} = t_{\text{н}} \left[\left(\frac{I_{\text{п}}}{I_{(t_{\text{н}})}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right]. \quad (1.1)$$

Для определения остаточного ресурса сборочной единицы по формуле (1.1) необходимо измерить значение соответствующего параметра и знать наработку к моменту измерения. Значения остальных показателей берутся из технологической карты диагностирования.

По данным ГОСНИТИ, значения α находятся в пределах 0,8...2,0. Ориентировочные значения показателя α для некоторых сборочных единиц и деталей приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Значение показателя α для сборочных единиц.

Параметр технического состояния	Значение α
Мощность двигателя	0,8
Расход газов, прорывающихся в картер:	
до замены колец	1,3
после замены колец	1,5
Зазоры в КШМ	1,4
Зазоры в подшипниках качения	1,5
Износ валиков, пальцев и осей	1,4

В качестве примера определим остаточный ресурс цилиндропоршневой группы двигателя, если после 1500 моточасов работы (t_H) расход картерных газов ($P_{(t_H)}$) составил 78 л/мин. По справочным данным определяем: номинальное значение этого параметра (P_H) – 34 л/мин, предельное (P_n) – 105 л/мин; показатель степени функции (α) до замены поршневых колец равен 1,3 (см. таблицу 1.1). По этим данным определяем предельное изменение параметра ($I_H = 105 - 34 = 71$), изменение параметра на момент диагностирования составит $I_{(t_H)} = 78 - 34 = 44$. Подставив указанные значения в формулу (1.1), получим:

$$t_{\text{ост}} = 1500 \left[\left(\frac{71}{44} \right)^{\frac{1}{1,3}} - 1 \right] = 666.$$

Таким образом, остаточный ресурс ЦПГ рассматриваемого двигателя составит 666 моточасов.

В настоящее время разработано несколько направлений по выявлению закономерностей изменения диагностических параметров.

При постановке диагноза определяется, сможет ли автомобиль исправно работать до очередного ТО или ремонта, т.е. практически прогнозирование состоит в назначении периодичности ТО (диагностирования) или установлении наработки до очередного ремонта и определении упреждающих диагностических нормативов. При этом основная задача диагностирования заключается в получении максимального эффекта по заранее выбранному критерию.

1.4. Структурно-следственная модель объекта диагностирования.

Дискретные связи между структурными и диагностическими параметрами можно представить в виде моделей, которые характеризуют основные свойства

агрегатов и механизмов автомобиля с точки зрения возможности их диагностирования.

Структурно-следственную модель (рисунок 1.8) получают на основе инженерного изучения функциональных связей между элементами объекта, структурными и диагностическими параметрами.



Рисунок 1.8. Структурно-следственная модель сцепления грузового автомобиля с механическим приводом.

На первом уровне располагаются элементы объекта, на втором – структурные параметры, на третьем – их конкретные значения, достигшие предельной величины (неисправности), на четвертом – диагностические признаки и на пятом – диагностические параметры. Эта модель позволяет на основе данных о надежности объекта выявить критические, т.е. наиболее уязвимые, элементы объекта, их связи с характерными неисправностями, связи между неисправностями и диагностическими параметрами и таким образом выбрать начальный перечень диагностических параметров. Связи, представленные на структурно-следственной схеме, могут быть положены в основу логических устройств для постановки диагноза. Такие устройства позволяют решить обратную задачу: определить техническое состояние, идя от диагностических параметров к неисправностям объекта.

Функциональная модель раскрывает межэлементные и блочные связи, позволяет определить оптимальную технологическую последовательность процесса диагностирования. Логическое и математическое описание объектов

диагностирования является основой создания методов и средств диагностирования автомобилей.

1.5. Алгоритмы диагностирования и матрицы поиска неисправностей.

Диагностирование сложных механизмов автотранспортных средств представляет определенные трудности, поэтому в практике диагностирования используют алгоритмы (рисунок 1.9). Алгоритм диагностирования представляет собой структурное изображение рациональной последовательности диагностических, регулировочных и ремонтных операций. Он определяет вывод объекта диагностирования на тестовый режим, постановку первичного диагноза, переход к следующему элементу, регулировочные и ремонтные операции, повторные и заключительные проверки.

Алгоритм может состоять из алгоритма общего диагностирования и боковых алгоритмов поэлементного диагностирования при выполнении ТО или ремонта. Вертикальная ветвь алгоритма представляет систему последовательного поиска основного алгоритма. Возможны два исхода: положительный «да», если выходной параметр не превышает нормы, и отрицательный «нет». В первом случае осуществляют очередной шаг (по стрелке вниз), во втором — начинают поиск неисправностей по боковым ветвям. Алгоритм строят с учетом особенностей объекта, очередного диагностического параметра, технологичности процесса, информативности, средств диагностирования и оптимизируют (сравнивая с другими вариантами) по экономическому критерию. Экономический критерий определяется по формуле:

$$C = \sum_{i=1}^n C_i P_i,$$

где C – средняя стоимость проверки; C_i – результирующая стоимость проверки для нахождения i -го элемента; P_i – вероятность того, что отказ обусловлен i -м элементом.

Алгоритмы являются основой оптимизации процесса диагностирования. В зависимости от задачи диагностирования и сложности объекта диагноз может различаться по глубине.

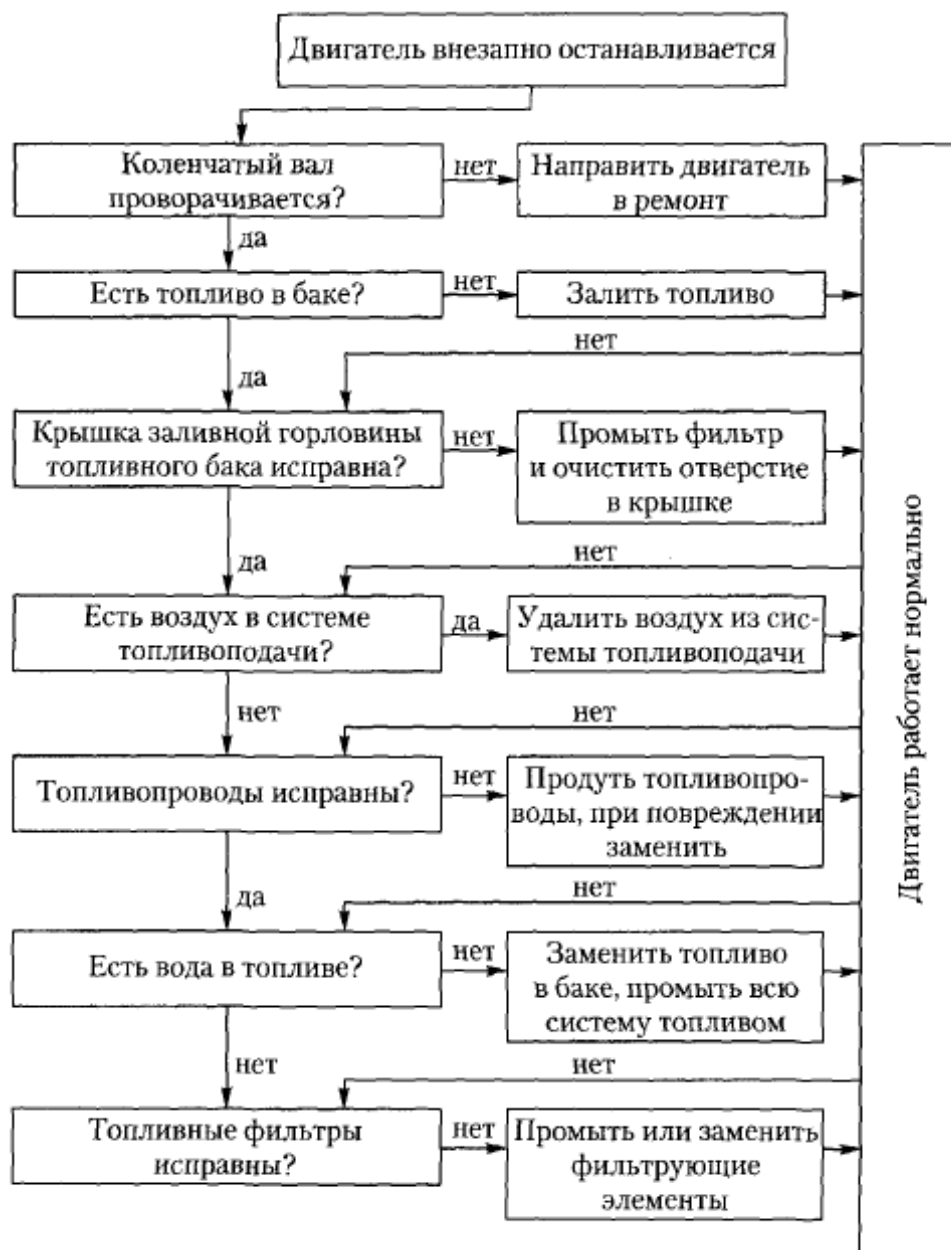


Рисунок 1.9. Алгоритм поиска неисправностей двигателя.

Для оценки работоспособности агрегата, системы, автомобиля в целом используются выходные параметры, на основании которых ставится общий диагноз типа «да», «нет» («годен», «не годен»). Для определения потребности в ремонтно-регулировочной операции требуется более глубокий диагноз, основанный на локализации конкретной неисправности. Постановка диагноза в случае, когда приходится пользоваться одним диагностическим параметром, не вызывает особых методических трудностей. Она практически сводится к сравнению измеренной величины диагностического параметра с нормативом.

Наиболее универсальной моделью объекта диагностирования является представление его в виде «черного ящика», в частности конечного автомата,

входные и выходные параметры которого имеют конечное множество значений (рисунок 1.10).

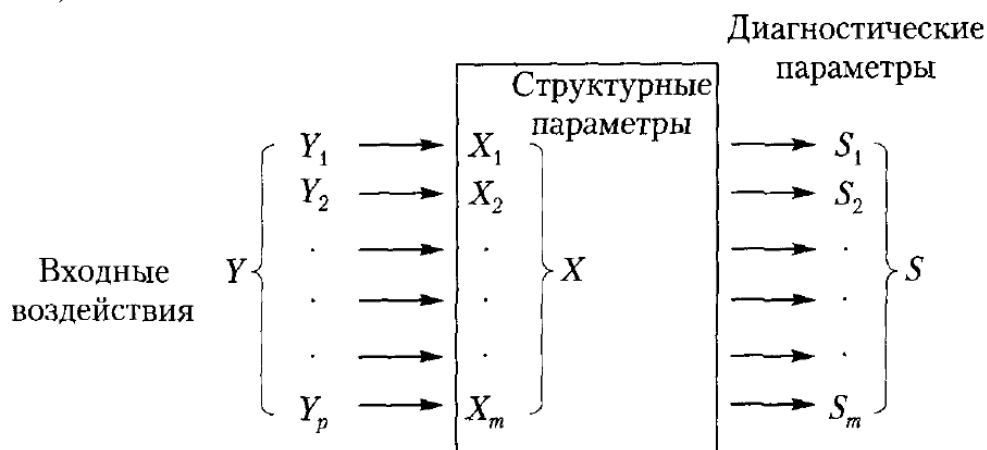


Рисунок 1.10. Универсальная модель объекта диагностирования в виде «черного ящика».

Предполагается, что все возможные состояния объекта образуют конечное множество состояний.

В данном случае объект является «черным ящиком» не потому, что его внутренняя структура и параметры полностью не известны, а потому, что накладывается запрет на доступ к ним и состояние объекта можно определять, только исследуя его выходные параметры.

Для представления объекта в виде «черного ящика» необходимо задать:

- а) множество входных воздействий от стимулирующих устройств и внешней среды;
- б) множество всех выходных (диагностических) параметров;
- в) множество всех структурных параметров объекта.

Задача постановки диагноза формулируется следующим образом: по данным значениям диагностических параметров S_1, S_2, \dots, S_m определить текущие значения всех структурных параметров X_1, X_2, \dots, X_m , если известны функциональные зависимости между каждым диагностическим сигналом и структурными параметрами:

$$S_1 = \varphi_1(X_1, X_2, \dots, X_m);$$

$$S_2 = \varphi_2(X_1, X_2, \dots, X_m);$$

... ..

$$S_m = \varphi_m(X_1, X_2, \dots, X_m).$$

Эта система уравнений есть, по сути, математическая модель объекта диагностирования, имеющего m структурных параметров и n диагностических.

Однако практическое использование такой аналитической модели пока ограничено в силу следующих обстоятельств: вид функций φ для большинства

агрегатов и узлов автомобиля пока не установлен; если функция φ не удовлетворяет условиям непрерывности и дифференцируемости по каждому аргументу, то решение системы вызывает большие математические трудности; многие диагностические параметры в принципе не могут быть выражены в виде аналитических функций.

Наибольшее распространение для взаимосвязи между возможными техническими состояниями (неисправностями) и диагностическими параметрами получили **диагностические матрицы**. Синтез такого рода матриц производится в определенной последовательности: сначала составляется полный перечень возможных неисправностей; из перечня исключаются редко встречающиеся; неисправности отдельных элементов объединяются по технологическим признакам в более крупные; бесконечное множество технических состояний объекта заменяется конечным множеством, каждое из которых связано с определенной неисправностью.

Диагностическая матрица, по сути, является формой записи системы уравнений технологического состояния агрегата, узла.

Каждому столбцу матрицы соответствует определенная неисправность X_i (таблица 1.2):

Таблица 1.2. Диагностическая матрица.

Диагностический параметр	S_i	Неисправности			
		X_1	X_2	...	X_n
x_1	S_1	X_{11}	X_{21}	...	X_{n1}
x_2	S_2	X_{12}	X_{22}	...	X_{n2}
.....
x_m	S_m	X_{1m}	X_{2m}	...	X_{nm}

С каждой i -й неисправностью соотнесен конкретный диагностический параметр S_i , принимающий два значения:

$$S_i = \begin{cases} 0 & \text{– при отсутствии неисправности;} \\ 1 & \text{– при наличии ее.} \end{cases}$$

Диагностическая задача в этом случае формулируется следующим образом: по заданным значениям диагностических параметров S_1, S_2, \dots, S_m , полученным при диагностическом обследовании, определить значения структурных параметров X_1, X_2, \dots, X_m в момент проверки, если известны функциональные зависимости между диагностическими и всеми структурными параметрами в виде системы уравнений или матрицы.

Решение задачи состоит в преобразовании множества диагностических параметров во множество структурных параметров, так как при постановке диагноза известными являются именно значения диагностических параметров, т.е. это можно представить в виде

$$\begin{aligned}x_1 &= f_1(S_1, S_2 \dots, S_m); \\x_2 &= f_2(S_1, S_2 \dots, S_m); \\&\dots \dots \dots \dots \dots \\x_m &= f_m(S_1, S_2 \dots, S_m).\end{aligned}$$

Процесс постановки диагноза на основе модели объекта диагностирования, выраженной в виде диагностической матрицы, состоит из следующих этапов:

- путем соответствующих измерений устанавливаются значения всех диагностических параметров $S_1, S_2 \dots, S_m$;
- значения диагностических параметров подставляются в систему уравнений;
- вычисляются значения всех функций неисправностей, X_i причем если

$$X_i \begin{cases} = 1 & \text{— имеется } i\text{-я неисправность;} \\ \neq 1 & \text{— функция не определена.} \end{cases}$$

Под *осуществляемостью диагноза* следует понимать получение однозначного ответа о техническом состоянии объекта в рамках принятых допущений о возможных состояниях при наличии любой не противоречащей физическим представлениям комбинации значений диагностических параметров, т.е. множество структурных параметров (неисправностей) объекта было бы однозначным.

Однако метод построения матрицы не гарантирует того, что выбранная совокупность диагностических симптомов, входящих в исходную максимальную совокупность S_j и достаточных для распознавания заданных неисправностей, является избыточной. Избыточность совокупности диагностических симптомов приводит к увеличению общего времени и трудоемкости диагностирования, при этом усложняется логический процесс постановки диагноза, увеличивается стоимость работ.

В качестве критериев оптимальности могут приниматься минимальное количество симптомов; минимальная трудоемкость диагностирования; максимальная достоверность постановки диагноза.

Рассмотрим инженерную методику построения проверяющих, локализирующих и диагностических множеств на примере сцепления с механическим приводом грузового автомобиля (таблица 1.3)

Таблица 1.3. Обобщенная диагностическая матрица.

Неисправность	Диагностический симптом				
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
X_1	1	1	0	0	0
X_2	0	0	0	1	1
X_3	0	0	0	1	1
X_4	0	0	1	1	1
X_5	1	0	0	0	0
X_6	0	0	0	0	1
X_7	1	1	1	0	0
X_8	1	1	0	0	0
X_9	0	0	0	1	0
X_{10}	0	0	1	1	0
X_{11}	1	1	0	0	0
X_{12}	0	0	0	1	1

Примечание. Полужирным выделены строки с одинаковой комбинацией 0 и 1.

Неисправности: X_1 – износ фрикционных накладок; X_2 – износ оттяжного рычага; X_3 – поломка нажимной пружины; X_4 – расположение оттяжных рычагов не в одной плоскости; X_5 – замасливание фрикционных накладок; X_6 – увеличенный зазор между выжимным подшипником и рычагами; X_7 – отсутствие свободного хода педали; X_8 – потеря упругости нажимных пружин; X_9 – неисправности гасителя колебаний; X_{10} – поломка оттяжной пружины муфты выключения; X_{11} – износ сальника коленчатого вала; X_{12} – поломка пружинной пластины.

Диагностические симптомы: S_1 – нагрев, запах при работе сцепления; S_2 – уменьшение динамичности разгона автомобиля; S_3 – шум при работе выжимного подшипника при включенном сцеплении; S_4 – плавность включения; S_5 – шум при переключении передач КПП.

На первом этапе в исходной матрице проверяют выполнение условия различимости неисправностей. При его невыполнении во всех строках наблюдаются одинаковые комбинации 1 и 0. Затем в каждой группе оставляется одна любая строка. В данном примере это строки 2, 3, 12 (см. таблицу 1.3). В матрице оставляется строка 2 (таблица 1.4).

Таблица 1.4. Диагностическая матрица после удаления одинаковых строк.

Неисправность	Диагностический симптом				
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
X_1	1	1	0	0	0
X_2	0	0	0	1	1
X_4	0	0	1	1	1
X_5	1	0	0	0	0
X_6	0	0	0	0	1
X_7	1	1	1	0	0
X_8	1	1	0	0	0
X_9	0	0	0	1	0
X_{10}	0	0	1	1	0
X_{11}	1	1	0	0	0

На втором этапе множество диагностических симптомов исходной матрицы разбивают на группы, включая столбцы с одинаковыми комбинациями 0 и 1. В каждой группе оставляется один столбец, остальные вычеркиваются. Это условие в примере выполняется.

На третьем этапе выявляют симптомы, которые имеют во всех строках 1, они не несут какой-либо информации и могут быть вычеркнуты. Таких симптомов нет.

На четвертом этапе записывают выражения для всех неисправностей, указывая диагностические симптомы, имеющие значение 1.

В результате выполнения алгоритма (рисунок 1.11) симптомы распределяются следующим образом:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= S_1 \wedge S_2; X_2 = S_4 \wedge S_5; X_4 = S_3 \wedge S_4 \wedge S_5; \\
 X_5 &= S_1; X_6 = S_5; X_7 = S_1 \wedge S_2 \wedge S_3; \\
 X_8 &= S_1 \wedge S_2; X_9 = S_4; X_{10} = S_3 \wedge S_4; X_{11} = S_1 \wedge S_2.
 \end{aligned}$$

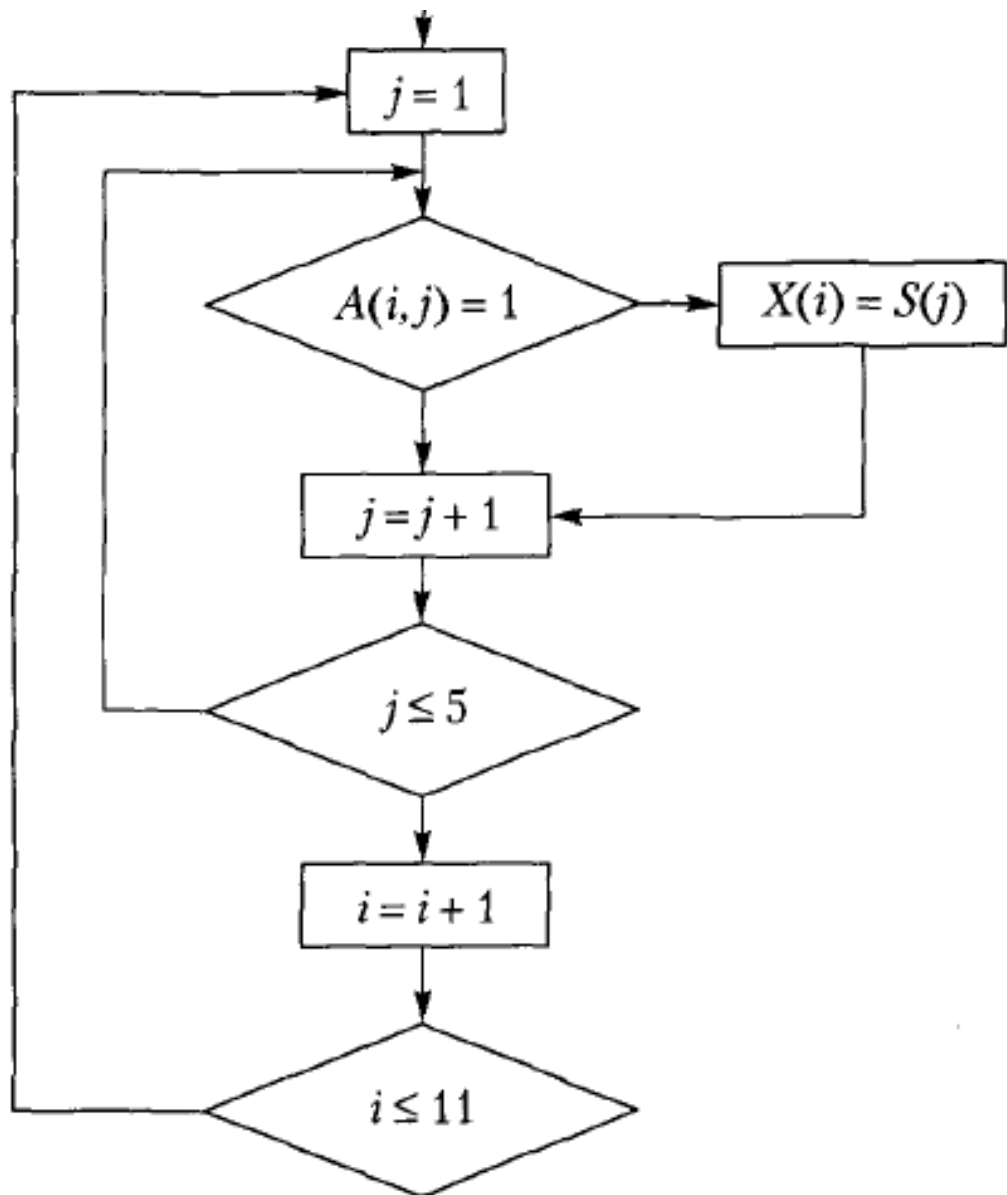


Рисунок 1.11. Алгоритм определения значимости диагностических СИМПТОМОВ.

Так как обнаружение неисправностей X_1 , X_8 , и X_{11} осуществляется по симптомам S_1 и S_2 , то эти неисправности можно рассматривать как одну.

Объект работоспособен только тогда, когда отсутствуют все возможные неисправности, т.е. функция работоспособности

$$F_p = S_3 \wedge (S_1 \wedge S_2 + S_4 \wedge S_5) + S_3 \wedge S_4.$$

На пятом этапе определяют функции различимости f_{ij} по алгоритму, представленному на рисунке 1.12.

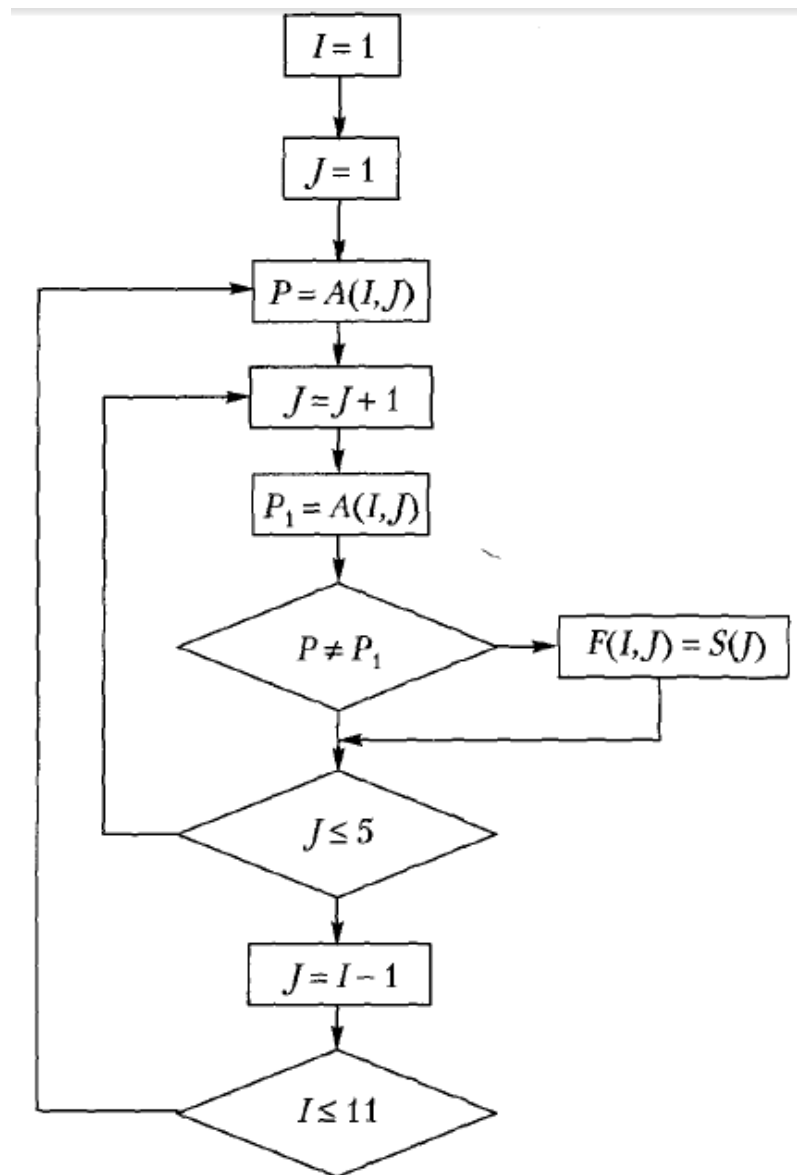


Рисунок 1.12. Алгоритм определения функций различимости.

Признак получается логическим сложением столбцов S_1 и S_2 . Если элемент матрицы $A(i, j)$ для X_1 и X_2 равен 1,1 или 0,0, то он отбрасывается, если — 0 и 1, то остается и записывается в функцию.

В данном примере функции различимости для неисправности X_1 будут равны $f_{1,2} = 1, 2, 4, 5$; $f_{1,4} = 1, 2, 3, 4, 5$; $f_{1,5} = 2$; $f_{1,6} = 1, 2, 5$; $f_{1,7} = 3$; $f_{1,9} = 1, 2, 4$; $f_{1,10} = 1, 2, 3, 4$.

Если множества чисел M_p и M_q образующие любые две строки p и q удовлетворяют условию $M_p \subset M_q$, то строка q удаляется, т.е. из вышеуказанных функций остаются только $f_{1,5} = 2$ и $f_{1,7} = 3$.

Для нахождения локализирующих множеств определяют булево произведение оставшихся функций.

1.6. Виды диагностирования.

Диагностирование по видам подразделяется на диагностирование по режимам (ходовое и стационарное), по средствам (при помощи переносных приборов, встроенных средств, стендов), по технологической принадлежности (Д-1, Д-2, Д_р, Д_{гто} по назначению (общее и углубленное) (рисунок 1.13).

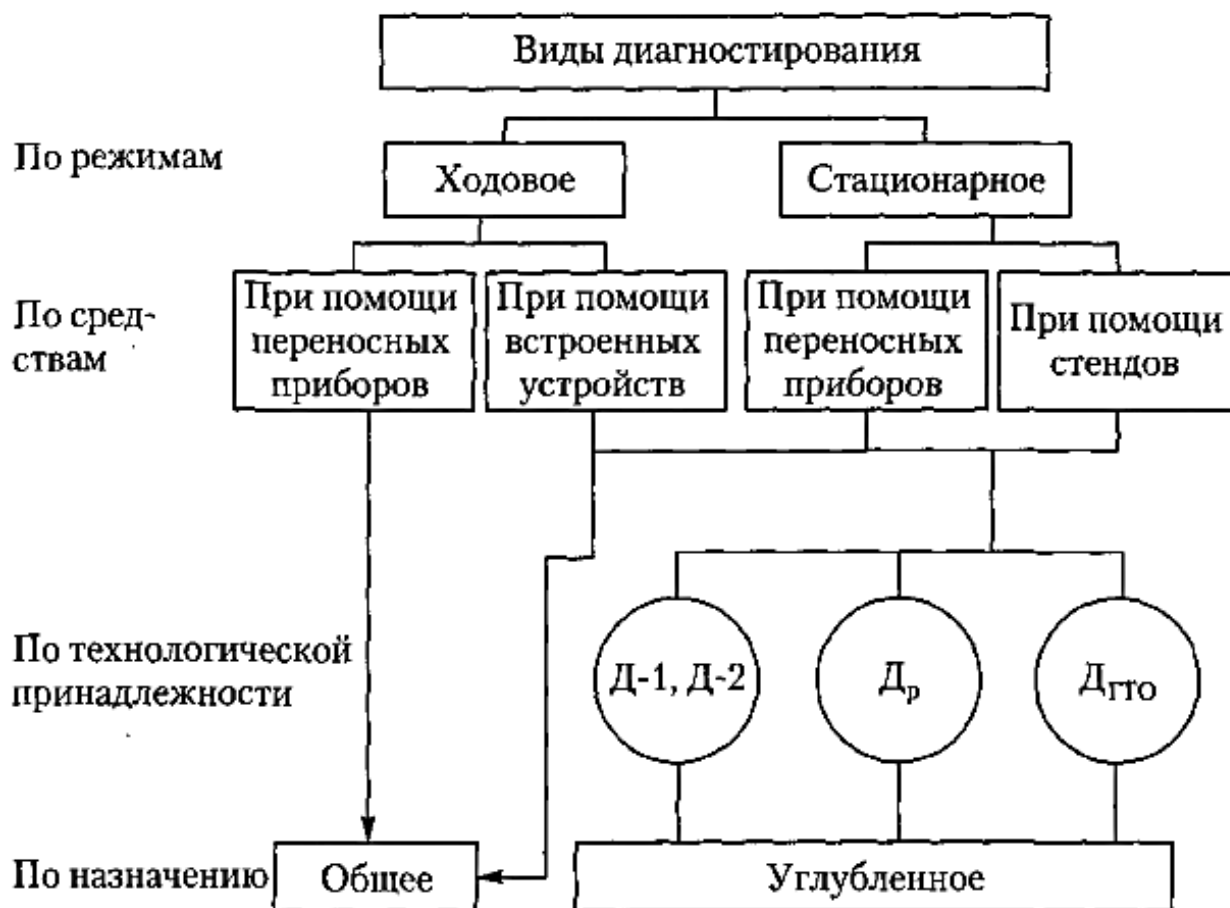


Рисунок 1.13. Виды диагностирования по их технологической принадлежности.

По назначению, периодичности, трудоемкости, перечню выполняемых работ и месту в технологическом процессе ТО и ТР диагностирование делится на Д-1 и Д-2.

Диагностирование Д-1 (общее диагностирование) предназначается главным образом для установления технического состояния механизмов, обеспечивающих безопасность движения автомобиля (тормоза, механизмы управления, углы установки передних колес, приборы освещения), допустимый уровень токсичности отработавших газов и топливную экономичность. Данный вид диагностирования может либо ограничиваться только определением годности объекта к дальнейшей эксплуатации, либо включать в себя определение основных

неисправностей и сопровождаться регулировочными работами с последующим контролем качества их выполнения (углубленное диагностирование Д-2). Д-1 производится как на контрольном пункте при возвращении автомобиля в парк, так и при ТО-1 или перед ним. Для проведения ТО-1 используют информацию, полученную при помощи средств встроенного диагностирования (приборов, стендов).

Углубленное диагностирование (Д-2) предназначается для диагностирования автомобиля и выявления неисправностей его основных агрегатов, систем и механизмов. Д-2 проводят перед ТО-2, чтобы подготовить производство к выполнению ремонтных работ и уменьшить простои автомобиля в плановом ТО-2. Одновременно с Д-2 выполняют некоторые технологически оправданные регулировочные работы и последующий контроль качества их проведения. Д-2 проводят также по заявкам перед ТР в случаях необходимости выявления неисправностей и определения потребного объема ремонта.

Информацию, необходимую для проведения ТО-2 и ремонта, получают при помощи диагностических стендов и переносных приборов. Для обнаружения неисправностей и отказов в процессе выполнения ТО и ТР (на специализированных постах, линиях и в цехах) проводят *приремонтное диагностирование (Д_р)*, используя при этом переносные приборы и настольные установки. На крупных АТП оперативное диагностирование выполняют также по потребности (по заявкам) на специализированных постах, оборудованных стендами.

Диагностирование при проведении государственного технического осмотра (Д_{ГТО}) проводится на специализированных диагностических станциях для определения технического состояния узлов и агрегатов автомобиля, влияющих на безопасность движения и экологическую безопасность.

Кроме вышеуказанных видов, различают заявочное и ресурсное (регламентное) диагностирование. При *заявочном диагностировании* определяют место и, при необходимости, причину и вид дефекта или состояние автомобиля в целом. Ресурсное диагностирование проводят в период эксплуатации автомобиля и по результатам определяют остаточный ресурс составных частей. Если он достаточен, то продлевают наработку, которая должна быть кратной чередованию видов технического обслуживания. *Ресурсное диагностирование* включает в себя проверку состояния кривошипно-шатунной группы двигателя (по давлению масла в главной магистрали смазочной системы); цилиндропоршневой группы (по значению угара масла и количеству газов, прорывающихся в картер); трансмиссии (по суммарному зазору в механизмах, зазору в конечных и главной передачах).

1.7. Средства диагностирования.

Средства технического диагностирования (СТД) представляют собой технические устройства, предназначенные для измерения текущих значений диагностических параметров. Они могут подразделяться по степени автоматизации измерений (рисунок 1.14), назначению, характеру конструкции, способу связи с объектом диагностирования, состоянию объекта диагностирования, измеряемым величинам и т.д.

По способу связи с объектом диагностирования СТД можно подразделить на три вида: внешние, встроенные, их комбинация.

Внешние средства подсоединяются или работают совместно с автомобилем только в момент контроля и не являются его элементом. Они подразделяются на стационарные (тормозной стенд, стенд для проверки углов установки колес и др.) и переносные (приборы контроля состава отработавших газов, тестеры и др.).

Встроенные средства (бортовые) являются конструктивным элементом автомобиля и осуществляют контроль непрерывно или периодически по определяемой программе. Они подразделяются на информационные, сигнализирующие, программируемые, запоминающие.

Информационные дают сведения о режимах работы и состоянии: о температуре агрегатов, скорости, частоте вращения коленчатого вала, давлении масла и т.д.

Сигнализирующие предупреждают о возможном наступлении предотказного состояния или возникновении скрытых отказов: информируют о давлении масла, заряде аккумуляторной батареи, износе тормозных колодок и т.д.

Программируемые и запоминающие отслеживают и запоминают информацию о состоянии для считывания в стационарных условиях: осуществляют поиск неисправности, самодиагностику; предоставляют звуковую, визуальную, речевую информацию о предотказном состоянии.

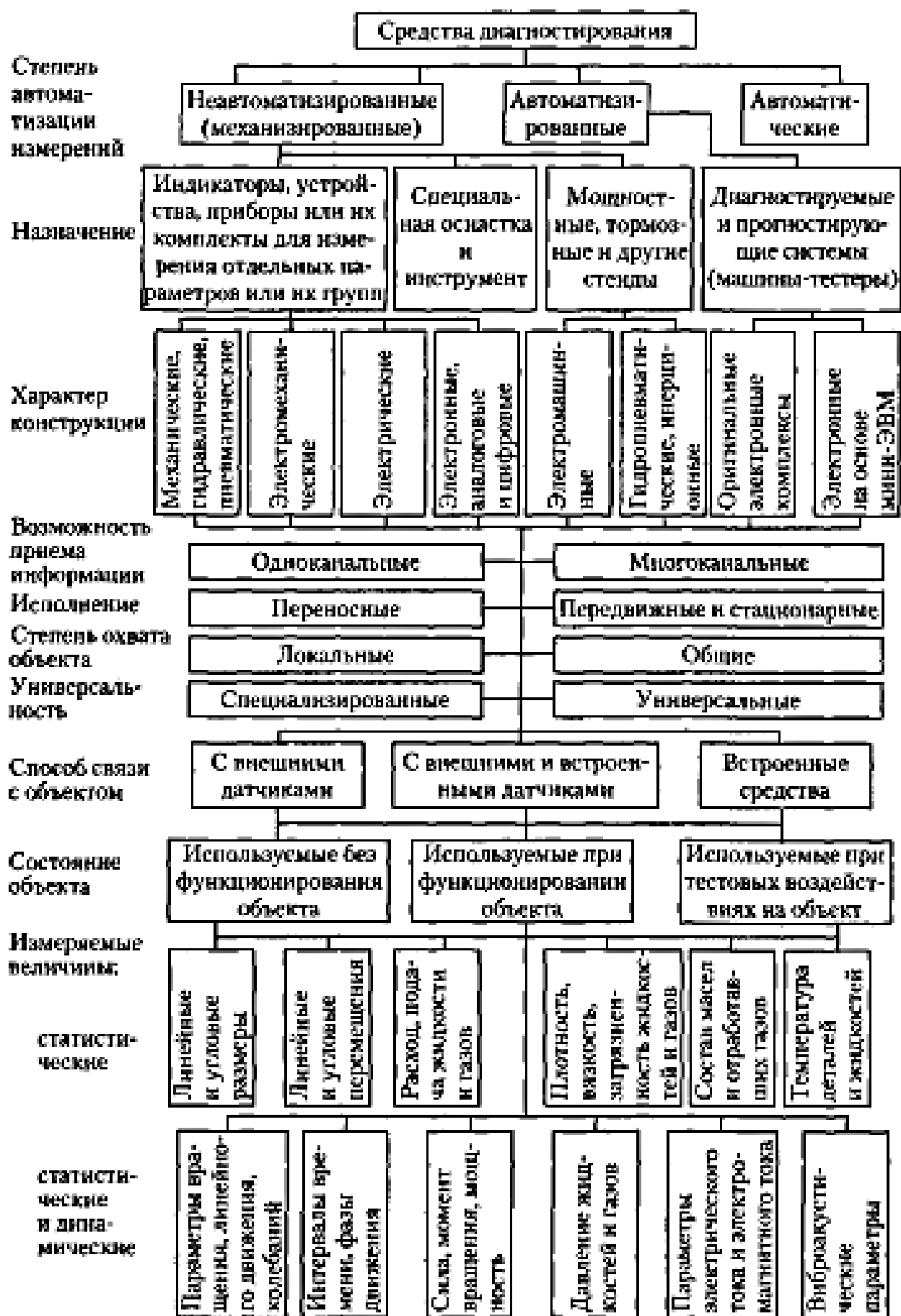


Рисунок 1.14. Классификация средств диагностирования.

Применительно к автотранспортным средствам СТД можно подразделить на следующие виды:

- тяговые стенды, которые классифицируют по способу нагружения (инерционные, силовые, инерционно-силовые); типу диагностируемых автомобилей (для легковых, грузовых автомобилей и автобусов); типу одновременно диагностируемых мостов (с одним, двумя и более ведущими мостами);

- средства диагностирования двигателей, классифицируемые по области применимости (для бензиновых и дизельных двигателей); типу (стационарные, переносные и передвижные); виду источника питания (от внешней сети и аккумуляторной батареи); типу индикации (с аналоговой, цифровой, параллельной индикацией, с индикацией на экране осциллографа и дисплея); назначению (для электрооборудования, системы питания, газоанализаторы и т.д.); исполнению (механические, электрические, пневматические, электронные);

- тормозные стенды, которые делятся по типу опорновоспринимаемых устройств (роликовые (барабанные) и платформенные (площадочные)); типу диагностируемых автомобилей (для легковых, грузовых автомобилей и автобусов); типу диагностирования привода (полно- и неполноприводные);

- средства диагностирования ходовой части автомобилей, среди которых статические стенды (механические, оптические, электрические (электронные)); динамические стенды, классифицируемые: по виду измеряемых параметров (силовые и не силовые), по типу опорно-воспринимающих устройств (роликовые и площадные), по конструкции опорных устройств (одно- и двухроликовые, одно- и двухплощадочные); средства диагностирования агрегатов трансмиссии; стенды для проверки амортизаторов; стенды для балансировки колес;

- средства диагностирования светотехнических приборов автомобилей (приборы для определения направления и силы света фар);

- средства диагностирования электронных систем автомобилей, которые включают стационарные (стендовые) диагностические системы; бортовое диагностическое программное обеспечение, позволяющее определять неисправности соответствующими кодами; бортовое диагностическое программное обеспечение, для доступа к которому требуется специальное дополнительное считывающее устройство.

1.8. Методы диагностирования.

Методы диагностирования автомобилей, их агрегатов и узлов характеризуются способом измерения и физической сущностью распознаваемых диагностических параметров и измеряемых параметров (рисунок 1.15).



Рисунок 1.15. Классификация методов диагностирования автомобилей.

Методы диагностирования автотранспортных средств подразделяются на субъективные (органолептические) и объективные (инструментальные).

В основе *субъективных (органолептических) методов* лежат способы определения технического состояния автомобиля, при которых первичная информация воспринимается органами чувств человека. Наибольшее распространение получили следующие субъективные методы: визуальный,

прослушивание работы механизма, ощупывание механизма, обоняние, осязание, заключение о техническом состоянии на основании логического мышления.

Визуальный метод дает возможность обнаружить следующие неисправности:

- нарушение уплотнений, дефекты трубопроводов, соединительных шлангов и приспособлений – по течи топлива, масла, охлаждающей жидкости;
- трещины банки аккумуляторной батареи – по течи электролита;
- полноту сгорания топлива – по дымлению из выхлопной трубы;
- подтекание форсунок – по повышению уровня масла в поддоне картера двигателя и т.д.

Прослушивание работы механизма позволяет обнаружить следующие неисправности:

- увеличенный зазор между клапанами и коромыслами механизма газораспределения – по стукам в зоне клапанного механизма;
- большой износ шатунных и коренных подшипников – по стукам в соответствующих зонах кривошипно-шатунного механизма при изменении частоты вращения коленчатого вала;
- чрезмерное опережение или запаздывание впрыска топлива – по характеру звука выхлопа (при раннем впрыске – «жесткая работа», при позднем – «мягкая»);
- неисправности сцепления автомобиля – по шуму и стукам при переключении передачи.

Методом ощупывания механизма можно определить такие неисправности:

- ослабление креплений — по относительному перемещению деталей;
- неисправности отдельных механизмов и деталей – по чрезмерному их нагреву;
- неисправности рулевого механизма – по толчкам на рулевом колесе и т.д.

Обонянием (по характерному запаху) выявляют отказ муфт сцепления, течь бензина, электролита и охлаждающей жидкости, неисправность электропроводки и т.п.

Осязанием (по характерному запаху) выявляют отказы сцепления, течь топлива, электролита и т.д.

На основании *логического мышления* можно сделать заключение о неисправностях:

- топливной аппаратуры – затруднен пуск двигателя;
- системы охлаждения – двигатель перегревается и т.д.

Достоинство субъективных методов – низкая трудоемкость и практическое отсутствие средств измерения. Однако результаты диагностирования этими методами дают только качественную оценку технического состояния автомобиля, что, естественно, приводит к погрешностям, и зависят от опыта и квалификации диагноста.

Объективные (инструментальные) методы основываются на измерении и анализе информации о действительном техническом состоянии элементов автомобиля с помощью контрольно-диагностических средств и путем принятия решения по специально разработанным алгоритмам диагностирования. Применение тех или иных методов существенно зависит от целей, которые решаются в процессе технической подготовки автомобилей. Однако в связи с усложнением конструкции автомобиля, повышенными требованиями к эксплуатационным качествам, интенсивностью использования объективные методы диагностирования находят преимущественное применение.

Методы диагностирования автомобилей, их агрегатов и узлов характеризуются способом измерения и физической сущностью диагностических параметров, наиболее приемлемых для использования в зависимости от задачи диагностирования и глубины постановки диагноза.

По виду диагностических параметров принято выделять три основные группы методов:

- 1) по параметрам эксплуатационных свойств;
- 2) по параметрам сопутствующих процессов;
- 3) по структурным параметрам.

Методы **первой группы** базируются в основном на имитации скоростных и нагрузочных режимов работы автомобиля и определении при заданных условиях выходных параметров. Для этих целей используются стенды с беговыми барабанами или параметры определяются непосредственно в процессе работы автомобиля на линии. Методы диагностирования по параметрам эксплуатационных свойств дают обширную информацию о техническом состоянии автомобиля. Они позволяют оценить основные эксплуатационные качества автомобиля: тормозные, мощностные, топливную экономичность, токсичность отработавших газов, устойчивость и управляемость, надежность, удобство использования и т.д.

Ко **второй группе** относятся методы, оценивающие параметры сопутствующих процессов. Например, герметичность рабочих объемов оценивается при обнаружении и количественной оценке утечек газов или жидкостей из рабочих объемов, узлов и механизмов автомобиля. К таким рабочим объемам относятся камера сгорания, герметичность которой зависит от состояния цилиндропоршневой группы и клапанов газораспределения; система охлаждения; система питания двигателя; шины; гидравлические и пневматические приборы и механизмы.

Методы **третьей группы** базируются на объективной оценке геометрических параметров в статике и основаны на измерении значения этих параметров или зазоров, определяющих взаимное расположение деталей и

механизмов. Проводят такое диагностирование в случае, когда измерить эти параметры можно без разборки сопряжений трущихся деталей. Структурными параметрами могут быть зазоры в подшипниковых узлах, клапанах механизма, кривошипно-шатунной и поршневой группах двигателя, шкворневом соединении колесного узла, рулевым управлении, углы установки передних колес и т.д. Диагностирование по структурным параметрам производится с помощью измерительных инструментов: щупов, линейек, штангенциркулей, нутромеров, индикаторов часового типа, отвесов, а также специальных устройств. Преимущество методов этой группы – точные диагнозы, простота средств измерения, а недостатки – большая трудоемкость, малая технологичность.

По физическому принципу выделяют следующие методы диагностирования: энергетический, пневмогидравлический, тепловой, виброакустический, спектрографический, магнитоэлектрический, оптический и некоторые другие. Каждый метод предназначен для контроля физического процесса и основан на применении определенного явления. Физический процесс характеризуется изменением физической величины во времени. В основе энергетического принципа (процесса) лежит сила (мощность); *пнеumo-гидравлического* – давление; *теплого* – температура; *виброакустического* – амплитуда колебаний на определенных частотах и т.д.

1.9. Диагностическая информация в системе управления техническим состоянием автомобиля.

Основой организации технологического процесса диагностирования является характеристика его управляющих функций. ***Управляющие функции диагностирования*** заключаются в регламентации контроля и индивидуальном нормировании технического состояния автомобиля. В свою очередь, ***регламентация контроля*** состоит в замене (для большинства агрегатов и механизмов автомобиля) существующей в настоящее время периодичности планово-предупредительного ТО или ремонта (с контролем или без контроля) периодичностью l_d планово-предупредительного диагностирования. Такая замена при условиях $C_p > C_d > C_n$ и $l_d < l_p$, где C_p , C_n , C_d – соответственно стоимость ремонта, профилактики и диагностирования, существенно уменьшит пропуск отказов и обеспечит заданный уровень надежности.

Периодичность диагностирования l_d устанавливается теми же методами, что и периодичность ТО. Регламентация контроля влечет за собой изменение периодичности целого ряда операций обслуживания автомобилей, их группировку, а следовательно, и установленные объемы ТО-1 и ТО-2. Кроме того,

при этом изменяются нормативы трудоемкости отдельных элементов технологических процессов ТО и ТР. Так, например, ТО-1 и ТО-2 увеличиваются на 5... 10 % за счет включения диагностирования и снижаются на 10...20 % за счет исключения преждевременной профилактики и механизации контроля; на 8...10 % снижается трудоемкость ТР, перераспределяются объемы работ, проводимых в цехах и в зонах обслуживания.

Индивидуальное нормирование технического состояния агрегатов и механизмов автомобиля осуществляется при помощи диагностических нормативных показателей. Последние систематически корректируются применительно к условиям эксплуатации. Корректировки проводятся, как правило, в сторону ужесточения нормативов, что становится возможным в результате диагностирования и проведения качественного обслуживания и ремонта. Индивидуальное нормирование технического состояния позволяет решить два типа технологических задач: дать общую оценку технического состояния механизмов автомобиля по принципу «годен — не годен»; поэлементно, углубленно определить их техническое состояние для выявления конкретных неисправностей.

Для получения диагностической информации в системе управления техническим состоянием автомобиля в настоящее время используют сканер с компьютером, в котором хранятся данные по конкретной модели автомобиля.

Компьютер обрабатывает информацию, поступающую от электронного блока управления двигателем, датчика расхода топлива, датчика скорости автомобиля, датчика уровня топлива в баке, датчика внешней температуры, а также осуществляет контроль напряжения бортовой сети автомобиля. На основе непрерывно получаемой информации компьютер отображает в удобном для пользователя виде большое количество мгновенных и статистических параметров движения автомобиля, а также диагностическую информацию о состоянии системы управления двигателем и электрооборудования автомобиля.

Компьютер позволяет проводить полную профессиональную диагностику электронной системы управления двигателем.

Программа компьютера имеет достаточное количество персональных настроек, с помощью которых можно гибко перепрограммировать его работу по желанию пользователя и самостоятельно создавать систему оповещений при неисправностях системы впрыска и электрооборудования автомобиля, отклонение от требуемых пределов параметров входных и выходных сигналов контроллера или от заданных пределов статистических и динамических параметров движения.

При возникновении ошибок или неисправностей программное обеспечение компьютера предлагает карту поиска возникшей неисправности (с точностью до отказавшего датчика или электрической цепи).

Компьютер выдает напоминания о необходимости проведения очередного ТО с перечнем обязательных работ; позволяет самому пользователю задавать параметры любых оповещений в зависимости от времени, даты, остатка топлива, текущей скорости или пробега автомобиля. С помощью компьютера можно просматривать и корректировать параметры электронного блока управления двигателем.

1.10. Функции диагностирования в системе управления технической готовностью автомобильного парка.

Согласно принятой терминологии *диагностирование* в первую очередь следует рассматривать как процесс определения (распознавания) состояния элементов системы. В данном случае речь идет как об определении технического состояния элементов автомобиля, так и об определении состояния элементов производственного процесса предприятия автомобильного транспорта.

Функциональная схема производственной системы, выполняющей ТО и ТР автомобилей с диагностированием, представлена на рисунке 1.16.

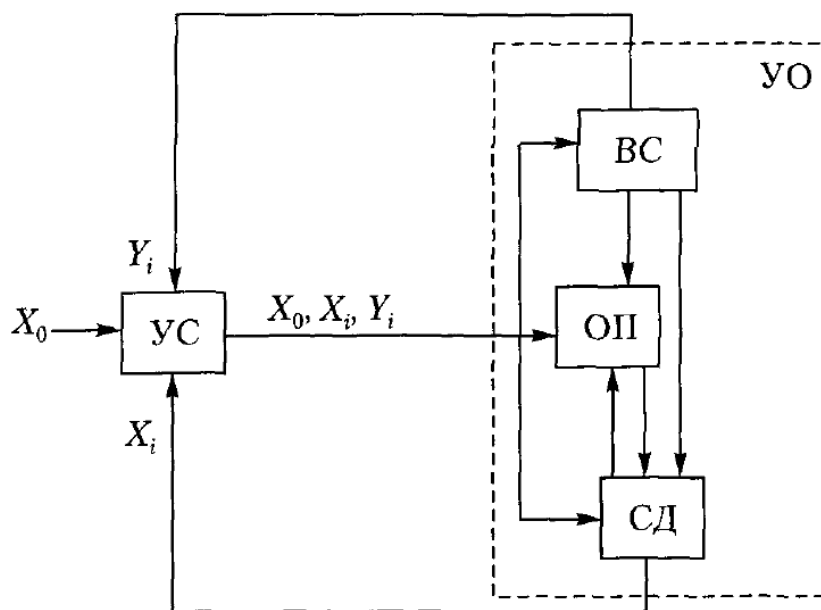


Рисунок 1.16. Функциональная схема диагностической системы.

Исходные данные X_0 , вводимые в управляющую систему (УС), выдаются в виде необходимости выполнения различных видов ТО и по причине, например, перерасхода топлива, запасных частей, недопробега шин по диагностической информации.

Управляющая система (главный инженер, начальник производства, бригадиры) формирует и принимает решения о необходимости технических воздействий по каждому конкретному автомобилю с учетом внешней среды (ВС)

и состояния элементов автомобиля X_i Y_i . Принятое в управляющей системе решение реализуется в производственном процессе (в зоне ТО и ТР). Результативность технических воздействий на объект проверки (ОП) определяется в подсистеме обратной связи, имеющей средства диагностирования (СД) (система оценки и сравнения состояния объектов управления), путем сравнения фактического значения параметра (полезного результата) с критерием (нормативом). Если полученный результат соответствует нормативу, то автомобиль относится к числу работоспособных и направляется в линейную эксплуатацию.

Подсистема обратной связи является следящим устройством, обеспечивающим сравнимость результатов на основе диагностической информации. В этом смысле обратная связь обладает уникальной способностью регулятора, создающего заданный (оптимальный) режим. На систему действует внешняя среда в виде дорожных и климатических условий, возрастного состава парка и т.п.

Однако возможности диагностирования, представленного в виде элемента технологии технического обслуживания и ремонта автомобилей, значительно шире и рассматриваются в качестве необходимого компонента системы управления производственными и социально-экономическими процессами организации, с помощью которого распознается состояние элементов системы. К таким элементам относятся автомобили, оборудование, производственный персонал, технологические, организационные, социальные и экономические процессы, задействованные в технической службе предприятия.

Ранее диагностирование рассматривалось нами как процесс определения технического состояния автомобилей. Однако немаловажное значение имеет и процесс определения технического состояния самого диагностического и другого гаражного оборудования по заданным выходным (диагностическим) параметрам. От уровня организации производственного процесса диагностирования, технического обслуживания и ремонта в большей части зависит и производительность труда персонала, занятого на этих видах воздействия. Поэтому определенные состояния уровня организации производства ТО и ТР автомобилей входят в общую систему диагностирования. И наконец, в процессах определения состояния людей-операторов (водители, производственный персонал и др.) достигается необходимое взаимодействие элементов системы автомобиль – технологическое оборудование – организация процессов – персонал – перевозки.

Диагностирование как фактор сокращения времени простоя автомобиля на субъективном и объективном уровнях, влияющий на формирование технической готовности, является источником (первоосновой), определяющим дальнейший ход процесса и характер воздействий во времени на элементы системы. Величина

фактора времени, определяющего простои автомобилей по техническим причинам, регламентируется четкостью постановки диагноза, полнотой и достаточностью параметров, определяющих состояние элементов системы. Таким образом, знание исходного состояния элементов системы предопределяет как промежуточные, так и конечные результаты функционирования системы во времени.

При выполнении текущего ремонта диагностирование позволяет выявить скрытые и нечетко сформулированные отказы и неисправности и предупреждает их возникновение, что в значительной степени сокращает время простоев автомобилей в ТР. Предварительное определение фактического объема работ ТО-2 в сравнении с нормативным на основе диагностической информации сокращает время проведения ТО-2 на 15...20 %.

Ожидание автомобилями проведения ТР во многом определяется отсутствием необходимого запаса элементов на складах предприятия. Прогнозирование состояния автомобилей позволяет предприятию объективно формировать запасы элементов на основе диагностической информации и сокращать тем самым время простоя автомобиля в ожидании технических воздействий,

Своевременная объективная диагностическая информация о достижении автомобилем предельных значений параметров позволяет в сжатые сроки направлять автомобили на капитальный ремонт или производить их списание.

Как установлено на практике, основную долю простоев (до 55 %) занимают простои автомобилей в ТР и ТО-2; около 33 % — в ожидании ТР и до 12 % — в КР и на списании. Отраслевые нормативы на выполнение ТО-1 и ТО-2 предусматривают учет коэффициента повторяемости, регламентирующего необходимость выполнения ряда операций ТО по потребности, определяемой диагностированием.

Диагностирование как показатель характеризует систему управления в целом с точки зрения степени ее технического состояния и полноты оснащения. Отсутствие диагностирования в системе делает последнюю неуправляемой, разомкнутой. Таким образом, диагностирование является необходимым компонентом системы, контролирующим ход процесса и выполняющим в ней функцию датчика или устройства обратной связи путем сравнения полученных результатов с критериями, нормативами, техническими условиями.

В системе управления процессами ТО и ТР обратные связи используются на разных уровнях, в отдельных процессах и в системе в целом.

Диагностирование как источник управляющей информации в системе выдает управляющему органу данные о состоянии элементов, автомобиля, производственно-технологических и социально-экономических процессов для

последующего принятия решений по ходу процесса управления технической готовностью парка.

На основе диагностической управляющей информации в производственных условиях решаются следующие задачи:

- устанавливается периодичность ТО-1 и ТО-2 по данным фактических изменений параметров технического состояния элементов автомобилей с учетом пробега на постах диагностирования;

- определяется необходимый объем (трудоемкость и перечень) работ по ТО и ТР, диагностом выявляется фактическая потребность элементов автомобиля в технических воздействиях;

- устанавливается необходимый запас элементов автомобиля на промежуточном и центральном складах по фактическому техническому состоянию подвижного состава данного предприятия;

- определяется ресурс автомобилей (гарантийный, технический, остаточный, до капитального ремонта) на основании данных, имеющихся на постах диагностирования, и фактических сведений о параметрах состояния автомобилей и об отказах;

- измеряется расход топлива автомобилем, зависящий от его технического состояния, с проведением диагностических и последующих регулировочных и восстановительных работ по элементам автомобиля, техническое состояние которых влияет на расход топлива;

О в соответствии с фактическим состоянием автомобиля в данный момент времени по информации диагноста начальником (диспетчером) производства принимается решение о возможности переноса операций ТО и ТР на межсменный период, о необходимом перераспределении производственных площадей и персонала по конкретным автомобилям.

Здесь же должен быть решен вопрос об объеме управляющей информации, о способах ее обработки и передачи по каналам связи и возможности хранения.

Диагностирование как измеритель параметров состояния элементов системы количественно оценивает состояние автомобиля в функции пробега, состояние процессов, персонала, технологического оборудования и условия организации ТО и ТР автомобилей в функции времени и позволяет представить их в виде математических, экономических, логических и других моделей.

1.11. Определение оптимальной периодичности диагностирования.

Эффективность внедрения диагностики в автотранспортных организациях.

Под *периодичностью* понимается наработка между двумя последовательными видами диагностирования. Уменьшение периодичности

диагностирования приводит к снижению эксплуатационных расходов, полному использованию ресурса узлов и агрегатов машин, но при этом к увеличению материальных и трудовых затрат на диагностирование. При увеличении периодичности диагностирования затраты на диагностирование снижаются, но при этом увеличиваются издержки на эксплуатацию автомобилей, в том числе вызванные недоиспользованием ресурса их узлов и агрегатов.

Таким образом, периодичность определяется по показателям надежности автомобилей с учетом стоимостных показателей. Если поддержание заданной вероятности безотказной работы является основной задачей (для систем, влияющих на безопасность работы и движения, общее диагностирование), то периодичность диагностирования выбирают из условия постоянства параметра потока отказов.

При наличии статистических данных по наработке на отказ наработку на первое диагностирование определяют из равенства затрат на диагностирование C_d и на устранение отказов в период наработки до первого диагностирования C_n :

$$C_d = \gamma \cdot C_n,$$

где γ – коэффициент своевременности выполнения первого диагностирования, характеризующий вероятность попадания случайной величины на заданный участок.

По статистическим данным отказов диагностируемого узла определяют характер распределения отказов, т.е. строят функцию плотности распределения отказов $f(l)$ (рисунок 1.17) и определяют среднее квадратичное отклонение наработки на отказ и среднестатистическое значение наработки диагностируемого узла на отказ σ .

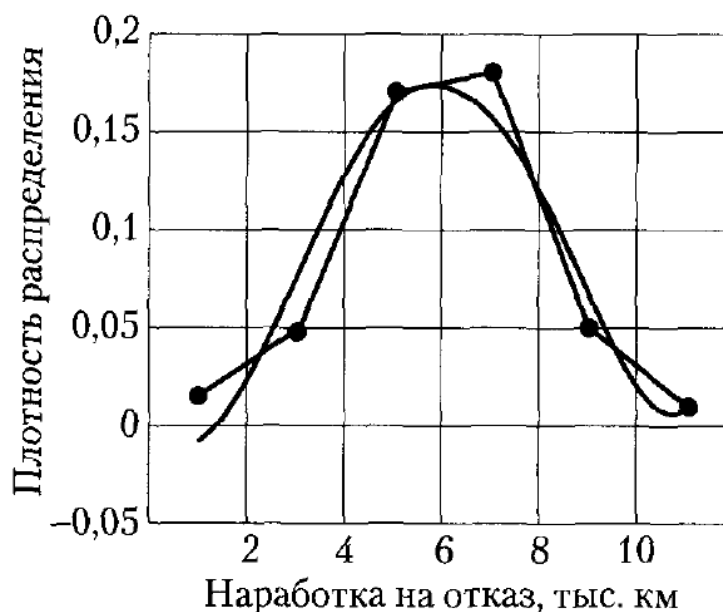


Рисунок 1.17. Функция плотности распределения отказов $f(l)$.

Если распределение отказов подчиняется нормальному закону распределения, то по справочным математическим таблицам значений функции нормального распределения находят $\Phi(l_i/\sigma)$.

Отклонение оптимального значения наработки до первого диагностирования l_i среднестатистического значения наработки на отказ:

$$\Phi(l_i/\sigma) = 1 - \gamma.$$

Наработка до первого диагностирования:

$$l_1 = l_{\text{ср}} - l_i.$$

Существуют и другие методики определения периодичности диагностирования: по вероятности безотказной работы, по затратам на ТО, плановые и внеплановые (аварийные) ремонты, а также по затратам, связанным с недоиспользованием ресурса агрегатов и узлов автомобиля.

В эксплуатационных условиях в соответствии с ТКП 248-2010 периодичность вида диагностирования (Д-1 или Д-2) совпадает с периодичностью соответственно ТО-1 или ТО-2. При этом решаются следующие задачи: определяются потребности в регулировочных работах отдельных систем и узлов автомобиля, выявляются неисправности, устанавливаются объем разборочно-сборочных работ и потребность в запасных частях, прогнозируется остаточный ресурс агрегатов и узлов и т.д.

Под **эффективностью диагностирования** понимают степень приспособленности методов и контрольно-диагностических средств к определению технического состояния автомобилей. Ее оценивают по следующим показателям:

- вероятность правильности определения технического состояния автомобиля;
- информационная способность алгоритмов диагностирования и контрольно-диагностических средств;
- точность и достоверность диагностической информации;
- технологичность диагностирования и удобство проведения регулировочных работ;
- металлоемкость и энергоемкость контрольно-диагностических средств;
- стоимость оборудования и эксплуатационные расходы (экономическая эффективность).

Кроме того, эффективностью диагностирования во многом определяется простой и трудоемкость технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей.

При определении эффективности диагностирования необходимо учитывать случайный характер и большое рассеивание ресурса агрегатов и узлов

автомобилей в процессе эксплуатации. Ее величину можно выразить через соотношение удельных затрат на устранение отказов C_1 и на техническое обслуживание C_2 . Соответственно, рассматриваются два варианта при наличии и отсутствии диагностирования.

При идеальном диагностировании (когда пропуски отказов исключены) удельные затраты:

$$C_1 = \frac{d}{\bar{l}},$$

где d – стоимость предупредительного ТО; \bar{l} – среднее значение наработки на отказ.

При планово-предупредительной системе затраты:

$$C_2 = \frac{cq + dP}{l_{\phi}^{TO}} \approx \frac{cq + dP}{l_{cp}},$$

$$l_{\phi}^{TO} P + \int_0^{\phi} lf(l)dl$$

где c – стоимость устранения отказов; $q = 1 - P$ – вероятность отказа; $f(l)$ – плотность распределения ресурса; l_{ϕ}^{TO} – регламентная периодичность ТО; $(cq + dP)$ – сумма затрат на устранение пропущенных отказов (cq) и проведение ТО (dP); l_{cp} – средний пробег автомобиля до ремонта или ТО.

При большой вариации ресурса l_2, l_1 (рисунок 1.18) пропуск отказов q_2, q_1 велик и стоимость устранения отказа возрастает по сравнению со стоимостью ТО.

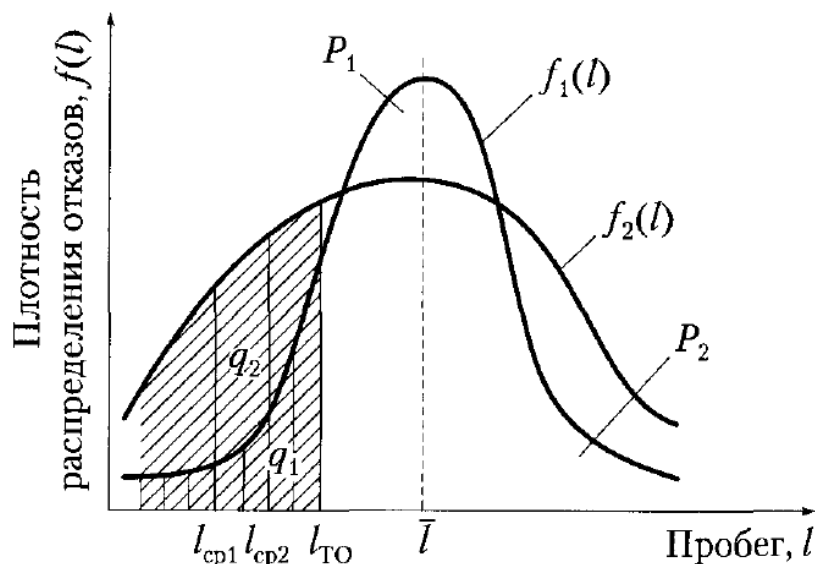


Рисунок 1.18. Изменение пропуска отказов и стоимости технического обслуживания от вариации ресурса автомобилей.

Отношение C_2 и C_1 определяет сравнительную эффективность диагностирования автомобиля для различных случаев рассеивания его ресурса.

Обозначив отношение затрат:

$$\frac{C}{d} = k,$$

выражение сравнительной эффективности будет иметь вид:

$$\text{Эф} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{(cq + dp)\bar{l}}{\left[l_{\text{ТО}}P + \int_0^{l_{\text{ТО}}} lf(l)dl\right]d} = \frac{(kq + P)\bar{l}}{l_{\text{ср}}}.$$

Эффективность применения диагностирования автомобиля тем больше, чем больше вариативность его ресурса и соотношение стоимостей k устранения отказов и ТО.

Лекция №1 «Оценка технического состояния автомобилей» представлена во 2-ой части конспекта лекций по дисциплине «Техническая эксплуатация автомобилей» и разработана для студентов специальностей 1-37 01 06 Техническая эксплуатация автомобилей (по направлениям) и 1-37 01 07 Автосервис очной и заочной форм обучения.