

Основные термины и понятия в области диагностирования машин

В процессе эксплуатации любого вида техники раньше или позже происходит частичная или полная потеря работоспособности машины, т.е. отказ. Отказы вызваны действием различных причин: особенностями конструкции, отклонениями в технологии изготовления, естественным старением, особенностью управления, природно-климатическими условиями, в которых работает машина. Техника эксплуатируется в самых разных разнообразных условиях, что приводит к дифференцированным изменениям технического состояния даже однотипных машин. (чем опасны отказы?)

Термин «диагностика» происходит от греческого слова «диагнозис», что означает распознавание, определение.

В процессе диагностики устанавливается диагноз, т. е. определяется состояние больного (медицинская диагностика) или состояние технической системы (техническая диагностика). (можно немного истории)

(Диагноз, формируемый по минимальному числу общих диагностических параметров, называется **экспресс-диагнозом**)

Диагностирование, в отличие от обычного контроля, ставит перед собой задачу определения технического состояния машины или его агрегата для прогнозирования ресурса дальнейшей безотказной работы. При этом диагностирование должно производиться на основании наследования, преимущественно без разборки механизмов, с помощью новейших достижений науки и техники

Техническая диагностика (ГОСТ 20911-89) – отрасль науки, которая изучает и устанавливает признаки неисправностей машин, механизмов и узлов; разрабатывает методы и средства, обеспечивающие заключение (диагноз) о характере и сущности неисправностей; на основе изучения динамики изменения параметров технического состояния агрегатов и узлов машины обеспечивает прогнозирование ресурса их безотказной работы.

Диагностирование – это процесс определения технического состояния безразборными методами с целью установления заключения (диагноза) о машине.

Заключение о техническом состоянии машины (узла, агрегата) в целом, осуществляемое на основе анализа параметров технического состояния объектов диагностирования, называется техническим диагнозом.

Система — упорядоченная совокупность совместно действующих объектов, предназначенная для выполнения заданных функций. В качестве системы можно рассматривать двигатель или его механизмы,

Элемент — объект (часть системы), входящий в систему и выполняющий в ней заданные функции. Элементами двигателя являются отдельные его узлы и детали.

Структура системы — определенная взаимосвязь, взаиморасположение составных частей (элементов), характеризующая устройство и конструкцию системы.

Техническое состояние машины (узла, агрегата), оценивается параметрами, которые подразделяют на структурные и диагностические.

Параметр — качественная мера, объясняющая свойство системы, элемента или явления, в частности, процесса.

Структурный параметр — физическая величина, непосредственно характеризующая техническое состояние (работоспособность) машины (например, размеры сопряженных деталей и зазоры между ними и прочие; определяют их непосредственно замерами).

Диагностический параметр — это также физическая величина, но она косвенно характеризует состояние машины (например, количество прорывающихся в картер газов, мощность двигателя, угар масла, стуки и т.д.; контролируют их при помощи средств диагностики). Диагностические параметры отражают изменение структурных. Между структурными и соответствующими им диагностическими параметрами существует определенная количественная связь, основанная на известной закономерности (табл.1).

Таблица 1. Примеры структурных и соответствующих им диагностических параметров

Структурные параметры	Диагностические параметры
Зазоры в сопряжениях цилиндро-поршневой группы	Количество газов, прорывающихся в картер, угар картерного масла
Зазоры в подшипниках коленчатого вала	Давление в масляной магистрали
Плотность электролита и т.д.	Степень разряженности аккумуляторной батареи

Значение параметра — количественная мера параметра.

Структурный параметр - качественная мера, характеризующая свойство структуры системы или ее элемента.

Основной структурный параметр — качественная мера возможности выполнения системой заданных функций.

Второстепенный структурный параметр — качественная мера, характеризующая удобство эксплуатации, внешний вид, техническую эстетику и другое.

Под **структурным параметром** подразумевается геометрическая форма, размеры, взаимное расположение и сопряжение элементов, чистота их поверхности, микроструктура материала и т. д.

Входной параметр — качественная мера воздействия на систему извне. В качестве входных параметров можно рассматривать нагрузку, климатические, атмосферные и другие условия.

Выходной параметр — качественная мера внешнего проявления свойств системы. Выходными параметрами двигателя являются мощность и крутящий момент, газовыделение, шумообразование и т. д.

Предельные параметры — это параметры, при которых дальнейшее использование машины (узла, агрегата) недопустимо по техническим условиям или нецелесообразно по технико-экономическим данным (резко уменьшается производительность, увеличивается интенсивность износа деталей и т.д.).

Предельное значение параметра — это наибольшее или наименьшее значение параметра, которое может иметь работоспособная составная часть. При этом дальнейшая эксплуатация составной части или машины в целом без проведения ремонта недопустима ввиду резкого увеличения интенсивности изнашивания сопряжений, чрезмерного снижения экономичности машины или нарушения требований безопасности.

Предельные значения параметров состояния устанавливают на основании соответствующих критериев (признаков):

1. Технические критерии.
2. Техничко-экономические критерии.
3. Технологические критерии (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 4% номинального значения) приводит к ее проскальзыванию на звездочках и спаданию, или когда дальнейшая эксплуатация объекта приводит к аварийному отказу (например, работа при предельном давлении масла в магистрали приводит к выходу дизеля из строя).

Техничко-экономические критерии, характеризующие предельное состояние, указывают на снижение эффективности использования объекта

вследствие изменения технического состояния. Например, с ухудшением состояния ЦПГ увеличивается угар картерного масла (свыше 3,5% указывает на предельный износ ЦПГ), что определяется технико-экономическим расчетом о целесообразности работать на таком двигателе.

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

Объем работ (наработка), выполняемый машиной до предельных значений основных параметров, называют ресурсом. Среди структурных параметров различают ресурсные и функциональные.

Ресурсный параметр – это такой, изменение которого сверх предельного значения приводит к потере работоспособности узла, агрегата, машины в результате исчерпания ресурса или возникновения критического дефекта.

Восстановить работоспособность можно только ремонтом или за меной вышедшего из строя узла.

Функциональный параметр – параметр, изменение которого сверх допустимого значения приводит к потере работоспособности в результате изменения показателей технической характеристики объекта. Восстановление работоспособности в этом случае возможно посредством регулировки механизмов и систем при ТО или другими воздействиями.

Диагностические параметры бывают обобщенные и локальные.

Обобщенный, или комплексный, диагностический параметр характеризует состояние нескольких составных частей машины или машину в целом.

Локальный, или частный, диагностический параметр характеризует состояние одного отдельного элемента. Отсюда возникают и следующие термины: комплексная диагностика и поэлементная диагностика.

Вполне очевидно, что с изменением структурных параметров, например, зазоров, размеров, изменяются и параметры выходных процессов (мощность, расход топлива, давление в конце такта сжатия и др.). Поэтому параметры выходных процессов при определенных условиях могут служить косвенными признаками исправного или неисправного технического состояния двигателя. При этом диагностирование механизма может производиться без его разборки.

Как уже говорили

Диагностирование – это процесс определения технического состояния безразборными методами с целью установления заключения (диагноза) о машине.

Заключение о техническом состоянии машины (узла, агрегата) в целом, осуществляемое на основе анализа параметров технического состояния объектов диагностирования, называется техническим диагнозом.

Техническое состояние – совокупность подверженных изменению в процессе эксплуатации свойств объекта, характеризующая его пригодность к использованию по назначению и определяемая в заданный момент времени значениями параметров и качественными признаками, состав которых установлен технической документацией. Различают следующие виды технического состояния: исправное и неисправное, работоспособное и неработоспособное.

Работоспособное состояние (работоспособность) – состояние оборудования, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неработоспособное состояние (неработоспособность) – состояние оборудования, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Исправное состояние (исправность) – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неисправное состояние (неисправность) – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния оборудования.

Эксплуатационный показатель надежности – показатель надежности, точечная или интервальная оценка которого определяется по данным эксплуатации.

Техническая диагностика

Техническая диагностика непосредственно связана с теорией надежности, так как главная ее цель – своевременное обнаружение не работоспособного состояния машины, поиск возникших неисправностей и прогнозирование остаточного ресурса, что в конечном счете направлено на повышение надежности и эффективности эксплуатации машины. Общность теории надежности и технической диагностики проявляется также и в использовании схожей терминологии (неисправность, отказ, наработка на отказ, работоспособность и др.).

Техническая диагностика как научное направление ставит перед собой задачу изучения всего комплекса вопросов, связанных с оценкой технического

состояния машины, т.е. состояния, которое характеризуется в определенный момент времени при определенных условиях внешней среды значениями параметров, установленных технической документацией на объект.

Надёжность является сложным (комплексным) свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения характеризуется сочетанием более простых свойств: безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью.

Практически любая техника, машина, является **восстанавливаемой системой**, может многократно подвергаться различным видам технического обслуживания и ремонта, т. е. она ремонтпригодная.

Ремонтпригодность – свойство объекта, определяющее его приспособленность к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путём проведения технического обслуживания и ремонта. Это свойство характеризует, с одной стороны, качество конструкторских решений по предупреждению и обнаружению возможных отказов и, с другой, какой ценой по трудозатратам обеспечивается требуемый уровень надёжности изделия. В технической эксплуатации автомобилей под ремонтпригодностью (в узком значении) понимают просто приспособленность изделий к ремонту.

Сохраняемость – свойство объекта сохранять работоспособное состояние в течение и после срока хранения и (или) транспортирования. Сохраняемостью определяются целесообразные сроки хранения и консервации машины, а также допустимые расстояния транспортирования, после которых они остаются пригодными для дальнейшей эксплуатации без ремонта. Повышенные требования предъявляются к изделиям, которые должны эксплуатироваться в особых климатических условиях, в частности, северных или тропических или долго храниться. Это свойство зависит от качества изготовления, интенсивности протекания в элементах автомобиля процессов старения, а также таких внешних факторов, как температура и влажность воздуха, агрессивность окружающей среды и др.

Сохраняемость машины зависит от качества его изготовления, интенсивности протекания в его элементах необратимых процессов (старения, коррозии), внешних факторов (температуры и влажности воздуха, агрессивности среды, солнечной радиации). На срок сохраняемости большое влияние оказывает качество консервации и обслуживания автомобиля в процессе хранения, а также свойство применяемых эксплуатационных материалов.

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Таким образом, долговечность анализирует работу

объекта в течение всего периода эксплуатации и учитывает, что его длительная работа невозможна без проведения не обходимых профилактических и ремонтных мероприятий.

Показателями долговечности машины могут служить, например, ресурс (пробег автомобиля или его агрегата до предельного состояния, оговоренного в технической документации) или срок службы (календарная продолжительность эксплуатации автомобиля до предельного состояния, оговоренного в технической документации). В практике эксплуатации автомобилей основным показателем долговечности автомобиля (агрегата) принимают средний пробег до первого капитального ремонта. В этом случае очень важно точно оговорить понятие «капитальный ремонт» применительно к автомобилю или агрегату (узлу).

Безотказность характеризует свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки. Это свойство определяет непрерывную работу объекта без каких-либо вмешательств, направленных на поддержание его работоспособности, т.е. технических обслуживаний и ремонтов.

Надежность машины закладывается при его проектировании и доводке опытного образца, обеспечивается в процессе производства и как одно из важнейших эксплуатационных свойств проявляется и поддерживается в процессе эксплуатации. Исходя из этого, следует рассматривать конструктивную, производственную и эксплуатационную надежность машины. По мере развития, и совершенствования методов расчетов, конструирования и технологии производства машины, внедрения научно обоснованных методов технической эксплуатации, эксплуатационная надежность машины по своему уровню будет приближаться к конструктивной надежности.

Надежность машины не остается постоянной в течение всего срока службы. По мере изнашивания деталей, накопления в них необратимых процессов (усталостных явлений, износа, коррозии) увеличивается вероятность появления неисправностей и отказов. Новые машины и техника всегда имеют более высокую надежность по сравнению с автомобилями, имеющими большой пробег или прошедшими капитальный ремонт.

Основная задача рациональной технической эксплуатации машины заключается прежде всего в том, чтобы как можно дольше сохранить заложенную в нем надежность.

Фундаментальным понятием в теории надежности является понятие отказа.

Отказы технических систем и их классификация

В соответствии с ГОСТ 27.002-89 под отказом понимается полная или частичная потеря технической системой работоспособности. При наступлении отказа система не может выполнять заданные функции или параметры ее технического состояния выходят за допустимые пределы.

Причины, по которым объект теряет свою работоспособность, можно разделить на две основные группы:

- из-за разрушения элементов (поломки, износы, пластические деформации, обрывы и замыкания электропроводки и т.п.);
- вследствие ухудшения качества функционирования (нарушения регулировок механизмов и систем, ослабление контактов и креплений под действием вибраций, нарушение герметичности соединений в гидравлических и пневматических системах и др.).

В отличие от отказа под повреждением понимается событие, заключающееся в нарушении объектом исправности при сохранении им работоспособного состояния. При эксплуатации машин несвоевременное выявление и устранение повреждений может привести к отказу. Например, развитие таких повреждений, как мелкие трещины, небольшие деформации, потертости изоляции, нарушения регулировок, в случае их несвоевременного устранения приводят к нарушению функционирования, т.е. потере работоспособности.

Для предупреждения отказов необходимо знать причины их возникновения и проявления, закономерности изменения технического состояния объекта, а также влияние, которое они оказывают на его работоспособность. В табл. 1.1 приведена классификация основных отказов автомобилей в зависимости от этих факторов.

Таблица 1.1. Классификация отказов

Классификационный признак	Вид отказа
Источник и причина возникновения	Конструктивный Производственный Эксплуатационный Деградационный
Характер изменения параметра технического состояния	Постепенный Внезапный
Наличие внешнего проявления	Явный Скрытый
Взаимосвязь между отказами	Зависимый Независимый
Последствия отказа	Функционирования Параметрический

Конструктивные отказы возникают по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленных правил и (или) норм проектирования и конструирования объекта. Главным образом они обусловлены недостатками конструкции объекта (неудачно выполнена конструктивная схема, наличие в конструктивных элементах концентраторов напряжений, не учтены условия эксплуатации, незащищенность узлов трения от попадания абразивов и влаги и др.).

Производственные отказы возникают из-за нарушений технологических процессов изготовления деталей, узлов и агрегатов или их ремонта. Это могут быть различные отклонения размеров детали от заданных чертежом, дефекты при получении заготовок, погрешности механической обработки, некачественное проведение крепежных и регулировочных работ, отсутствие должного входного контроля поступающих материалов и комплектующих и т.д.

Эксплуатационные отказы связаны с нарушением установленных правил и (или) условий эксплуатации. Несоблюдение периодичностей технического обслуживания, использование некачественных эксплуатационных материалов, невысокая квалификация производственно-технического персонала могут привести к преждевременным отказам.

Деградационные отказы обусловлены естественными процессами старения, деформирования, изнашивания, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных норм проектирования, изготовления и эксплуатации.

Постепенными называют отказы, которые возникают в результате протекания того или иного процесса старения, ухудшающего начальные параметры элементов технической системы. Основным признаком постепенного отказа является то, что вероятность его возникновения $F(t)$ в течение заданного периода времени (наработки) от t_1 до t_2 зависит от длительности предыдущей работы (рис. 1.2, а).

Чем больше наработка машины, тем выше вероятность возникновения отказа

$$F(t_2 + \Delta t) > F(t_1 + \Delta t) \text{ при } t_2 > t_1.$$

Это связано с тем, что в процессе эксплуатации объекта происходит накопление в нем необратимых изменений, обусловленных износом и старением материалов, накоплением усталостных повреждений, а также коррозионными, эрозионными и другими воздействиями.

Внезапные отказы возникают в результате сочетания неблагоприятных факторов и случайных внешних воздействий, превышающих возможности элемента автомобиля к их восприятию.

Такой отказ возникает через некоторую наработку t (рис. 1.2, б), которая является случайной величиной и вероятность его возникновения $F(t)$ в течение заданного периода от t_1 до t_2 не зависит от длительности предыдущей эксплуатации, т.е.

$$F(t_2 + \Delta t) \approx F(t_1 + \Delta t) \text{ при } t_2 > t_1. \quad (1.2)$$

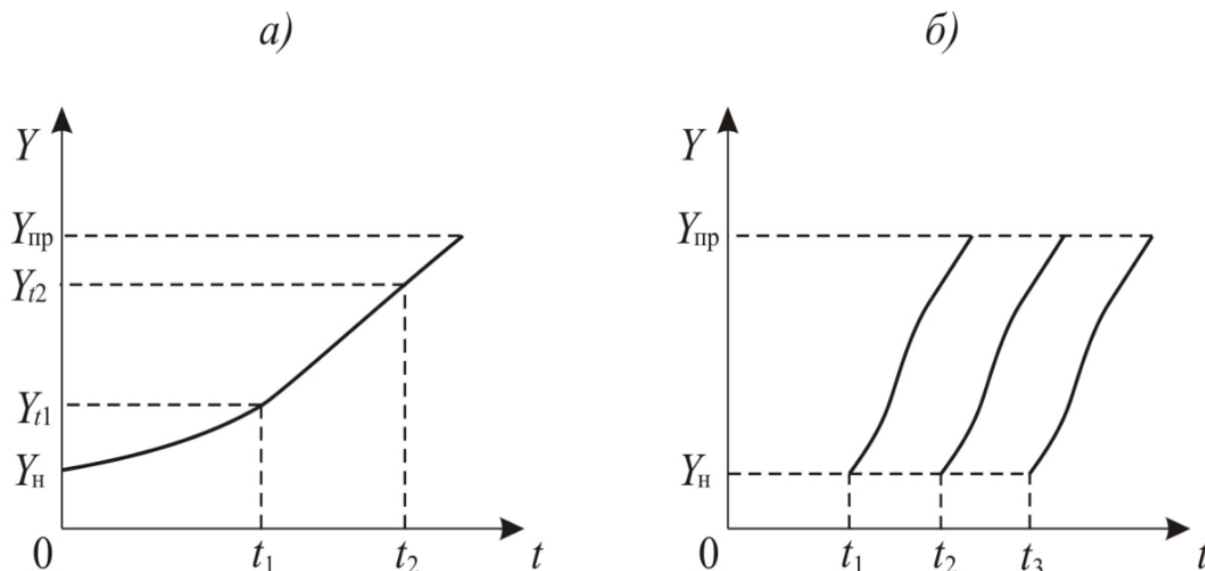


Рис. 1.2. Изменение параметра технического состояния Y по наработке t при постепенных (а) и внезапных (б) отказах: Y_n , $Y_{пр}$ – начальное и предельное значения параметров

Примерами таких отказов могут служить тепловые трещины, возникающие в деталях вследствие прекращения подачи смазки, деформации и поломки деталей, попавших в такие условия работы, когда каждый параметр принимает экстремальное значение (наибольшая нагрузка, минимальная твёрдость, повышенная температура и т.д.). Выход из строя при этом происходит, как правило, внезапно, без предшествующих симптомов.

Явными считаются отказы, обнаруживаемые визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования. Для их выявления требуются небольшие затраты времени, не превышающие установленные нормативы.

Скрытыми являются отказы, которые не могут быть обнаружены визуально или штатными методами и средствами контроля. Они выявляются при проведении технического обслуживания или специальными методами диагностирования.

Зависимыми считаются отказы, возникновение которых явилось следствием других отказов (повышенный износ деталей двигателя из-за неисправностей в системе смазки, отказ редуктора заднего моста вследствие усталостного разрушения зуба шестерни и др.).

Независимыми называются отказы, возникновение которых не зависит от других отказов или неисправностей (пробоина в топливном баке, прокол шины и т.п.).

Отказы функционирования приводят к тому, что объект не может выполнять свои функции. Например, в результате отказа системы питания или зажигания двигатель не заводится, насос не подаёт масло и т.д.

Параметрические – отказы, приводящие к выходу параметров (характеристик изделия) за допустимые пределы. Такие отказы, например, как снижение мощности, топливной экономичности, увеличение зазоров в сопряжениях, не ограничивают дальнейшую эксплуатацию автомобиля, однако выполняемые им функции оказывают негативное влияние на безопасность движения, экономические, экологические и другие показатели его работы.

Если при испытании новой машины произошел отказ, следовательно, на стадии проектирования уровень прочности не был скоординирован с уровнем нагрузки. Поэтому нужно хорошо знать внешние условия работы машины, нагрузки, воспринимаемые машиной, амплитуды их рассеивания и пр. При таком подходе к пониманию отказов **надежность** можно определить как свойство машины (элемента) непрерывно сохранять работоспособность в определенных условиях эксплуатации в течение заданного периода времени.

Общие вопросы технической диагностики машин

1.1 Задачи технической диагностики

Основной целью диагностирования является определение технического состояния объекта. Существует три типа задач по определению состояния технических объектов (Рис)

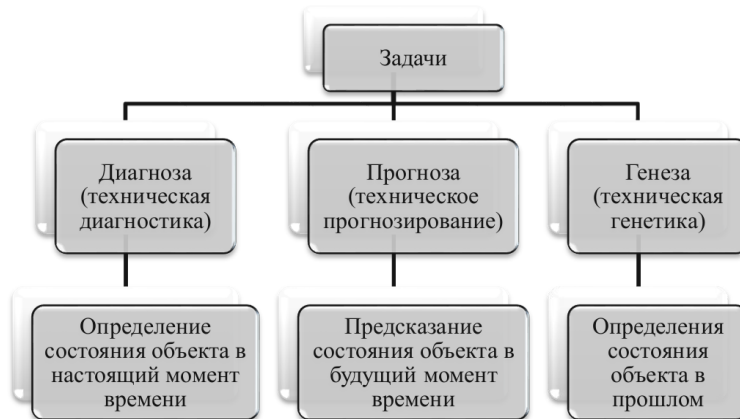


Рисунок Тип задач по определению состояния технических объектов

В ходе технического диагностирования проводят:

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

Опыт эксплуатации технологического оборудования и систем демонстрирует наличие естественных и субъективных факторов, разрушающих конструктивные элементы оборудования. Примерами естественных факторов могут стать:

- износ (механический, гидроабразивный, молекулярно-механический)
- эрозия и коррозия
- деформирование материала (объемное, упругое)
- микротрещины, образовавшиеся в результате усталости материала
- деструкция и релаксация металлов.

К субъективным относят:

- некачественное изготовление и монтаж технологического оборудования и систем
- работа в режимах, приводящих к появлению нагрузок выше допустимых
- несоблюдение регламента технического обслуживания и ремонта

В связи с этим применение методов технической диагностики направлено на своевременное обнаружение неисправностей и дефектов.

Структура технической диагностики представлена на рисунке



Рисунок Структура технической диагностики

Две теории связаны между собой практикой проведения диагностики, поэтому для решения конкретной задачи необходим детальный анализ условий эксплуатации объекта диагностирования.

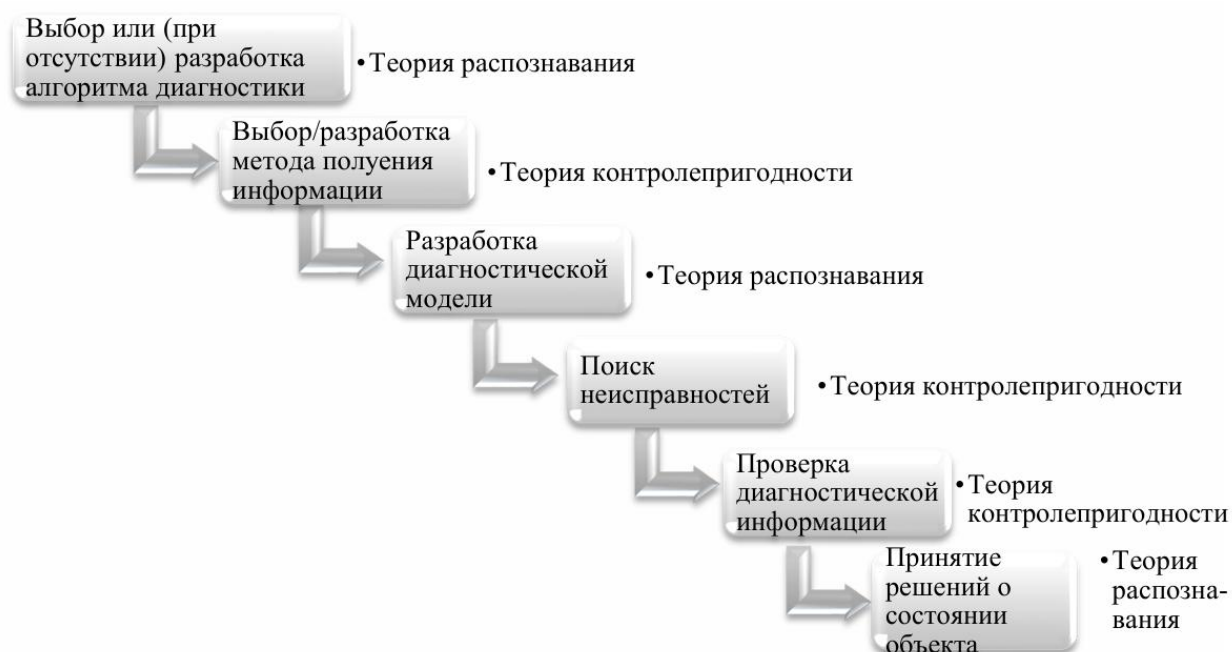


Рисунок Алгоритм проведения оценки работоспособности

Эффективность диагностики определяется не только правильностью построения алгоритма, но и выбором средств диагностики.

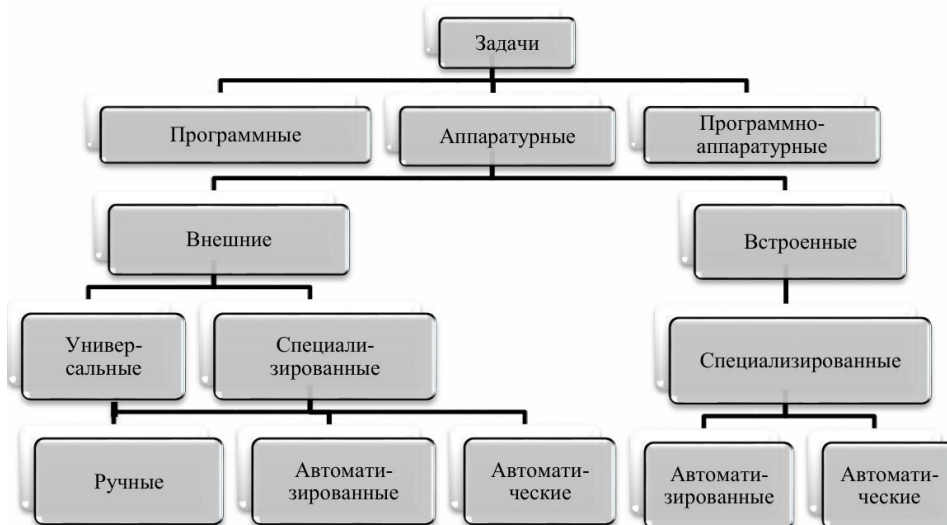


Рисунок Классификация средств диагностирования

На эффективность организации процесса диагностики влияет наличие и объем объективных статических данных:

- о вероятности возникновения неисправностей
- о средних затратах на обнаружение, поиск и устранение неисправностей.

Сбор таких данных требует применение надежно работающих аппаратных средств диагноза, обеспечивающих высокую точность измерений и автоматическое документирование данных.

В зависимости от типа объекта и решаемых задач используют диагностирование:

- тестовое – подача на объект специально организованных тестовых воздействий от средств диагностики и анализ соответствующих реакций при контроле работоспособности систем энергообеспечения, автоматики и телемеханики, исполнительных механизмов

- функциональное – фиксация рабочих воздействий от самого объекта.

Например, при функциональном диагностировании гидравлического насоса в определенном режиме работы количественно измеряются и анализируются параметрами функционирования машин: давление, потребляемая мощность, подача, вибрация, температура отдельных элементов и другие.

При условии невозможности поддержания фиксированных значений режимов работы объекта диагностику проводят применяющихся по случайному закону значениях. Решение о продолжении эксплуатации принимают с учетом требований безопасности и последствий отказа, т.к. находясь в работоспособном состоянии, объект может быть неисправным по причине наличия дефектов: при трещине в вале ротора насоса он может долго выполнять заданные функции в соответствии с нормативно-технической документацией, но выход из строя может повлечь серьезные последствия.

Достоверная оценка последствия отказа формируется полнотой технического диагностирования и глубиной поиска места неисправности.

Основными задачами технического диагностирования являются:

- 1) установление вида и объема работ по ТО машины после выполнения ею определенной наработки;
- 2) определение остаточного ресурса машины и степени готовности их к выполнению механизированных работ;
- 3) осуществление контроля качества профилактических операций при проведении ТО;
- 4) выявление причин и характера неисправностей в процессе их использования;

Внедрение технической диагностики позволяет:

- 1) сохранить оптимальные рабочие характеристики в течение всего срока службы машины;
- 2) в 2...2,5 раза снизить простои тракторов, комбайнов, автомобилей и др. машин по причине технических неисправностей, за счет предупреждения отказов; в 1,3...1,5 раза увеличить межремонтную наработку сборочных единиц и агрегатов машин;

- 3) ликвидировать преждевременные разборки агрегатов и узлов, что уменьшает интенсивность изнашивания деталей, сопряжений;
- 4) полностью использовать межремонтный ресурс машин, их узлов и агрегатов, что обеспечивает резкое сокращение расхода запасных частей;
- 5) определить без разборки качество ТО и ремонта машин;
- 6) уменьшить расход топлива и средств на содержание техники.

Согласно ГОСТ 27518-87 (Диагностирование изделий. Общие требования) при решении задач диагностирования следует применять следующие показатели достоверности и точности (табл. 2.1).

Таблица 2.1 Применение показателей достоверности и точности диагностирования

Задача диагностирования (контроля)	Результат диагностирования (контроля)	Показатели достоверности и точности
Определение вида технического состояния	<p>Заключение в виде:</p> <p>1. Изделие исправно и (или) работоспособно</p> <p>2. Изделие неисправно и (или) неработоспособно</p>	<p>Вероятность того, что изделие признается исправным (работоспособным) при условии, что оно неисправно (неработоспособно)</p> <p>Вероятность того, что изделие признается неисправным (неработоспособным) при условии, что оно исправно (работоспособно)</p>
Поиск места отказа или неисправности	Наименование элемента (сборочной единицы) или группы элементов в неисправном состоянии или места неисправности	Вероятность того, что принимается решение об отсутствии отказа (неисправности) в данном элементе (группе) при условии,

		<p>что данный отказ имеет место</p> <p>Вероятность того, что принимается решение о наличии отказа (неисправности) в данном элементе (группе) при условии, что данный отказ отсутствует</p>
--	--	--

1.2 Изменение технического состояния машин в процессе эксплуатации

Основными причинами изменения технического состояния элементов являются: конструктивные; технологические; эксплуатационные (рис.2.1). Исходная неравномерность рабочих процессов, обусловленная конструктивными и технологическими факторами, усиливается эксплуатационными факторами.

Низкая температура пуска, низкое качество топлива и масла, низкая очистка воздуха, низкое качество регулировочных операций – все эти факторы имеют место в эксплуатации и усугубляют процесс нарушения технического состояния ДВС.

Состояние отремонтированной техники характеризуется этими же факторами. Однако они проявляются в большей степени, что определяется использованием в процессе ремонта деталей с уже накопленными различиями.

Из этого следует, что для машин с различным исходным состоянием во время эксплуатации потребуется разное восстановительно профилактическое вмешательство через неодинаковое время. Оптимальным будет являться индивидуальное обслуживание каждого экземпляра с целью восстановления как функциональных, так и ресурсных параметров.

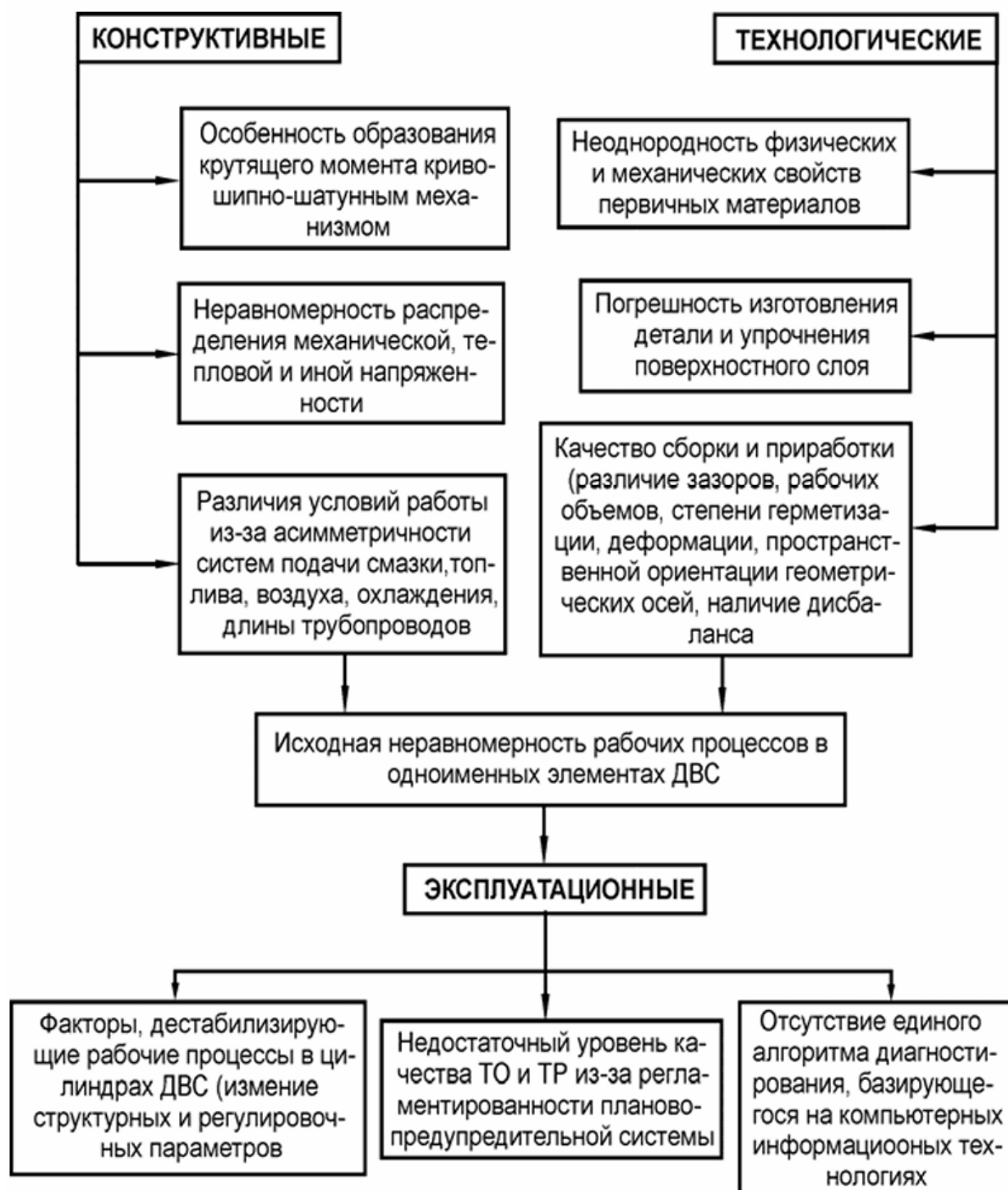


Рис. 2.1. Причины изменения технического состояния элементов.

На практике восстановительно-профилактическое вмешательство считается оптимальным в том случае, если оно проведено в такие сроки и в таком объеме, которые требуются для поддержания нормальной работы машины при условии использования ресурсов всех эксплуатационных материалов, деталей и регулировок.

Наиболее рациональным является обслуживание машины по следующей схеме: определение потребности в техническом вмешательстве – проведение необходимых работ – контроль качества проведенных работ – исправление

выявленных отклонений – испытание машины. Однако обслуживание машины по такой рациональной схеме требует решения ряда организационно-технических задач, а именно: определения времени, места и объема работ по выявлению потребности в техническом вмешательстве и проведению его.

В существующей системе технического обслуживания содержатся все перечисленные элементы схемы, но они как по содержанию, так и по уровню не удовлетворяют условиям каждого хозяйства и их возможности в значительной степени не используются. Происходит это потому, что к диагностической и обследовательской части подходят в большинстве случаев формально из-за недопонимания как технической, так и организационной ее сущности.

Без творческого подхода нельзя раскрыть всех возможностей диагностирования, а такой подход возможен только при полной взаимосвязи всех элементов с конкретными условиями: машина – человек – оборудование – хозяйство – среда.

Для определения изменения состояния машины при ее эксплуатации рассмотрим кривую износа, характерную для подвижного сопряжения (изменение зазора вал – подшипник), как функцию от времени работы (рис. 2.2). Здесь можно выделить три периода: приработки, нормальной эксплуатации и аварийного износа. В начальном состоянии сопряжение имеет зазор Δ_0 . Если приработка проведена на оптимальных режимах, то за этот период изменение зазора будет равно 0. В таком случае аварийный износ начнется достаточно поздно, а эксплуатационный период будет сравнительно длинным. При большом начальном зазоре, а также при плохо проведенной приработке эксплуатационный период может значительно уменьшиться. На продолжительность эксплуатационного периода влияют условия эксплуатации. При изменении этих условий угол наклона кривой будет меняться.

Аварийный период начинается, как правило, при определенном значении показателя независимо от предшествующего периода. Оптимальным моментом технического вмешательства по этому показателю будет точка перехода эксплуатационного периода в аварийный. При этом будет использован весь ресурс сопряжения. Однако добиться такого использования ресурса, даже зная точно значение показателя, удастся далеко не всегда.

Большинство элементов поступающей на сельскохозяйственные предприятия техники обладает свойствами рассматриваемого сопряжения. Аналогичная картина (периоды 2 и 3) наблюдается и при хранении. Но все же, при общих закономерностях, состояние каждой используемой в

сельскохозяйственном производстве машины изменяется индивидуально. Это особенно заметно при работе мобильных агрегатов в полеводстве.

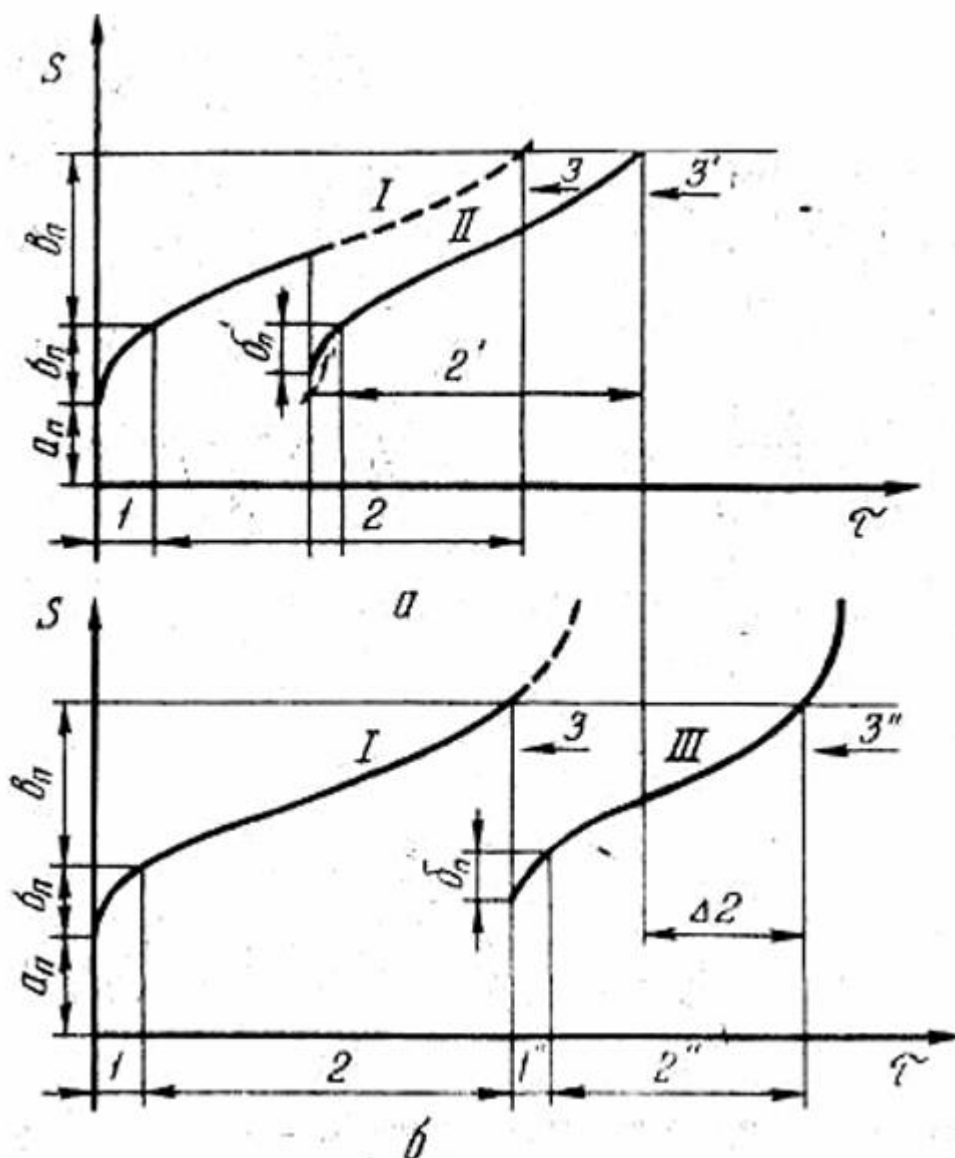


Рис. 2.2. Изменение показателя состояния машины в процессе её эксплуатации: а – при преждевременном (кривая II) техническом вмешательстве; б – при своевременном (кривая III) вмешательстве; 1 – приработка; 2 – нормальная эксплуатация; 3 – аварийный период; a_n – исходное состояние показателя; b_n и v_n – изменение показателя за периоды приработки и нормальной эксплуатации.

Изменение состояния машины от момента изготовления до момента истощения ресурса представлено на рисунке 2.3. Угол наклона всех участков варьирует в широких пределах. Из рисунка видно, что ресурс машины, в особенности с коротким периодом эксплуатации, может быть исчерпан при незначительном времени ее эксплуатации в результате неправильных обслуживания, хранения, транспортирования, при работе.

Процесс определения технического состояния машины называется диагностированием. Результатом диагностирования является диагноз. Показатели, характеризующие работоспособность или исправность машины, называются параметрами состояния. Параметры делятся на структурные, показывающие непосредственные значения величин, и диагностические. Диагностические параметры, как правило, характеризуют структурные по установленным между ними зависимостям, что позволяет определять последние без разборки машины. 13

На практике не всегда удается провести замеры, непосредственно характеризующие техническое состояние машины. В таких случаях используют косвенные показатели. В современных сложных машинах предусмотрена возможность доступа к местам контроля или имеются приспособления для монтажа контролирующих устройств. Новые модели оснащены встроенными преобразователями, соединенными либо с сигнализирующими приборами на панели управления, либо при помощи разъема на период контроля – со специальной аппаратурой.

Диагностирование машин, проводимое с использованием внешних и встроенных средств контроля, позволяет определять техническое состояние агрегатов, механизмов и систем машины без их разборки, прогнозировать сроки службы узлов, фактически управлять их техническим состоянием, назначая соответствующие предупредительные работы и выполняя их в процессе технического обслуживания и ремонта. Это снижает время простоя машины, обеспечивает значительную экономию средств на ее обслуживание и ремонт. Выполнение только действительно необходимых операций по ремонту и регулированию сокращает расход запасных частей и топливосмазочных 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, повышает безопасность эксплуатации машины.

Техническое диагностирование оказывает большое влияние на интенсивность использования техники через ее коэффициент готовности. Предупреждение отказов, оперативное их устранение резко снижает простои машин по техническим причинам, увеличивает их производительность и качество выполнения сельскохозяйственных операций, что положительно сказывается на сроках выполнения работ, способствует получению дополнительной прибыли сельхозпроизводителями (рис.2.4).

Прогнозирование остаточного ресурса

Одна из основных задач диагностирования – прогнозирование остаточного ресурса объекта, под которым понимается определение продолжительности его исправной работы до наступления предельного состояния.

На начальной стадии создания автомобиля (проектирование и конструирование) оценку его ресурса осуществляют в основном по результатам конструкторских расчетов и статистических данных о его аналогах. Прогнозируемый при этом ресурс – заданная величина, соответствующая некоторой вероятности, с которой ресурс должен быть реализован в эксплуатации. Поэтому на стадии проектирования в качестве прогнозируемого ресурса в технической документации указывается некоторый средний ресурс t_{cp} – математическое ожидание наработки изделия до предельного состояния.

В реальных условиях эксплуатации ресурс объекта из-за воздействия на него множества случайных факторов варьирует в довольно широких пределах. Например, ресурс двигателей ЗМЗ-4063.10 по результатам эксплуатационных наблюдений варьирует от 160 до 250 тыс. км (рис. 8.18). Поэтому ресурс объекта следует считать случайной величиной, и он может быть описан только вероятностными моделями. В качестве такой модели обычно используется дифференциальная функция (плотность) распределения наработок объекта до предельного состояния. В этом случае теоретическое значение среднего ресурса автомобиля от начала его эксплуатации до списания определяется по формуле

$$t_{cp} = \int_0^{\infty} t f(t) dt, \quad (8.13)$$

где $f(t)$ – плотность распределения наработки до предельного состояния.

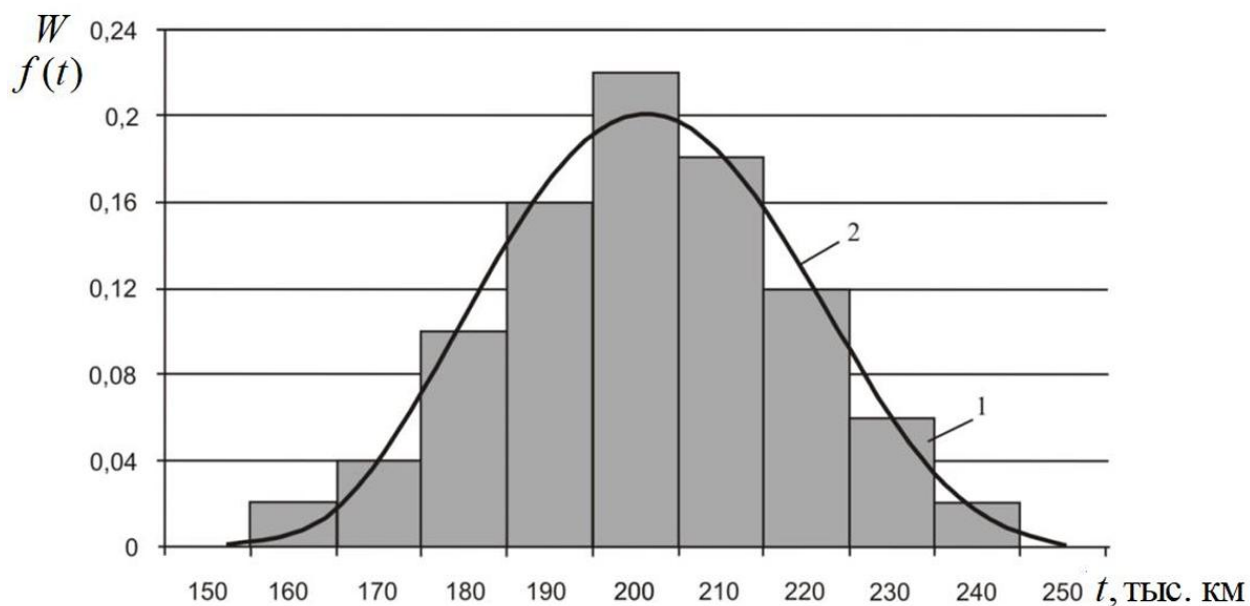


Рис. 8.18. Гистограмма 1 и теоретическая кривая распределения 2 ресурса двигателей

В отличие от стадии проектирования, когда прогнозируется ресурс всей генеральной совокупности создаваемых объектов, прогнозирование на стадии эксплуатации выполняют для конкретных изделий, частично реализовавших свой ресурс. В этом случае оценивается индивидуальный остаточный ресурс объекта, т.е. возможная продолжительность его эксплуатации от момента контроля технического состояния до достижения им предельного состояния, который отличается от ресурса тем, что в качестве начала отсчета принимается текущая наработка, до которой объект уже какое-то время эксплуатировался.

Достижение объектом предельного состояния, соответствующего исчерпанию его ресурса, сводится не только к физическому износу. Оно может быть обусловлено также влиянием факторов функционального устаревания, недопустимости дальнейшей эксплуатации по требованиям безопасности, экономичности и эффективности. Поэтому определение точных признаков и параметров, при которых состояние объекта следует квалифицировать как предельное, представляет довольно сложную задачу. Обычно основанием для списания машин служит резкое увеличение интенсивности отказов, продолжительности простоев из-за необходимости их устранения, расходов на проведение ремонтных работ.

Для надежного прогнозирования остаточного ресурса объекта необходимо выполнить его полнокомплектное техническое диагностирование с использованием соответствующих средств контроля. Это требует больших затрат, из-за чего в практике технической эксплуатации, за исключением случаев, когда оцениваются единичные и дорогие стоящие машины, не находит

применения. В условиях реальной эксплуатации при проведении технических обслуживаний и ремонтов машин чаще всего оценивается остаточный ресурс их узлов, агрегатов и механизмов.

Современные методы прогнозирования технического состояния объектов подразделяются на три основные группы: методы экспертных оценок, методы моделирования, статистические методы.

Наиболее достоверные при прогнозировании индивидуального остаточного ресурса машин в условиях эксплуатации – статистические методы, основанные на объективной оценке технического состояния в текущий момент времени. Процесс прогнозирования с использованием статистических методов предусматривает выполнение следующих этапов:

- сбор и обработка статистической информации по эксплуатационной надежности объектов;
- обоснование комплекса диагностических параметров, адекватно отражающих техническое состояние;
- построение графиков изменения диагностических параметров по статистическим данным;
- разработка аналитических уравнений, описывающих закономерности изменения этих параметров по наработке;
- статистическая оценка остаточного ресурса.

При прогнозировании непосредственно измерить остаточный ресурс объекта практически невозможно. Поэтому необходимо определить аналоговый диагностический параметр или комплекс таких параметров, которые адекватно отражают техническое состояние объекта и реализацию его ресурса по наработке. Для агрегатов автомобиля это могут быть параметры эффективности функционирования (мощность, крутящий момент, расход топлива и др.), геометрические параметры (люфты, зазоры) и параметры сопутствующих процессов (герметичность рабочих объемов, вибрации, физико-химический состав отработавших эксплуатационных материалов и т.д.).

Изменение аналогового диагностического параметра по наработке для большинства узлов и агрегатов автомобиля, как уже отмечалось выше, описывается линейной или степенной функциями. При прогнозировании их ресурса в качестве аналитического уравнения чаще всего используется степенная функция, выраженная формулой (8.11). Графическая интерпретация этой зависимости представлена на рис. 8.19.

Из приведенной схемы видно, что остаточный ресурс объекта t_0 представляет собой разность между полным ресурсом t_n , который соответствует предельному значению диагностического параметра S_n , и

продолжительностью его эксплуатации, предшествующей прогнозируемому периоду t_i . Полный ресурс объекта t_{Π} при степенной зависимости диагностического параметра по наработке определяют из выражения

$$t_{\Pi} = \alpha \sqrt[\nu]{\frac{|S_{\Pi} - S_{\text{H}}|}{v}}, \quad (8.14)$$

Остаточный ресурс t_o после некоторой наработки t_i , предшествующей прогнозируемому периоду, определяют по формуле

$$t_o = t \left[\left(\frac{S_{\Pi} - S_{\text{H}}}{S_i - S_{\text{H}}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right], \quad (8.15)$$

где α – показатель степени, характеризующий изменение диагностического параметра S по наработке t .

Значения показателя α определяются опытным путем для различных сопряжений механизмов на основе обработки статистического материала и представляют собой некоторые усредненные величины.

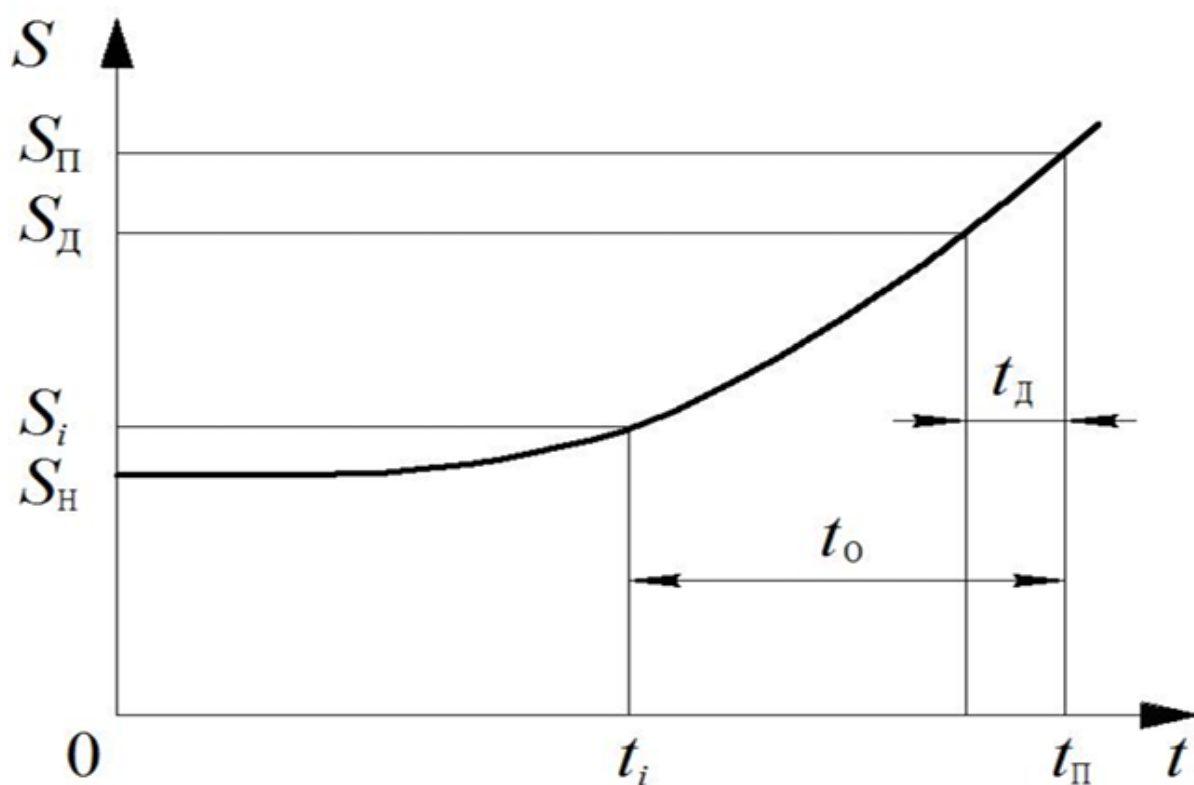


Рис. 8.19. Схема определения остаточного ресурса по реализации диагностического параметра: S_i , S_H , S_P – текущее, номинальное и предельное значения диагностического параметра; t_i , t_o , t_P – текущий, остаточный и полный ресурсы

Пример. Определить остаточный ресурс цилиндропоршневой группы двигателя ЗМЗ-4063.10. Для оценки технического состояния двигателя были выбраны следующие диагностические параметры: давление в конце такта сжатия; значение относительных утечек воздуха при положении поршня в ВМТ; расход картерных газов при 4000 мин⁻¹; значение давления в главной масляной магистрали. Использование других диагностических параметров приводит к значительному усложнению процедуры диагностирования.

В табл. 8.3 приведены установленные техническими условиями завода-изготовителя нормативные значения этих параметров, а также значения показателя α , найденные по результатам экспериментальных исследований технического состояния цилиндропоршневой группы двигателей.

Таблица 8.4. Нормативные значения параметров диагностирования технического состояния ЦПГ и показателя α для этих параметров

№ п/п	Диагностический параметр	Номинальное значение	Предельное значение	Показатель α

1	Давление в конце такта сжатия, кгс/см ²	12	9,6	1,3
2	Относительная утечка воздуха при положении поршня в ВМТ, кг/см ² , в течение не менее 5 с	Снижение с 1,5 до 1,0	Снижение с 1,5 до 0,75	1,6
3	Расход картерных газов при 4000 мин ⁻¹ , л/мин, не более	22	62	1,5
4	Давление в главной масляной магистрали при 2500 мин ⁻¹ , кгс/см ²	5,0	3,0	1,4

Остаточный ресурс цилиндропоршневой группы двигателя рассчитываем по каждому диагностическому параметру на пробеге 165 тыс. км и в качестве искомого принимаем его минимальное значение. По результатам выполненных контрольно-диагностических операций были получены следующие значения диагностических параметров после этой наработки:

- давление в конце такта сжатия, кгс/см²
- относительная утечка воздуха при положении поршня в ВМТ в течение 5 с с 1,5 кгс/см²
- расход картерных газов при 4000 мин⁻¹, л/мин
- давление в главной масляной магистрали, кгс/см² – 10,8 – 0,88 – 41,0 – 3,90

Прогнозируемый остаточный ресурс ЦПГ двигателя по давлению в конце такта сжатия до достижения предельного состояния будет равен

$$t_o = 165 \left[\left(\frac{9,6 - 12}{10,8 - 12} \right)^{\frac{1}{1,3}} - 1 \right] = 123 \text{ тыс. км.}$$

По остальным диагностическим параметрам рассчитанные значения остаточного ресурса ЦПГ составят:

- по относительной утечке воздуха – 113 тыс. км
- расходу картерных газов – 106 тыс. км
- давлению в главной масляной магистрали – 88 тыс. км

В результате выполненных расчетов прогнозируемый остаточный ресурс ЦПГ принимает минимальное значение по параметру «давление в главной масляной магистрали», в соответствии с которым $t_o = 88$ тыс. км.

В условиях эксплуатации диагностирование автомобилей выполняют в основном при проведении плановых технических обслуживаний (ТО). В этом случае задача прогнозирования остаточного ресурса заключается в определении возможности их безотказной работы на наработке до выполнения очередного ТО. Если значение остаточного ресурса $t_o > t_D$, состояние диагностируемого механизма обеспечит его исправную работу до очередного ТО. В случае, если значение остаточного ресурса t_o меньше установленной периодичности диагностирования t_D , двигатель следует изъять из эксплуатации и направить в ремонт.

Процедуру прогнозирования можно упростить, заменив предельное значение диагностического параметра S_p допустимым нормативом S_d , который определяется из выражения (8.12).

Прогнозирование остаточного ресурса, т.е. оценка запаса исправной работы, – важнейший элемент в системе управления техническим состоянием автомобилей и его конструктивных элементов в эксплуатации. Отклонение значений диагностических параметров за допустимые пределы, вызываемые возникновением различных повреждений в элементах автомобиля, служит основой для принятия решения о проведении необходимых технических воздействий для восстановления его работоспособности.

Прогнозирование остаточного ресурса при известной наработке от начала эксплуатации

Чтобы определить остаточный ресурс конкретной составной части (Рост.), техник-диагност должен располагать исходными данными, приведенными в табл.2.

Определение остаточного моторесурса (Рост) показано на схеме (рис. 5.1).

Закономерность изменения контролируемого параметра представлена кривой (рис.5.1).

Т а б л и ц а 2. Данные для определения остаточного ресурса конкретной составной части

№ п. п.	Исходные данные	Обозначение	Источник информации
1	Номинальное значение параметра	Пн	Технологическая карта диагностирования
2	Предельное значение параметра	Ппр	Технологическая карта диагностирования
3	Показатель, характеризующий закономерность изменения значений диагностического параметра	α	Технологическая карта диагностирования
4	Наработка проверяемой составной части от начала ее эксплуатации	Рисп	Техническая документация (формуляр)
5	Значение параметра, замеренное в момент контроля	Пк	Показание средства измерения

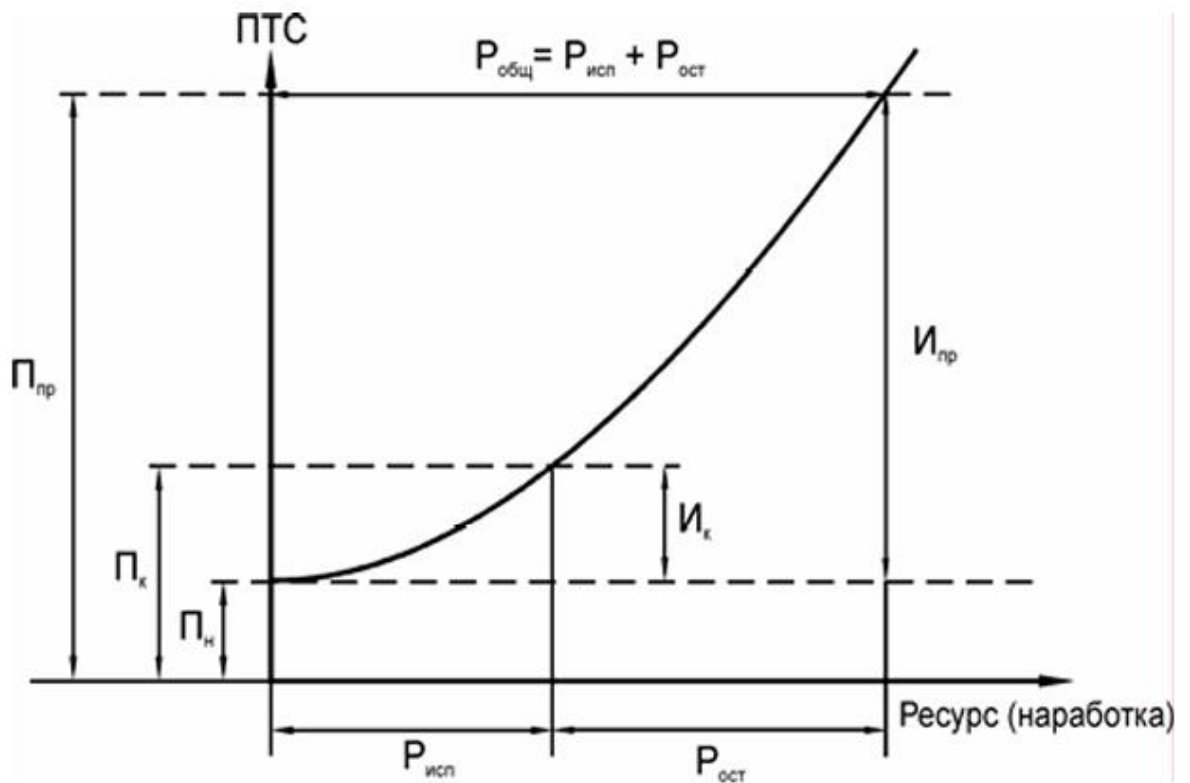


Рис. 5.1. Схема определения остаточного моторесурса.

На рис.5.1. Рисп – использованный ресурс к моменту контроля; Ик = Пк – Пн – изменение значения параметра к моменту контроля (диагностирования); Ипр = Ппр – Пн – предельное изменение значения параметра; Рост – остаточный ресурс.

Имея все эти данные Рост определяют по формуле

$$R_{ост} = R_{исп} \left[\left(\frac{I_{пр}}{I_{к}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right].$$

При $\alpha > 1$ и $\alpha < 1$ – зависимость значений параметров технического состояния составных частей машины от продолжительности работы (наработки) носит криволинейный характер, причем при $\alpha > 1$ – кривая обращена выпуклостью вниз, а при $\alpha < 1$ – вверх. При $\alpha = 1$ указанная зависимость линейна.

При $\alpha = 1$ выражение (1) примет следующий вид:

$$R_{ост} = R_{исп} \left(\frac{I_{пр}}{I_{к}} \right) - 1.$$

По данным ГОСНИТИ значения α находится в пределах 0,8...2,0.

Значения $P_{пр}$, $P_{н}$, α рассчитывают заранее, их заносят в технологию диагностики технического состояния машин для использования при определении Рост.

Таким образом, для определения остаточного ресурса какого-либо сопряжения (по формуле 1) необходимо сделать замеры соответствующего параметра и знать наработку к моменту замера. Значения остальных показателей берут из таблиц.

Определение остаточного ресурса тракторов и установление на этой основе времени его безотказной работы позволит сократить число отказов в процессе эксплуатации и увеличить межремонтную наработку.

5.2. Прогнозирование остаточного ресурса при неизвестной наработке от начала эксплуатации

При прогнозировании сведения о наработке отдельных составных частей машины от начала эксплуатации или последнего капремонта иногда отсутствуют. В подобных случаях остаточный ресурс определяют по значениям параметров состояния, установленным при двухкратном диагностировании и наработке между первым и вторым измерениями.

Схема прогнозирования остаточного ресурса при неизвестной наработке от начала эксплуатации представлена на рис.5.2.

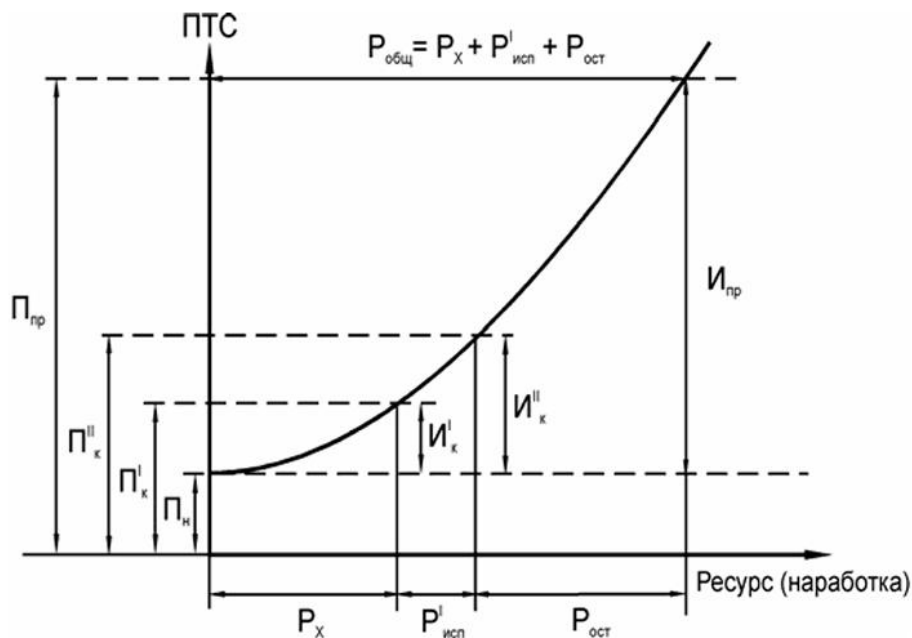


Рис. 5.2. Схема прогнозирования остаточного ресурса при неизвестной наработке от начала эксплуатации.

На рис. 5.2: $P_{Iк}$ – значение параметра при первой проверке;

$P_{IIк}$ – значение параметра при повторной проверке;

$II_k = III_k - Пн$ – изменение значения параметра от начала эксплуатации до первой проверки;

$III_k = III_k - Пн$ – изменение значения параметра от начала эксплуатации до повторной проверки;

$Ипр = Ппр - Пн$ – предельное изменение значения параметра;

R_x – ресурс использованный (величина неизвестная);

$R_{I\text{ исп}}$ – ресурс, использованный за время работы между первой и второй проверками.

В этом случае Рост определяют по формуле

$$P_{ост} = P_{исп}^I \left[\frac{1}{\left(\frac{II_K}{II_K^I} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1} + 1 \right] \left[\left(\frac{II_{пр}}{II_K^II} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right]$$

Таким образом, для определения Рост при неизвестной наработке с начала эксплуатации необходимо измерить значение контролируемого параметра не менее двух раз и знать наработку за время работы между этими измерениями.

2 Методы и средства диагностирования машин

Методы и средства диагностирования роботов и мехатронных систем

Методы диагностирования мехатронных и робототехнических систем классифицируют по следующим признакам:

- степени информативности;
- видам диагностической информации;
- степени использования технических средств;
- стадиям эксплуатации;
- глубине диагностирования.

По степени информативности выделяют следующие методы:

- метод временных интервалов, применяемый для анализа про стоев, определения показателей надежности, контроля работы системы управления, получения циклограмм;

- метод эталонных модулей, основанный на сравнении экспериментальных данных или рассчитанных значений и показателей качества;

- метод эталонных зависимостей, основанный на сравнении измеренных диагностических параметров с эталонными диагностическими параметрами;
- спектральный метод, основанный на измерении составляющих сложных вибрационных или акустических сигналов;
- корреляционный метод, применяемый для обнаружения отклонений в характере зависимости между диагностическими параметрами (взаимная корреляция) или изменении диагностических параметров во времени (автокорреляция).

По источнику информации выделяют тестовое и функциональное диагностирование.

При тестовом диагностировании на объект подаются тестовые воздействия от средств диагностирования. При функциональном на объект поступают только рабочие воздействия.

Методы диагностирования классифицируются по типу физических процессов, происходящих в объекте: механический, электрический, вибрационный, ультразвуковой, ударно-импульсный, тепловой, магнитный, фотометрический и др.

Механический метод заключается в измерении геометрических размеров частей механических объектов. Он используется при определении износа.

Электрический метод заключается в измерении электрических величин, основан на измерении электрических диагностических параметров: тока, напряжения, сопротивления, мощности.

Вибрационный метод заключается в измерении параметров вибрационных процессов – виброперемещения, виброскорости, виброускорения.

Ультразвуковой метод заключается в измерении отраженных от границ раздела двух сред направленных ультразвуковых колебаний. Он позволяет обнаруживать внутренние дефекты в крупногабаритных объектах с возможностью определения их места и размеров.

Метод ударных импульсов заключается в измерении механических ударных волн, возникающих при соударении твердых тел. Его применяют для определения состояния подшипников качения и смазки.

Тепловой метод заключается в измерении температуры объектов.

Магнитный метод заключается в измерении магнитных полей рассеивания, возникающих над дефектом, и в определении магнитных свойств диагностируемых объектов. Он используется для измерения толщины, для контроля структуры, механических свойств деталей. В зависимости от способа измерения магнитных полей рассеивания разделяется на

магнитопорошковый, магнитографический, феррозондовый, магниторезисторный, индукционный.

Фотометрический метод заключается в измерении освещенности. Используется для измерения линейных и угловых люфтов и зазоров в сопряжениях, загрязненности масел.

В настоящее время перспективными направлениями развития методов диагностирования являются приемы искусственного интеллекта, основанные на нечеткой логике, экспертных системах и нейронных сетях. Методы нечеткой логики позволяют значительно упростить описание модели объектов диагностирования, а также являются более простыми для аппаратной реализации. Экспертные системы позволяют принимать решения о состоянии объекта, если оценка состояния или поиска неисправности объекта является трудно формализуемой задачей. Нейронные сети используют для идентификации объектов, распознавания и прогнозирования состояния МС. Преимущества классификатора, построенного на основе нейронных сетей, перед традиционными оценочными методами заключается в следующих факторах: независимость от шумов, самообучаемость, возможность параллельной обработки.

Важным шагом в любом методе диагностирования является построение математической модели, дающей адекватную информацию о функционировании мехатронной и робототехнической системы.

2 Методы и средства диагностирования машин

Методы диагностирования классифицируют в зависимости от характера и физической сущности распознаваемых признаков и измеряемых параметров технического состояния объектов.

Методы диагностирования подразделяют на две группы – органолептические (субъективные) и инструментальные (объективные). На рис.4.1 приведена классификация методов диагностирования.

Органолептические методы диагностирования включают в себя обслуживание, осмотр, проверку осязанием и обонянием. Обслуживанием выявляют места и характер ненормальных стуков, шумов, перебоев в работе механизмов, отказов в трансмиссии и ходовой системе (по скрежету и шуму), неплотность (по шуму прерывающегося воздуха) и т.п.

Осмотром устанавливают места подтекания рабочих жидкостей (воды, масла, топлива), цвет отработавших газов, дымления из сапуна, биение вращающихся частей, натяжение цепных передач и т.п.

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

Обонянием выявляют по характерному запаху отказ муфты сцепления, поворота, течь топлива, электролита и др.

Инструментальные, или объективные, методы применяют для измерения и контроля всех параметров технического состояния, используя при этом диагностические средства.

По назначению методы диагностирования подразделяются на функциональные, предназначенные для измерения параметров состояния, характеризующих функциональные свойства составных частей и агрегатов, и ресурсные, предназначенные для определения остаточного ресурса диагностируемых узлов и агрегатов машины.

По физическому принципу методы диагностирования делятся на энергетический, пневмогидравлический, тепловой, виброакустический, спектрографический, магнитоэлектрический, оптический и некоторые другие.

Каждый метод предназначен для контроля физического процесса и основан на применении определенного явления. Классификация по использованному физическому процессу позволяет наиболее полно выявлять возможность и техническую характеристику соответствующего метода диагностирования.

Физический процесс характеризуется изменением физической величины во времени. В основе энергетического принципа (процесса) лежит физическая величина – сила, мощность; пневмогидравлического – давление; теплового –

температура; виброакустического – амплитуда колебаний на определенных частотах и т.д.

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

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

Из-за своей простоты прямые методы нашли широкое практическое применение при контроле и регулировании механизмов и устройств расположенных снаружи агрегатов машины, доступных и удобных для проверки, не требующих разборки механизмов (приводные механизмы, режущие аппараты комбайнов, ходовая часть, рулевое управление, тормозная система и др.). Применение прямых методов измерения, находящихся внутри агрегатов (ЦПГ, подшипниковые узлы коленчатого вала двигателя) ограничено большой трудоемкостью и необходимостью разборки агрегата.

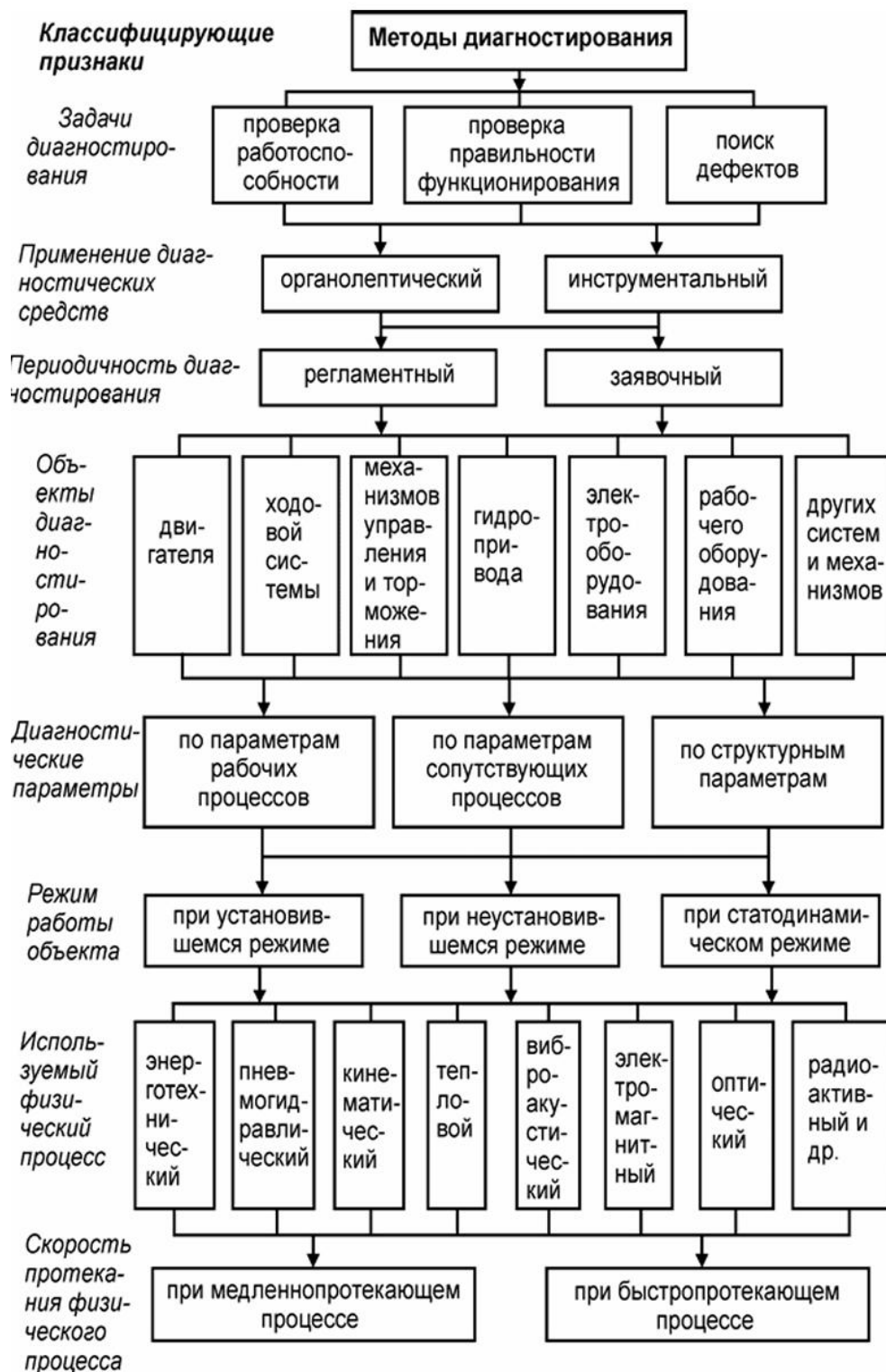


Рис. 4.1. Классификация методов диагностирования.

Косвенные методы диагностирования основаны на определении структурных параметров технического состояния агрегатов машин по косвенным (диагностическим) параметрам при установке датчика или диагностического устройства снаружи агрегата без разборки механизмов машины.

Косвенные методы основываются на измерении непосредственно физических величин, характеризующих техническое состояние механизмов, систем и агрегатов машин: давление, перепад давления, температура, перепад температуры рабочего тела в системе, расход газа, топлива, масла параметры вибрации составных частей машин, ускорение при разгоне двигателя и др. Многие методы осуществляются на основе преобразования механических величин в электрические с применением электронных диагностических приборов и установок.

Методы и средства диагностирования роботов и мехатронных систем

Методы диагностирования мехатронных и робототехнических систем классифицируют по следующим признакам:

- степени информативности;
- видам диагностической информации;
- степени использования технических средств;
- стадиям эксплуатации;
- глубине диагностирования.

По степени информативности выделяют следующие методы:

- метод временных интервалов, применяемый для анализа простоев, определения показателей надежности, контроля работы системы управления, получения циклограмм;
- метод эталонных модулей, основанный на сравнении экспериментальных данных или рассчитанных значений и показателей качества;
- метод эталонных зависимостей, основанный на сравнении измеренных диагностических параметров с эталонными диагностическими параметрами;
- спектральный метод, основанный на измерении составляющих сложных вибрационных или акустических сигналов;
- корреляционный метод, применяемый для обнаружения отклонений в характере зависимости между диагностическими параметрами (взаимная корреляция) или изменении диагностических параметров во времени (автокорреляция).

По источнику информации выделяют тестовое и функциональное диагностирование.

При тестовом диагностировании на объект подаются тестовые воздействия от средств диагностирования. При функциональном на объект поступают только рабочие воздействия.

Методы диагностирования классифицируются по типу физических процессов, происходящих в объекте: механический, электрический, вибрационный, ультразвуковой, ударно-импульсный, тепловой, магнитный, фотометрический и др.

Механический метод заключается в измерении геометрических размеров частей механических объектов. Он используется при определении износа.

Электрический метод заключается в измерении электрических величин, основан на измерении электрических диагностических параметров: тока, напряжения, сопротивления, мощности.

Вибрационный метод заключается в измерении параметров вибрационных процессов – виброперемещения, виброскорости, виброускорения.

Ультразвуковой метод заключается в измерении отраженных от границ раздела двух сред направленных ультразвуковых колебаний. Он позволяет обнаруживать внутренние дефекты в крупногабаритных объектах с возможностью определения их места и размеров.

Метод ударных импульсов заключается в измерении механических ударных волн, возникающих при соударении твердых тел. Его применяют для определения состояния подшипников качения и смазки.

Тепловой метод заключается в измерении температуры объектов.

Магнитный метод заключается в измерении магнитных полей рассеивания, возникающих над дефектом, и в определении магнитных свойств диагностируемых объектов. Он используется для измерения толщины, для контроля структуры, механических свойств деталей. В зависимости от способа измерения магнитных полей рассеивания разделяется на магнитопорошковый, магнитографический, феррозондовый, магниторезисторный, индукционный.

Фотометрический метод заключается в измерении освещенности. Используется для измерения линейных и угловых люфтов и зазоров в сопряжениях, загрязненности масел.

В настоящее время перспективными направлениями развития методов диагностирования являются приемы искусственного интеллекта, основанные на нечеткой логике, экспертных системах и нейронных сетях. Методы нечеткой логики позволяют значительно упростить описание модели объектов диагностирования, а также являются более простыми для аппаратной реализации. Экспертные системы позволяют принимать решения

о состоянии объекта, если оценка состояния или поиска неисправности объекта является трудно формализуемой задачей. Нейронные сети используют для идентификации объектов, распознавания и прогнозирования состояния МС. Преимущества классификатора, построенного на основе нейронных сетей, перед традиционными оценочными методами заключается в следующих факторах: не зависимость от шумов, самообучаемость, возможность параллельной обработки.

Важным шагом в любом методе диагностирования является построение математической модели, дающей адекватную информацию о функционировании мехатронной и робототехнической системы.

КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Основу материальной базы диагностирования составляют диагностические комплекты оборудования, приборов и приспособлений, а также посты и участки диагностирования на пунктах ТО, станциях ТО и ЦРМ хозяйств. Классификация средств диагностирования представлена на рис.7.1.

Помимо внешних средств диагностирования автомобиля или трактора, широкое развитие получают встроенные средства «бортового» диагностирования машин, которые даны на рис. 7.2. Эти средства позволяют диагностировать машину в процессе эксплуатации и подразделяются на следующие группы:

- предельные автоматы, прекращающие работу автомобиля (агрегата);
- индикаторы постоянного (стрелочные, световые) либо периодического действия (сигнализаторы или приборы визуального наблюдения);

- накопители информации с выводом на сигнализаторы или с периодическим съемом информации для последующей ее обработки в стационарных условиях.

Комбинация встроенных и внешних средств диагностирования позволит значительно снизить вероятность пропуска отказов и повысить достоверность информации.

Автоматизация процессов диагностирования существенно улучшает основные показатели и характеристики систем диагностирования. В частности, благодаря автоматизации удастся значительно сократить время на выдачу диагноза, понизить требования к квалификации операторов-диагностов, а в ряде случаев вообще отказаться от их услуг, снизить трудоемкость операций диагностирования. Кроме того, можно улучшить форму представления результатов диагноза и повысить достоверность его постановки.

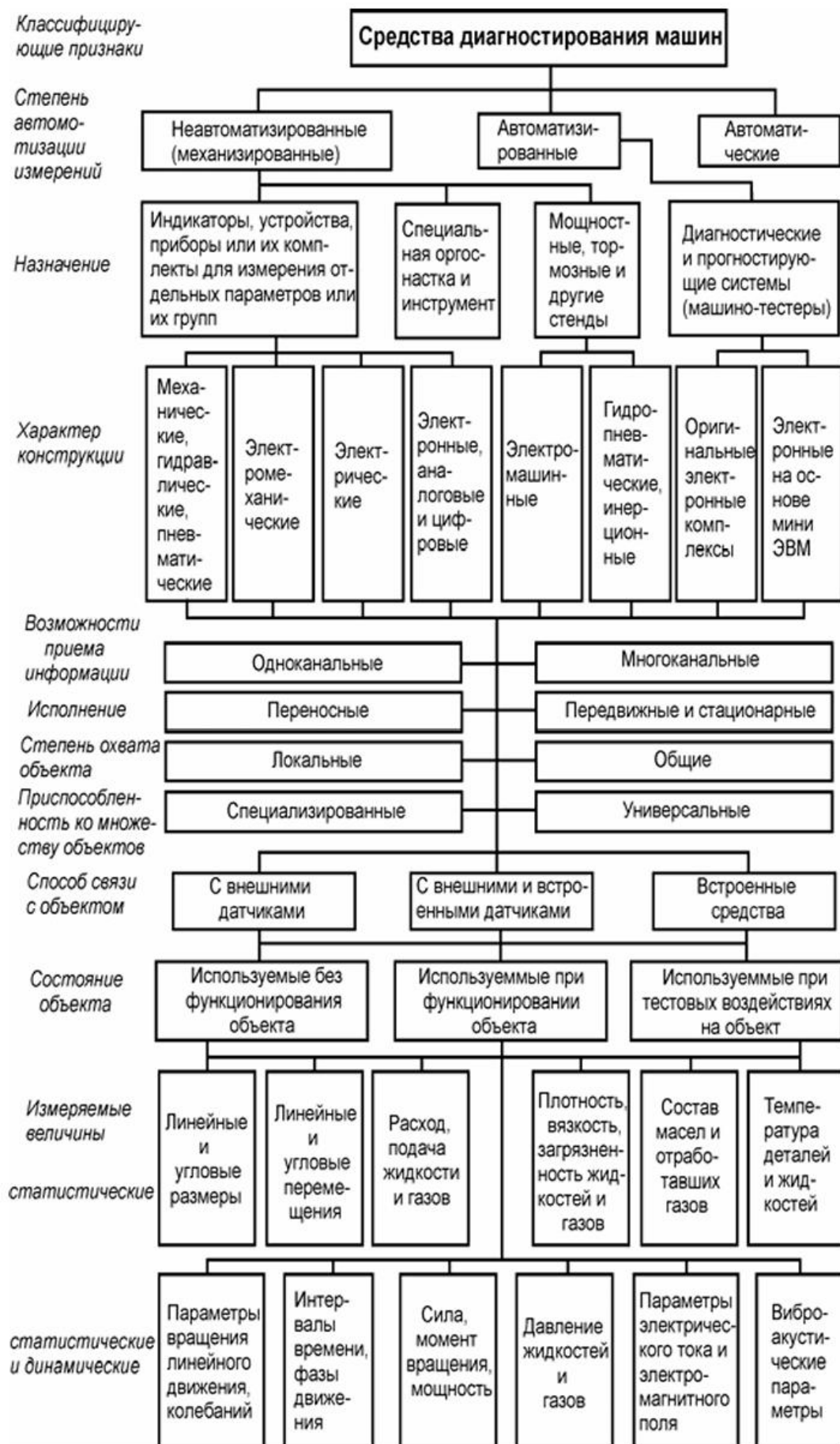


Рис. 7.1. Классификация средств диагностирования.

