

## 3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МАШИН

### 3.1 Общие понятия и определения

В соответствии с ГОСТ 20760-77 диагностирование является составной частью технического обслуживания и ремонта машин и должно обеспечивать их проведение по фактическому состоянию.

Под техническим диагностированием понимают распознавание технического состояния и свойств машин по характерным прямым и косвенным диагностическим параметрам без разборки машины или сборочных единиц.

Объектами технического диагностирования служат: тракторы, автомобили, сельскохозяйственные машины, оборудование животноводческих ферм и комплексов. Каждый объект характеризуется рядом параметров, одни из них выступают как основные, а другие – как частные (второстепенные).

Состояние элементов объекта определяют путем сравнения текущих значений структурных (прямых) или диагностических (косвенных) параметров с их допускаемыми значениями. Связь между структурным и диагностическим параметрами состояния элементов объекта в общем виде обычно определяется простыми зависимостями (рисунок 3.1).

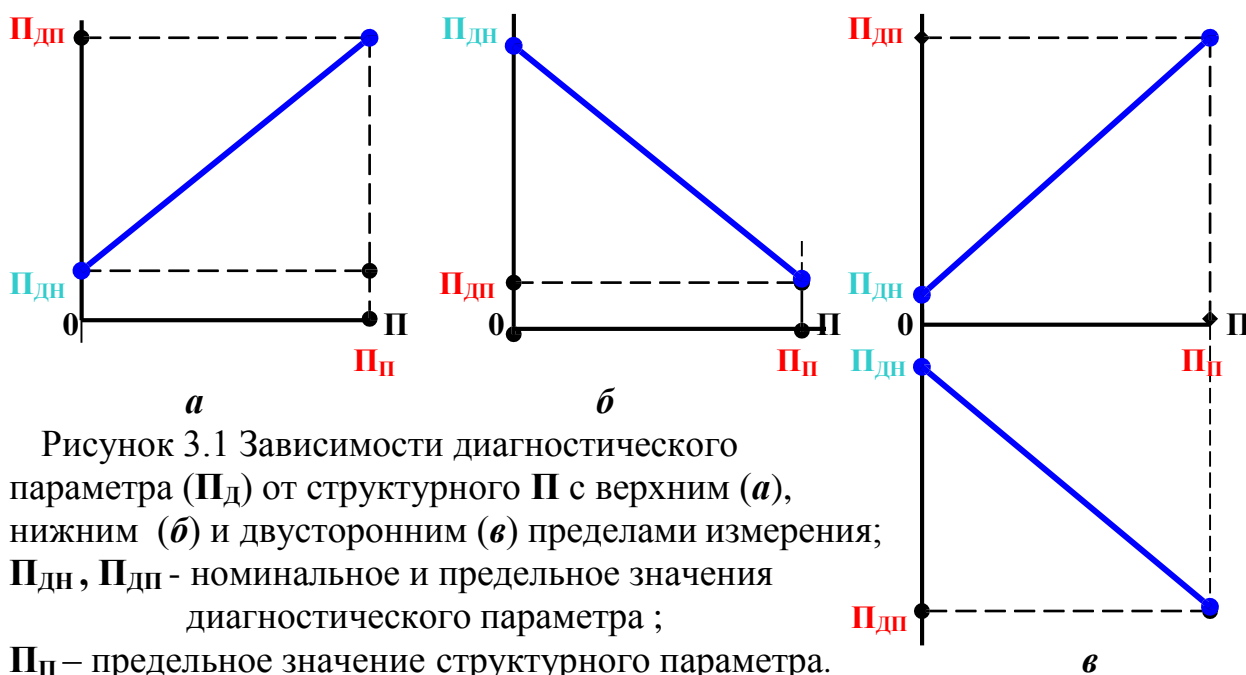


Рисунок 3.1 Зависимости диагностического параметра ( $P_d$ ) от структурного  $P$  с верхним (а), нижним (б) и двусторонним (в) пределами измерения;  $P_{дн}$ ,  $P_{дп}$  - номинальное и предельное значения диагностического параметра ;  $P_{п}$  – предельное значение структурного параметра.

При измерении диагностического параметра в ряде случаев регистрируют и помехи, которые обусловлены методом, средствами диагностирования и конструкций объекта. Для повышения точности измерения диагностических параметров (достоверности диагноза) в некоторых случаях измеряют не физическую величину, а его первую или вторую, производные (скорость изменения параметра или ускорение).

### 3.2 Виды технической диагностики и ее задачи

Техническое диагностирование предусматривает системную последовательность контроля состояния машин на этапах изготовления, эксплуатации и ремонта. На каждом этапе решают конкретные взаимосвязанные задачи в определенном порядке, причем предшествующий этап является основой для последующего.

Задача технического диагностирования **на заводе-изготовителе или ремонтном предприятии** состоит в определении качества сборки и обкатки агрегатов и машин на обкаточных стендах, в проверке номинальных значений диагностических параметров, в установлении категории качества.

Последовательность оценки новой или послеремонтной машины включает: на первом этапе – контроль показателей технического состояния отдельных сборочных единиц; на втором – контроль показателей технического состояния агрегатов машины (двигателя, трансмиссии, ходовой системы, механизмов управления и т.д.), на третьем этапе – измеряют показатели технического состояния машины в целом.

Исходя из уровня общего показателя технического состояния машины устанавливается категория качества. Значения диагностических параметров заносят в паспортные данные машины, которые следует использовать как исходные начальные параметры для последующего диагностирования машины в условиях эксплуатации.

**В условиях эксплуатации машин** техническое диагностирование применяют с целью поддержания МТА в технически исправном состоянии на всех этапах их существования при небольших затратах на их ремонт и техническое обслуживание. Техническое диагностирование осуществляют при обкатке, эксплуатации, техническом обслуживании, ремонте и хранении.

**В период обкатки** контролируют окончание и качество приработки сопряжений механизмов машины, определяют готовность машины к производственной эксплуатации, определяют начальные значения параметров, которые являются исходными при последующей плановой диагностике.

В период производственной эксплуатации МТА механизатор непрерывно осуществляет **функциональное** диагностирование машины по штатным встроенным приборам и по внешним признакам – шуму, вибрации, запаху и т.п. Кроме того механизатор контролирует ряд параметров в конце смены согласно заводской инструкции (угар масла, натяжение ременных, цепных передач, прогиб в гусеницах, давление в шинах и т.д.).

**При ежесменном техническом обслуживании** определяется готовность машины к работе в течение смены.

**При ТО-1, ТО-2, ТО-3** устанавливают возможность работы машины до следующего ТО. В том случае, если такая возможность отсутствует, выносят решение (диагноз) о проведении необходимых операций ТО или непланового ремонта.

**При сезонном техническом обслуживании** определяется готовность машины к соответствующим условиям эксплуатации.

Поиск неисправности в механизмах и системах машины (**заявочное диагностирование**) применяется при появлении качественных признаков (снижение мощности, нарушение агротехнических требований, появление ненормального шума, стука, чрезмерного нагрева деталей и т.п.). Цель такого диагностирования заключается в определении места, причины и вида отказа, устраняемого в результате непланового текущего ремонта.

**После окончания ремонта** контролируют по определенным параметрам качество его проведения.

**В период хранения** диагностирование осуществляют с целью обеспечения сохранности машин.

Техническое диагностирование необходимо также применять **при контроле экологических условий эксплуатации МТА** (определение СО, СН, уплотняющего воздействия машин на почву, состояние сточных вод и т.п.).

Разработка и оснащение сельскохозяйственного производства диагностическими средствами открывают широкие возможности повышения эффективности технической эксплуатации машин.

### 3.3 Основные методы и принципы диагностирования машин

Методы диагностирования подразделяют на две группы (рисунок 3.2): органолептические (или субъективные) и инструментальные (объективные). По характеру измерения параметров различают прямой и косвенный методы.

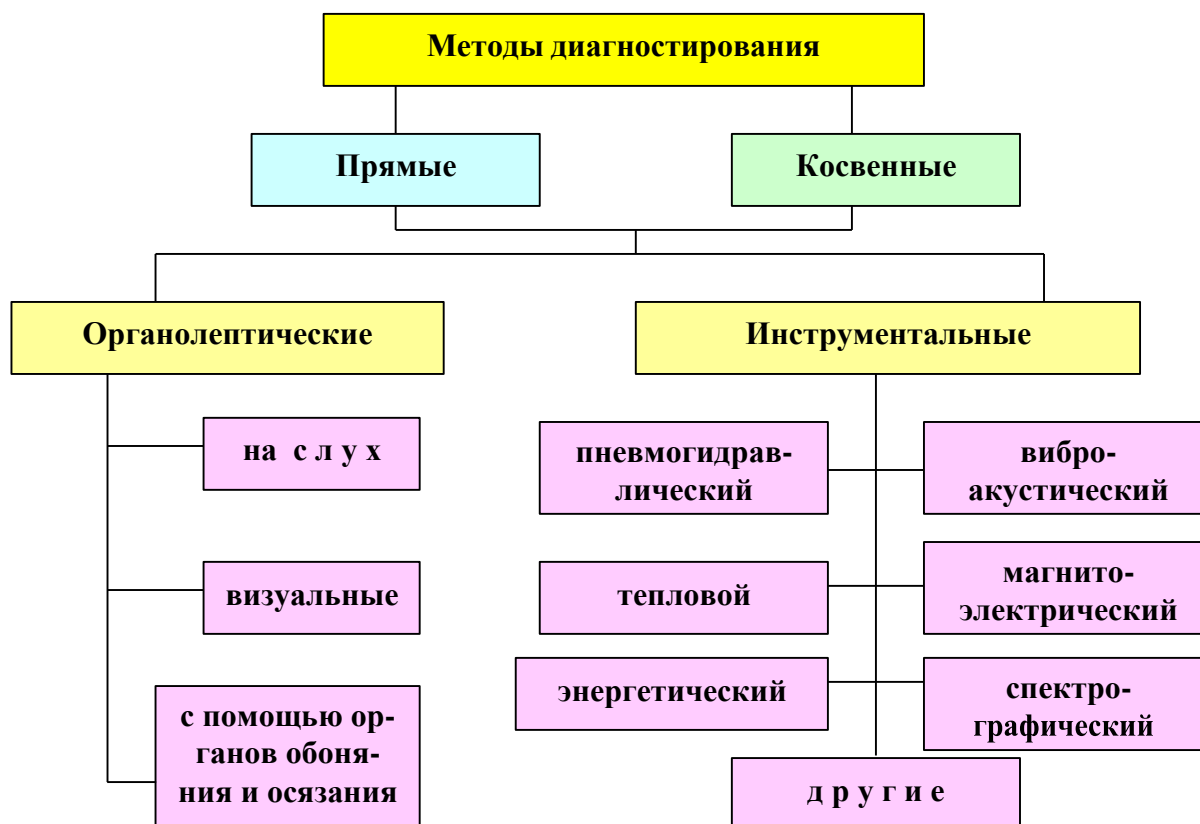


Рисунок 3.2 Классификация методов диагностирования

**Органолептические методы диагностирования** включают в себя слушивание, осмотр, проверку осязанием и обонянием.

*Ослушиванием* выявляют места и характер ненормальных стуков, шумов, перебоев в работе двигателя, отказов в трансмиссии, ходовой системы и т.п.

*Осмотром* устанавливают места подтекания воды, масла, топлива, тормозной жидкости. Анализируют цвет отработавших газов, Дымление из сапуна, биеение вращающихся частей, натяжение ременных и цепных передач, качество выполняемой работы и т.д.

*Осязанием* определяют места и степень повышенного нагрева сопряжений, вибрации деталей, вязкость и липкость жидкости и т.п.

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

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

По характеру измерения параметров методы диагностирования подразделяются на прямые и косвенные. **Прямые методы** основаны на измерении структурных параметров технического состояния машин (зазоров в подшипниках, прогиба ременных и цепных передач, размеров деталей и т.д.). Из-за своей простоты прямые методы нашли широкое применение особенно при контроле механизмов и узлов, расположенных снаружи машин. Применение прямых методов измерения параметров технического состояния объектов, находящихся внутри машины, ограничено большой трудоемкостью, связанной с разборкой сборочных единиц машины.

**Косвенные методы** основаны на определении структурных параметров технического состояния сборочных единиц машин по косвенным (диагностическим) параметрам без разборки механизмов машины. Многие из этих методов осуществляются на основе преобразования механических величин в электрические с применением электронных диагностических приборов и установок.

Рассмотрим основные методы определения диагностических параметров.

**Измерение давления.** Величины давления  $P$ , нарастания давления  $\frac{dP}{dt}$ , пе-

репад давления  $\Delta P$  в значительной степени определяют техническое состояние и показатели работы многих сборочных единиц и систем машин. Физическая сущность основана на том, что в системах и полостях новых машин при работе устанавливаются определенные величины  $P$ ,  $\frac{dP}{dt}$ ,  $\Delta P$  характерные для соответст-

вующих конструкций и марок. В процессе эксплуатации машины в результате износа сопряженных деталей, нарушения регулировок, загрязнения фильтров и т.п. происходят изменения этих параметров. Определив их текущие значения, можно оценить состояние того или иного структурного параметра. Так, например, по давлению в системе смазки двигателя, которое изменяется в процессе эксплуатации от начального (0,2...0,7 МПа) до предельного (0,1..0,15 МПа), определяют техническое состояние масляного насоса и фильтров и подшипниковых сопряжений коленчатого и распределительного валов. Исключив фактор влияния масляного насоса и фильтров, по изменению давления  $\left(\frac{\Delta P}{\Delta t}\right)$  в системе смазки определяют общее

техническое состояние подшипниковых узлов.

Давление в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в конце такта сжатия характеризует герметичность надпоршневого пространства (техническое состояние поршневых компрессионных колец, плотность прилегания клапанов газораспределения). Конкретизация объекта диагностирования в этом случае происходит путем измерения объема газов, прорывающихся в картер двигателя.

Важнейшими показателями технического состояния топливоподающей системы дизельного двигателя являются давление  $P$  начала впрыскивания топлива форсункой в цилиндр двигателя, давление, развиваемое плунжерной парой топливного насоса, время падения давления  $\frac{dP}{dt}$  в топливопроводе над нагнета-

тельным клапаном, перепад  $\Delta P$  в системе низкого давления.

Для гидросистем основными оценочными показателями являются: давление и производительность, развиваемые насосом; давление срабатывания автоматов возврата золотников в нейтральное положение; давление срабатывания предохранительного клапана, утечки в прецизионных парах при заданном давлении.

**Измерение температуры** в разных участках машины является важным диагностическим действием для определения технического состояния многих сборочных единиц. Так, например, температура газов в цилиндре двигателя в конце такта сжатия определяет его пусковые качества, температура отработавших газов – характер протекания рабочего процесса в цилиндрах двигателя. По температурным параметрам определяется техническое состояние систем охлаждения вентиляции и отопления. Повышение температуры выше допустимого значения в точках подшипниковых узлов, тормозных колодок и фрикционных передач свидетельствует о появлении неисправностей в соответствующих сопряжениях машин.

**Измерение параметров ускорения вращения коленчатого вала при неустановившихся режимах работы ДВС** производится с целью определения мощностных характеристик.

Индикаторный крутящий момент двигателя в динамических режимах определяется выражением

$$M_i = M_{m.n} + J \frac{d\omega}{dt}, \quad (3.1)$$

где  $M_i$  – индикаторный крутящий момент двигателя, Н·м;

$M_{m.n}$  – момент механических потерь, Н·м;

$J$  – приведенный момент инерции двигателя, Н·м/с<sup>2</sup>;

$\frac{d\omega}{dt}$  – угловое ускорение коленчатого вала, рад/с<sup>2</sup>.

Если при работе двигателя на холостом ходу с минимальной частотой вращения быстро передвинуть рычаг подачи топлива до упора, то разгон двигателя произойдет при полной цикловой подаче топлива. Это будет соответствовать характерной ветви характеристики до момента уменьшения подачи топлива за счет работы регулятора. В условиях разгона индикаторная работа двигателя затрачивается на преодоление инерционных сил сопротивлений и механических потерь.

На основании уравнений моментов можно получить

$$N_e = \frac{(M_i - M_{м.н})\omega}{1000} = \frac{J \cdot \omega}{1000} \cdot \frac{d\omega}{dt}, \quad (3.2)$$

где  $N_e$  - эффективная мощность двигателя, кВт;

$\omega$  - угловая скорость вращения коленчатого вала, рад/с.

Учитывая, что приведенный момент инерции для конкретной марки двигателя величина примерно постоянная, можно записать:

$$N_e = C_\omega \cdot \frac{\omega d\omega}{dt}, \quad (3.3)$$

где  $C_\omega$  - постоянный коэффициент для конкретной марки двигателя.

Из выражения (3.3) видно, что по изменению углового ускорения можно определить эффективную мощность двигателя.

Эффективную мощность двигателя можно определить и по временному интервалу разгона двигателя от минимальной частоты вращения  $n_{min}$  до максимальной  $n_{max}$  при резком изменении подачи топлива.

Этот метод реализован в электронном диагностическом приборе ИМД-Ц, автоматизированной диагностической установке КИ-13940 и в машинотестере КИ-13950.

**Виброакустический метод диагностирования** основан на измерении сигнала, поступающего от датчика, закрепленного в определенном месте машины. Виброакустический сигнал характеризует механические колебания, сопровождающие работу технического объекта и содержит информацию о структурных параметрах его технического состояния.

Методы виброакустики отличаются от многих других большой универсальностью, мгновенной реакцией на незначительные изменения в системах и механизмах машин.

Для выделения полезной составляющей сигнала из всего вибрационного процесса используют различные методы локализации: временной, частотный, амплитудный, перераспределение нагрузки на проверяемый механизм с целью

повышения уровня полезного сигнала и снижения помех от неисправных механизмов.

Приближение места установки вибропреобразователя (датчика) к месту взаимодействия сопряжений машины (см. рисунок 3.1), направленность его чувствительного элемента относительно возмущающей силы служат эффективным способом повышения уровня полезного сигнала. Это особенно важно при диагностировании сравнительно простыми малогабаритными электронными приборами типа ЭМДП-2М, ЭМДП-3.

**Магнитоэлектрический метод диагностирования** основан на регистрации изменяющегося магнитного потока в датчике диагностического прибора, взаимодействующего с вращающимися (движущимися) деталями механизмов машины. Индуцируемая ЭДС в магниточувствительном элементе датчика пропорциональна скорости движения детали, т.е.

$$U_{\text{вых}} = k v t, \quad (3.4)$$

где  $U_{\text{вых}}$  - ЭДС на выходе датчика;  
 $k$  - коэффициент пропорциональности;  
 $v$  - скорость движения детали;  
 $t$  - время.

Метод позволяет регистрировать перемещения, фазовые параметры (момент впрыска, начала подачи топлива, фазы газораспределения) и определять отношение этих параметров от номинальных значений.

Реализация этого метода нашла применение в разработках таких диагностических средств как ЭМДП, ИМД-2М, стробоскоп и других

**Спектрографический метод диагностирования** предусматривает анализ проб масла и иных жидкостей из полостей механизмов машины с целью выявления интенсивности изнашивания деталей, работающих в соответствующей среде. Средствами электрографии можно установить темп износа движущихся и сопряженных с ними деталей, трансмиссии и ходовой части машин. Для специального анализа масел применяется установка КИ-13955.

**Диагностирование с помощью встроенных контрольно-измерительных приборов** (функциональное диагностирование) осуществляется в процессе использования машин по назначению. По указателям температуры судят о состоянии системы охлаждения и режимах загрузки машины; по указателям и сигнализаторам давления – об исправности системы смазки и пневмосистемы; с помощью тахометров и спидометров контролируют скоростные режимы и степень загрязненности воздушного фильтра и т.д. Чем больше встроенных средств, обеспечивающих непрерывный контроль за показателями работы машин и агрегатов, тем выше их надежность и эффективность работы.



### 3.4 Средства диагностирования машин

В сельском хозяйстве используют передвижные, стационарные и переносные комплекты контрольно-диагностических средств. Они являются внешними по отношению к объекту диагностирования и измеряют многие физические величины, в основном статического характера. Перспективные электронные средства (автоматизированный машинотестер, мотор-тестер, гидротестер, индикатор мощности двигателя) построены на измерении динамических быстро изменяющихся параметров. В будущем ожидается все большее применение встроенных измерительных преобразователей с первичной согласующей и контрольно-управляющей аппаратурой.

**Механические диагностические комплекты** по принципу их использования в сельскохозяйственном производстве подразделяется на переносные, передвижные и стационарные.

**Переносные диагностические комплекты** (КИ-13901Ф, КИ-13924) предназначены для диагностирования тракторов при ТО-1 и ТО-2, а также при заявочном диагностировании. Комплекты выполнены в виде переносных чемоданов, в которых размещаются 14...15 диагностических устройств. Применение этих комплектов позволяет улучшить качество ТО и сократить затраты труда на 20...25 %. Трудоемкость диагностирования тракторов комплектом КИ-13924 составляет при ТО-1 - 0,5 ч, при ТО-2 – 1,7 ч.

**Передвижные диагностические установки** (КИ-13905М, КИ-13925) предназначены для выявления и устранения неисправностей машины в межконтрольный период (заявочное диагностирование). Их можно использовать для диагностирования при ТО-3 и при технических осмотрах.

Комплект диагностических средств и другой оснастки установки КИ-13905М размещен в кузове автомобиля УАЗ-453, а КИ-13925 – в ИЖ-2715. Оборудование этих передвижных средств позволяет определять до 100 параметров технического состояния машин.

**Стационарные стенды и установки** (КИ-8927, КИ-4935, «Урожай-1Т») относятся к смешанным средствам диагностирования. Датчики оценки технического состояния агрегатов таких средств монтируют непосредственно на тракторе (сложной машине), а указатели (индикаторы) находятся вне его и представляют собой автономные приборы.

Стенд КИ-8927 предназначен для диагностирования колесных тракторов на станциях технического обслуживания, а также в мастерских хозяйств с парком не менее 100 колесных тракторов. Он позволяет проверять тягово-экономические и тормозные качества, общее состояние электрооборудования и гидросистемы тракторов.

Для ЦРМ хозяйств и ремонтных предприятий наиболее предпочтителен стенд КИ-4935, предназначенный для определения мощностных и экономических показателей большинства марок тракторов.



Рисунок 3.3 Стенд КИ-4935

Диагностическая установка «Урожай-1Т» предназначена для оценки технического состояния тракторов и определения необходимости выполнения регулировочных или ремонтных работ. Результаты диагностирования выдаются в виде высвечиваемых надписей «Норма», «Регулировать», «Очистить фильтр», «Ремонтировать», а при прогнозировании остаточного ресурса – в виде числа на цифровом индикаторе.

**Электронные диагностические средства**, обеспечивая преобразование физических величин в электрические, реализуют эффективные универсальные методы, способствуют автоматизации процесса диагностирования.

Основные принципы применяемых здесь методов заложены в широко распространенных приборах ИМД-Ц, ИМД-2М; серии ЭМДП.



Рисунок 3.4 Прибор ИМД-2М



Рисунок 3.5 Прибор ИМДЦ

На этой базе разработана диагностическая измерительная прогнозирующая система (ДИПС) КИ-13940, предназначенная для диагностирования и определения остаточного ресурса тракторов, комбайнов и оборудования животноводческих ферм. Число контролируемых и измеряемых параметров этой системой достигает четырехсот.

Автоматизированный машинотестер (АМТ) КИ-13950 предназначен для автоматизированного диагностирования тракторов, зерноуборочных и кормоубо-



рочных комбайнов на станциях ТО ремонтных предприятий и ЦРМ хозяйств. Он может быть использован как в стационарных, так и в полевых условиях.

Компьютерная диагностическая установка «Автомастер АМ-1» предназначена для проверки технического состояния бензиновых двигателей, а с дополнительной приставкой и дизельных двигателей, с числом цилиндров 2, 4, 6, 8 и номинальным напряжением в сети электрооборудования 12 В.

Рисунок 3.6 Автомастер АМ-1

### **3.5 Технология диагностирования тракторов и сложных сельскохозяйственных машин. Основные организационные принципы**

Процесс диагностирования сборочных единиц и агрегатов машин состоит из трех этапов: подготовительного, основного и заключительного.

**К подготовительному этапу** относятся: очистка и мойка машины, установка на посту (месте) диагностирования, выполнение некоторых операций технического обслуживания, монтаж датчиков и измерительных приборов. Результаты внешнего осмотра, а также сообщения механизатора о замеченных им неисправностях заносятся в диагностическую карту.

На **основном этапе** устанавливают необходимые режимы работы двигателя или всей машины, измеряют параметры технического состояния сборочных единиц и агрегатов, заносят результаты измерений в контрольно-диагностическую карту.

На **заключительном этапе** ставят диагноз, в результате которого определяют характер и объем необходимых работ по поддержанию машины в работоспособном состоянии, прогнозируют остаточный ресурс сборочных единиц и машины в целом, снимают приборы и датчики.

Производственная проверка технологии диагностирования тракторов показала, что на подготовительный этап затрачивается до 80 % общего времени диагностирования. Связано это с низкой приспособленностью тракторов к диагностированию. Поэтому важным условием высокопроизводительного и эффективного использования контрольно-диагностических средств является правильное распределение обязанностей между исполнителями.

При ТО-1 и ТО-2 все диагностические операции проводят мастера-наладчики. В контроле состояния и обслуживании трактора участвуют также тракторист-машинист и слесарь. Мастер-наладчик выполняет наиболее сложные контрольно-диагностические и регулировочные работы. Слесарь помогает ему и устраняет обнаруженные неисправности.

При ТО-3 и после межремонтной наработки сложные диагностические и регулировочные операции выполняет мастер-диагност. Кроме того, он анализирует результаты диагностирования, по которым устанавливает виды и объемы работ по ТО и ремонту, определяет остаточный ресурс сборочных единиц и трактора в целом, заполняет контрольно-диагностическую карту.

В качестве примера приведена форма диагностической карты для трактора ДТ-75М.

**КОНТРОЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ КАРТА**  
(Трактор ДТ-75М)

Хозяйство \_\_\_\_\_

Хозяйственный номер \_\_\_\_\_

Дата и вид последнего ремонта \_\_\_\_\_

Общая наработка от начала эксплуатации (или КР) \_\_\_\_\_

Заявка тракториста о неисправностях \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(Ф.И.О. тракториста) (подпись)

Результаты внешнего осмотра \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Механизмы и параметры	Значения параметров			Заключение о неисправностях	
	номинальное	допустимое	текущее	регулировать	заменить или отремонтировать
1	2	3	4	5	6
<i>Двигатель</i>					
Мощность, кВт	66,2	+ 4,6 - 3,6			
Неравномерность, по цилиндрам, %		12			
Номинальная частота вращения, мин <sup>-1</sup>	1750	±35			
Максимальная частота вращения	1865	+ 75 - 40			
Давление в системе смазки: при номинальной частоте вращения коленвала, МПа; при минимальной частоте вращения коленвала, МПа.	0,3-0,5	0,15  0,1			
Прорыв газов в ЦПГ, л/мин	34	80-105			

И так далее, по всем сборочным единицам и системам трактора.

Заключение о результатах диагностирования \_\_\_\_\_

Остаточный ресурс:

двигателя \_\_\_\_\_, трансмиссии \_\_\_\_\_

механизмов управления \_\_\_\_\_, пускового двигателя \_\_\_\_\_

гидросистемы \_\_\_\_\_

Мастер-диагност \_\_\_\_\_

Слесарь помогает мастеру-диагносту устанавливать приборы и устраняет обнаруженные неисправности. Тракторист-машинист готовит трактор к диагностированию и выполняет распоряжения мастера-диагноста по необходимому для диагностирования изменению режимов работы трактора.

Начав работу вместе, каждый из исполнителей выполняет строго определенную часть операций. Это обеспечивает существенное снижение затрат труда и повышение достоверности диагностирования, качества ТО или ремонта.

### **3.6 Прогнозирование остаточного ресурса машин по результатам диагностирования**

**Прогнозирование** – один из основных элементов технической диагностики. Цель прогнозирования – установление (предсказание) сроков безотказной работы сборочных единиц машины до очередного технического обслуживания или ремонта и предотвращение отказов.

Различают два вида прогнозирования технического состояния сборочных единиц машин: среднестатистическое и по характеру (закономерности) изменения параметров состояния сборочных единиц конкретной машины.

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

Применение среднестатистического прогнозирования требует установления единой периодичности планового ТО для всей совокупности одноименных сборочных единиц однотипных машин, что в значительной мере 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.

**Прогнозирование по характеру измерения параметров** основано на выявлении скоростей изменения параметров состояния сборочных единиц машины путем непосредственных измерений их значений и последующей обработки результатов.

Этот вид прогнозирования дает возможность полнее использовать ресурс сборочных единиц машин. Однако, трудности, связанные с учетом измеряемых величин и их обработкой, не позволяют прогнозировать этим методом остаточный ресурс всех сборочных единиц машин. Поэтому для большинства сборочных единиц применяют **среднестатистическое прогнозирование** их остаточного ресурса. При этом заранее рассчитывают допускаемые значения контролируемых параметров и используют их в технологии диагностирования. Эти значения используются мастером-диагностом как инструктивные. По результатам измере-

ний он дает заключение о состоянии сборочных единиц и определяет виды воздействий на них, не проводя никаких расчетов. Так, если измеренное значение параметра больше допускаемого или равно предельному значению, то сборочная единица подлежит обслуживанию или ремонту. Если же измеренное значение меньше допускаемого значения или равно ему, то сборочная единица не требует технического обслуживания или ремонта до очередного диагностирования. Например, загрязненность основного фильтра гидросистемы трактора проверяют при ТО-2 и ТО-3 по давлению масла в сливной магистрали. Пусть при такой проверке у трех тракторов давление оказалось равным соответственно 0,10, 0,25 и 0,27 МПа при допуске 0,25 МПа. Следовательно, фильтры первого и второго тракторов можно не промывать, а фильтр третьего необходимо промыть. Кроме того, при следующем ТО необходимо промыть фильтр второго трактора без предварительной проверки, так как его загрязненность предельна.

Прогнозирование по характеру изменения параметра применяется для таких сборочных единиц, срок безотказной работы которых определяет межремонтный ресурс сборочной единицы или машины в целом. К ним относятся дорогостоящие сборочные единицы и детали, замена которых требует отправки машины в ремонтную мастерскую или на специализированное ремонтное предприятие. У тракторов это кривошипно-шатунный механизм двигателя, шестерни и подшипники силовой передачи, муфты поворотов, гусеничные цепи, подвеска трактора, а также блок двигателя и корпус силовой передачи.

Для определения остаточного ресурса конкретной сборочной единицы  $t_{ост}$ , мастер-диагност должен располагать исходными данными, приведенными в таблице 3.2.

Таблица 3.2 Сведения, необходимые для прогнозирования остаточного ресурса

Исходные данные	Обозначение	Источник информации
1. Номинальное значение параметра состояния	$\Pi_n$	Технологическая карта диагностирования
2. Нарботка сборочной единицы от начала ее эксплуатации до момента диагностирования	$t_n$	Показания мотосчетчика или техническая документация
3. Значение параметра состояния в момент диагностирования (после наработки $t_n$ )	$\Pi(t_n)$	Показание средства измерений
4. Предельное значение параметра состояния	$\Pi_{п}$	Технологическая карта диагностирования
6. Показатель степени функции изменения параметра состояния	$\alpha$	Технологическая карта диагностирования

Для определения остаточного ресурса сборочной единицы необходимо измерить значение соответствующего параметра и знать её наработку к моменту

измерения. Значения остальных показателей берутся из технологической карты диагностирования

Рассмотрим схему прогнозирования остаточного ресурса.

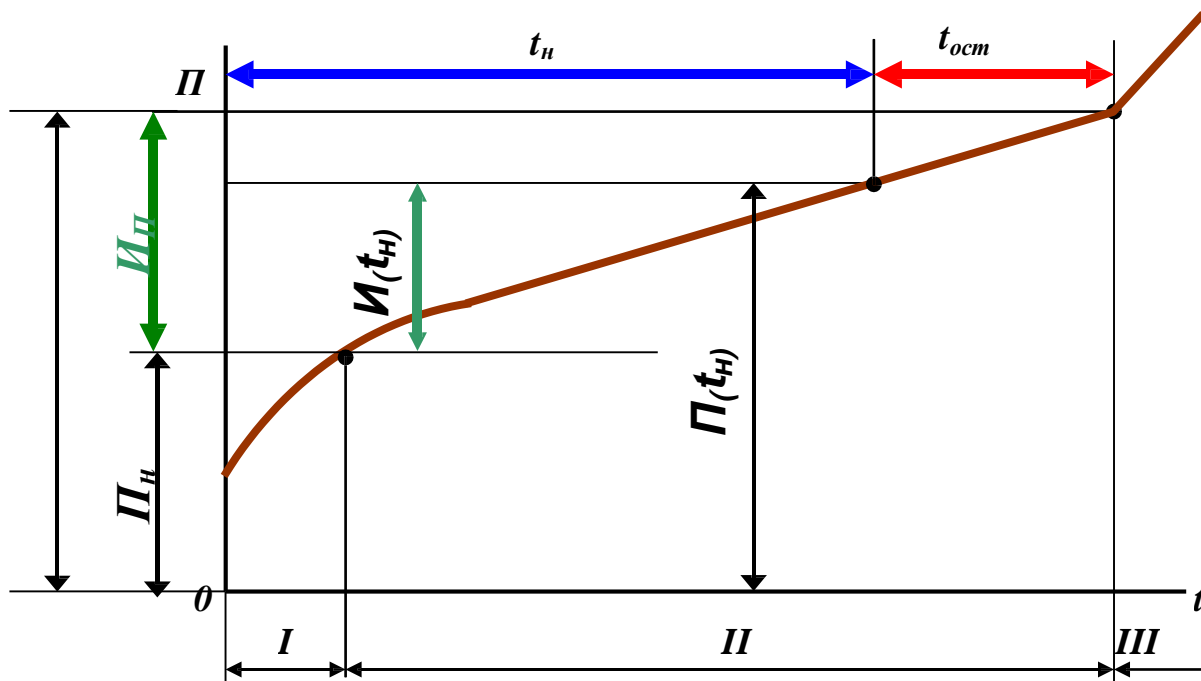


Рисунок 3.3. Схема прогнозирования остаточного ресурса при известной наработке от начала эксплуатации сборочной единицы (детали):

**I** - этап приработки;

**II** - этап нормальной работы с установившейся скоростью износа;

**III** - этап наступления предельного состояния диагностируемой сборочной единицы или детали;

$I_П$  - предельное изменение параметра состояния,  $I_П = P_П - P_H$ ;

$I(t_n)$  - изменение параметра состояния к моменту диагностирования (после наработки  $t_n$ );  $I(t_n) = P(t_n) - P_H$ .

Расчет остаточного ресурса производится по формуле 3.5

$$t_{ост} = t_n \left[ \left( \frac{I_П}{I(t_n)} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right] . \quad (3.5)$$



Для определения остаточного ресурса сборочной единицы по формуле (3.5) необходимо измерить значение соответствующего параметра и знать наработку к моменту измерения. Значения остальных показателей берутся из технологической карты диагностирования.

По данным ГОСНИТИ, значения  $\alpha$  для тракторов и сельскохозяйственных машин находятся в пределах 0,8...2,0.

Ориентировочные значения показателя  $\alpha$  для некоторых сборочных единиц и деталей тракторов приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 Значение показателя  $\alpha$  для сборочных единиц и деталей тракторов.

Параметры технического состояния	Значения
1. Мощность двигателя	0,8
2. Расход газов, прорывающихся в картер: до замены колец	1,3
после замены колец	1,5
3. Зазоры в КШМ	1,4
4. Зазоры в подшипниках качения	1,5
5. Износ валиков, пальцев и осей	1,4
6. Износ гусеничных цепей	1,0

При  $\alpha = 1$  формула (3.5) принимает вид

$$t_{ост} = t_n \frac{P_{п} - P_{(t_H)}}{P - P} \cdot \quad (3.6)$$

(H)      H

Иногда при определении остаточного ресурса сведения о наработке машины отсутствуют. В этих случаях остаточный ресурс определяют по значениям параметров состояния, установленным при двукратном диагностировании и наработке машины между первым и вторым измерениями.

Рассмотрим этот случай на схеме (рисунок 3.4).

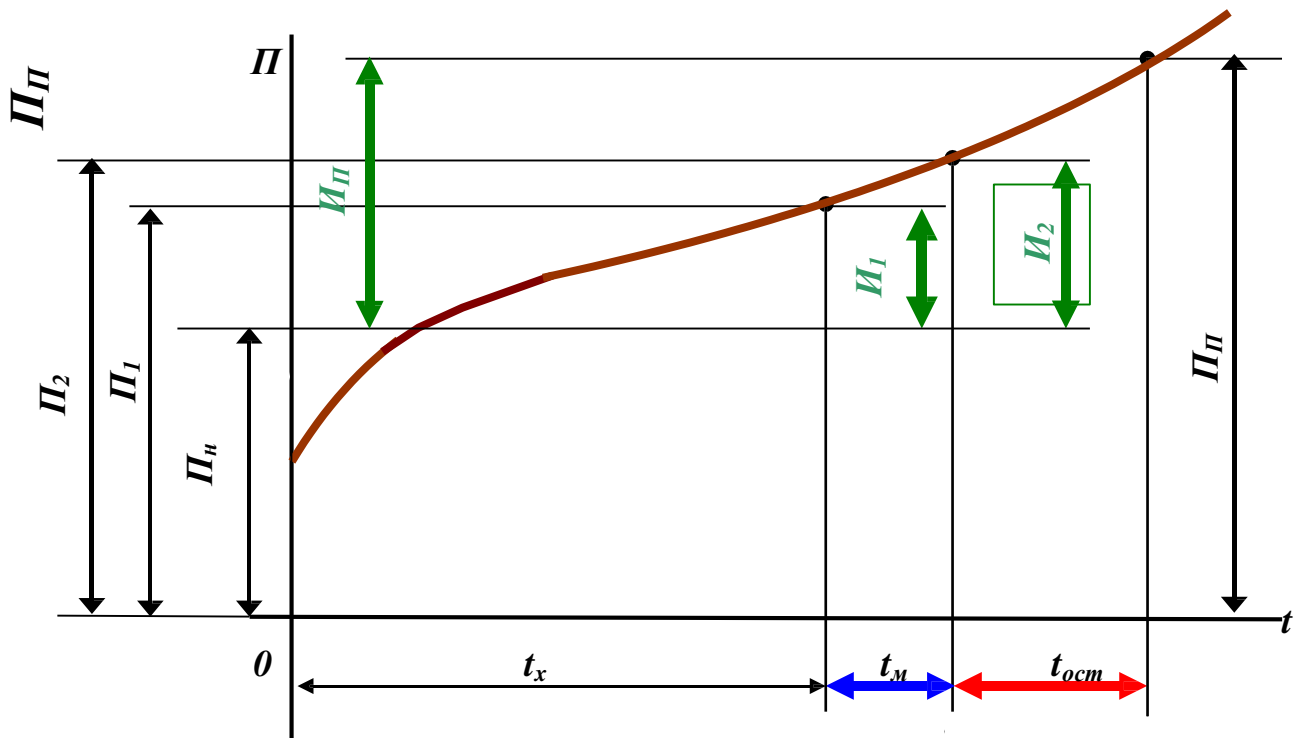


Рисунок 3.4 Схема прогнозирования остаточного ресурса при неизвестной наработке от начала эксплуатации:  
 $\Pi_{\Pi}$  – предельное значение параметра состояния;  
 $\Pi_1$  – значение параметра состояния при первом замере;  
 $\Pi_2$  – значение параметра состояния при втором замере;

$\Pi_H$  – номинальное значение параметра;

$\Pi_{II}$  – предельное изменение параметра состояния;

$I_1$  – изменение параметра от начала эксплуатации до первого замера;

$I_2$  – изменение параметра от начала эксплуатации до второго замера;

$t_x$  – наработка от начала эксплуатации до первого замера, (величина неизвестная);

$t_m$  – наработка между двумя замерами (межконтрольная наработка);

$t_{ост}$  – остаточный ресурс.

Остаточный ресурс в этом случае определяется по формулам (3.7)

или (3.8).

$$t_{ост} = t \left[ \frac{1}{\left( \frac{\Pi_{II}}{\Pi_H} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1} + 1 \right] \left[ \left( \frac{\Pi_{II}}{\Pi_H} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right] \cdot \left[ \frac{\left( \frac{\Pi_2}{\Pi_H} \right)^{\frac{1}{\alpha}}}{\left( \frac{\Pi_1}{\Pi_H} \right)^{\frac{1}{\alpha}}} - 1 \right] \cdot \left[ \left( \frac{\Pi_2}{\Pi_H} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right] \cdot \left[ \left( \frac{\Pi_1}{\Pi_H} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right] \quad (3.7)$$

При  $\alpha = 1$  имеем:

$$t_{ост} = t_m \frac{\Pi_{II} - \Pi_2}{\Pi_2 - \Pi_1} \quad (3.8)$$

Таким образом, при неизвестной наработке от начала эксплуатации для определения остаточного ресурса необходимо измерить значение контролируемого параметра не менее двух раз и знать наработку за период между этими измерениями. Предельное и номинальное значения параметра, как в предыдущем случае, берутся из справочных данных.

**Пример.** Определить остаточный ресурс цилиндропоршневой группы двигателя А-41 (трактор ДТ-75М), если после 1500 моточасов работы ( $t_n$ ) расход картерных газов ( $\Pi(t_n)$ ) составил 78 л/мин.

По справочным данным определяем: **номинальное** значение этого параметра ( $\Pi_H$ ) – 34 л/мин, **предельное** ( $\Pi_{II}$ ) – 105 л/мин; показатель степени функции ( $\alpha$ ) до замены поршневых колец равен 1,3 (таблица 3.4). По этим данным определяем **предельное изменение параметра** ( $\Pi_{II} = 105 - 34 = 71$ ), **изменение параметра на момент диагностирования** составит

$$(It_n) = 78 - 34 = 44).$$

На достоверность диагноза оказывает влияние вероятностный характер изменения параметров состояния диагностируемых объектов. В таблице 3.5. приведена достоверность диагностирования дизельного двигателя по ряду параметров.

Как видно из приведенных данных, органолептические методы диагностирования значительно уступают по достоверности инструментальным. Поэтому разработка новых объективных средств технической диагностики является одним из важнейших резервов в повышении надежности и эффективности использования машин и оборудования.

Таблица 3.5 Достоверность диагностирования двигателей тракторов по измеряемым параметрам и внешним признакам

Параметр (внешний признак)	Достоверность диагностирования
Давление перед фильтром тонкой очистки	0,82
Давление, развиваемое плунжерными парами	0,88
Давление впрыска топлива	0,83
Момент впрыска топлива	0,86
Расход картерных газов	0,86
Суммарный зазор в КШМ	0,88
Давление в системе смазки	0,83
Температура в системе смазки	0,81
Температура охлаждающей жидкости	0,90
Натяжение ремня вентилятора	0,79
Стуки в ЦПГ двигателя	0,68
Двигатель дымит черным дымом	0,68
Большой расход топлива	0,61
Двигатель запускается с трудом	0,52

### *Контрольные вопросы*

- 1. Что понимается под техническим диагностированием машин? Какова зависимость между структурными и диагностическими параметрами?*
- 2. Каковы виды и задачи технической диагностики?*
- 3. В чем заключается сущность органолептических методов диагностирования?*
- 4. Каковы основные методы и их сущность инструментальной (объективной) диагностики?*
- 5. Какие механические средства диагностики машин используются в сельском хозяйстве?*
- 6. На чем основан принцип действия электронных диагностических средств и каковы их разновидности?*
- 7. Из каких этапов состоит технология диагностирования машин и их основное содержание?*
- 8. Каковы основные организационные принципы диагностирования машин?*
- 9. В чем заключается сущность среднестатистического прогнозирования остаточного ресурса сборочных единиц и деталей машин?*
- 10. Как осуществляется прогнозирование остаточного ресурса ответственных сборочных единиц машины при: 1) известной и 2) неизвестной ее наработке от начала эксплуатации?*