

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

---

---

**А. Н. Карташевич, Г. Н. Сапьяник, А. Ф. Скадорва**

# **ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МАШИН**

**ЛЕКЦИЯ**

**Для студентов специальностей 1-74 06 01 – Техническое  
обеспечение процессов сельскохозяйственного производства,  
1-74 06 06 – Материально-техническое обеспечение АПК,  
1-74 06 04 – Техническое обеспечение мелиоративных  
и водохозяйственных работ**

**Горки 2009**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

---

---

А. Н. Карташевич, Г. Н. Сапьяник, А. Ф. Скадорва

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МАШИН

ЛЕКЦИЯ

Для студентов специальностей 1-74 06 01 – Техническое  
обеспечение процессов сельскохозяйственного производства,  
1-74 06 06 – Материально-техническое обеспечение АПК,  
1-74 06 04 – Техническое обеспечение мелиоративных  
и водохозяйственных работ

Горки 2009

Учебное издание

**Анатолий Николаевич Карташевич  
Георгий Нестерович Сапьяник  
Андрей Феликсович Скадорва**

ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МАШИН

Лекция

Редактор Е. А. Юрченко  
Техн. редактор Н. К. Шапрунова  
Корректор Л. С. Разинкевич

ЛИ № 348 от 09.06.2004. Подписано в печать 29.04.2009.  
Формат 60×84 1/16. Бумага для множительных аппаратов.  
Печать ризографическая. Гарнитура «Таймс»  
Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л 1,47.  
Тираж 100 экз. Заказ      Цена 2100 руб.

---

Редакционно-издательский отдел БГСХА  
213407, г. Горки Могилевской обл., ул. Студенческая, 2  
Отпечатано в отделе издания учебно-методической литературы, ризографии  
и художественно-оформительной деятельности БГСХА  
г. Горки, ул. Мичурина, 5

УДК 631.3.004.5(075.8)

ББК 30.82я73

К27

Одобрено научно-методическим советом БГСХА 07.05.2008 (протокол №8) и методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства 07.05.2008 (протокол №6).

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Основные термины и понятия в области диагностирования машин.....	5
2. Роль и место диагностирования машин при их технической эксплуатации.....	9
3. Управление техническим состоянием машин по результатам диагностирования.....	17
4. Методы диагностирования.....	21
5. Прогнозирование остаточного моторесурса.....	24
5.1. Прогнозирование остаточного ресурса при известной наработке от начала эксплуатации.....	24
5.2 Прогнозирование остаточного ресурса при неизвестной наработке от начала эксплуатации.....	26
6. Организация диагностирования.....	27
7. Классификация средств диагностирования.....	28
Литература.....	32

**Карташевич, А.Н., Сапьяник, Г.Н., Скадорва, А. Ф.**

К27 Техническое диагностирование машин: лекция. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. 32 с.

**ISBN 978-985-467-214-4**

Изложена роль и место диагностирования в системе управления процессами технического обслуживания и ремонта машин, приведены методы диагностирования и приемы прогнозирования остаточного ресурса; приведены формы организации диагностирования и дана классификация его средств.

Для студентов специальностей 1-74 06 01 – Техническое обеспечение сельскохозяйственного производства, 1-74 06 06 – Материально-техническое обеспечение АПК, 1-74 06 04 – Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

Таблиц 2. Рисунков 12. Библиогр. 12.

Рецензенты: доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания УО БНТУ Г.М. КУХАРЕНОК, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Механизация животноводства и электрификации СХП» А.С. ДОБЫШЕВ.

**УДК 631.3.004.5(075.8)**

**ББК 30.82я73**

©А. Н. Карташевич, Г. Н. Сапьяник,  
А. Ф. Скадорва, 2009

©Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2009

**ISBN 978-985-467-214-4**

## ВВЕДЕНИЕ

В повышении эффективности использования сельскохозяйственной техники большое значение имеет совершенствование планирования и управления ее техническим обслуживанием и ремонтом на базе современных технических средств.

Улучшение использования сельскохозяйственной техники и снижение затрат на ее эксплуатацию обеспечивает применение технического диагностирования машин как информационной основы системы управления процессами технического обслуживания и ремонта.

Практика использования средств диагностирования свидетельствует о возможности сокращения эксплуатационных издержек. Это достигается за счет увеличения фактически используемого ресурса, сокращения числа ремонтов и экономии расхода запасных частей.

Как известно, наиболее важным показателем надежности является отсутствие отказов во время функционирования (работы) технической системы. Техническая диагностика благодаря раннему обнаружению дефектов и неисправностей позволяет устранить подобные отказы в процессе технического обслуживания, что повышает надежность и эффективность эксплуатации.

В практике ресурс таких систем определяется по наиболее «слабым» экземплярам изделий. При эксплуатации по состоянию каждый экземпляр эксплуатируется до предельного состояния в соответствии с рекомендациями системы технической диагностики. Эксплуатация по техническому состоянию может принести выгоду, эквивалентную стоимости 30% общего парка машин.

Техническое диагностирование осуществляют при обкатке, эксплуатации, техническом обслуживании (ТО), ремонте и хранении техники.

В условиях эксплуатации машин техническое диагностирование применяют с целью поддержания машинно-тракторного парка (МТП) в технически исправном состоянии на всех этапах использования машин.

В период обкатки контролируют окончание и качество приработки соединений механизмов машин, устанавливают возможность их эксплуатации, определяют начальные значения параметров, которые являются исходными при последующих плановых диагностированиях. В период производственной эксплуатации машинно-тракторных агрега-

тов (МТА) механизатор непрерывно осуществляет функциональное диагностирование машины по штатным встроенным приборам и устройствам, по внешним признакам – шуму, вибрации механизмов. Кроме того, механизатор контролирует ряд параметров в конце смены согласно заводской инструкции (угар масла, натяжение ременных, цепных передач, давление в шинах и др.).

При ежесменном ТО определяют готовность машины к работе в течение смены.

В процессе диагностирования при ТО-1, ТО-2 и ТО-3 устанавливают возможность работы машины до следующего одноименного ТО. В том случае, если такая возможность отсутствует, выносится решение (диагноз) о проведении необходимых операций ТО.

При сезонном ТО определяют готовность машины к осенне-зимним или весенне-летним условиям эксплуатации.

Заявочное диагностирование применяется при появлении качественных признаков неисправности (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 дефекта, неисправности, устраняемых в результате непланового текущего ремонта.

При ресурсном диагностировании, например при ТО-3, предшествующем плановому текущему или капитальному ремонту, определяют остаточный ресурс агрегатов машины и при необходимости устанавливают вид и объем ремонта или продлевают ее наработку до ремонта.

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

Для выявления необходимости проведения капитального или текущего ремонта проверяют состояние кривошипно-шатунного механизма и цилиндрично-поршневой группы двигателя, а также текущее состояние трансмиссии, гидросистемы, электрооборудования, износ шин.

В период хранения диагностирование проводится с целью обеспечения сохранности машин. Кроме того, техническое диагностирование целесообразно внедрять при определении готовности техники к выполнению ответственных сельскохозяйственных работ и установлении коэффициента готовности при техническом осмотре машин.

Техническое диагностирование необходимо также применять при контроле экологических условий эксплуатации МТА.

По оснащенности средствами диагностирования сельское хозяйство опередило многие отрасли народного хозяйства. Но пока такие средства используются неудовлетворительно, не обеспечивая решения возлагаемых на них задач. Это объясняется недостаточными приспособ-

собленностью техники к диагностированию и осведомленностью специалистов в вопросах диагностирования, искусственным отделением работ по диагностированию от плановых по восстановлению работоспособности машин. Тем не менее, новые машины и методы диагностирования приходят во все большее соответствие, что способствует распространению диагностики и росту ее эффективности.

Современное состояние приборостроения, электроники и вычислительной техники позволяет значительно увеличить и расширить возможности как самого диагностирования, так и прогнозирования на его основе. Сочетание этих возможностей с прогрессом сельскохозяйственной техники обеспечивает ее надежную высокопроизводительную и экономичную работу.

Для того чтобы эффективно применять существующую диагностическую технику и осваивать новую, инженерно-технические работники сельскохозяйственных предприятий должны владеть знаниями, раскрывающими принципиальную сторону диагностирования.

## **1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ В ОБЛАСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МАШИН**

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).

Техническая диагностика – 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.

**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.

**Исправность** – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и конструкторской документации.

**Работоспособность** – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и конструкторской документации. Объект может быть работоспособен, но неисправен (например, у трактора может быть помято крыло, что не мешает ему выполнять культиваторные, посевные, пахотные или другие работы).

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

**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).

Количественной мерой параметров состояния, структурных и диагностических, являются их значения, которые могут быть номинальными, допустимыми, предельными и текущими.

**Номинальное** значение параметра – значение параметра, определенное его функциональным значением и служащее началом отсчета отклонений. Номинальное значение наблюдается у новых и капитально отремонтированных составных частей.

**Допустимое значение** (отклонение) параметра характеризуется граничным его значением, при котором составную часть машины допускают после контроля к эксплуатации без операций технического обслуживания или ремонта. Это значение приводят в технической документации на обслуживание и ремонт машин. При допуске значе-

чении параметра составная часть надежно работает до следующего планового контроля.

Т а б л и ц а 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

**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** устанавливаются на основании соответствующих критериев (признаков):

1. Технические критерии.
2. Технико-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).

**Технико-экономические критерии**, характеризующие предельное состояние, указывают на снижение эффективности использования объекта вследствие изменения технического состояния. Например, с ухуд-

шением 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 истощения ресурса или возникновения критического дефекта.

Восстановить работоспособность можно только ремонтом или заменой 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.

Диагностирование машин проводят в соответствии с планами ТО или ремонта (плановое диагностирование), а также при отказах или заявках тракториста о неудовлетворительной работе машины (заявочное диагностирование) и ресурсное при ТО-3, предшествующее текущему или капитальному ремонту.

Для автомобилей установлено два основных вида диагностирования: общее и поэлементное.

Общее диагностирование Д-1 выполняется с периодичностью ТО-1. Поэлементное, или углубленное, диагностирование Д-2 выполняется с периодичностью ТО-2.

## **2. РОЛЬ И МЕСТО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МАШИН ПРИ ИХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Основной движущей силой интенсификации народного хозяйства Республики Беларусь является кардинальное ускорение научно-технического прогресса на основе перехода к принципиально новым технологическим процессам и к технике нового поколения, позволяющей достичь высшего уровня производительности труда и максимальной эффективности.

В области технического перевооружения народного хозяйства предстоит решить задачу освоения принципиально новых систем машин, обеспечивающих комплексную механизацию производственных процессов и их высокоэффективную эксплуатацию в разнообразных формациях промышленного и сельскохозяйственного производства.

Сельскохозяйственные предприятия в настоящее время получают новую или отремонтированную технику. И та и другая может находиться в различном техническом состоянии. Состояние новой техники зависит от качества изготовления, сборки, приработки, условий хранения и транспортирования. Последние четыре фактора способствуют увеличению первоначальных различий у формально одинаковых, сошедших с одного конвейера, машин. При эксплуатации различия, присущие каждому экземпляру, усиливаются.

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 ресурс-

ных параметров.

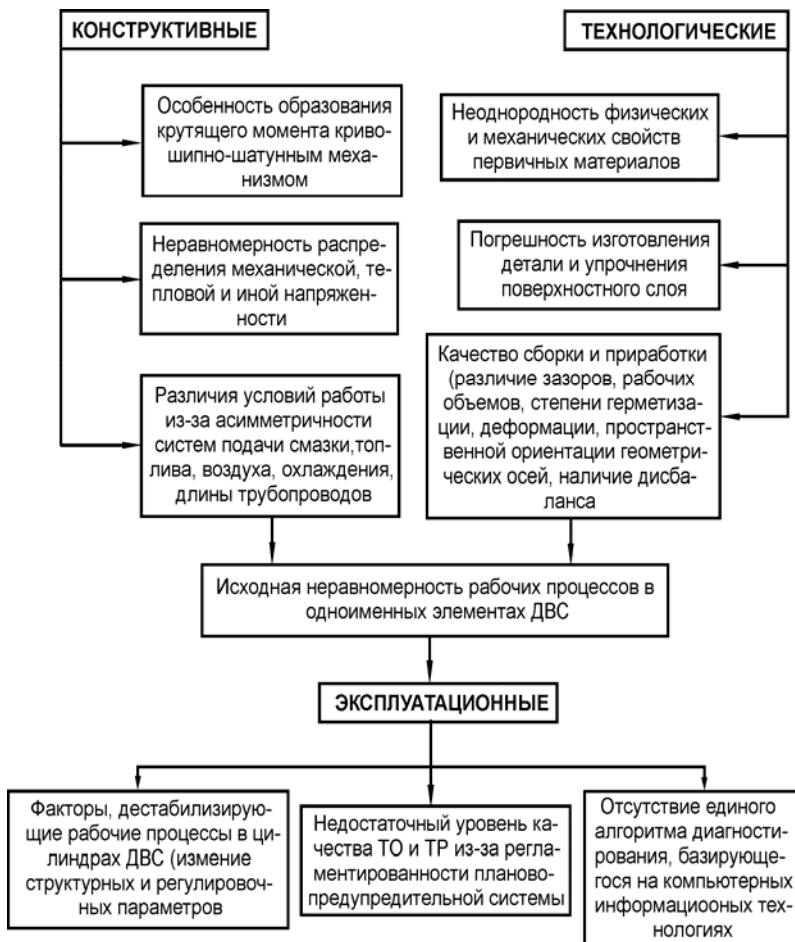


Рис. 2.1. Причины изменения технического состояния элементов.

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 её 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  $a_n$ . Если приработка проведена на оптимальных режимах, то за этот период изменение зазора будет равно  $b_n$ . 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.

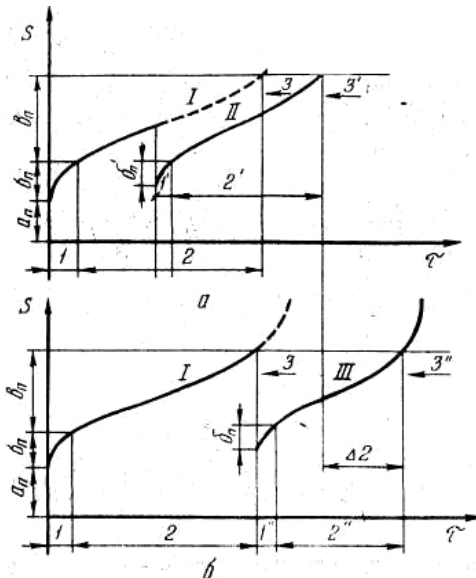


Рис. 2.2. Изменение показателя состояния машины в процессе её эксплуатации:

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 исчерпания 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, приработки.

При анализе рис. 2.2 и 2.3 становится очевидной необходимость включать в систему обслуживания операции, позволяющие определять состояние машины и ее отдельные показатели оперативно и без разборки, т. е. необходимость диагностирования.

В связи с усложнением многих технических систем и необходимостью обеспечения их надежной работы возникла специальная отрасль знаний – техническая диагностика. В рамках этой науки изучаются показатели (признаки) неисправностей машин и их частей, разрабатываются методы и средства, позволяющие определить техническое состояние машины.

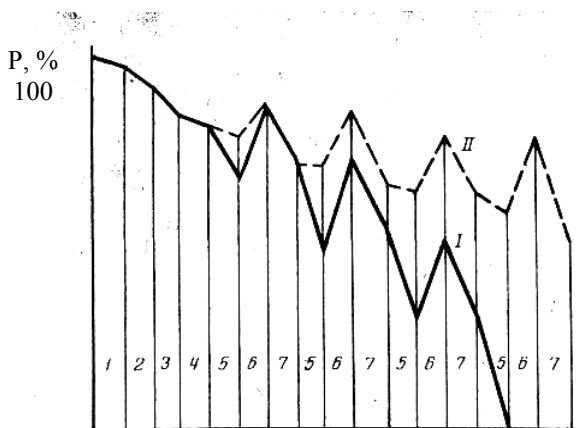


Рис. 2.3. Изменение состояния техники от изготовления до списания:

1 – хранение на площадке завода-изготовителя; 2 – транспортирование до базы торгующей организации; 3 – хранение на базе; 4 – транспортирование на сельскохозяйственное предприятие; 5 – хранение на сельскохозяйственном предприятии; 6 – восстановительно-регулирующие мероприятия перед введением машины в работу; 7 – эксплуатационные износ; I – обычное обслуживание и хранение; II – хорошее обслуживание и хранение; P – ресурс.

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.

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% топливо-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).

Диагностирование машин и оборудования применяется практически при всех видах ТО и ремонта техники. Кроме традиционных работ (периодическое ТО, текущий, капитальный ремонт, хранение машин), в последнее время диагностирование нашло применение при досборке машин в процессе предпродажного обслуживания, сертификации сервисных работ, техосмотре (особенно автомобилей), оценке стоимости при приобретении и продаже подержанных машин и агрегатов. В связи с повышением конструктивной сложности машин область применения диагностирования также значительно расширилась за счет их контроля при технологическом регулировании (настройке), а также

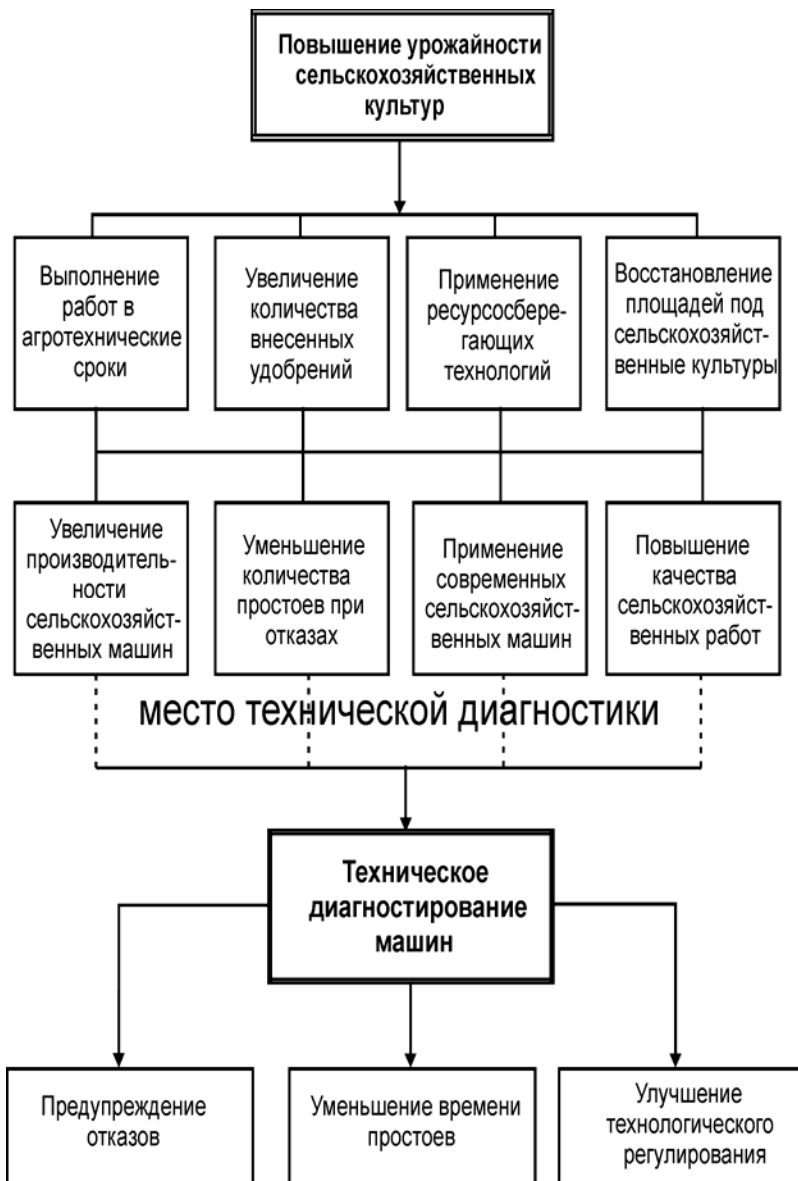


Рис. 2.4. Роль диагностирования машин в повышении производства сельскохозяйственной продукции.

при автоматизации различных технологических процессов, в том числе сельскохозяйственных.

**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.

Место технического диагностирования в техническом сервисе машин и оборудования АПК представлено на рис.2.5.

Увеличивающаяся потребность в методах и средствах технической диагностики является результатом современного способа достижения качества машин и реализации их потенциала в условиях эксплуатации.

Бесспорным импульсом для роста потребностей в методах и средствах технической диагностики было начало оживления хозяйства в стране, где требования со стороны качества, логистики и маркетинга радикально изменили критерии эффективности использования автотракторной техники. Растущая потребность в диагностике совпадает также с появлением новых достижений в микроэлектронике, компьютерной технике, нейронных сетей и искусственного интеллекта, эффективно облегчающих возможности технической диагностики.



Рис. 2.5. Место диагностирования в техническом сервисе.

### 3. УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ МАШИН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Вероятность нарушения работоспособности или частота отказов при эксплуатации определяет уровень безотказности в течение работы машины, а после хранения, транспортирования – уровень сохраняемости. Увеличение частоты отказов ухудшает показатели ремонтпригодности, отрицательно влияет на долговечность машины и ее состав-

ной части. Повышение безотказности в эксплуатационных условиях достигается с помощью управления техническим состоянием машин.

Управление техническим состоянием машин – это целенаправленное изменение их состояния с помощью управляющих воздействий, ведущих к достижению поставленной цели (рис.3.1).

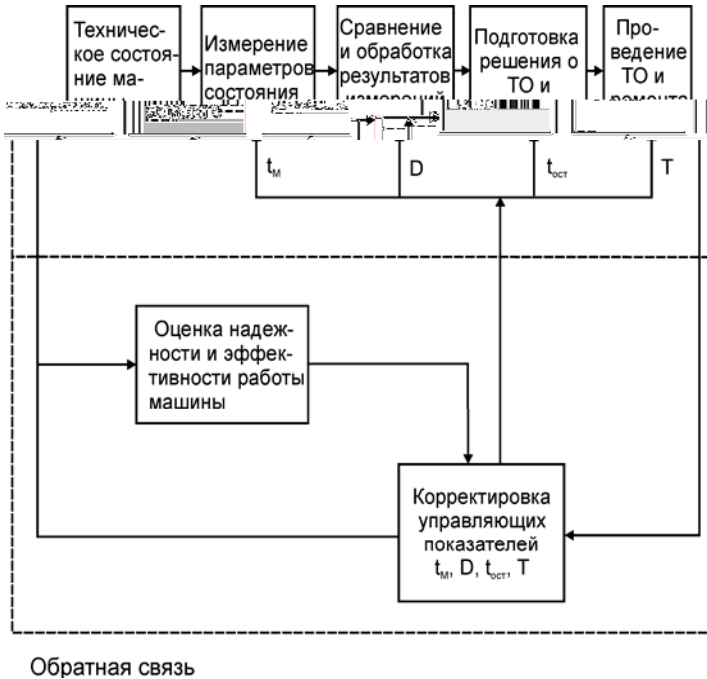


Рис. 3.1. Схема управления техническим состоянием машин.

Управляющие показатели:  $t_M$  – межконтрольная наработка;  
 $D$  – допускаемое отклонение параметра;  $t_{ост}$  – остаточный ресурс;  
 $T$  – средний ресурс составной части.

Цель управления техническим состоянием и надежностью заключается в обеспечении при изготовлении, восстановлении, ремонте и поддержании при техническом обслуживании высокого или оптимального уровня работоспособности и исправности машины, в создании условий, позволяющих уменьшить частоту отказов при сокращении материальных и денежных издержек.

Управление техническим состоянием и надежностью можно осуществлять различными путями. Наиболее прогрессивный путь – это

улучшение физико-механических свойств материалов элементов машины и их конструкцией. Эти возможности реализуют на этапе проектирования, разработки конструкции машины или ее составной части. Применение износостойких материалов, создание условий, сохраняющих энергию, расходуемую на трение и износ составных частей, использование улучшенных уплотнений, фильтрующих элементов резко снижают скорость изнашивания и изменения параметров состояния, увеличивают средний ресурс ( $T_{cp}$ ) составных частей. Сокращается число отказов, а значит и число ремонтов машины, их общая трудоемкость, продолжительность и себестоимость.

Рост наработки между отказами дает возможность увеличить периодичность технического обслуживания, исключить ряд регламентированных операций, снизить трудоемкость, продолжительность и стоимость обслуживания.

Другой путь управления техническим состоянием и надежностью машин заключается в изменении динамики структурных параметров состояния элементов. Назначая оптимально допускаемые отклонения структурных параметров технического состояния, изменяя межконтрольную наработку (рис.3.2), повышая степень восстановления исходных характеристик при техническом обслуживании и ремонте, предупредительно заменяя недолговечные составные части, имеющие более высокие скорости изнашивания, увеличивают наработку между отказами и уменьшают среднюю скорость изменения параметров состояния машины. Эти мероприятия проводят при эксплуатации. Этапы управления техническим состоянием машины приведены на рис.3.2.

Управление техническим состоянием машин путем улучшения параметров распределения ресурсов или наработки до отказа и параметров потока отказов элементов можно представить как следствие реализации первых двух путей управления.

По мере наработки сельскохозяйственная машина стареет, увеличиваются число отказов и ремонтов, продолжительность простоя машины, Это ведет к прогрессивному росту издержек на машину по мере ее эксплуатации. Устанавливая допускаемые, предельные издержки на ТО и ремонт, своевременно прекращают дальнейшую эксплуатацию машины, ремонтируют или списывают ее, предотвращая тем самым увеличение числа отказов. Издержки становятся обобщенным показателем, управляющим надежностью и техническим состоянием машины.

Для поддержания и восстановления высокого или оптимального уровня работоспособности используют комплекс управляющих показателей, влияющих на техническое состояние и надежность объекта. К

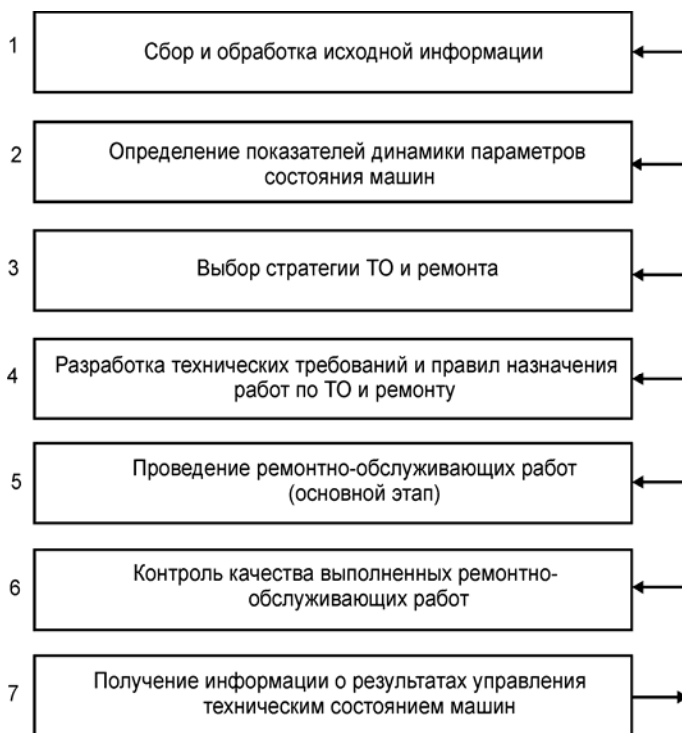


Рис. 3.2. Этапы управления техническим состоянием машин.

ним следует отнести:

- допускаемые и предельные отклонения параметров;
- межконтрольную наработку;
- ресурс или среднюю наработку на отказ;
- назначенный остаточный ресурс до ремонта;
- срок службы машины до списания;
- суммарные издержки на техническое обслуживание и ремонт и др.

Ресурс или наработка на отказ  $T_{cp}$  характеризует степень восстановления работоспособности составной части при ремонте так же, как эти показатели характеризуют степень обеспечения работоспособности при ее изготовлении.

В процессе эксплуатации управление техническим состоянием сельскохозяйственной машины осуществляется путем контроля состояния, назначения и проведения ремонтно-обслуживающих работ,

предупреждающих отказы или устраняющие их последствия. В результате проведения соответствующих технических мероприятий восстанавливают ресурсные и функциональные параметры машин до уровня номинальных или близких к ним значений. При этом восстанавливаются технический ресурс и высокая вероятность безотказной работы составных частей сельскохозяйственной машины.

Как и в каждом процессе управления, можно выделить цель, управляемую систему, управляющие показатели и воздействия, целевые функции управления, динамический характер и причинную связь элементов системы, обратную связь.

При эксплуатации техники цель управления заключается в сохранении высокой или оптимальной надежности машины как управляемой системы.

Обратная связь в процессе управления техническим состоянием машины (см. рис.3.2) служит для получения информации о фактических показателях надежности, эффективности, экологичности работы машин после управления, проверки результатов управления сравнением ожидаемых оптимальных значений показателей машин с фактическими показателями, корректировки управляющих показателей.

#### 4. МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

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 двигателя, отказов в трансмиссии и ходовой системе (по скрежету и шуму), неплотность (по шуму прерывающегося воздуха) и т.п.

*Осмотром* устанавливают места подтекания воды, масла, топлива, цвет отработавших газов, дымления из сапуна, биение вращающихся частей, натяжение цепных передач, увеличение несрезанных растений, невымоложенных зерен 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; *теплого* – 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 колечатого вала двигателя) ограничено большой трудоемкостью и необходимостью разборки агрегата.

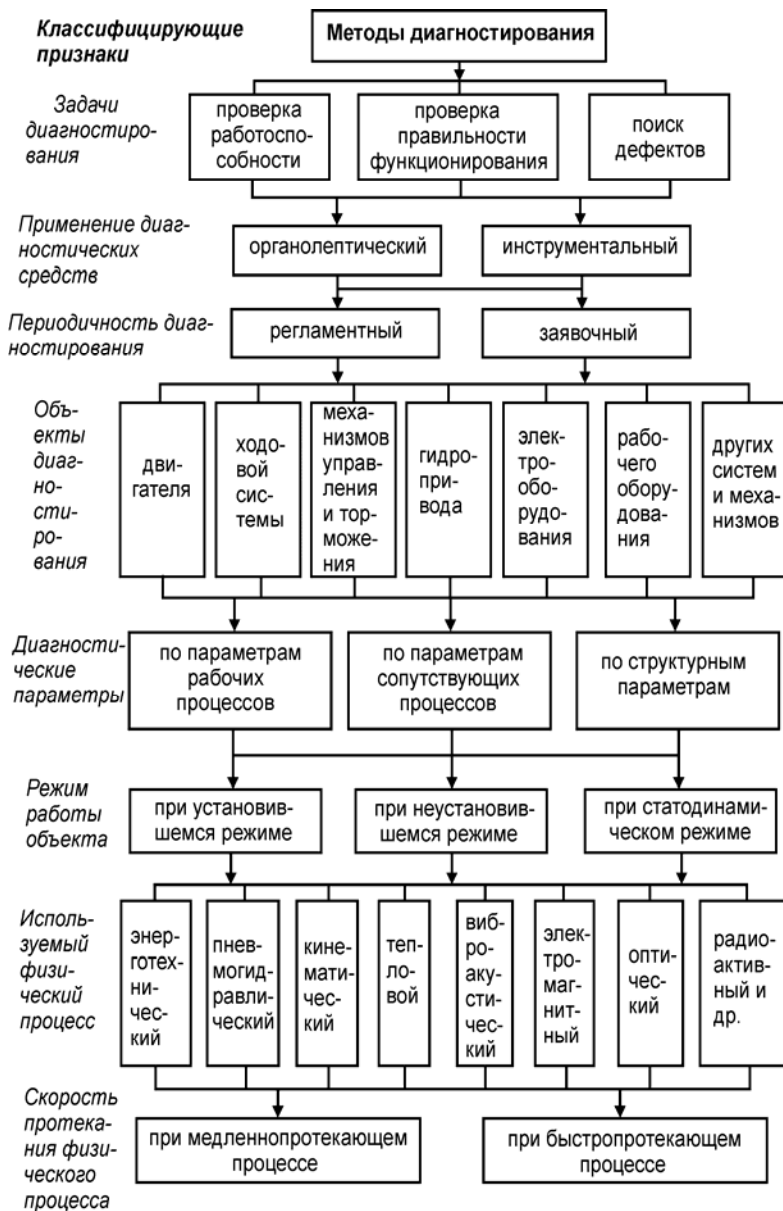


Рис. 4.1. Классификация методов диагностирования.

*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.

## 5. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО МОТОРЕСУРСА

### 5.1. Прогнозирование остаточного ресурса при известной наработке от начала эксплуатации

Чтобы определить остаточный ресурс конкретной составной части ( $P_{ост.}$ ), техник-диагност должен располагать исходными данными, приведенными в табл.2.

Определение остаточного моторесурса ( $P_{ост}$ ) 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	$P_n$	Технологическая карта диагностирования
2	Предельное значение параметра	$P_{пр}$	Технологическая карта диагностирования
3	Показатель, характеризующий закономерность изменения значений диагностического параметра	$\alpha$	Технологическая карта диагностирования
4	Наработка проверяемой составной части от начала ее эксплуатации	$P_{исп}$	Техническая документация (формуляр)
5	Значение параметра, замеренное в момент контроля	$P_k$	Показание средства измерения

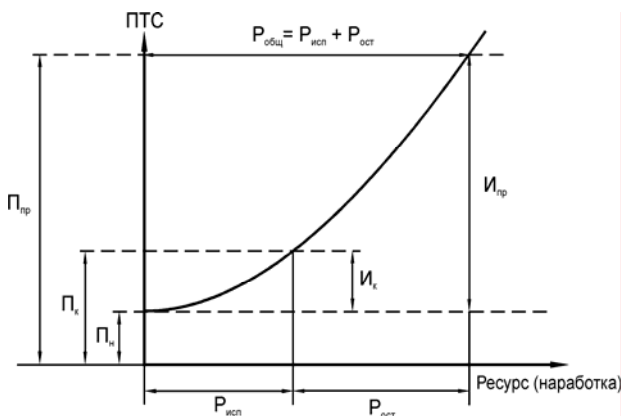


Рис. 5.1. Схема определения остаточного моторесурса.

На рис.5.1.  $P_{исп}$  – использованный ресурс к моменту контроля;  
 $I_k = \Pi_k - \Pi_n$  – изменение значения параметра к моменту контроля (диагностирования);

$I_{пр} = \Pi_{пр} - \Pi_n$  – предельное изменение значения параметра;

$P_{ост}$  – остаточный ресурс.

Имея все эти данные  $P_{ост}$  определяют по формуле

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

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:

$$P_{ост} = P_{исп} \left( \frac{I_{пр}}{I_k} \right) - 1. \quad (2)$$

По данным ГОСНИТИ значения  $\alpha$  находится в пределах 0,8...2,0.

Значения  $\Pi_{пр}$ ,  $\Pi_n$ ,  $\alpha$  рассчитывают заранее, их заносят в технологию диагностики технического состояния машин для использования при определении  $P_{ост}$ .

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 двукратном диагностировании и наработке между первым и вторым измерениями.

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

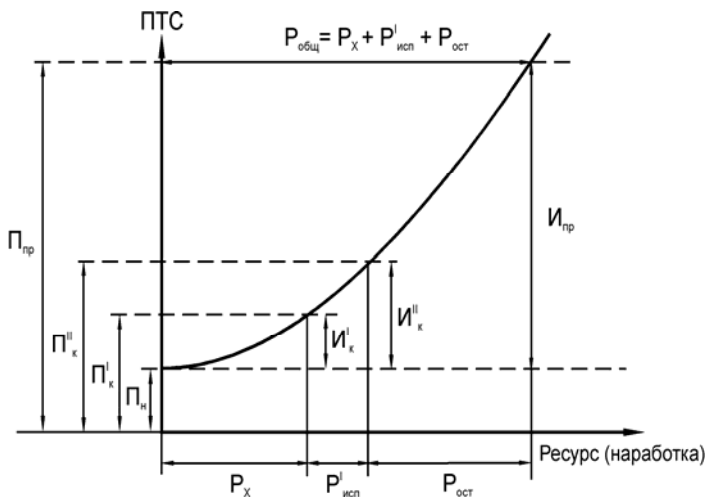


Рис. 5.2. Схема прогнозирования остаточного ресурса при неизвестной наработке от начала эксплуатации.

На рис. 5.2:  $P_X^I$  – значение параметра при первой проверке;

$\Pi_K^{\text{II}}$  – значение параметра при повторной проверке;  
 $I_K^{\text{I}} = \Pi_K^{\text{I}} - \Pi_n$  – изменение значения параметра от начала эксплуатации до первой проверки;  
 $I_K^{\text{II}} = \Pi_K^{\text{II}} - \Pi_n$  – изменение значения параметра от начала эксплуатации до повторной проверки;  
 $I_{\text{пр}} = \Pi_{\text{пр}} - \Pi_n$  – предельное изменение значения параметра;  
 $P_x$  – ресурс использованный (величина неизвестная);  
 $P_{\text{исп}}^{\text{I}}$  – ресурс, использованный за время работы между первой и второй проверками.

В этом случае  $P_{\text{ост}}$  определяют по формуле

$$P_{\text{ост}} = P_{\text{исп}}^{\text{I}} \left[ \frac{1}{\left( \frac{I_K^{\text{II}}}{I_K^{\text{I}}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1} + 1 \right] \left[ \left( \frac{I_{\text{пр}}}{I_K^{\text{II}}} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right] \quad (3)$$

Таким образом, для определения  $P_{\text{ост}}$  при неизвестной наработке с начала эксплуатации необходимо измерить значение контролируемого параметра не менее двух раз и знать наработку за время работы между этими измерениями.

## 6. ОРГАНИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Организация работ по диагностированию оказывает непосредственное влияние на его эффективность и трудоемкость. Поэтому, при выборе того или иного метода диагностирования следует учитывать необходимость его увязки с принятыми организационными формами и методами технического обслуживания.

В зависимости от конкретных условий хозяйств и других факторов ТО можно осуществлять тупиковым или поточным методом.

Тупиковый метод, как правило, применяется в сельскохозяйственных производственных кооперативах (СПК, колхозах, совхозах) и в Райагропромтехнике, а поточный – на станциях технического обслуживания (СТОТ, СТОА).

Диагностирование организуют по совмещенной или специализированной схемам.

Специализированное диагностирование применяется при любом методе ТО, совмещенное – только при тупиковом.

Выбор того или иного вида диагностирования в каждом конкретном случае определяется производственными условиями (особенно-

стями), наличием необходимого оборудования, специалистов по техническому обслуживанию и другими факторами.

При совмещенном диагностировании выполняют весь объем работ соответствующего планового ТО, а при специализированном – только контрольно-диагностические операции.

Совмещенное диагностирование чаще всего применяют при наличии собственных стационарных звеньев диагностирования в хозяйствах (СПК, колхозах, совхозах) и неполной загрузки их контрольно-диагностическими работами, а также при отсутствии в хозяйствах достаточного количества мастеров-наладчиков.

В колхозах, совхозах, СПК, на ремонтно-обслуживающих предприятиях создаются посты и участки диагностирования, организуются звенья диагностирования.

Стационарные посты диагностирования организуются на СТот, СТОА, в ЦРМ и на ПТО хозяйств.

Стационарные посты по техническому признаку делятся на тупиковые и проездные.

## **7. 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 позволяет значительно снизить вероятность пропуска отказов и повысить

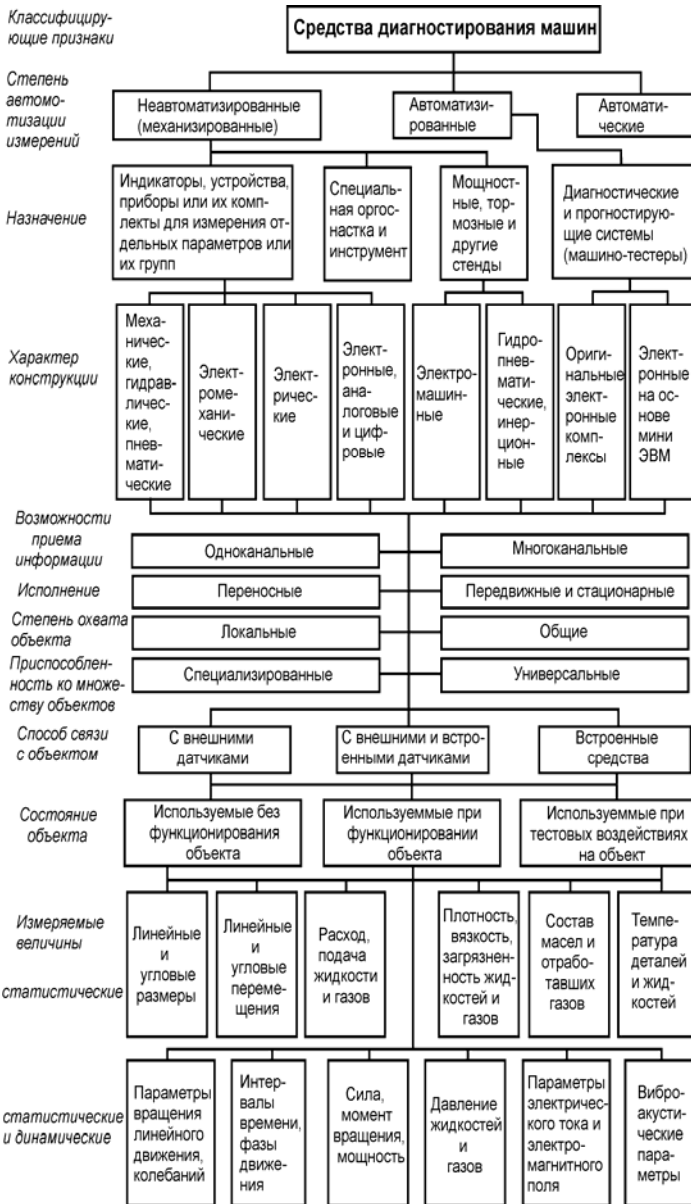


Рис. 7.1. Классификация средств диагностирования.



Рис. 7.2. Классификация средств встроенного диагностирования.

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.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по техническому диагностированию при техническом обслуживании и ремонте тракторов и сельскохозяйственных машин. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001.
2. Техническая эксплуатация сельскохозяйственных машин (с нормативными материалами). М.: ГОСНИТИ, 1993.
3. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка / В. А. Аллилуев [и др.]. М.: Агропромиздат, 1991.
4. Бельских, В. И. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов. М.: Росагропромиздат, 1997.
5. Присс В. И. и др. Диагностирование тракторов / В. И. Присс [и др.]. Минск: Ураджай, 1993.
6. Ленский, А. В. Специализированное техническое обслуживание машинно-тракторного парка / А. В. Ленский. М.: Росагропромиздат, 1989.
7. Шадуль, Р. Методология диагностирования машин на всех этапах их существования: монография / М. Воропай, А. Карташевич. Быдгощ, 2003. 325 с.
8. Улитовский, Б. А. Диагностирование сельскохозяйственной техники / Б. А. Улитовский. М.: Агропромиздат, 1985. 64 с.
9. Колчин, А. В. Новые средства и методы диагностирования автотракторных двигателей / А. В. Колчин, Ю. К. Бобков. М.: Колос, 1982. 112 с.
10. Автоматизация исследований и диагностики машин: сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ, Сибирское отделение, Научно-исследовательский конструкторско-технологический ин-т физико-технических проблем; отв. за выпуск В. В. Альт. Новосибирск, 1989. 108 с.
11. Диагностирование тракторов: учеб. пособие / В. И. Присс [и др.]; под ред. В. И. Присса. Минск: Ураджай, 1993. 240 с.
12. Биргер, И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.