

Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской  
Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»

Факультет механизации сельского хозяйства

Кафедра механизации животноводства  
и электрификации сельскохозяйственного производства

**Согласовано:**

Председатель методической  
комиссии ФМСХ

\_\_\_\_\_ / К.Л. Пузевич

«22» ноября 2021 г.

**Согласовано:**

Декан факультета механизации  
сельского хозяйства

\_\_\_\_\_ / В. В. Гусаров

«22» ноября 2021 г.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

для специальности 1-74 80 05 Техническое обеспечение  
производства сельскохозяйственной продукции

### СОСТАВИТЕЛЬ

С.И. КОЗЛОВ, доцент кафедры механизации животноводства и  
электрификации сельскохозяйственного производства учреждения образования  
«Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», кандидат  
технических наук, доцент

### РАССМОТРЕН И УТВЕРЖДЕН

на заседании научно-методического совета академии  
протокол № 3 от 24 ноября 2021 г.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

А.И. ФИЛЛИПОВ, заведующий кафедрой механизации сельскохозяйственного производства учреждения образования «Гродненский государственный агротехнический университет», кандидат технических наук, доцент.

И.В. ДУБЕНЬ, заведующий кафедрой технического обеспечения сельскохозяйственного производства и агрономии учреждения образования «Барановичский государственный университет», кандидат технических наук, доцент.

**РАССМОТРЕН**

на заседании кафедры механизации животноводства и электрификации сельскохозяйственного производства  
протокол № 4 от 19 ноября 2021 г.

**РАССМОТРЕН И РЕКОМЕНДОВАН**

методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства  
протокол № 3 от 22 ноября 2021 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	6
1.1. Обеспеченность студентов учебной литературой .....	6
1.2. Тематические планы чтения лекций.....	7
1.3. Опорный конспект лекций.....	8
1.4. Тематика реферативных работ.....	44
2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	45
2.1. Тематические планы лабораторных работ.....	45
2.2. Методические указания для выполнения лабораторных работ.....	46
2.3. Тематические планы практических занятий.....	72
2.4. Методические указания для выполнения практических занятий....	73
3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.....	97
3.1. Контрольные вопросы к зачету.....	97
3.2. Критерии оценки знаний студентов.....	99
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	100
Учебная программа по дисциплине.....	100

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Настоящий учебно-методический комплекс по учебной дисциплине **«Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве»** для специальности 1-74 80 05 «Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции» разработан в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего образования второй ступени *ОСВО 1-74 80 05-2019*.

**Цель УМК** – организовать работу магистранта в аудитории и при самостоятельной подготовке к практическим, лабораторным и лекционным занятиям, сдаче итогового контроля по дисциплине.

**Задачи УМК:** способствовать организации самостоятельной работы магистрантов по освоению содержательной части учебной дисциплины, определять параметры оценки знаний, устанавливать возможность самоконтроля освоенных знаний и умений посредством работы с педагогическими измерительными материалами.

УМК по учебной дисциплине «Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве» обеспечивает:

своевременное отражение результатов достижений науки, техники и технологий, связанных с изучаемой учебной дисциплиной и используемых в животноводстве;

последовательное изложение учебного материала, реализация междисциплинарных связей, исключение дублирования учебного материала;

использование современных методов, технологий и технических средств в образовательном процессе;

рациональное распределение времени по темам учебной дисциплины и учебным занятиям в зависимости от формы получения высшего образования, совершенствование методики проведения учебных занятий;

планирование, организацию и методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся;

использование компонентов контроля знаний в ходе текущей аттестации обучающихся;

взаимосвязь образовательного процесса с научно-исследовательской работой обучающихся;

профессиональную направленность образовательного процесса с учетом специфических условий и потребностей организаций – заказчиков кадров.

Учебно-методический комплекс, предназначенный для организации самостоятельной учебной работы магистрантов по дисциплине содержит основной теоретический материал, разбитый на лекции - логически завершённые дидактические единицы, и включает программу курса по соответствующим темам, а также планы практических и лабораторных занятий,

творческие задания для самостоятельной работы магистранта, реферативные задания и контрольные вопросы – средства педагогического контроля.

**Общее количество часов и количество аудиторных часов, отводимое на изучение учебной дисциплины.**

В соответствии с учебными планами, на изучение учебной дисциплины «Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве» предусмотрено следующее распределение учебного времени:

для дневной формы получения образования – всего 120 часов (3 зачетные единицы), в том числе 48 аудиторных часов и 72 часа самостоятельной работы магистрантов;

для заочной формы получения образования – всего 120 часов (3 зачетные единицы), в том числе 12 аудиторных часов и 108 часов самостоятельной работы магистрантов.

**Распределение аудиторного времени**

№ п/п	Форма получения образования	Курс	Семестр	Количество аудиторных часов			
				всего	в том числе		
					лекции	лабораторные	практические
1	Дневная	1	2	48	16	16	16
2	Заочная	2	3	12	4	4	4

**Рекомендуемая форма текущей аттестации – зачет.**

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1. Обеспеченность магистрантов учебной литературой по дисциплине «Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве»

№ п.п.	Библиографические данные	Наличие в библиотеке УО БГСХА	
		КОЛ-ВО ЭКЗ.	местонахождение
1	Прейсман, В. И. Основы надежности сельскохозяйственной техники / В. И. Прейсман. – 2-е изд., доп. и перераб. – Киев: Выща школа, 1988. – 247 с.	78	ХР (68), Аб.ЗО (8), К-ра техн. сервиса (2)
2	Сухарев, Э. А. Эксплуатационная надежность машин: теория, методология, моделирование: учебное пособие / Э. А. Сухарев. – Ровно: НУВХП, 2006. – 191 с.	1	ЧЗ (1)
3	Надежность технических систем: курс лекций / Белорусский государственный аграрный технический университет; сост.: В. С. Ивашко, В. В. Кураш, П. Е. Круглый. – Минск, 2003. – 153 с.	1	ХР (1)
4	Карташевич, А. Н. Техническое диагностирование машин: лекция / А. Н. Карташевич, Г. Н. Сапьяник, А. Ф. Скадорва; Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. - Горки, 2009. - 31 с	66	Пинский фил. (15), К-ра тракт. и авт. (33), ХР (18)
5	Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник / А. Д. Ананьин [и др.]. - М.: Академия, 2008. - 429 с.	111	ХР (62), ЧЗ (2), Аб.ЗО (44), Пинский фил. (3)

## 1.2. Тематические планы чтения лекций:

### *Для магистрантов очной формы обучения*

Название тем	Затраты времени
1. Техническое диагностирование при прогнозировании остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	2
2. Классификация методов диагностирования машин и оборудования в животноводстве	2
3. Виды прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	2
4. Организация и классификация средств диагностирования для прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	2
5. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов	2
6. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза	2
7. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений	2
8. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для машинного доения коров и первичной обработки молока	2
<b>Всего</b>	<b>16</b>

### *Для магистрантов заочной формы обучения*

Название тем	Затраты времени
1. Техническое диагностирование при прогнозировании остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	0,25
2. Классификация методов диагностирования машин и оборудования в животноводстве	0,25
3. Виды прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	0,25
4. Организация и классификация средств диагностирования для прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	0,25
5. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов	0,5
6. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза	0,75
7. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений	0,75
8. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для машинного доения коров и первичной обработки молока	1
<b>Всего</b>	<b>4</b>

## 1.3 ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

*Лекция 1* **Техническое диагностирование при прогнозировании остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.**

**1. Общие положения и основные понятия и определения в области прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования.**

**2. Предельные значения параметров состояния по классификации соответствующих критериев.**

**1. Общие положения и основные понятия и определения в области прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования.**

Даже при соблюдении технологической дисциплины при эксплуатации машин и оборудования, применяемого в животноводстве, неизбежны попадания в среду, с которой взаимодействуют рабочие органы, агрессивных компонентов. Также на сокращение срока эксплуатации оборудования, в процессе выполнения рабочего процесса, влияют колебания таких регулируемых параметров, как температура, давление, расход и прочие, обусловленные запаздыванием регулирования. Воздействие указанных факторов в течение длительного времени вызывает повреждение металла. В предельные моменты эксплуатации оборудования могут возникать такие сочетания параметров, которые нарушают его работоспособность, т. е. вызывают отказы. Отказы машин и оборудования применяемого в животноводстве можно разделить на три вида: – механические, – технологические, – ошибки (нарушения) при эксплуатации, изготовлении или разработке оборудования. К первому виду относят отказы, вызванные нарушением механической работоспособности оборудования вследствие изнашивания, коррозии, поломок деталей, нарушения формы элементов оборудования, возникновения недопустимых сопутствующих процессов – вибрации, стука, утечки смазывающей жидкости, перегрева подшипников и др. К технологическим относят отказы, обусловленные нарушением хода технологического процесса, выполняемого на данном оборудовании, приводящего к травмированию животных или получению кормов низкого качества, а также приводящего к нарушению функционирования оборудования. Примерами таких отказов в сельском хозяйстве является перегрев смесителей-



запарников кормов, приводящий к налипанию на его 7 поверхностях мелких частиц кормовых компонентов, что приводит к ухудшению санитарного состояния эксплуатируемого оборудования; загрязнение фильтров и разделительных элементов в оборудовании для первичной обработки молока, приводящее к снижению его производительности и т. п. Отказы третьего вида определяются в основном уровнем технологической дисциплины и культурой производства на предприятии. Механические и технологические отказы проявляются постепенно в изменении одного или нескольких выходных параметров, поэтому такие отказы называют параметрическими. Контролируемыми параметрами могут быть как величины повреждений (глубина коррозии стенок, износ детали), так и выходные параметры оборудования (производительность, коэффициент полезного действия, степень разделения, однородность, очистка) и другие количественные показатели качества продукта, параметры вибрации, шума, величина утечки смазывающей жидкости через уплотнения и т. д. Параметры технического состояния машин и оборудования – мониторинг контролируемых параметров, позволяющих прогнозировать моменты наступления отказов оборудования.

В соответствии с ГОСТ 27.002–89, ГОСТ 12.2.042–2013 ССБТ, ГОСТ 7751–2009 отказом оборудования считается нарушение его работоспособного состояния.

*Предельное состояние оборудования* – состояние оборудования после отказа или технического освидетельствования, не подлежащего восстановлению. Нецелесообразность восстановления оборудования, имеющего повреждения, может быть обусловлена как технико-экономическими показателями, так и нарушениями установленных требований безопасности (экологии). Критерии предельного состояния – признаки предельного состояния оборудования, установленные в нормативно-технической документации. Остаточным ресурсом называют запас возможной наработки машин и оборудования после момента контроля его технического состояния (или ремонта), в течение которого обеспечивается соответствие требованиям нормативно-технической документации всех его основных технико-эксплуатационных показателей и показателей безопасности.

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 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 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 раздатчика кормов может быть вмятина в бункере, что не мешает ему выполнять процесс смешивания или раздачи кормов).

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, мощность, затрачиваемая на рабочий процесс, угар масла, стуки и т. д.; контролируют их

при помощи средств диагностики). Диагностические параметры отражают изменение структурных.

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 допускаемом значении параметра составная часть надежно работает до следующего планового контроля.

*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 узла, агрегата или машины в целом без проведения ремонта недопустима ввиду резкого увеличения интенсивности изнашивания сопряжений, чрезмерного снижения экономичности машины или нарушения требований безопасности.

## **2. Значения параметров состояния устанавливающие на основании соответствующих критериев.**

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 приводной цепи (свыше 4 % номинального значения) приводит к ее проскальзыванию на звездочках и спаданию, или когда дальнейшая эксплуатация объекта приводит к аварийному отказу: предельный износ пластин ротора вакуумного насоса приводит к выходу его из строя).

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

*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 заменой вышедшего из строя узла.

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

Диагностические параметры бывают обобщенные и локальные.

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

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

Диагностирование машин и оборудования, эксплуатируемых на фермах и комплексах, проводят в соответствии с планами ТО или ремонта, а также при отказах или заявках механизатора о неудовлетворительной работе оборудования, и ресурсное диагностирование, предшествующее текущему или капитальному ремонту. Для оборудования, эксплуатируемого на фермах и

комплексах, установлено ежедневное (ежесменное) техническое обслуживание (ЕТО) и два вида номерных технических обслуживаний: ТО-1 и ТО-2.

## **Лекция 2. Классификация методов диагностирования машин и оборудования в животноводстве.**

### **1. Структурные параметры технического состояния машин и оборудования в животноводстве.**

### **2. Диагностические параметры технического состояния машин и оборудования в животноводстве.**

### **1. Структурные параметры технического состояния машин и оборудования в животноводстве.**

Техническое диагностирование является составной частью технической обслуживания оборудования с учетом функционального его воздействия на животное. В процессе эксплуатации машин, применяемых на животноводческих фермах и комплексах, устанавливают следующие задачи диагностирования оборудования в целом и его составных частей:

- разработка логической модели и порядка диагностирования, лимитирующих работоспособность оборудования;
- проверка исправности оборудования в процессе приемки при изготовлении, выпуске после ремонта и хранении;
- проверка работоспособности и правильности функционирования оборудования с целью определения объема работ при техническом обслуживании: поиск дефектов с установленной глубиной для технического обслуживания;
- сбор исходных данных для прогнозирования безотказной работы в пределах межконтрольного периода и остаточного ресурса;
- контроль, при необходимости, качества работ, выполненных при техническом обслуживании.

Порядок разработки системы диагностирования, а также требования к объектам и средствам диагностирования выполняются по ГОСТ 20417–76, требования к контролепригодности оборудования выполняются по ГОСТ 23569–79 и ГОСТ 24029–80.

Требования к выбору и обоснованию диагностических параметров следует задавать на стадии разработки технического задания на проектируемое оборудование с указанием технических, зоотехнических и санитарных характеристик условий диагностирования.

Диагностирование оборудования, находящегося в эксплуатации, организуют на основе конструкторской и технологической документации с периодичностью, указанной в эксплуатационной документации. Планирование, учет и отчетность по диагностированию проводят по формам, установленным в республике. По результатам диагностирования составляют заключение о возможности дальнейшей эксплуатации оборудования с назначенным ресурсом или необходимости проведения технического обслуживания.

Фактические объемы работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования устанавливают с учетом результатов диагностирования.

*Техническое диагностирование* представляет собой общую процедуру проверки функционирования машины. Оно связано с систематизацией и анализом информации, с помощью которой можно оценить техническое состояние машины без ее разборки. Диагностирование, выполняемое при проведении технического обслуживания, позволяет сделать вывод о необходимости направления техники на ремонт и приемки ее после ремонта. В соответствии с этим можно ввести такие понятия, как пред- и послеремонтное техническое диагностирование. В задачи диагностирования входит также прогнозирование отказов.

Независимо от назначения технического диагностирования его содержание и алгоритм (от предварительного изучения – к детальному анализу) неизменны.

*Первый этап диагностирования* – контроль технического состояния – представляет собой проверку обобщенных показателей. Если зафиксировано отклонение какого-либо показателя от номинального значения, то определяют уточняющие показатели. Одним из видов технического диагностирования является *ежесменный технический контроль*. И хотя такой контроль распространяется на весьма широкий круг объектов, можно ограничиться кратким перечнем общих показателей, оцениваемых объективно и субъективно.

*Объективные показатели* – это измеренные с помощью приборов утечки молока, воды и жидкого масла, давление консистентной смазки в корпусах подшипников, зоотехнические показатели и др.

*Субъективные показатели* – это состояние наружных креплений, узлов машин и оборудования, степень их нагрева по окончании работы, реакция животных и др. Для проведения технического диагностирования и обслуживания машин в животноводстве применяют специальные автопередвижные лаборатории и мастерские с соответствующим набором инструментов и оборудования.

Для оценки технического состояния машины необходимо определить текущее значение структурного параметра и сравнить его значение с нормативным. Однако структурные параметры в большинстве случаев нельзя определить без разборки узла. Разборка связана с трудозатратами и нарушением взаимного расположения приработавшихся деталей, что приводит к сокращению ресурса узла (после сборки детали должны снова приработаться друг к другу).

По этим причинам при диагностировании о значениях структурных параметров судят по косвенным диагностическим параметрам. Например, состояние двигателя в самоходном раздатчике кормов можно оценить по развиваемому машиной тяговому усилию и расходу топлива, герметичность холодильного контура в молокоохладительной установке можно оценить по времени падения давления и т. д.

## **2. Диагностические параметры технического состояния машин и оборудования в животноводстве.**

*Диагностические параметры* – физические величины, которые могут быть измерены и связаны с параметрами технического состояния определенной зависимостью.

По объему и характеру передаваемой информации диагностические параметры разделяют на частные, общие и взаимосвязанные.

*Частные (единичные)* диагностические параметры независимо от других указывают на вполне конкретную неисправность (засорение фильтра-осушителя приводит снижению пропускной способности хладагента в холодильном контуре холодильного агрегата).

*Общие (множественные)* диагностические параметры характеризуют техническое состояние машины в целом (снижение компрессии в компрессоре холодильного агрегата может произойти из-за износа колец, цилиндра и поршня, поломки клапанов).

*Взаимозависимые (неопределенные, или комбинированные)* диагностические параметры оценивают неисправность только по совокупности нескольких измеренных параметров (падение давления в вакуумпроводе доильной установки может произойти из-за износа вакуумного насоса или отсутствия герметичности в вакуумметрической линии).

По способу дальнейшего восстановления объекта диагностические параметры делят на ресурсные и функциональные.

*Ресурсные* диагностические параметры обуславливают утрату работоспособности механизмом по причине превышения ими предельных значений (повышенный расход масла из-за износа пластин ротора пластинчатого вакуумного насоса). Восстанавливаются путем ремонта.

*Функциональные* диагностические параметры при достижении предельных значений также обуславливают потерю работоспособности (увеличение зазора между ножом и противорезом в измельчителях кормов приводит к снижению эффективности измельчения кормовой массы). Такие параметры восстанавливаются путем регулировок при ТО.

### ***Лекция 3* Виды прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.**

**1. Роль и место диагностирования машин при их технической эксплуатации.**

**2. Основные задачи технического диагностирования машин и оборудования в животноводстве**

**1. 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, оснащенных системами АСУТП, роботизированными системами (доения, кормления,



навозоудаления, приготовления кормов и др.), 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, которая 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.

Исходная неравномерность рабочих процессов, обусловленная конструктивными и технологическими факторами, усиливается эксплуатационными факторами. 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. 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: определение времени, места и объема работ по выявлению потребности в техническом вмешательстве и проведению его.

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. 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.

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.

Диагностирование машин и оборудования применяется практически при всех видах ТО и ремонта техники. В связи с повышением конструктивной сложности машин область применения диагностирования также значительно расширилась за счет их контроля при технологическом регулировании (настройке), а также при автоматизации различных технологических процессов, в том числе сельскохозяйственных.

## **2. Основные задачи технического диагностирования машин и оборудования в животноводстве**

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 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 машин и оборудования 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.

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 машин и оборудования, применяемого в животноводстве. Растущая потребность в диагностике совпадает также с появлением новых достижений в микроэлектронике, компьютерной технике, нейронных сетей и искусственного интеллекта, эффективно облегчающих возможности технической диагностики.

В отличие от характера работы машин в полеводстве машины и оборудование, эксплуатируемое на фермах и комплексах, работают круглый год, поэтому условия и характер их работы больше подходят к промышленному оборудованию. Временная остановка машин в животноводстве нарушает весь режим определенной производственной линии, что влияет на физиологические функции животных, нарушение которых приводит к снижению продуктивности. Почти все животноводческие машины работают внутри помещений и подвергаются воздействию агрессивной среды, отличающейся повышенным содержанием аммиака, углекислого газа и влаги. Поэтому одним из важнейших условий безотказной эффективной работы машин и оборудования животноводческих ферм является высокая техническая

надежность их работы, которая предусматривает проведение диагностики машин при их технической эксплуатации с целью предупреждения отказов и увеличения эксплуатационного ресурса машин и оборудования.

**Лекция 4. Организация и классификация средств диагностирования для прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.**

**1. Причины изменения технического состояния машин и оборудования, применяемых в животноводстве.**

**2. Роль диагностирования машин в повышении производства продукции животноводства.**

**1. Причины изменения технического состояния машин и оборудования, применяемых в животноводстве.**

*Работоспособность оборудования* – состояние, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативнотехнической и (или) конструкторской документации. Работоспособность оборудования зависит от его надежности.

*Надежность* является сложным свойством, которое в зависимости от назначения машин и оборудования, условий их эксплуатации состоит из сочетания свойств безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

*Долговечностью* называется свойство сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе ТО и ремонта. Долговечность оборудования определяется, прежде всего, устанавливаемым заводом-изготовителем ресурсом – амортизационным сроком службы до предельно допустимых износов деталей основных механизмов и агрегатов, вызывающих необходимость прекращения эксплуатации и списания или проведения капитального ремонта оборудования.

Основными причинами возникновения неисправностей машин и оборудования, эксплуатируемых на животноводческих фермах и комплексах, являются:

– изнашивание трущихся поверхностей (абразивное, усталостное, коррозионное, молекулярное);

- деформации и поломки деталей;
- нарушение посадки или соосности деталей;
- обгорание рабочих поверхностей деталей приводного механизма из-за превышения его допустимого теплового режима;
- образование накипи в системе парораспределения;
- применение смазочных материалов, не отвечающих требованиям нормативно-технических документов, с содержанием в них механических примесей.

Процесс изнашивания возникает под действием трения, зависящего от материала и качества обработки поверхностей, смазки, нагрузки, скорости относительного перемещения поверхностей и теплового режима работы сопряжения.

*Изнашивание* – это процесс разрушения и отделения материала с поверхности детали и (или) накопления ее остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и формы деталей. Результат изнашивания, определяемый в установленных единицах, называется износом, который может быть линейным, объемным, массовым. При трении возникает взаимодействие микронеровностей трущихся поверхностей между собой с абразивными частицами, попавшими в смазку. Разрушение нескольких слоев микронеровностей приводит к макроповреждениям – изменениям формы поверхности, размеров и формы детали. Изнашивание включает целый ряд физико-химических процессов:

- снятие тончайших слоев металла;
- микрорезание и смятие отдельных микронеровностей;
- пластическая и упругопластическая деформация.

В результате многократного упругого деформирования микровыступов возникает усталость – образуются трещины, и происходит выкрашивание поверхности.

К факторам, влияющим на возникновение неисправностей машин и оборудования, эксплуатируемых на фермах и комплексах, также относятся:

- конструктивные или производственные дефекты (неправильный выбор материала деталей или посадок, неудовлетворительное качество механической и термической обработки и др.);
- внешние воздействующие факторы (дорожные, климатические, среда и прочие условия эксплуатации);
- качество и чистота применяемых топлив и смазочных материалов;

- квалификация обслуживающего персонала;
- своевременность и качество проведения технического обслуживания и технического ремонта;
- рациональная организация технической эксплуатации машин и оборудования на фермах и комплексах;
- способы хранения оборудования и его обслуживания при низких температурах.

Детали, работающие в условиях высоких температур, кроме изнашивания истиранием, подвергаются также действию химической коррозии и короблению. Так, например, значительный износ верхней части цилиндра компрессора холодильного агрегата происходит не только в результате истирания металла в паре «гильза– верхние поршневые кольца» из-за ухудшения смазки под влиянием высоких температур, но и в результате химической коррозии деталей в условиях контакта с химическими соединениями элементов хладагента. Износ поверхностей зубьев шестерен и подшипников качения происходит под действием молекулярно-механического и усталостного изнашивания металла. Поэтому для предупреждения неисправностей не следует допускать появления предельных износов. Это достигается созданием плано-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта оборудования, применением эксплуатационных материалов – масел, смазок, топлив, промывающих и дезинфицирующих жидкостей – в соответствии с требованиями конструкторской документации, а также качественным проведением технического обслуживания и ремонта. Эксплуатационные свойства применяемых смазывающих материалов и специальных жидкостей должны отвечать требованиям, предъявляемым соответствующими нормативно-техническими документами.

Состояние новой техники зависит от качества изготовления, сборки, приработки, условий хранения и транспортирования. Эти факторы способствуют увеличению первоначальных различий у формально одинаковых, сошедших с одного конвейера машин. Различия, присущие каждому экземпляру, при эксплуатации только усиливаются. Состояние отремонтированной техники характеризуется теми же факторами. Однако они проявляются в большей степени, так как в процессе ремонта используются детали с уже накопленными различиями. Для машин с различным исходным состоянием требуется разное восстановительно-профилактическое вмешательство через неодинаковое время. Оптимальным будет индивидуальное

обслуживание каждого экземпляра с целью восстановления как функциональных, так и ресурсных параметров.

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 использовании ресурсов всех эксплуатационных материалов, деталей и регулировок.

Наиболее оптимальным 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: 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 ни по содержанию, ни по уровню не удовлетворяют условиям в каждом из хозяйств и их возможности в значительной степени не используются. Происходит это потому, что к диагностической части схемы подходят в большинстве случаев формально из-за недопонимания как технической, так и организационной ее сущности. Рассмотрим изменение состояния машины при ее эксплуатации на примере кривой износа, характерной для подвижного сопряжения (изменение зазора вал–подшипник) как функции от времени работы).

Здесь можно выделить три периода: приработка, нормальная эксплуатация и аварийный износ. В начальном состоянии сопряжение имеет зазор. При большом начальном зазоре, и при плохо проведенной приработке эксплуатационный период может значительно уменьшиться. На продолжительность эксплуатационного периода влияют условия эксплуатации. Кроме того, несвоевременное техническое вмешательство в процесс эксплуатации приводит к сокращению срока работы оборудования до аварийного износа.

Аварийный период начинается при определенном значении показателя независимо от времени эксплуатации. Оптимальным моментом технического вмешательства по этому показателю будет переход эксплуатационного периода в аварийный, при этом будет использован весь ресурс сопряжения. Однако добиться такого использования ресурса, даже зная точно значение показателя,

удается не всегда. На основании этого можно сделать вывод, что ресурс машины, в особенности с коротким периодом эксплуатации, может быть исчерпан при незначительном времени ее эксплуатации в результате неправильных обслуживания, хранения, транспортирования, приработки.

## **2. Роль диагностирования машин в повышении производства продукции животноводства.**

При анализе вышеизложенного становится очевидно, что в систему обслуживания необходимо включать операции, позволяющие определять состояние машины и его отдельные показатели оперативно и без разборки, т. е. диагностирование. 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, т. е. фактически управлять их техническим состоянием, назначая соответствующие предупредительные работы и выполняя их в процессе технического обслуживания и ремонта. Это снижает время простоя машины, а также обеспечивает значительную экономию средств на ее обслуживание и ремонт. Выполнение только действительно необходимых операций по ремонту и регулированию сокращает расход запасных частей и смазочных материалов. Своевременное обнаружение и устранение значительных неисправностей в механизмах привода рабочих органов машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов на 5 %–10 % улучшает технико-экономические показатели, повышает безопасность эксплуатации. Диагностирование машин и оборудования применяется практически при всех видах технического обслуживания и ремонта техники. В связи с повышением конструктивной сложности машин область применения диагностирования также значительно расширилась за счет контроля при технологическом регулировании (настройке), а также при автоматизации различных сельскохозяйственных технологических процессов.

Основными задачами технического диагностирования являются:

1. Установление вида и объема работ по техническому обслуживанию машины после выполнения ею определенной наработки.
2. Определение остаточного ресурса машин и оборудования, а также степени их готовности к выполнению механизированных работ.



3. Осуществление контроля качества профилактических операций при проведении технического обслуживания.

4. Выявление причин и характера неисправностей, возникающих в процессе использования оборудования.

Внедрение технической диагностики позволяет:

– сохранить оптимальные рабочие характеристики машин и оборудования в течение всего срока службы;

– снизить в 2 раза простои тракторов, комбайнов, самоходных раздатчиков кормов и других машин, эксплуатируемых на фермах и комплексах, по причине технических неисправностей за счет предупреждения отказов;

– увеличить в 1,5 раза межремонтную наработку сборочных единиц и агрегатов машин;

– ликвидировать преждевременные разборки агрегатов и узлов и тем самым уменьшить интенсивность изнашивания деталей, сопряжений;

– полностью использовать межремонтный ресурс машин, их узлов и агрегатов, что обеспечит резкое сокращение расхода запасных частей;

– определить качество технического обслуживания и ремонта машины без ее разборки;

– уменьшить расход технических жидкостей и смазочных средств на содержание оборудования.

Бесспорным импульсом для роста потребностей в методах и средствах технической диагностики стало использование диагностических приборов в сельском хозяйстве республики, когда требования со стороны качества, логистики и маркетинга радикально изменили критерии эффективности использования сложной сельскохозяйственной техники. Растущая потребность в диагностике совпадает также с появлением новых достижений в области микроэлектроники, компьютерной техники, нейронных сетей и искусственного интеллекта, эффективно облегчающих возможности технической диагностики.

### ***Лекция 5. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов.***

**1. Анализ условий эксплуатации машин и оборудования в животноводстве для приготовления и раздачи кормов.**

**2. Основные задачи диагностирования машин и оборудования в животноводстве для приготовления и раздачи кормов и его место в техническом сервисе.**

## **1. Анализ условий эксплуатации машин и оборудования в животноводстве для приготовления и раздачи кормов.**

В процессе эксплуатации машин и оборудования в животноводстве их работоспособность снижается главным образом из-за износов и разрушений отдельных деталей или их поверхностных слоев, вследствие чего снижается как производительность, так и надежность оборудования. Машины животноводческих ферм и условия их эксплуатации имеют ряд особенностей по сравнению с другой сельскохозяйственной техникой, что предъявляет более строгие требования к обеспечению их бесперебойной работы.

Особенности эксплуатации машин и оборудования в животноводстве:

1. Невозможность резервирования машин из-за больших их размеров и специфической технологии (т. е. нельзя ставить запасные машины, например: транспортеры для раздачи кормов, уборки навоза, доильные молокопроводы и т. д.). Это обстоятельство (отсутствие резерва) требует исключительной надежности машин и оборудования.

2. Подверженность машин и оборудования воздействию определенного микроклимата, отличающегося от нормальных условий повышенным содержанием аммиака, углекислого газа, влаги и неравномерным распределением температуры по объему здания.

Последствия данного микроклимата:

– повышенный коррозионный износ деталей не только во время эксплуатации машин, но и в период их неиспользования;

– преждевременный выход из строя электроаппаратуры и электрических двигателей (этому способствуют высокая влажность воздуха и наличие в нем аммиака);

– колебание значений температуры при постоянной влажности воздуха приводит к активизации атмосферной коррозии.

3. Подверженность ряда машин воздействию неблагоприятных сред (кислоты, силосная масса, навоз и пр.).

4. Изменчивость среды, в которой работают машины, в несколько раз увеличивает их износ по сравнению с машинами, работающими в постоянных условиях (наличие поточных технологических линий: линия приготовления и раздачи кормов, линия уборки и транспортировки навоза, линия доения и первичной обработки молока и пр.).

Остановка одной из машин вызывает остановку всей линии, что пагубно сказывается на продуктивности животных.

Необходимо отметить, что условия эксплуатации машин и оборудования животноводческих ферм часто нарушаются по следующим причинам:

- неквалифицированное техническое обслуживание оборудования, в особенности – электрооборудования;
- не полное соответствие конструкции условиям ее эксплуатации;
- недостаточная квалификация обслуживающего персонала (из-за чего машины часто эксплуатируются с перегрузками).

## **2. Основные задачи диагностирования машин и оборудования в животноводстве для приготовления и раздачи кормов и его место в техническом сервисе.**

Основная задача диагностирования в процессе технического обслуживания – определение технического состояния машин и оборудования, прогнозирование их дальнейших изменений. Это позволяет управлять их техническим состоянием.

Также к задачам технического диагностирования следует отнести:

- контроль технического состояния машин и оборудования с целью установления их соответствия требованиям технической документации и определения работоспособности на текущий момент;
- поиск мест дефектов и повреждений, определение причин неисправности и отказов с рекомендацией методов и средств восстановления работоспособности эксплуатируемого оборудования;
- прогнозирование технического состояния машин и оборудования на предстоящий период эксплуатации с заданной вероятностью безотказной работы или определение с заданной вероятностью интервала времени (остаточного ресурса), в течение которого сохраняется их работоспособное состояние.

Виды диагностирования машин и оборудования, эксплуатируемых на фермах и комплексах.

При техническом обслуживании:

- *ежесменное* (ЕТО) – определить готовность к выполнению сменного задания Проверка составных частей машин и оборудования, обеспечивающих безотказность за смену.

– *первое* (ТО-1) – выявить готовность к работе до очередного ТО-1. Контроль работоспособности вспомогательных механизмов машин и оборудования, основное содержание систем привода рабочих органов установок, обеспечивающих безотказность до очередного ТО-1;

– *второе* (ТО-2) – определить готовность к выполнению работы до очередного ТО-2 Проверка и контроль работоспособности, а также исправности основных механизмов машин и оборудования, систем привода рабочих органов установок, шасси мобильных машин и вспомогательного оборудования, создающих возможность безотказной работы до очередного ТО-2 и выполнения технико-экономических показателей.

– *сезонное* (СТО) – определить готовность к осенне-зимним или весенне-летним условиям эксплуатации Проверка систем и механизмов, от которых зависит нормальное функционирование машин и оборудования в предстоящем сезоне.

*Заявочное диагностирование* – при поступлении заявки определить вид, место и причину дефекта или состояние в целом Поиск дефекта или проверка технического состояния машин и оборудования

*Ресурсное диагностирование* – определить остаточный ресурс составных частей машин и оборудования перед ТО-2 или ремонтом. Проверка состояния ресурсных соединений составных частей и установки в целом.

Предварительное диагностирование машины и ее составных частей позволяет определить фактический объем работ по обслуживанию или ремонту. При этом решаются следующие задачи: проверка исправности и работоспособности составных частей машины; поиск дефектов, в результате которых нарушилась исправность или работоспособность; сбор исходных данных для прогнозирования остаточного ресурса. При проведении диагностирования машин и оборудования, эксплуатируемых на фермах и комплексах, выявляется техническое состояние узлов и агрегатов, не соответствующих требованиям безопасности производственных процессов, контролируется качество технического обслуживания и текущего ремонта, а также прогнозируется остаточный ресурс исправной работы установки. В результате диагностирования даются конкретные рекомендации о необходимости регулирования механизмов, ремонта составных частей или их замены. Эта система мероприятий составляет основу стратегии технического обслуживания и ремонта по состоянию с периодическим контролем (диагностированием).

## **Лекция 6. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза**

**1. Необходимость определения остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза.**

**2. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза.**

**1. Необходимость определения остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза.**

Необходимость определения остаточного ресурса оборудования возникает при продлении срока его службы за пределы нормативного для безопасности его эксплуатации, а также при планировании периодичности контроля его технического состояния и ремонтов, обеспечивающего надежность и эффективность функционирования оборудования. Надежность и безопасность оборудования при его разработке обеспечивают, создавая запасы прочности, износо- и коррозионной стойкости с учетом возможных наиболее неблагоприятных режимов эксплуатации. При реальных конкретных условиях эксплуатации интенсивность расходования ресурса отличается от расчетной и во многих случаях может быть определена путем анализа режимов нагружения и фактической поврежденности элементов оборудования. Выбор метода прогнозирования остаточного ресурса зависит от характера преобладающего процесса изнашивания, коррозии, усталости, ползучести, а также от необходимой точности и достоверности прогноза. При невысоких требованиях к точности и достоверности применяют упрощенные методы, в случае необходимости гарантированных оценок используют уточненные методы, в том числе базирующиеся на теории надежности. Остаточный ресурс оборудования может иметь не только до истечения расчетного срока службы, но и после него. Это обусловлено действующими нормами и правилами расчета сроков службы оборудования, предусматривающими обеспечение прочности и износостойкости изделий при наиболее неблагоприятных режимах нагружения в заданных условиях эксплуатации, а также при минимальных уровнях механических характеристик конструкционных материалов, обеспечиваемых по ГОСТам. Фактические режимы нагружения при соблюдении правил

эксплуатации обычно оказываются менее напряженными, чем расчетные, что снижает интенсивность расходования заложенных запасов (по прочности, износу и коррозионной стойкости) и обеспечивает резерв по остаточному ресурсу оборудования. Прогнозировать остаточный ресурс можно при одновременном выполнении следующих условий: известны параметры, определяющие техническое состояние оборудования и критерии предельного состояния оборудования; имеется возможность периодического (или непрерывного) контроля значений оборудования.

Прогнозировать остаточный ресурс можно, когда:

1) предельным состоянием аппарата, работающего с коррозионно-активной средой, является уменьшение толщины его стенок до расчетного значения. При эксплуатации периодически осуществляют контроль толщины стенок (машины для уборки, утилизации и переработки навоза);

2) предельным состоянием оборудования является ухудшение теплообмена из-за отложений на трубах, в результате чего температура нагреваемого продукта на выходе из аппарата снижается до предельно допустимой.

При эксплуатации проводят непрерывный контроль температуры на выходе из аппарата (оборудование для пастеризации и хранения молока). Прогнозирование остаточного ресурса оборудования обычно осуществляют по схеме: через определенные периоды эксплуатации ( $t_1, t_2, \dots$ ) измеряют максимальные значения ( $h_1, h_2, \dots$ ) возникших повреждений, износа, коррозии, деформаций и экстраполируют зависимость до предельно допустимого значения повреждений  $h_p$ . Это позволяет получить достаточно точные оценки остаточного ресурса, если известен вид зависимости  $h(t)$  и при измерениях  $h$  можно определить максимальные значения повреждений, т. е. осуществить сплошной контроль элементов оборудования.

## **2. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза.**

При прогнозировании остаточного ресурса в зависимости от срока эксплуатации оборудования применяют два подхода.

При малом сроке эксплуатации (относительно нормативного) и незначительной поврежденности оборудования используют только информацию о загруженности установки.

При сроке эксплуатации, близком к нормативному, или значительной поврежденности элементов оборудования дополнительно исследуют их степень поврежденности.

Преимуществом первого подхода является его меньшая трудоемкость, второго – более точный прогноз и возможность выявления дополнительного резерва ресурса оборудования. В зависимости от требуемой достоверности прогноза и возможностей получения информации применяют следующие методы прогнозирования:

- упрощенный, основанный на детерминированных моделях;
- уточненный, базирующийся на вероятностных моделях.

В первом методе отклонения контролируемых параметров относят к погрешностям методов контроля, случайным помехам и при прогнозировании остаточного ресурса в расчетах их учитывают с помощью коэффициентов запасов, а во втором методе их используют в качестве дополнительной информации, что позволяет повысить достоверность прогнозирования. Для определения возможности достоверного прогнозирования остаточного ресурса оборудования, а также выявления наиболее информативных параметров и источников получения исходных данных, необходимых для расчета, проводят анализ условий эксплуатации оборудования.

Информативными параметрами могут быть:

- значения возникающих повреждений (глубина коррозии, эрозионный или механический износ, деформация ползучести);
- параметры сопутствующих процессов (уровни вибрации агрегатов, степень утечки в уплотнениях, температура узлов трения и др.);
- технологические параметры (давление, температура, расход продуктов и реагентов);
- показатели качества и эффективности функционирования оборудования (степень разделения, осветления и очистки, производительность, расход электроэнергии, КПД и т. п.).

Для выбора наиболее информативных параметров составляют полный перечень предельных состояний оборудования и контролируемых параметров, связанных с каждым предельным состоянием. Затем из этого перечня исключают зависимые (вторичные) параметры, если при контроле основных параметров обеспечивается получение достоверных данных в достаточном объеме. При анализе используют имеющиеся источники получения исходных данных для прогнозирования (вахтовые журналы, ведомости дефектов,

контрольные карты, диаграммы и др.) или при их недостатке планируют специальные наблюдения за изменением эксплуатационных параметров.

Виды повреждений являются характерными для двух групп оборудования: машин и оборудования (измельчители кормов, раздатчики кормов и пр.), а также сосудов и аппаратов (смесители, котлы и т. п.). Повреждения машин и оборудования в животноводстве чаще всего вызваны износом подвижных элементов и соединений или их усталостным разрушением.

Поскольку изнашиваемые элементы можно заменить при текущих ремонтах, в общем случае они не ограничивают ресурса оборудования. Ресурс машин определяется ресурсом базовых элементов (составных частей для компоновки машин), поэтому прогнозирование их остаточного ресурса, как правило, сводится к прогнозированию остаточного ресурса базовых элементов по критериям износостойкости или усталостной долговечности.

Повреждения сосудов могут быть обусловлены эрозионным истиранием стенок рабочей средой, коррозией металла, усталостью, ползучестью, изменением механических свойств металла и другими причинами. Возможны также повреждения вследствие нарушений норм конструирования и изготовления. Наиболее часто встречаемыми повреждениями поверхностей нагрева являются трещины и разрывы трубных элементов, которые могут быть образованы вследствие различных причин (отложений, загрязнений внутренних поверхностей, неравномерности температурного поля и т. д.). Перегрев металла вызывает изменение его структуры, снижение механических свойств и повышенное окалинообразование.

Повреждение узлов доильной установки чаще всего обусловлено совместным действием различных факторов, поэтому прогнозирование их надежности проводят на основе всестороннего анализа их работы. Работоспособность оборудования по результатам периодических обследований обычно оценивают путем выявления возникших повреждений, определения их значений и сопоставления с предельно допустимыми значениями. Выявленные дефекты относят к допустимым или недопустимым и принимают решение о возможности дальнейшей эксплуатации или необходимости ремонта оборудования. Для некоторых узлов и деталей, к которым предъявляются повышенные требования к безотказности, в качестве прогнозируемого ресурса может быть использован гамма-процентный ресурс  $t_\gamma$ , т. е. значение ресурса, обеспеченного с заданной вероятностью  $\gamma$ .



Существенным недостатком использования в качестве прогнозируемого гамма-процентного ресурса является то, что, как показывает практика, наработки реальных объектов до предельного состояния значительно выше. В результате использование стратегии технического обслуживания и ремонта по наработке приводит к значительному недоиспользованию заложенных в них при проектировании и производстве индивидуальных ресурсов большинства деталей. В отличие от стадии проектирования, когда прогнозируется ресурс всей генеральной совокупности создаваемых машин, прогнозирование на стадии эксплуатации выполняют для конкретных машин и установок, их агрегатов и узлов. В этом случае оценивается индивидуальный остаточный ресурс оборудования, т. е. возможная продолжительность его эксплуатации от момента контроля технического состояния до достижения им предельного состояния. Отличается он от индивидуального ресурса тем, что в качестве начала отсчета принимается текущая наработка, до которой оборудование уже какое-то время эксплуатировалось, и часть установленного технической документацией ресурса уже реализовало.

Достижение прифермскими машинами и оборудованием предельного состояния, соответствующего исчерпанию 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 установление точных признаков и параметров, при которых состояние машин следует квалифицировать как предельное, представляет довольно сложную задачу. Обычно основанием для замены машин и оборудования, обслуживающих фермы и комплексы, служит резкое увеличение интенсивности отказов, продолжительности простоев из-за необходимости их устранения, расходов на проведение ремонтных работ. Для надежного прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве необходимо выполнить его полнокомплектное техническое диагностирование с использованием соответствующих средств диагностики. В условиях реальной эксплуатации машин и оборудования в животноводстве при проведении технических обслуживаний и ремонтов чаще всего оценивается остаточный ресурс их узлов, агрегатов и механизмов.

**Лекция 7. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений.**

**1. Современные методы прогнозирования технического состояния машин и оборудования в животноводстве для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений.**

**2. Предельные значения диагностических параметров, оценивающих техническое состояние узлов и механизмов машин и оборудования в животноводстве для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений.**

**1. Современные методы прогнозирования технического состояния машин и оборудования в животноводстве для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений.**

Современные методы прогнозирования технического состояния оборудования подразделяются на три основные группы.

1. Методы экспертных оценок, сущность которых сводится к обобщению, статистической обработке. Эксперты обосновывают состояние оборудования на собственном опыте, литературных данных, анализе эксплуатационной надежности узлов и механизмов машин и оборудования в животноводстве и т. д.

2. Методы моделирования, базирующиеся на основных положениях теории подобия, формировании модели изучаемого оборудования, проведении экспериментальных исследований и пересчете полученных показателей с модели на натуральный объект.

3. Статистические методы, из которых наиболее широкое распространение получил метод экстраполяции.

Наиболее достоверными при прогнозировании индивидуального остаточного ресурса машин в условиях эксплуатации являются статистические методы, основанные на объективной оценке его технического состояния в текущий момент времени.

Процесс прогнозирования с использованием статистических методов предусматривает выполнение следующих этапов:

- оценка технического состояния оборудования с помощью диагностического и контрольно-измерительного оборудования;
- разработка аналитического уравнения, описывающего закономерности изменения этого состояния во времени или по наработке;
- экстраполяция полученного уравнения и определение остаточного ресурса или сроков выполнения очередного контроля технического состояния оборудования.

При прогнозировании непосредственно измерить остаточный ресурс машины практически невозможно. Поэтому необходимо определить аналоговый диагностический параметр или комплекс параметров, которые адекватно отражают техническое состояние машины и реализацию его ресурса по наработке.

Для агрегатов измельчителей кормов и смесителей-раздатчиков кормов это могут быть параметры эффективности функционирования (мощность, крутящий момент), для самоходных раздатчиков кормов – 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.).

Исчерпание заложенного при проектировании ресурса (наступление предельного состояния) обусловлено постепенным накоплением различных повреждений. Если не учитывать грубые ошибки при проектировании и эксплуатации, наступление предельного состояния машин можно отнести к одной из двух групп: – из-за чрезмерных износов трущихся поверхностей контактирующих деталей; – из-за постепенного накопления в материалах конструктивных элементов рассеянных повреждений, приводящих к зарождению и развитию микроскопических трещин (усталость).

Развитие таких повреждений в материалах деталей, узлах и агрегатах в зависимости от времени эксплуатации машин и оборудования в животноводстве носит плавный, монотонный характер, приводящий к возникновению так называемых постепенных отказов, поэтому может быть описано аналитическим уравнением. Изменение аналогового диагностического параметра по наработке для большинства узлов и агрегатов машин и оборудования в животноводстве описывается теми же функциями, что и параметры технического состояния.

Анализ данных показывает, что остаточный ресурс рассматриваемого объекта 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  $t_n$  и остаточный  $t_o$  ресурсы оборудования после наработки  $t$ , предшествующей прогнозируемому периоду.

## **2. Предельные значения диагностических параметров, оценивающих техническое состояние узлов и механизмов машин и оборудования в животноводстве для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений.**

Предельные значения диагностических параметров, оценивающих техническое состояние узлов и механизмов, для которых они не установлены документацией завода-изготовителя, определяются с помощью статистического метода. Сущность метода заключается в том, что по результатам обследования партии диагностируемого оборудования строится гистограмма распределения оценивающих его значений диагностического параметра, аппроксимирующая ее теоретическая кривая и по заданному уровню вероятности безотказной работы  $P$  (0,85 или 0,95) находится его предельный норматив. Номинальное значение диагностического параметра  $S_n$  определяет исходное состояние объекта и соответствует новым, технически исправным машинам, агрегатам, узлам. Оно может быть задано техническими условиями (рабочее вакуумметрическое давление в доильной установке, давление конденсации хладагента, производительность вакуумного насоса и др.) или найдено как средняя величина для данного оборудования. Значения показателя  $\alpha$  определяются опытным путем для различных сопряжений механизмов на основе обработки статистического материала и представляют собой некоторые усредненные величины для построения функции изменения диагностического параметра по наработке. В условиях эксплуатации диагностирование машин и оборудования в животноводстве выполняют в основном при проведении плановых технических обслуживаний. В этом случае задача прогнозирования остаточного ресурса заключается в определении возможности их безотказной работы на наработке до выполнения очередного технического обслуживания. Если значение остаточного ресурса  $t_o > t_d$ , состояние диагностируемого механизма обеспечит его исправную работу до очередного технического обслуживания. В случае, если значение остаточного ресурса  $t_o$  меньше установленной периодичности диагностирования  $t_d$ , диагностируемый узел

следует изъять из эксплуатации и направить в ремонт. Процедуру прогнозирования можно упростить, заменив предельное значение диагностического параметра  $S_n$  допустимым нормативом  $S_d$ .

Прогнозирование остаточного ресурса, т. е. оценка запаса исправной работы, является важнейшим элементом в системе управления техническим состоянием машин и оборудования в животноводстве при их круглогодичной эксплуатации. Отклонение значений диагностических параметров за допустимые пределы, вызываемые возникновением различных повреждений, служит основой для принятия решения о проведении необходимых технических воздействий для восстановления работоспособности эксплуатируемого оборудования.

## ***Лекция 8. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для машинного доения коров и первичной обработки молока.***

**1. Классификация методов диагностирования машин и оборудования в животноводстве для машинного доения коров и первичной обработки молока.**

**2. Организация диагностирования и классификация средств диагностирования для машинного доения коров и первичной обработки молока.**

**1. Классификация методов диагностирования машин и оборудования в животноводстве для машинного доения коров и первичной обработки молока.**

Методы диагностирования технического состояния машин и оборудования в животноводстве характеризуются физической сущностью и способом измерения диагностических параметров, наиболее приемлемых для использования в зависимости от задачи диагностирования. На практике диагностирования машин и оборудования в животноводстве используются три группы методов.

*Метод диагностирования по параметрам рабочих процессов.* Техническое состояние устанавливается по динамике изменения параметров, например, изменение рабочего вакуумметрического давления в доильной установке,

частота пульсаций доильного аппарата и т. д. Такие показатели непосредственно характеризуют состояние агрегатов и узлов машин и оборудования в животноводстве. Измеряемые этим методом параметры образуют множество внутренних параметров и множество выходных параметров объекта диагностирования. Диагностирование проводится с использованием диагностических приборов или непосредственно в процессе работы оборудования. Метод широко применяют для общей оценки технического состояния машин и оборудования.

*Метод диагностирования по параметрам сопутствующих процессов.* При этом анализируются показатели, косвенно влияющие на работу узлов и агрегатов машин, например: шумы, вибрация и т. п. Измеряемые этим методом параметры образуют подмножество внутренних процессов.

К методам диагностирования по параметрам сопутствующих процессов относятся следующие:

– методы диагностирования по герметичности рабочих объемов. Сущность процесса диагностирования заключается в создании в контролируемом объеме избыточного давления (или разрежения) и в оценке интенсивности его снижения. Таким методом диагностируют паровые машины, смесители-запарники, замкнутый контур холодильного агрегата и пр.;

– тепловой метод, заключающийся в определении параметров, характеризующих количество теплоты, выделяемой в результате протекания процессов сгорания, работы сил трения при заданных скоростном и нагрузочном режимах. Широкого применения при диагностировании машин и оборудования в животноводстве приведенный метод не нашел;

– методы, оценивающие состояние узлов и агрегатов по физико-химическому составу эксплуатационных материалов. Например, простейший экспресс-анализ отработавшего масла на загрязнение, спектральный анализ проб масел, в результате проведения которого по наличию и концентрации различных химических элементов в масле можно установить работоспособность отдельных узлов и сопряжений агрегата. Если в пробе картерного масла двигателя имеется высокое содержание свинца, имеет место износ вкладышей шатунных и коренных подшипников, если высокое содержание железа – износ гильз цилиндров, если высокое содержание кремния – засорение воздушного фильтра и т. д. Такой метод используется для оценки технического состояния самоходных животноводческих машин (раздатчики кормов, аэратор навоза и др.).

*Метод диагностирования по структурным (геометрическим) параметрам.* Данный метод непосредственно характеризует состояние узлов и агрегатов транспортных машин. Эта группа методов основывается на объективной оценке геометрических параметров (зазор, свободный ход, смещение и т. д.). Метод применим, когда указанные параметры легкодоступны для непосредственного измерения. Техническое состояние устанавливается по зазорам в сопряжениях, значениям регулируемых параметров и т. п. Согласно классификации параметров диагностирования измеряемые этим методом параметры образуют подмножество внутренних и выходных параметров. Группа методов по геометрическим параметрам включает в себя методы, оценивающие состояние машины по герметичности рабочих объемов, степени износа цилиндро-поршневой группы компрессора, работоспособности пневматического привода тормозов мобильных раздатчиков кормов путем создания в контролируемом оборудовании избыточного давления или разрежения, а также определяющие интенсивность падения давления (разрежения), что применимо для диагностирования герметичности холодильного контура молокоохладителя.

Структурные параметры, изменяющиеся в процессе эксплуатации машин, оценивают различными диагностическими методами, которые можно объединить в две группы:

- требующие полной или частичной разборки;
- позволяющие без разборки узлов оценить техническое состояние.

Методы первой группы (микрометрирование, искусственные базы, профилографирование и пр.) очень трудоемки. По воздействию на исследуемый объект методы второй группы можно разделить на контактные и бесконтактные. Физические методы основаны на использовании различных физических явлений, сопутствующих работоспособному или неработоспособному состоянию оборудования.

Большое разнообразие разработанных методов диагностирования можно классифицировать:

- на прямые и косвенные; – выполняемые органами чувств человека и инструментальные.

Инструментальные методы в свою очередь можно классифицировать:

- по виду контролируемых физических процессов;
- по принципу работы. Все методы диагностирования разделяют: – по способу определения;

- по виду структурных параметров физических величин;
- по принципу работы оборудования; – по принципу реализации; – по способу получения информации;
- по степени универсальности цели и глубине диагностирования;
- по периодичности и оперативности;
- по средствам диагностирования;
- по способам связи с оборудованием и др.

По характеру взаимодействия между объектом и средством диагностирования различают функциональное и тестовое диагностирование.

Методы диагностирования подразделяют на механические, электрические, электронные. Средства технической диагностики бывают с ручным и программным управлением, автоматизированные и автоматические.

При выборе метода диагностирования большое значение имеют его назначение (для комплексной оценки технического состояния машины или для углубленного диагностирования, направленного на локализацию и устранение выявленной неисправности или отказа), точность диагноза, число диагностируемых машин и т. д.

Механические методы и средства «малой» диагностики наиболее эффективны, если парк диагностируемых машин мал, требования к точности измерения их диагностических параметров не ужесточены и межконтрольные циклы велики. Для большого парка машин наиболее эффективны методы диагностирования, реализуемые в высокопроизводительных и достаточно точных автоматизированных и автоматических системах.

Оптимальным является метод диагностирования, обеспечивающий минимум суммарных издержек на единицу наработки машины (исключение составляют методы, обеспечивающие дополнительные требования к условиям безопасности работы и безотказности).

Наиболее оптимальным является совершенствование конструкций машин с позиций повышения контролепригодности и применения более перспективных методов и средств технической диагностики. В результате сравнения удельных издержек при различных вариантах улучшения конструкции машины и различных методах диагностирования по всем диагностическим параметрам выбирают вариант, обеспечивающий минимум суммарных издержек.



## **2. Организация диагностирования и классификация средств диагностирования для машинного доения коров и первичной обработки молока.**

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 техническое обслуживание можно осуществлять тупиковым или поточным методом. Тупиковый метод применяется в сельскохозяйственных производственных кооперативах (СПК, ОАО и др.) и в райагросервисе, поточный – на станциях технического обслуживания (СТОТ, СТОА, СТОЖ).

Диагностирование организуют по совмещенной или специализированной схеме. Специализированное диагностирование применяется при любом методе технического обслуживания, совмещенное – только при тупиковом. Выбор того или иного вида диагностирования в каждом конкретном случае определяется производственными условиями (особенностями), наличием необходимого оборудования, специалистов по техническому обслуживанию и другими факторами. При совмещенном диагностировании выполняют весь объем работ соответствующего планового технического обслуживания, при специализированном – только контрольно-диагностические операции. Совмещенное диагностирование чаще всего применяют при наличии собственных стационарных звеньев диагностирования в сельскохозяйственных организациях и неполной загрузки их контрольно-диагностическими работами и при отсутствии в организации достаточного количества мастеров-наладчиков.

В сельскохозяйственных кооперативах, на ремонтно-обслуживающих предприятиях создаются посты и участки диагностирования, организуются звенья диагностирования. Стационарные посты диагностирования организуются на СТОТ, СТОА, СТОЖ в ЦРМ и на ПТО организации. Стационарные посты по техническому признаку делятся на тупиковые и проездные.

Классификация средств диагностирования. Основу материальной базы диагностирования составляют диагностические комплекты оборудования, приборов и приспособлений, а также посты и участки диагностирования на

пунктах и станциях технического обслуживания, центральных ремонтных мастерских хозяйств.

Средства диагностирования бывают:

- аппаратные;
- программно-аппаратные;
- программные.

*Аппаратные* бывают внешние и встроенные. Которые в свою очередь подразделяются на *универсальные* и *специализированные*. А они в свою очередь бывают:

- ручные;
- автоматизированные;
- автоматические.

Программные подразделяются на *рабочие* и *испытательные* программы.

Помимо внешних средств диагностирования машин и оборудования в животноводстве, широкое развитие получили встроенные средства «бортового» диагностирования машин, которое получило название «Встроенное диагностирование» и подразделяется оно на:

- предельные автоматы;
- индикаторы (постоянного или периодического действия);
- накопители информации (с выводом на сигнализаторы и с периодическим съемом);
- устройства централизованного съема информации.

Под системой технического диагностирования (контроля) в соответствии с ГОСТ 20911–89 понимается совокупность средств, объекта и исполнителей, необходимая для проведения диагностирования (контроля) по правилам, установленным технической документацией. Системы технического диагностирования могут быть классифицированы по ряду признаков, определяющих их назначение, задачи, структуру и состав технических средств.

По степени охвата объекта диагностирования системы диагностирования могут быть локальными и общими.

По характеру взаимодействия средств диагностирования с объектом диагностирования – системы тестового и рабочего диагностирования.

По используемым средствам различают:

- системы с универсальными средствами диагностирования и контроля объектов различных типов;

– системы со специализированными средствами (стенды, имитаторы и пр.); системы с внешними средствами, расположенными на постах диагностирования;

– системы со встроенными средствами диагностирования, составляющими единое целое с объектом диагностирования.

Эти средства позволяют диагностировать машину в процессе эксплуатации и подразделяются на следующие группы:

– предельные автоматы, прекращающие работу оборудования (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.

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

Автоматизация процессов диагностирования существенно улучшает основные показатели и характеристики систем диагностирования. Автоматизация позволяет сократить время на выдачу результата диагностирования, понизить требования к квалификации операторов-диагностов, а в ряде случаев – отказаться от их услуг, снизить трудоемкость операций диагностирования и повысить достоверность его постановки.

#### **1.4. Тематика реферативных работ**

1. Техническое диагностирование при прогнозировании остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.
2. Классификация методов диагностирования машин и оборудования в животноводстве.
3. Виды прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.
4. Организация диагностирования для прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.
5. Классификация средств диагностирования для прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.
6. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов.
7. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза.
8. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений.
9. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для машинного доения коров и первичной обработки молока

## 2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1. Тематические планы лабораторных занятий

*Для магистрантов очной формы обучения*

Название тем	Затраты времени
1. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов	2
2. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза	2
3. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений	4
4. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для машинного доения коров и первичной обработки молока	8
<b><i>Всего</i></b>	<b><i>16</i></b>

*Для магистрантов заочной формы обучения*

Название тем	Затраты времени
1. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов	0,5
2. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза	0,5
3. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений	0,5
4. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для машинного доения коров и первичной обработки молока	2,5
<b><i>Всего</i></b>	<b><i>4</i></b>

## 2.2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

**Перечень тем, по которым предусмотрены лабораторные работы:**

*Тема 1. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов.*

*Тема 2. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза.*

*Тема 3. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений.*

*Тема 4. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для машинного доения коров и первичной обработки молока*

### *Лабораторная работа № 1.*

**Прогнозирование остаточного ресурса составных частей машин.**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве, отказы которых вызывают процессы накопления повреждений.

**Объекты исследования.** Кормораздатчики для ферм крупного рогатого скота ИСРВ-12, ИСРК-12Г, ПРСК-12.

Водоохлаждающая установка АВ-30; танк-охладитель молока SMZ-40; очиститель-охладитель молока ОМ-1А.

Водоподъемная установка ВУ-5-30; погружной электронасос типа ЭЦВ; автопоилки для крупного рогатого скота (АП-1А, АГК-4, ПАП-180).

Фрагмент скреперного оборудования для навозоудаления ДОНС-1В; насосы для жидкого навоза НЖН-200, АПН-100; установка для транспортирования навоза УТН-10.

Фрагмент доильной установки УДА-12Е с вакуумной насосной станцией СН-60, доильными аппаратами АДУ-1, АДС-24 «Сож», АДС-25, модулем управления доением «Майстар».

Фрагмент доильной установки типа «Елочка» фирмы ИТЕС с модулями управления доением MASdeluxe и автоматом промывки.

**Рабочее задание:** по заданию преподавателя рассчитать и построить номограммы остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве на примере таблиц приведенных в ГОСТе 27.302–86,

*ГОСТе Р 53006–2008 и ОСТе 153-39.4-010–2002, где значения остаточного ресурса нормированы в единицах межконтрольной наработки.*

Для прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве, отказы которых вызывают процессы накопления повреждений, рекомендуется использовать РД 50-490-84 «Методические указания. Техническая диагностика. Методика прогнозирования остаточного ресурса машин и деталей по косвенным параметрам».

Среди параметров технического состояния различают прямые и косвенные параметры.

*Прямой параметр технического состояния* – это параметр технического состояния машины, непосредственно характеризующий конкретное свойство объема или его составной части и определяющий его предельное состояние.

*Косвенный параметр технического состояния* – это параметр технического состояния, связанный с прямым параметром технического состояния детерминированной или стохастической зависимостью, изменяющийся в результате изменения прямых параметров технического состояния.

Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве по косвенным параметрам основано на одновременном выполнении условий:

- известны физические процессы, приводящие к ресурсным отказам, а также математические модели изменения прямых (структурных) и косвенных (диагностических) параметров;

- для каждого прямого параметра технического состояния установлены предельные значения, достижение которых определяет величину ресурса по данному параметру;

- в процессе наблюдения за изменением технического состояния изделия имеется возможность фиксации параметров, отражающих индивидуальные особенности изделия;

- имеется информация о функциональных или регрессионных соотношениях между прямыми и косвенными параметрами технического состояния;

- зависимость между математическими ожиданиями прямых и косвенных параметров технического состояния является монотонной и непрерывной.

Определение остаточного ресурса по косвенным параметрам технического состояния сопровождается, в общем случае, тремя видами погрешностей:

- погрешностями измерения косвенных параметров;
- погрешностями, связанными со случайной природой физических процессов развития отказов;
- методическими погрешностями определения прямых параметров технического состояния по значениям косвенных параметров.

Математическое описание процесса изменения параметра технического состояния  $Y(t)$  (после приработки) основано на аппроксимации каждой реализации данного процесса случайной функцией следующего вида:

$$Y(t) = K e^{-at} + z(t), \quad (1.1)$$

где  $K$  – случайное для группы одноименных составных частей, но неизменное для каждой реализации случайного процесса значение показателя скорости изменения параметра;

$a$  – показатель степени аппроксимирующей функции, характеризующий конструктивные особенности составной части;

$z(t)$  – нормальный стационарный случайный процесс отклонений фактических значений параметра от аппроксимирующей степенной функции каждой реализации процесса  $Y(t)$ .

Статистические характеристики случайного процесса  $z(t)$  при  $t \geq 0,3 T_{cp}$  следующие:

$$M z(t) = 0; \quad (1.2)$$

$$D z(t) = \sigma^2; \quad (1.3)$$

$$K_{zz}(\tau) = \sigma^2 e^{-2a|\tau|}; \quad (1.4)$$

$$K_{zz}(\tau) = \sigma^2 e^{-2a|\tau|}. \quad (1.5)$$

Средний остаточный ресурс составных узлов вычисляют на основе информации об изменении параметра ее технического состояния  $Y_k$  и о наработке  $t_k$  к моменту контроля по приближенной формуле:

$$T_{ост} = \frac{1}{a} \ln \frac{K}{Y_k}. \quad (1.6)$$



При  $\sigma < 0,03 Y_{\text{п}}$  можно не учитывать поправочный коэффициент  $K_t$ .

Точно условный средний остаточный ресурс определяют по формуле:

$$\text{---} \cdot \text{---} \quad (1.7)$$

где  $\text{---}$  — условная вероятность отказа (условие состоит в том, что в момент  $t_k$  значение отклонения параметра составляет  $Y_k$ ).

Для определения остаточного ресурса с заданной вероятностью безотказной работы и оптимального остаточного ресурса используют уравнения, куда входит условная вероятность отказа  $\text{---}$  являющаяся функцией условного распределения остаточного ресурса.

Необходимую точность оценки рекомендуемый метод обеспечивает в том случае, если изменение параметра технического состояния к моменту контроля составляет не менее половины предельного отклонения параметра  $Y_{\text{п}}$  и при соблюдении условия  $t_{\text{ост}} < 0,5t_k$ . При выполнении всех приведенных условий погрешность рекомендуемого метода прогнозирования не превышает 8...9 %.

### ***Лабораторная работа № 2.***

#### **Прогнозирование остаточного ресурса по изменениям контролируемого параметра.**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве по изменениям контролируемого параметра.

**Объекты исследования.** Кормораздатчики для ферм крупного рогатого скота ИСРВ-12, ИСРК-12Г, ПРСК-12.

Водоохлаждающая установка АВ-30; танк-охладитель молока SMZ-40; очиститель-охладитель молока ОМ-1А.

Водоподъемная установка ВУ-5-30; погружной электронасос типа ЭЦВ; автопоилки для крупного рогатого скота (АП-1А, АГК-4, ПАП-180).

Фрагмент скреперного оборудования для навозоудаления ДОНС-1В; насосы для жидкого навоза НЖН-200, АПН-100; установка для транспортирования навоза УТН-10.

*Фрагмент доильной установки УДА-12Е с вакуумной насосной станцией СН-60, доильными аппаратами АДУ-1, АДС-24 «Сож», АДС-25, модулем управления доением «Майстар».*

*Фрагмент доильной установки типа «Елочка» фирмы ИТЕС с модулями управления доением MASdeluxe и автоматом промывки.*

**Рабочее задание:** по заданию преподавателя рассчитать и построить номограммы остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве по изменениям контролируемого параметра.

Среди параметров технического состояния машин и оборудования в животноводстве различают прямые и косвенные параметры.

*Прямой параметр технического состояния* – это параметр технического состояния машины, непосредственно характеризующий конкретное свойство объема или его составной части и определяющий его предельное состояние.

*Косвенный параметр технического состояния* – это параметр технического состояния, связанный с прямым параметром технического состояния детерминированной или стохастической зависимостью, изменяющийся в результате изменения прямых параметров технического состояния.

Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве по косвенным параметрам основано на одновременном выполнении условий:

- известны физические процессы, приводящие к ресурсным отказам, а также математические модели изменения прямых (структурных) и косвенных (диагностических) параметров;

- для каждого прямого параметра технического состояния установлены предельные значения, достижение которых определяет величину ресурса по данному параметру;

- в процессе наблюдения за изменением технического состояния изделия имеется возможность фиксации параметров, отражающих индивидуальные особенности изделия;

- имеется информация о функциональных или регрессионных соотношениях между прямыми и косвенными параметрами технического состояния;

- зависимость между математическими ожиданиями прямых и косвенных параметров технического состояния является монотонной и непрерывной.

Определение остаточного ресурса по косвенным параметрам технического состояния сопровождается, в общем случае, тремя видами погрешностей:

- погрешностями измерения косвенных параметров;
- погрешностями, связанными со случайной природой физических процессов развития отказов;
- методическими погрешностями определения прямых параметров технического состояния по значениям косвенных параметров.

В тех случаях, когда показатели назначения оборудования монотонно изменяются по времени (наработке), а дисперсия показателей не изменяется, для прогнозирования остаточного ресурса может быть использован метод, изложенный в ГОСТ 23942-80.

Правила стандарта разработаны для линейного изменяемого параметра:

$$Y(t) = C_1 + C_2 \cdot t, \quad (2.1)$$

квадратичного изменяемого параметра

$$Y(t) = C_1 + C_2 \cdot t + C_3 \cdot t^2, \quad (2.2)$$

и экспоненциального законов изменения показателя назначения

$$Y(t) = \exp(C_1 + C_2 \cdot t), \quad (2.3)$$

где  $C_1, C_2, C_3$  – неизвестные коэффициенты,

$$t = t_i - t_0, t \geq 0, \quad (2.4)$$

где  $t_0$  – начальное значение наработки узла.

Для использования метода, рекомендованного в ГОСТе, необходимо убедиться в том, что изменение контролируемого параметра подчиняется одному из описанных законов, а его дисперсия не изменится с увеличением наработки узла.

Показатель назначения оценивают по измеренным значениям контролируемого параметра

$$Y_i = F(t_i) + \Delta_i, i=1 \dots N, \quad (2.5)$$

$$t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_N, \quad (2.6)$$

где  $t_i$  – значение наработки в  $i$ -й момент измерения

$\Delta_i$  – неограниченная случайная величина с дисперсией  $D$ , симметрично распределенная относительно математического ожидания, равного нулю, либо симметрично распределенная, ограниченная случайная величина, для которой при всех значениях наработки выполняется условие

$$-\Delta \leq \Delta(t) \leq +\Delta, \quad 0 < \Delta < \infty, \quad (2.7)$$

Число измерений  $N$  выбирают из условия

$$N > 2m, \quad (2.8)$$

где  $m$  – количество неизвестных коэффициентов закона изменения параметра, рекомендуется выбирать  $N \geq 11$ .

Моменты измерения  $t_i$  выбирают таким образом, чтобы случайные величины  $\Delta_i$  были практически независимыми.

Теоретической основой ГОСТ 23942–80 является оценка соответствующих показателей на базе общеизвестного метода наименьших квадратов.

При линейном законе изменения параметра рекомендуется следующий порядок прогнозирования.

1. Проводят  $N$  измерений  $Y_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) контролируемого параметра в определенные моменты времени  $t_i$ .

2. Вычисляют величины:

$$Y_1 = \sum Y_i; \quad Y_2 = \sum t_i Y_i, \quad (2.9)$$

$$X_1 = \sum t_i; \quad X_2 = \sum t_i^2, \quad (2.10)$$

$$D = N \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2; \quad D_{22} = N/D, \quad (2.11)$$

$$D_{11} = \sum t_i / D; \quad D_{12} = D_{21} = - \sum t_i / D; \quad (2.12)$$

где через  $\sum$  обозначают сумму по  $i$  от 1 до  $N$ .

3. Вычисляют точечные оценки коэффициентов:

$$C_1 = Y_1 D_{11} + Y_2 D_{21}; C_2 = Y_1 D_{12} + Y_2 D_{22}, \quad (2.13)$$

4. Вычисляют оценку среднего квадратического отклонения параметра  $\sigma$ ,

$$\frac{\sum (Y_i - C_1 - C_2 t_i)^2}{S}, \quad (2.14)$$

где  $S = \sum (Y_i - C_1 - C_2 t_i)^2$ .

5. Вычисляют средние квадратические отклонения коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$ :

$$\frac{\sum (Y_i - C_1 - C_2 t_i)^2}{S}, \quad (2.15)$$

$$\frac{\sum (Y_i - C_1 - C_2 t_i)^2}{S}, \quad (2.16)$$

6. Вычисляют гарантированные оценки коэффициентов:

$$C_j = C_j \pm K_j \sigma, (j=1;2), (2.17)$$

где (+) берется при возрастающем параметре, (-) – при убывающем;

$$K = 1,282 \text{ (при } \gamma = 0,9\text{);}$$

$$K = 1,6459 \text{ (при } \gamma = 0,95\text{);}$$

$$K = 2,326 \text{ (при } \gamma = 0,99\text{),}$$

где  $\gamma$  – доверительная вероятность.

7. Вычисляют средний (ожидаемый) ресурс

$$\frac{\sum t_k}{n}, \quad (2.18)$$

где  $t_k$  – наработка на момент последнего контроля.

8. Вычисляют гарантированный остаточный ресурс

$$\frac{\sum t_k}{n}, \quad (2.19)$$

### *Лабораторная работа №3.*

#### **Прогнозирование остаточного ресурса при известной наработке от начала эксплуатации**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве при известной наработке от начала эксплуатации.

**Объекты исследования.** Кормораздатчики для ферм крупного рогатого скота ИСРВ-12, ИСРК-12Г, ПРСК-12.

Водоохлаждающая установка АВ-30; танк-охладитель молока SMZ-40; очиститель-охладитель молока ОМ-1А.

Водоподъемная установка ВУ-5-30; погружной электронасос типа ЭЦВ; автопоилки для крупного рогатого скота (АП-1А, АГК-4, ПАП-180).

Фрагмент скреперного оборудования для навозоудаления ДОНС-1В; насосы для жидкого навоза НЖН-200, АПН-100; установка для транспортирования навоза УТН-10.

Фрагмент доильной установки УДА-12Е с вакуумной насосной станцией СН-60, доильными аппаратами АДУ-1, АДС-24 «Сож», АДС-25, модулем управления доением «Майстар».

Фрагмент доильной установки типа «Елочка» фирмы ИТЕС с модулями управления доением MASdeluxe и автоматом промывки.

**Рабочее задание:** по указанию преподавателя рассчитать и построить графики остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве при известной наработке от начала эксплуатации.

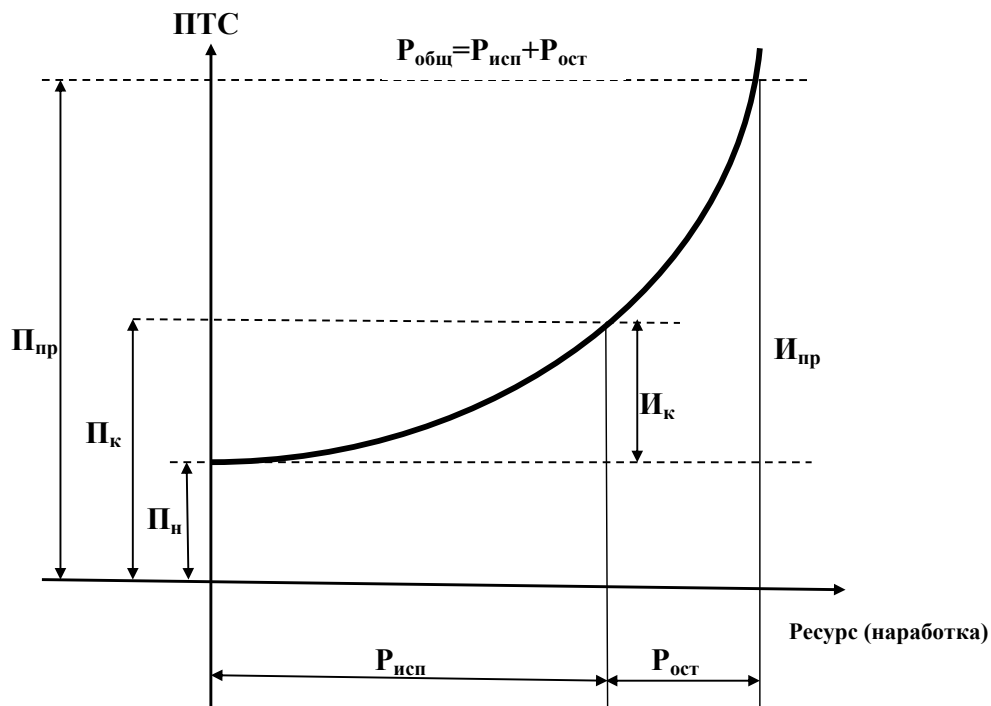
Чтобы определить остаточный ресурс конкретной составной части, мастер-диагност должен располагать исходными данными. Определение остаточного моторесурса машин и оборудования  $P_{ост}$  показано на схеме (рисунок), где закономерность изменения контролируемого параметра представлена кривой.

Изменение значения параметра к моменту контроля или диагностирования можно определить по формуле

$$I_k = P_k - P_n, \quad (3.1)$$

где  $P_k$  и  $P_n$  – значения параметра к моменту контроля на начало эксплуатации машины.

Предельное изменение значения параметра определяется по формуле:



$R_{исп}$  – использованный ресурс к моменту контроля;  $I_k$  – изменение значения параметра к моменту контроля (диагностирования);  $I_{пр}$  – предельное изменение значения параметра;  $R_{ост}$  – остаточный ресурс

Рисунок 3.1 – Схема определения остаточного моторесурса машин и оборудования

$$I_{пр} = \Pi_{пр} - \Pi_n, \quad (3.2)$$

где  $\Pi_{пр}$  – предельное значение параметра машины.

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

$$— \quad (3.3)$$

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

При  $\alpha = 1$  указанная зависимость линейна. При  $\alpha = 1$  выражение определения  $R_{ост}$  примет следующий вид:

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

Значения  $P_{пр}$ ,  $P_{н}$ ,  $\alpha$  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 необходимо сделать замеры соответствующего параметра и знать наработку к моменту замера.

Определение остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве и установление на этой основе времени их безотказной работы позволит сократить число отказов в процессе эксплуатации и увеличить межремонтную наработку.

#### ***Лабораторная работа № 4.***

#### **Прогнозирование остаточного ресурса при неизвестной наработке от начала эксплуатации и при отсутствии данных о наработке с начала эксплуатации до момента диагностирования**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве при неизвестной наработке от начала эксплуатации и при отсутствии данных о наработке с начала эксплуатации до момента диагностирования.

**Объекты исследования.** Кормораздатчики для ферм крупного рогатого скота ИСРВ-12, ИСРК-12Г, ПРСК-12.

Водоохлаждающая установка АВ-30; танк-охладитель молока SMZ-40; очиститель-охладитель молока ОМ-1А.

Водоподъемная установка ВУ-5-30; погружной электронасос типа ЭЦВ; автопоилки для крупного рогатого скота (АП-1А, АГК-4, ПАП-180).

Фрагмент скреперного оборудования для навозоудаления ДОНС-1В; насосы для жидкого навоза НЖН-200, АПН-100; установка для транспортирования навоза УТН-10.

Фрагмент доильной установки УДА-12Е с вакуумной насосной станцией СН-60, доильными аппаратами АДУ-1, АДС-24 «Сож», АДС-25, модулем управления доением «Майстар».

Фрагмент доильной установки типа «Елочка» фирмы ИТЕС с модулями управления доением MASdeluxe и автоматом промывки.



**Рабочее задание:** по указанию преподавателя рассчитать и построить графики остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве при неизвестной наработке от начала эксплуатации при отсутствии данных о наработке с начала эксплуатации до момента диагностирования.

Определение остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве и установление на этой основе времени их безотказной работы позволит сократить число отказов в процессе эксплуатации и увеличить межремонтную наработку.

При прогнозировании остаточного ресурса сведения о наработке отдельных составных частей машины от начала эксплуатации иногда отсутствуют.

В подобных случаях остаточный ресурс определяют по значениям параметров, устанавливаемым при предыдущем и повторном диагностировании, а также наработке  $t_m$  между первым и вторым измерениями.

Изменение параметра от начала эксплуатации до первой и второй проверок определяется по формуле

$$U_1 = \Pi_1 - \Pi_n \text{ и } U_2 = \Pi_2 - \Pi_n, \quad (4.1)$$

где  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  – значения параметра, измеренные при первой и второй проверках технического состояния машины.

В этом случае остаточный ресурс  $t_{ост}$  определяется по формуле

$$, \quad (4.2)$$

где  $R$  – коэффициент, учитывающий темп износа сопряжения (детали) между двумя измерениями (проверками);

– условный остаточный ресурс.

Условный остаточный ресурс

$$\frac{U_1}{R} \text{ и } \frac{U_2}{R}, \quad (4.3)$$

где  $t_m$  – межконтрольная наработка (за время работы между первой и второй проверками).

$$\frac{\overline{\overline{U}}}{\overline{U}} = \frac{\overline{U}}{U}, \quad (4.3)$$

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 время работы между этими измерениями. Предельное и номинальное значения параметра берутся из инструкции по эксплуатации машин.

В большинстве случаев у мастера по диагностике нет сведений о наработке с начала эксплуатации диагностируемого оборудования. Прогнозирование технического состояния возможно и в этом случае. Однако необходимо получить информацию о результатах двух последовательных измерений диагностического параметра и наработке между ними.

Остаточный ресурс при отсутствии данных о наработке с начала эксплуатации до момента диагностирования проводится по методике, описанной выше.

Тогда остаточный ресурс можно оценить по следующей формуле:

$$R_{ост} = R \cdot t'_{ост}, \quad (4.4)$$

где  $R$  – поправочный коэффициент;

ост  $t'_{ост}$  – условный остаточный ресурс оборудования.

Поправочный коэффициент можно рассчитать по формуле

$$R = \frac{\overline{\overline{U}}}{\overline{U}}, \quad (4.5)$$

где  $U''$  и  $U'$  – изменение параметра оборудования и машины, определенные при первом и втором диагностировании.

$$U' = \Pi' - \Pi_n \text{ и } U'' = \Pi'' - \Pi_n, \quad (4.6)$$

где  $\Pi'$  и  $\Pi''$  – значения параметра машины и оборудования при первом и втором диагностировании.

Тогда остаточный ресурс можно определить по следующей формуле:

$$\frac{t_d}{\Pi'} - \frac{t_d}{\Pi''} = \dots, \quad (4.7)$$

где  $t_d$  – наработка машины между проверками.

Таким образом, для определения остаточного ресурса при отсутствии данных о наработке с начала эксплуатации до момента диагностирования необходимо определить изменение параметра машин и оборудования, определенных при диагностировании, а также знать наработку машины между проверками.

### ***Лабораторная работа № 5.***

#### **Прогнозирование остаточного ресурса оборудования, имеющего циклический характер работы**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве имеющего циклический характер работы.

**Объекты исследования.** Кормораздатчики для ферм крупного рогатого скота ИСРВ-12, ИСРК-12Г, ПРСК-12.

**Рабочее задание:** по указанию преподавателя рассчитать и построить графики остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве имеющего циклический характер работы.

Возможность прогнозирования величины остаточного ресурса обеспечивается при одновременном наличии следующих условий:

- на основании обследования известны параметры технического состояния машин и оборудования;
- известны определяющие параметры технического состояния, изменяющиеся соответственно выявленному механизму повреждения элементов машины;
- известны критерии предельного состояния машины, достижение предельных значений которых возможно при развитии выявленных дефектов.

На основе анализа существующих методов в оценке остаточного ресурса машин и оборудования, сложившихся на сегодняшний день, можно выделить несколько направлений.

Одним из них является прогнозирование остаточного ресурса оборудования, имеющего циклический характер работы.

Основой этого метода принят постулат о базовом числе рабочих циклов оборудования, в рамках которого напряжения в оборудовании не превышают предел выносливости ( $\sigma R$ ).

Метод принят для оценки остаточного ресурса грузоподъемного оборудования, но может быть применен и для машин и оборудования в животноводстве, имеющих циклический характер работы (*смесители кормов*).

Оценка остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве с использованием в расчетах рабочих циклов нагружения.

Основа метода заключается в расчете общего количества рабочих циклов, выполненных оборудованием за весь период эксплуатации машины, и сравнения этой величины с нормативным количеством рабочих циклов согласно паспортным данным рассматриваемой машины.

Для этого в соответствии с ИСО 4301/1–86 определяют класс использования механизма и режим его нагружения.

Класс использования  $U_i$  определяется в зависимости от максимального числа рабочих циклов  $N_{\phi}$ , выполненных машиной за весь период ее эксплуатации.

$$N_{\phi} = C_c \cdot D_r \cdot Y_k, \quad (5.1)$$

где  $C_c$  – среднесуточное число циклов работы машины;

$D_r$  – число рабочих дней в году;

$Y_k$  – фактический срок службы машины.

Режим нагружения  $Q_i$  связан с числом загрузки машины кормовыми компонентами определенной массы, выраженной в долях вместимости машины.

Он определяется в зависимости от коэффициента распределения нагрузок  $K_p$  для оборудования, рассчитываемого по формуле:

$$\text{---} \text{---} , \quad (5.2)$$

где  $P_i$  – значение масс отдельных компонентов (уровни нагрузок) при типичном применении оборудования, кг;

$P_{\max}$  – масса наибольшего компонента, кг;

$C_i$  – среднее число циклов работы с частным уровнем массы кормовых компонентов,  $C_i = C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ , кг;

$C_t$  – число циклов работы с массой кормовой смеси.

Зная группу классификации (режима) работы машины в целом (берется из паспорта оборудования), имеем максимальное количество рабочих циклов, которые может выполнить данная машина  $N_n$ .

Тогда ресурс рассматриваемой машины по количеству циклов нагружения определяется по формуле

$$N_{\text{ост}} = N_n - N_{\phi}, \quad (5.3)$$

Оценка остаточного ресурса машин и оборудования с использованием в расчетах часов наработки.

Суть метода заключается в расчете общего количества часов, отработанных оборудованием за весь период эксплуатации машины, и сравнения этой величины с нормативным количеством часов работы согласно данным производителя о нормативном сроке службы оборудования.

Класс использования  $T_i$  механизма характеризуется предполагаемой общей продолжительностью эксплуатации в часах  $X_{\phi}$ .

Максимальную общую продолжительность эксплуатации определяют исходя из предполагаемого среднего суточного времени использования в часах, числа рабочих дней в году и ожидаемого срока службы в годах.

Для классификации установлено под временем работы механизма время, в течение которого данный механизм находился в рабочем процессе.

$$X_{\phi} = Y_n \cdot Z_T, \quad (5.4)$$

где  $Z_T$  – число часов, отработанных оборудованием в году, ч;

$Y_n$  – нормативный срок службы оборудования, ч.

Режим нагружения  $L_i$  связан с числом рабочих циклов оборудования определенной массы, выраженной в долях вместимости оборудования.

Он определяется в зависимости от коэффициента распределения нагрузок  $K_m$  и рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{---} \text{---} , \quad (5.5)$$

где  $t_i$  – средняя продолжительность использования оборудования при частных уровнях нагрузки –  $P_i$ , ч;

$t_T$  – общая продолжительность при всех частных уровнях нагрузки, ч;

$P_i$  – значение масс отдельных компонентов при применении данного оборудования;

$P_{\max}$  – значение наибольшей нагрузки, приложенной к механизму.

Зная группу классификации машины в целом (берется из паспорта установки), имеем максимальное количество часов наработки, которые может выполнить оборудование ( $X_H$ ).

Тогда ресурс машины по количеству часов наработки определится по формуле:

$$X_{\text{ост.норм}} = Y_H \cdot Z_{\Phi}, \quad (5.6)$$

где  $X_H$  – максимальное количество часов наработки, которое может выполнить оборудование, ч;

$X_{\Phi}$  – фактическое количество часов наработки данным оборудованием, ч.

### **Лабораторная работа № 6.**

#### **Прогнозирование остаточного ресурса оборудования, по параметрам технического состояния**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве по параметрам технического состояния.

**Объекты исследования.** Фрагмент скреперного оборудования для навозоудаления ДОНС-1В; насосы для жидкого навоза НЖН-200, АПН-100; установка для транспортирования навоза УТН-10.

**Рабочее задание:** по указанию преподавателя рассчитать и построить графики остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве по параметрам технического состояния.

Большая часть механических и технологических отказов проявляется постепенно в изменении одного или нескольких параметров. Контролируемыми параметрами могут быть как непосредственно измеряемые величины повреждений (глубина коррозии, износ детали), так и рабочие параметры оборудования (производительность, скорость, давление) и другие эксплуатационные показатели, параметры вибрации, шума и т. д.

В соответствии с ГОСТ 27.002–89 отказом оборудования считается нарушение его работоспособного состояния. Остаточным ресурсом называют запас возможной наработки оборудования от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние, в течение которого обеспечивается соответствие, требованиям НТД всех его основных технико-эксплуатационных показателей и показателей безопасности.

Оценка остаточного ресурса оборудования по параметрам коррозии. Данный метод оценки удобно применять к оборудованию для уборки и утилизации навоза, так как оно работает в условиях коррозионной среды или подвергается абразивному износу. Поскольку различные участки поверхности металла при эксплуатации могут подвергаться различной интенсивности коррозии (износа), то полученные данные необходимо проверить на однородность.

Для этого последовательно проверяют выборки на однородность по критерию Стьюдента. Коэффициент вариации глубины коррозии по поверхности определяют по формуле

$$v = \frac{\sigma}{h}, \quad (6.1)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра;  
 $h$  – средняя глубина коррозии, мм.

Величина коэффициента вариации  $v$  ориентировочно может быть выбрана: – при малой неравномерности коррозии (износа)  $v \leq 0,2$ ;  
– при значительной коррозии  $v = 0,3–0,5$ ;  
– при сильной коррозии  $v \geq 0,5$ .

Доверительную вероятность  $\gamma$  выбирают не менее 0,90, максимальную допустимую относительную ошибку  $\Delta = 0,10$ .

По известному значению  $v$  по справочнику выбирают значения параметров распределения Вейбулла  $b$  и  $K_b$ .

По средней глубине коррозии (износа) определяют значение параметра масштаба

$$\text{---}, \quad (6.2)$$

Максимальную вероятную глубину коррозии (износа) на всей поверхности, подлежащей обследованию, определяют расчетом по формуле

$$\text{---}, \quad (6.3)$$

где  $\gamma$  – требуемая достоверность оценки;

$F$  – площадь поверхности, подлежащая обследованию,  $\text{м}^2$ ;

$F_0$  – площадь поверхности, приходящаяся на одно измерение,  $\text{м}^2$ .

Прогнозирование остаточного срока службы оборудования вычисляют на основании расчета остаточного срока службы основных его элементов и определения минимального значения этой величины:

$$\text{---}, \quad (6.4)$$

Остаточный срок службы детали оборудования оценивают по формуле

$$\text{---}, \quad (6.5)$$

где  $\delta^i$  – средняя толщина  $i$ -го элемента, мм;

$[\delta]_m^i$  – минимально допустимая толщина  $i$ -го элемента, мм;

– средняя скорость коррозии (износа)  $i$ -го элемента, мм/год;

$$\text{---}, \quad (6.6)$$

где  $h_i$  – средняя глубина коррозии (износа)  $i$ -го элемента, мм;



$T_i$  – время эксплуатации оборудования, лет.

Скорость коррозии (износа) детали может значительно отличаться от средней величины.

Тогда с учетом разброса:

$$, \quad (6.6)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий разброс скоростей коррозии (износа). При  $v = 0,2$  получают  $\alpha = 0,88$ ,  
при  $v = 0,5$  получают  $\alpha = 0,575$ ,  
при  $v = 0$  получают  $\alpha = 1$ .

Максимальную скорость коррозии (износа) можно определить из зависимости:

$$, \quad (6.7)$$

Минимальная допустимая толщина деталей оборудования принимается с учетом показателей прочности и устойчивости.

Тогда остаточный срок оборудования по критерию повреждений, связанных с коррозией и износом, определяется по формуле

$$\text{—————}, \quad (6.8)$$

Оценка остаточного ресурса оборудования по параметрам повреждаемости.

Данный метод используется в случаях, когда спрогнозировать остаточный ресурс по одному из деградиационных процессов (сплошной коррозии, изнашиванию, ползучести) не представляется возможным.

Данный метод предполагает укрупненную дефектовку узлов оборудования, подвергаемого диагностированию методами разрушающего и неразрушающего контроля с последующей экспертной оценкой их состояния.

Общая оценка поврежденности конструкций оборудования производится по формуле

$$\text{---}, \quad (6.9)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$  – коэффициенты «весомости» отдельных узлов оборудования;

$p_1, p_2, \dots, p_i$  – максимальные величины износа отдельных узлов оборудования, мм;

$K_{д1}, K_{д2}, \dots, K_{ди}$  – коэффициенты долговечности детали (узла) оборудования.

Частные величины износа  $P_i$  для разных деталей (узлов) оборудования определяются по формуле

$$\text{---}, \quad (6.10)$$

где  $\gamma_i$  – удельный вес детали (узла) в изделии, %;

$p_i$  – износ детали (узла), %.

Частные коэффициенты долговечности для разных узлов оборудования определяются по формуле

$$\text{---}, \quad (6.11)$$

где  $a$  – количество одноименных элементов в оборудовании;

$Q_{\text{реал. норм}}$  – количество реально выполненного оборудованием объема работ за нормативный срок эксплуатации (масса утилизированного (переработанного) навоза, перевезенного груза, объем перемещенного груза и т. п.);

$N_{\text{ср}}$  – средняя норма смены элементов.

Относительная оценка поврежденности оборудования производится по формуле

$$, \quad (6.12)$$

Постоянная износа определяется по данным обследования:

$$\text{---}, \quad (6.13)$$

где  $t_{\text{ф}}$  – срок службы на момент проведения экспертизы, год.

Срок службы оборудования определяется (в годах) по формуле

$$\text{---}, \quad (6.14)$$

где  $K_{\text{бр}}$  – коэффициент вероятности безаварийной работы.

Окончательно остаточный ресурс оборудования (лет) по параметрам повреждаемости будет равен:

$$, \quad (6.15)$$

где  $T_{\text{пост. норм}}$  – количество времени, которое оборудование отработало по истечению нормативного срока службы, лет;

$K_{\text{восст}}$  – коэффициент восстановления оборудования вследствие ремонтов. Определяется в процессе экспертного обследования по фактическому состоянию оборудования,  $K_{\text{восст}} = 1,0\text{--}2,0$ .

### ***Лабораторная работа №7.***

#### **Прогнозирование остаточного ресурса оборудования, по параметрам производительности.**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве по параметрам производительности.

**Объекты исследования.** Кормораздатчики для ферм крупного рогатого скота ИСРВ-12, ИСРК-12Г, ПРСК-12.

Водоохлаждающая установка АВ-30; танк-охладитель молока SMZ-40; очиститель-охладитель молока ОМ-1А.

Водоподъемная установка ВУ-5-30; погружной электронасос типа ЭЦВ; автопоилки для крупного рогатого скота (АП-1А, АГК-4, ПАП-180).

Фрагмент скреперного оборудования для навозоудаления ДОНС-1В; насосы для жидкого навоза НЖН-200, АПН-100; установка для транспортирования навоза УТН-10.

Фрагмент доильной установки УДА-12Е с вакуумной насосной станцией СН-60, доильными аппаратами АДУ-1, АДС-24 «Сож», АДС-25, модулем управления доением «Майстар».

Фрагмент доильной установки типа «Елочка» фирмы ИТЕС с модулями управления доением MASdeluxe и автоматом промывки.

**Рабочее задание:** по указанию преподавателя рассчитать и построить графики остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве по параметрам производительности.

Данный метод подходит для оборудования с известными, паспортными, характеристиками производительности.

Данные производительности того или иного вида оборудования берутся из его паспорта или по данным завода-изготовителя оборудования.

Обслуживание оборудования производилось своевременно согласно рекомендациям «Руководства по эксплуатации».

Вначале рассчитывается проектное (паспортное) количество реально выполненного оборудованием объема работ за год ( $Q_{\text{пр./год}}$ ), исходя из  $t$  часовой смены эксплуатации (масса смешанного корма, измельченного корма, объем перемещенного материала и т. п.).

$$\text{_____}, \quad (7.1)$$

Далее рассчитывается количество реально выполненного оборудованием объема работ ( $Q_{\text{пр./норм}}$ ) за нормативный срок эксплуатации оборудования ( $T_{\text{норм}}$ ).

$$\text{_____}, \quad (7.2)$$

Количество объема работ, не использованное оборудованием за нормативный срок эксплуатации:

$$, \quad (7.3)$$

Для расчета остаточного ресурса вычисляем отношение между не использованным оборудованием объемом работ и реальным объемом, выполненным оборудованием за год.

$$\frac{\quad}{\quad}, \quad (7.4)$$

Окончательно остаточный ресурс будет равен:

$$, \quad (7.5)$$

где  $T_{\text{пост. норм}}$  – количество времени, которое оборудование отработало по истечению нормативного срока службы.

При расчете остаточного ресурса по параметрам производительности принимается, что в период нормативного срока эксплуатации оборудование работало с примерно одинаковой производительностью, не превышающей паспортные данные.

### ***Лабораторная работа №8.***

#### **Прогнозирование остаточного ресурса оборудования, по параметрам наработки**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве по параметрам наработки.

**Объекты исследования.** Танк-охладитель молока SMZ-40; очиститель-охладитель молока OM-1A.

Фрагмент доильной установки УДА-12Е с вакуумной насосной станцией СН-60, доильными аппаратами АДУ-1, АДС-24 «Сож», АДС-25, модулем управления доением «Майстар».

Фрагмент доильной установки типа «Елочка» фирмы ИТЕС с модулями управления доением MASdeluxe и автоматом промывки.

**Рабочее задание:** по указанию преподавателя рассчитать и построить графики остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве по параметрам наработки.

Это наиболее простой метод оценки остаточного ресурса, который возможно применять для оборудования животноводческих ферм непрерывного действия (запарники кормов, доильные установки, пастеризаторы молока и др.).

Он основывается на допущении, что такое оборудование должно эксплуатироваться непрерывно весь нормативный срок эксплуатации согласно рекомендациям «Руководства по эксплуатации» и других документов на предприятии, регламентирующих порядок обслуживания и ремонта данного оборудования.

Сравнивая время наработки оборудования за нормативный срок эксплуатации, согласно условиям непрерывной работы – наибольшее проектное число рабочих часов ( $T_{\text{макс. пр.}}$ ) и количество фактически отработанных часов ( $T_{\text{факт}}$ ), – получаем время, при котором оборудование не использовалось ( $T_{\text{остат}}$ ).

Проектное число рабочих часов определяется по формуле

$$T_{\text{остат}} = T_{\text{макс. пр.}} - T_{\text{факт}}, \quad (8.1)$$

где  $C_c$  – количество часов в сутках, ч;

$D_r$  – количество рабочих дней в году, дн.;

$Y_k$  – нормативный срок службы оборудования, лет.

Максимально возможное нормативное число рабочих часов с учетом выполненных восстановительных ремонтов и режимов работы

$$T_{\text{макс. пр.}} = C_c \cdot D_r \cdot Y_k \cdot K_{\text{восст}}, \quad (8.2)$$

где  $K_{\text{восст}}$  – коэффициент восстановления оборудования вследствие ремонтов.

Определяется в процессе экспертного обследования по фактическому состоянию оборудования,  $K_{\text{восст}} = 1,0-2,0$ .

$P_{\text{пасп}}$  – наибольший паспортный параметр оборудования, характеризующий его рабочий процесс (скорость, давление, температура и т. п.);

$P_{\text{факт}}$  – наибольший фактический параметр оборудования, характеризующий его рабочий процесс (скорость, давление, температура и т. п.).

Количество фактически отработанных часов компрессора с учетом коэффициента использования

$$, \quad (8.3)$$

где  $K_{\text{исп}}$  – коэффициент использования оборудования;

$Y_{\text{факт}}$  – фактический срок службы оборудования.

Количество часов, которые не использованы оборудованием, определяется по формуле

$$, \quad (8.4)$$

Остаточный ресурс определяется как отношение между неиспользованным количеством часов и количеством часов работы оборудования за год.

$$\text{—————}, \quad (8.5)$$

Исходя из опыта экспертного обследования достаточно большого числа различного оборудования, эксплуатируемого на животноводческих фермах и комплексах, можно сделать достаточно уверенный вывод о том, что оборудование используется на предприятиях не с полной нагрузкой и не используется определенное количество времени.

## 2.3. Тематические планы практических занятий

### *Для магистрантов очной формы обучения*

Название тем	Затраты времени
1. Классификация методов диагностирования машин и оборудования в животноводстве	1
2. Виды прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	1
3. Организация и классификация средств диагностирования для прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	2
4. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов	2
5. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза	2
6. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений	2
7. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для машинного доения коров и первичной обработки молока	6
<b><i>Всего</i></b>	<b><i>16</i></b>

### *Для магистрантов заочной формы обучения*

Название тем	Затраты времени
1. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов	0,5
2. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза	1
3. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений	0,5
4. Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для машинного доения коров и первичной обработки молока	2
<b><i>Всего</i></b>	<b><i>4</i></b>



## 2.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### Перечень тем, по которым предусмотрены практические работы:

**Тема 1.** Классификация методов диагностирования машин и оборудования в животноводстве.

**Тема 2.** Виды прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.

**Тема 3.** Организация и классификация средств диагностирования для прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.

**Тема 4.** Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов.

**Тема 5.** Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза.

**Тема 6.** Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений.

**Тема 7.** Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для машинного доения коров и первичной обработки молока.

### **Занятие 1. Прогнозирование остаточного ресурса составных частей машин.**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве, отказы которых вызывают процессы накопления повреждений.

**Рабочее задание:** рассчитать и построить номограммы остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве на примере таблиц приведенных в ГОСТе 27.302–86, ГОСТе Р 53006–2008 и ОСТе 153-39.4-010–2002, где значения остаточного ресурса нормированы в единицах межконтрольной наработки.

Для прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве, отказы которых вызывают процессы накопления повреждений, рекомендуется использовать РД 50-490-84 «Методические

указания. Техническая диагностика. Методика прогнозирования остаточного ресурса машин и деталей по косвенным параметрам».

Среди параметров технического состояния различают прямые и косвенные параметры.

*Прямой параметр технического состояния* – это параметр технического состояния машины, непосредственно характеризующий конкретное свойство объема или его составной части и определяющий его предельное состояние.

*Косвенный параметр технического состояния* – это параметр технического состояния, связанный с прямым параметром технического состояния детерминированной или стохастической зависимостью, изменяющийся в результате изменения прямых параметров технического состояния.

Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве по косвенным параметрам основано на одновременном выполнении условий:

- известны физические процессы, приводящие к ресурсным отказам, а также математические модели изменения прямых (структурных) и косвенных (диагностических) параметров;

- для каждого прямого параметра технического состояния установлены предельные значения, достижение которых определяет величину ресурса по данному параметру;

- в процессе наблюдения за изменением технического состояния изделия имеется возможность фиксации параметров, отражающих индивидуальные особенности изделия;

- имеется информация о функциональных или регрессионных соотношениях между прямыми и косвенными параметрами технического состояния;

- зависимость между математическими ожиданиями прямых и косвенных параметров технического состояния является монотонной и непрерывной.

Определение остаточного ресурса по косвенным параметрам технического состояния сопровождается, в общем случае, тремя видами погрешностей:

- погрешностями измерения косвенных параметров;
- погрешностями, связанными со случайной природой физических процессов развития отказов;

– методическими погрешностями определения прямых параметров технического состояния по значениям косвенных параметров.

Математическое описание процесса изменения параметра технического состояния  $Y(t)$  (после приработки) основано на аппроксимации каждой реализации данного процесса случайной функцией следующего вида:

$$Y(t) = K e^{-at} + z(t), \quad (1.1)$$

где  $K$  – случайное для группы одноименных составных частей, но неизменное для каждой реализации случайного процесса значение показателя скорости изменения параметра;

$a$  – показатель степени аппроксимирующей функции, характеризующий конструктивные особенности составной части;

$z(t)$  – нормальный стационарный случайный процесс отклонений фактических значений параметра от аппроксимирующей степенной функции каждой реализации процесса  $Y(t)$ .

Статистические характеристики случайного процесса  $z(t)$  при  $t \geq 0,3 T_{cp}$  следующие:

$$M\{z(t)\} = 0; \quad (1.2)$$

$$D\{z(t)\} = \sigma^2; \quad (1.3)$$

$$R\{z(t)\} = \sigma^2 e^{-\lambda t}; \quad (1.4)$$

$$\lambda = \frac{1}{T_{cp}}. \quad (1.5)$$

Средний остаточный ресурс составных узлов вычисляют на основе информации об изменении параметра ее технического состояния  $Y_k$  и о наработке  $t_k$  к моменту контроля по приближенной формуле:

$$T_{ост} = \frac{1}{a} \left( 1 - e^{-a t_k} \right). \quad (1.6)$$

При  $\sigma < 0,03 Y_n$  можно не учитывать поправочный коэффициент  $K_t$ .

Точно условный средний остаточный ресурс определяют по формуле:

$$T_{ост} = \frac{1}{a} \left( 1 - e^{-a t_k} \right) K_t, \quad (1.7)$$

где  $\dots$  — условная вероятность отказа (условие состоит в том, что в момент  $t_k$  значение отклонения параметра составляет  $Y_k$ ).

Для определения остаточного ресурса с заданной вероятностью безотказной работы и оптимального остаточного ресурса используют уравнения, куда входит условная вероятность отказа  $\dots$  являющаяся функцией условного распределения остаточного ресурса.

Необходимую точность оценки рекомендуемый метод обеспечивает в том случае, если изменение параметра технического состояния к моменту контроля составляет не менее половины предельного отклонения параметра  $Y_n$  и при соблюдении условия  $t_{ост} < 0,5t_k$ . При выполнении всех приведенных условий погрешность рекомендуемого метода прогнозирования не превышает 8...9 %.

## **Занятие2. Прогнозирование остаточного ресурса по изменениям контролируемого параметра.**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве по изменениям контролируемого параметра.

**Рабочее задание:** рассчитать и построить номограммы остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве по изменениям контролируемого параметра.

Среди параметров технического состояния машин и оборудования в животноводстве различают прямые и косвенные параметры.

*Прямой параметр технического состояния* – это параметр технического состояния машины, непосредственно характеризующий конкретное свойство объема или его составной части и определяющий его предельное состояние.

*Косвенный параметр технического состояния* – это параметр технического состояния, связанный с прямым параметром технического состояния детерминированной или стохастической зависимостью, изменяющийся в результате изменения прямых параметров технического состояния.

Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве по косвенным параметрам основано на одновременном выполнении условий:

- известны физические процессы, приводящие к ресурсным отказам, а также математические модели изменения прямых (структурных) и косвенных (диагностических) параметров;

- для каждого прямого параметра технического состояния установлены предельные значения, достижение которых определяет величину ресурса по данному параметру;

- в процессе наблюдения за изменением технического состояния изделия имеется возможность фиксации параметров, отражающих индивидуальные особенности изделия;

- имеется информация о функциональных или регрессионных соотношениях между прямыми и косвенными параметрами технического состояния;

- зависимость между математическими ожиданиями прямых и косвенных параметров технического состояния является монотонной и непрерывной.

Определение остаточного ресурса по косвенным параметрам технического состояния сопровождается, в общем случае, тремя видами погрешностей:

- погрешностями измерения косвенных параметров;
- погрешностями, связанными со случайной природой физических процессов развития отказов;
- методическими погрешностями определения прямых параметров технического состояния по значениям косвенных параметров.

В тех случаях, когда показатели назначения оборудования монотонно изменяются по времени (наработке), а дисперсия показателей не изменяется, для прогнозирования остаточного ресурса может быть использован метод, изложенный в ГОСТ 23942-80.

Правила стандарта разработаны для линейного изменяемого параметра:

$$Y(t) = C_1 + C_2 \cdot t, \quad (2.1)$$

квадратичного изменяемого параметра

$$Y(t) = C_1 + C_2 \cdot t + C_3 \cdot t, \quad (2.2)$$

и экспоненциального законов изменения показателя назначения

$$Y(t) = \exp(C_1 + C_2 \cdot t), \quad (2.3)$$

где  $C_1, C_2, C_3$  – неизвестные коэффициенты,

$$t = t_i - t_0, t \geq 0, \quad (2.4)$$

где  $t_0$  – начальное значение наработки узла.

Для использования метода, рекомендованного в ГОСТе, необходимо убедиться в том, что изменение контролируемого параметра подчиняется одному из описанных законов, а его дисперсия не изменится с увеличением наработки узла.

Показатель назначения оценивают по измеренным значениям контролируемого параметра

$$Y_i = F(t_i) + \Delta i, i=1 \dots N, \quad (2.5)$$

$$t_i \leq t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_N, \quad (2.6)$$

где  $t_i$  – значение наработки в  $i$ -й момент измерения

$\Delta i$  – неограниченная случайная величина с дисперсией  $D$ , симметрично распределенная относительно математического ожидания, равного нулю, либо симметрично распределенная, ограниченная случайная величина, для которой при всех значениях наработки выполняется условие

$$-\Delta \leq \Delta(t) \leq +\Delta, \quad 0 < \Delta < \infty, \quad (2.7)$$

Число измерений  $N$  выбирают из условия

$$N > 2m, \quad (2.8)$$

где  $m$  – количество неизвестных коэффициентов закона изменения параметра, рекомендуется выбирать  $N \geq 11$ .

Моменты измерения  $t_i$  выбирают таким образом, чтобы случайные величины  $\Delta_i$  были практически независимыми.

Теоретической основой ГОСТ 23942–80 является оценка соответствующих показателей на базе общеизвестного метода наименьших квадратов.

При линейном законе изменения параметра рекомендуется следующий порядок прогнозирования.

1. Проводят  $N$  измерений  $Y_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) контролируемого параметра в определенные моменты времени  $t_i$ .

2. Вычисляют величины:

$$Y_1 = \sum Y_i; Y_2 = \sum t_i Y_i, \quad (2.9)$$

$$X_1 = \sum t_i; X_2 = \sum t_i^2, \quad (2.10)$$

$$D = N \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2; D_{22} = N/D, \quad (2.11)$$

$$D_{11} = \sum t_i/D; D_{12} = D_{21} = -\sum t_i/D, \quad (2.12)$$

где через  $\sum$  обозначают сумму по  $i$  от 1 до  $N$ .

3. Вычисляют точечные оценки коэффициентов:

$$C_1 = Y_1 D_{11} + Y_2 D_{21}; C_2 = Y_1 D_{12} + Y_2 D_{22}, \quad (2.13)$$

4. Вычисляют оценку среднего квадратического отклонения параметра  $\sigma$ ,

$$\sigma = \sqrt{\frac{S}{N}}, \quad (2.14)$$

где  $S = \sum (Y_i - C_1 - C_2 t_i)^2$ .

5. Вычисляют средние квадратические отклонения коэффициентов  $C_1$  и  $C_2$ :

$$\sigma_{C_1} = \frac{\sigma}{D_{11}}, \quad \sigma_{C_2} = \frac{\sigma}{D_{22}}, \quad (2.15)$$

$$\text{---}, \quad (2.16)$$

6. Вычисляют гарантированные оценки коэффициентов:

$$C_j = C_j \pm K_j \sigma, (j=1;2), \quad (2.17)$$

где (+) берется при возрастающем параметре, (-) – при убывающем;

$$K = 1,282 \text{ (при } \gamma = 0,9\text{);}$$

$$K = 1,6459 \text{ (при } \gamma = 0,95\text{);}$$

$$K = 2,326 \text{ (при } \gamma = 0,99\text{),}$$

где  $\gamma$  – доверительная вероятность.

7. Вычисляют средний (ожидаемый) ресурс

$$\text{---}, \quad (2.18)$$

где  $t_k$  – наработка на момент последнего контроля.

8. Вычисляют гарантированный остаточный ресурс

$$\text{---}, \quad (2.19)$$

### **Занятие 3. Прогнозирование остаточного ресурса при известной наработке от начала эксплуатации**

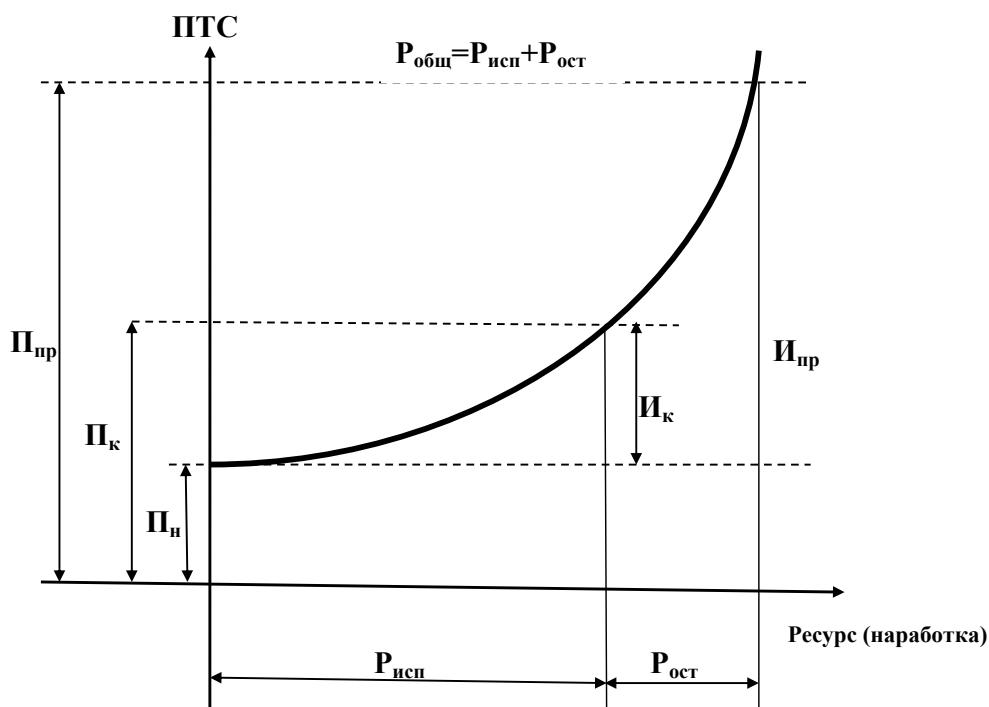
**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве при известной наработке от начала эксплуатации.

**Рабочее задание:** рассчитать и построить графики остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве при известной наработке от начала эксплуатации.

Чтобы определить остаточный ресурс конкретной составной части, мастер-диагност должен располагать исходными данными. Определение остаточного моторесурса машин и оборудования  $P_{ост}$  показано на схеме



(рисунок), где закономерность изменения контролируемого параметра представлена кривой.



$R_{исп}$  – использованный ресурс к моменту контроля;  $I_k$  – изменение значения параметра к моменту контроля (диагностирования);  $I_{пр}$  – предельное изменение значения параметра;  $R_{ост}$  – остаточный ресурс

Рисунок 3.1 – Схема определения остаточного моторесурса машин и оборудования

Изменение значения параметра к моменту контроля или диагностирования можно определить по формуле

$$I_k = \Pi_k - \Pi_n, \quad (3.1)$$

где  $\Pi_k$  и  $\Pi_n$  – значения параметра к моменту контроля на начало эксплуатации машины.

Предельное изменение значения параметра определяется по формуле:

$$I_{пр} = \Pi_{пр} - \Pi_n, \quad (3.2)$$

где  $\Pi_{пр}$  – предельное значение параметра машины.

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

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

При  $\alpha = 1$  указанная зависимость линейна. При  $\alpha = 1$  выражение определения  $P_{ост}$  примет следующий вид:

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

Значения  $P_{пр}$ ,  $P_{н}$ ,  $\alpha$  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 необходимо сделать замеры соответствующего параметра и знать наработку к моменту замера.

Определение остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве и установление на этой основе времени их безотказной работы позволит сократить число отказов в процессе эксплуатации и увеличить межремонтную наработку.

#### **Занятие 4. Прогнозирование остаточного ресурса при неизвестной наработке от начала эксплуатации и при отсутствии данных о наработке с начала эксплуатации до момента диагностирования**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве при неизвестной наработке от начала эксплуатации и при отсутствии данных о наработке с начала эксплуатации до момента диагностирования.

**Рабочее задание:** рассчитать и построить графики остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве при неизвестной наработке от начала эксплуатации при отсутствии данных о наработке с начала эксплуатации до момента диагностирования.

Определение остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве и установление на этой основе времени их безотказной работы позволит сократить число отказов в процессе эксплуатации и увеличить межремонтную наработку.

При прогнозировании остаточного ресурса сведения о наработке отдельных составных частей машины от начала эксплуатации иногда отсутствуют.

В подобных случаях остаточный ресурс определяют по значениям параметров, устанавливаемым при предыдущем и повторном диагностировании, а также наработке  $t_m$  между первым и вторым измерениями.

Изменение параметра от начала эксплуатации до первой и второй проверок определяется по формуле

$$U_1 = \Pi_1 - \Pi_n \text{ и } U_2 = \Pi_2 - \Pi_n, \quad (4.1)$$

где  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  – значения параметра, измеренные при первой и второй проверках технического состояния машины.

В этом случае остаточный ресурс  $t_{ост}$  определяется по формуле

$$, \quad (4.2)$$

где  $R$  – коэффициент, учитывающий темп износа сопряжения (детали) между двумя измерениями (проверками);

– условный остаточный ресурс.

Условный остаточный ресурс

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \text{ ,} \quad (4.3)$$

где  $t_m$  – межконтрольная наработка (за время работы между первой и второй проверками).

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \frac{\text{---}}{\text{---}} \text{ ,} \quad (4.3)$$

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 время работы между этими измерениями. Предельное и номинальное значения параметра берутся из инструкции по эксплуатации машин.

В большинстве случаев у мастера по диагностике нет сведений о наработке с начала эксплуатации диагностируемого оборудования. Прогнозирование технического состояния возможно и в этом случае. Однако необходимо получить информацию о результатах двух последовательных измерений диагностического параметра и наработке между ними.

Остаточный ресурс при отсутствии данных о наработке с начала эксплуатации до момента диагностирования проводится по методике, описанной выше.

Тогда остаточный ресурс можно оценить по следующей формуле:

$$, \tag{4.4}$$

где  $R$  – поправочный коэффициент;

ост  $t'_{\text{ост}}$  – условный остаточный ресурс оборудования.

Поправочный коэффициент можно рассчитать по формуле

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \tag{4.5}$$

где  $U''$  и  $U'$  – изменение параметра оборудования и машины, определенные при первом и втором диагностировании.

$$U' = \Pi' - \Pi_n \text{ и } U'' = \Pi'' - \Pi_n, \tag{4.6}$$

где  $\Pi'$  и  $\Pi''$  – значения параметра машины и оборудования при первом и втором диагностировании.

Тогда остаточный ресурс можно определить по следующей формуле:

$$\frac{\text{---}}{\text{---}}, \tag{4.7}$$

где  $t_d$  – наработка машины между проверками.

Таким образом, для определения остаточного ресурса при отсутствии данных о наработке с начала эксплуатации до момента диагностирования необходимо определить изменение параметра машин и оборудования, определенных при диагностировании, а также знать наработку машины между проверками.

### **Занятие 5. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования, имеющего циклический характер работы**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве имеющего циклический характер работы.

**Рабочее задание:** рассчитать и построить графики остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве имеющего циклический характер работы.

Возможность прогнозирования величины остаточного ресурса обеспечивается при одновременном наличии следующих условий:

- на основании обследования известны параметры технического состояния машин и оборудования;
- известны определяющие параметры технического состояния, изменяющиеся соответственно выявленному механизму повреждения элементов машины;
- известны критерии предельного состояния машины, достижение предельных значений которых возможно при развитии выявленных дефектов.

На основе анализа существующих методов в оценке остаточного ресурса машин и оборудования, сложившихся на сегодняшний день, можно выделить несколько направлений.

Одним из них является прогнозирование остаточного ресурса оборудования, имеющего циклический характер работы.

Основой этого метода принят постулат о базовом числе рабочих циклов оборудования, в рамках которого напряжения в оборудовании не превышают предел выносливости ( $\sigma_R$ ).

Метод принят для оценки остаточного ресурса грузоподъемного оборудования, но может быть применен и для машин и оборудования в животноводстве, имеющих циклический характер работы (*смесители кормов*).

Оценка остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве с использованием в расчетах рабочих циклов нагружения.

Основа метода заключается в расчете общего количества рабочих циклов, выполненных оборудованием за весь период эксплуатации машины, и сравнения этой величины с нормативным количеством рабочих циклов согласно паспортным данным рассматриваемой машины.

Для этого в соответствии с ИСО 4301/1–86 определяют класс использования механизма и режим его нагружения.

Класс использования  $U_i$  определяется в зависимости от максимального числа рабочих циклов  $N_{\phi}$ , выполненных машиной за весь период ее эксплуатации.

$$N_{\phi} = C_c \cdot D_r \cdot Y_k, \quad (5.1)$$

где  $C_c$  – среднесуточное число циклов работы машины;

$D_r$  – число рабочих дней в году;

$Y_k$  – фактический срок службы машины.

Режим нагружения  $Q_i$  связан с числом загрузки машины кормовыми компонентами определенной массы, выраженной в долях вместимости машины.

Он определяется в зависимости от коэффициента распределения нагрузок  $K_p$  для оборудования, рассчитываемого по формуле:

$$\text{---} \text{---} , \quad (5.2)$$

где  $P_i$  – значение масс отдельных компонентов (уровни нагрузок) при типичном применении оборудования, кг;

$P_{\max}$  – масса наибольшего компонента, кг;

$C_i$  – среднее число циклов работы с частным уровнем массы кормовых компонентов,  $C_i = C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ , кг;

$C_t$  – число циклов работы с массой кормовой смеси.

Зная группу классификации (режима) работы машины в целом (берется из паспорта оборудования), имеем максимальное количество рабочих циклов, которые может выполнить данная машина  $N_n$ .

Тогда ресурс рассматриваемой машины по количеству циклов нагружения определяется по формуле

$$N_{\text{ост}} = N_n - N_{\phi}, \quad (5.3)$$

Оценка остаточного ресурса машин и оборудования с использованием в расчетах часов наработки.

Суть метода заключается в расчете общего количества часов, отработанных оборудованием за весь период эксплуатации машины, и сравнения этой величины с нормативным количеством часов работы согласно данным производителя о нормативном сроке службы оборудования.

Класс использования  $T_i$  механизма характеризуется предполагаемой общей продолжительностью эксплуатации в часах  $X_{\phi}$ .

Максимальную общую продолжительность эксплуатации определяют исходя из предполагаемого среднего суточного времени использования в часах, числа рабочих дней в году и ожидаемого срока службы в годах.

Для классификации установлено под временем работы механизма время, в течение которого данный механизм находился в рабочем процессе.

$$X_{\phi} = Y_n \cdot Z_{\Gamma}, \quad (5.4)$$

где  $Z_{\Gamma}$  – число часов, отработанных оборудованием в году, ч;

$Y_n$  – нормативный срок службы оборудования, ч.

Режим нагружения  $L_i$  связан с числом рабочих циклов оборудования определенной массы, выраженной в долях вместимости оборудования.

Он определяется в зависимости от коэффициента распределения нагрузок  $K_m$  и рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{---} \text{---} , \quad (5.5)$$

где  $t_i$  – средняя продолжительность использования оборудования при частных уровнях нагрузки –  $P_i$ , ч;

$t_T$  – общая продолжительность при всех частных уровнях нагрузки, ч;  
 $P_i$  – значение масс отдельных компонентов при применении данного оборудования;

$P_{\max}$  – значение наибольшей нагрузки, приложенной к механизму.

Зная группу классификации машины в целом (берется из паспорта установки), имеем максимальное количество часов наработки, которые может выполнить оборудование ( $X_H$ ).

Тогда ресурс машины по количеству часов наработки определится по формуле:

$$X_{\text{ост.норм}} = Y_H \cdot Z_{\Phi}, \quad (5.6)$$

где  $X_H$  – максимальное количество часов наработки, которое может выполнить оборудование, ч;

$X_{\Phi}$  – фактическое количество часов наработки данным оборудованием, ч.

### **Занятиеб. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования, по параметрам технического состояния**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве по параметрам технического состояния.

**Рабочее задание:** рассчитать и построить графики остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве по параметрам технического состояния.

Большая часть механических и технологических отказов проявляется постепенно в изменении одного или нескольких параметров. Контролируемыми параметрами могут быть как непосредственно измеряемые величины повреждений (глубина коррозии, износ детали), так и рабочие параметры оборудования (производительность, скорость, давление) и другие эксплуатационные показатели, параметры вибрации, шума и т. д.

В соответствии с ГОСТ 27.002–89 отказом оборудования считается нарушение его работоспособного состояния. Остаточным ресурсом называют запас возможной наработки оборудования от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние, в течение



которого обеспечивается соответствие, требованиям НТД всех его основных технико-эксплуатационных показателей и показателей безопасности.

Оценка остаточного ресурса оборудования по параметрам коррозии. Данный метод оценки удобно применять к оборудованию для уборки и утилизации навоза, так как оно работает в условиях коррозионной среды или подвергается абразивному износу. Поскольку различные участки поверхности металла при эксплуатации могут подвергаться различной интенсивности коррозии (износа), то полученные данные необходимо проверить на однородность.

Для этого последовательно проверяют выборки на однородность по критерию Стьюдента. Коэффициент вариации глубины коррозии по поверхности определяют по формуле

$$v = \frac{\sigma}{h}, \quad (6.1)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение контролируемого параметра;  
 $h$  – средняя глубина коррозии, мм.

Величина коэффициента вариации  $v$  ориентировочно может быть выбрана: – при малой неравномерности коррозии (износа)  $v \leq 0,2$ ;  
– при значительной коррозии  $v = 0,3-0,5$ ;  
– при сильной коррозии  $v \geq 0,5$ .

Доверительную вероятность  $\gamma$  выбирают не менее 0,90, максимальную допустимую относительную ошибку  $\Delta - 0,10$ .

По известному значению  $v$  по справочнику выбирают значения параметров распределения Вейбулла  $b$  и  $K_b$ .

По средней глубине коррозии (износа) определяют значение параметра масштаба

$$h = \frac{K_b}{v}, \quad (6.2)$$

Максимальную вероятную глубину коррозии (износа) на всей поверхности, подлежащей обследованию, определяют расчетом по формуле

$$\frac{F}{F_0} \geq \gamma, \quad (6.3)$$

где  $\gamma$  – требуемая достоверность оценки;

$F$  – площадь поверхности, подлежащая обследованию, м<sup>2</sup>;

$F_0$  – площадь поверхности, приходящаяся на одно измерение, м<sup>2</sup>.

Прогнозирование остаточного срока службы оборудования вычисляют на основании расчета остаточного срока службы основных его элементов и определения минимального значения этой величины:

$$T_i = \frac{\delta^i - [\delta]_m}{v_i}, \quad (6.4)$$

Остаточный срок службы детали оборудования оценивают по формуле

$$T_i = \frac{\delta^i - [\delta]_m}{v_i}, \quad (6.5)$$

где  $\delta^i$  – средняя толщина  $i$ -го элемента, мм;

$[\delta]_m^i$  – минимально допустимая толщина  $i$ -го элемента, мм;

$v_i$  – средняя скорость коррозии (износа)  $i$ -го элемента, мм/год;

$$T_i = \frac{\delta^i - [\delta]_m^i}{v_i}, \quad (6.6)$$

где  $h_i$  – средняя глубина коррозии (износа)  $i$ -го элемента, мм;

$T_i$  – время эксплуатации оборудования, лет.

Скорость коррозии (износа) детали может значительно отличаться от средней величины.

Тогда с учетом разброса:

$$T_i = \frac{\delta^i - [\delta]_m^i}{\alpha v_i}, \quad (6.6)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий разброс скоростей коррозии (износа). При  $v = 0,2$  получают  $\alpha = 0,88$ ,

при  $v = 0,5$  получают  $\alpha = 0,575$ ,

при  $v = 0$  получают  $\alpha = 1$ .

Максимальную скорость коррозии (износа) можно определить из зависимости:

$$, \quad (6.7)$$

Минимальная допустимая толщина деталей оборудования принимается с учетом показателей прочности и устойчивости.

Тогда остаточный срок оборудования по критерию повреждений, связанных с коррозией и износом, определяется по формуле

$$\text{—————}, \quad (6.8)$$

Оценка остаточного ресурса оборудования по параметрам повреждаемости.

Данный метод используется в случаях, когда спрогнозировать остаточный ресурс по одному из деградиционных процессов (сплошной коррозии, изнашиванию, ползучести) не представляется возможным.

Данный метод предполагает укрупненную дефектовку узлов оборудования, подвергаемого диагностированию методами разрушающего и неразрушающего контроля с последующей экспертной оценкой их состояния.

Общая оценка поврежденности конструкций оборудования производится по формуле

$$\text{—————}, \quad (6.9)$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$  — коэффициенты «весомости» отдельных узлов оборудования;

$p_1, p_2, \dots, p_i$  — максимальные величины износа отдельных узлов оборудования, мм;

$K_{д1}, K_{д2}, \dots, K_{ди}$  — коэффициенты долговечности детали (узла) оборудования.

Частные величины износа  $P_i$  для разных деталей (узлов) оборудования определяются по формуле

$$\text{---}, \quad (6.10)$$

где  $\gamma_i$  – удельный вес детали (узла) в изделии, %;

$p_i$  – износ детали (узла), %.

Частные коэффициенты долговечности для разных узлов оборудования определяются по формуле

$$\text{---}, \quad (6.11)$$

где  $a$  – количество одноименных элементов в оборудовании;

$Q_{\text{реал. норм}}$  – количество реально выполненного оборудованием объема работ за нормативный срок эксплуатации (масса утилизированного (переработанного) навоза, перевезенного груза, объем перемещенного груза и т. п.);

$N_{\text{ср}}$  – средняя норма смены элементов.

Относительная оценка поврежденности оборудования производится по формуле

$$\text{---}, \quad (6.12)$$

Постоянная износа определяется по данным обследования:

$$\text{---}, \quad (6.13)$$

где  $t_{\text{ф}}$  – срок службы на момент проведения экспертизы, год.

Срок службы оборудования определяется (в годах) по формуле

$$\text{---}, \quad (6.14)$$

где  $K_{бр}$  – коэффициент вероятности безаварийной работы.

Окончательно остаточный ресурс оборудования (лет) по параметрам повреждаемости будет равен:

$$\text{---}, \quad (6.15)$$

где  $T_{\text{пост. норм}}$  – количество времени, которое оборудование отработало по истечению нормативного срока службы, лет;

$K_{\text{восст}}$  – коэффициент восстановления оборудования вследствие ремонтов. Определяется в процессе экспертного обследования по фактическому состоянию оборудования,  $K_{\text{восст}} = 1,0\text{--}2,0$ .

### **Занятие 7. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования, по параметрам производительности.**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве по параметрам производительности.

**Рабочее задание:** рассчитать и построить графики остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве по параметрам производительности.

Данный метод подходит для оборудования с известными, паспортными, характеристиками производительности.

Данные производительности того или иного вида оборудования берутся из его паспорта или по данным завода-изготовителя оборудования.

Обслуживание оборудования производилось своевременно согласно рекомендациям «Руководства по эксплуатации».

Вначале рассчитывается проектное (паспортное) количество реально выполненного оборудованием объема работ за год ( $Q_{\text{пр./год}}$ ), исходя из  $t$  часовой смены эксплуатации (масса смешанного корма, измельченного корма, объем перемещенного материала и т. п.).

$$\text{---}, \quad (7.1)$$

Далее рассчитывается количество реально выполненного оборудованием объема работ ( $Q_{\text{пр./норм}}$ ) за нормативный срок эксплуатации оборудования ( $T_{\text{норм}}$ ).

$$, \quad (7.2)$$

Количество объема работ, не использованное оборудованием за нормативный срок эксплуатации:

$$, \quad (7.3)$$

Для расчета остаточного ресурса вычисляем отношение между не использованным оборудованием объемом работ и реальным объемом, выполненным оборудованием за год.

$$\text{---}, \quad (7.4)$$

Окончательно остаточный ресурс будет равен:

$$, \quad (7.5)$$

где  $T_{\text{пост. норм}}$  – количество времени, которое оборудование отработало по истечению нормативного срока службы.

При расчете остаточного ресурса по параметрам производительности принимается, что в период нормативного срока эксплуатации оборудование работало с примерно одинаковой производительностью, не превышающей паспортные данные.

## **Занятие 8. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования, по параметрам наработки**

**Цель занятия:** спрогнозировать остаточный ресурс машин и оборудования в животноводстве по параметрам наработки.

**Рабочее задание:** рассчитать и построить графики остаточного ресурса для машины или оборудования в животноводстве по параметрам наработки.

Это наиболее простой метод оценки остаточного ресурса, который возможно применять для оборудования животноводческих ферм непрерывного действия (запарники кормов, доильные установки, пастеризаторы молока и др.).

Он основывается на допущении, что такое оборудование должно эксплуатироваться непрерывно весь нормативный срок эксплуатации согласно рекомендациям «Руководства по эксплуатации» и других документов на предприятии, регламентирующих порядок обслуживания и ремонта данного оборудования.

Сравнивая время наработки оборудования за нормативный срок эксплуатации, согласно условиям непрерывной работы – наибольшее проектное число рабочих часов ( $T_{\text{макс. пр.}}$ ) и количество фактически отработанных часов ( $T_{\text{факт}}$ ), – получаем время, при котором оборудование не использовалось ( $T_{\text{остат}}$ ).

Проектное число рабочих часов определяется по формуле

$$T_{\text{остат}} = T_{\text{макс. пр.}} - T_{\text{факт}}, \quad (8.1)$$

где  $C_c$  – количество часов в сутках, ч;

$D_r$  – количество рабочих дней в году, дн.;

$Y_k$  – нормативный срок службы оборудования, лет.

Максимально возможное нормативное число рабочих часов с учетом выполненных восстановительных ремонтов и режимов работы

$$T_{\text{макс. пр.}} = C_c \cdot D_r \cdot Y_k, \quad (8.2)$$

где  $K_{\text{восст}}$  – коэффициент восстановления оборудования вследствие ремонтов.

Определяется в процессе экспертного обследования по фактическому состоянию оборудования,  $K_{\text{восст}} = 1,0–2,0$ .

$P_{\text{пасп}}$  – наибольший паспортный параметр оборудования, характеризующий его рабочий процесс (скорость, давление, температура и т. п.);

$P_{\text{факт}}$  – наибольший фактический параметр оборудования, характеризующий его рабочий процесс (скорость, давление, температура и т. п.).

Количество фактически отработанных часов компрессора с учетом коэффициента использования

$$, \quad (8.3)$$

где  $K_{\text{исп}}$  – коэффициент использования оборудования;

$Y_{\text{факт}}$  – фактический срок службы оборудования.

Количество часов, которые не использованы оборудованием, определяется по формуле

$$, \quad (8.4)$$

Остаточный ресурс определяется как отношение между неиспользованным количеством часов и количеством часов работы оборудования за год.

$$\text{—————}, \quad (8.5)$$

Исходя из опыта экспертного обследования достаточно большого числа различного оборудования, эксплуатируемого на животноводческих фермах и комплексах, можно сделать достаточно уверенный вывод о том, что оборудование используется на предприятиях не с полной нагрузкой и не используется определенное количество времени.



### **3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ**

#### **3.1. Контрольные вопросы к зачету**

1. Классификация методов диагностирования машин и оборудования в животноводстве.
2. Виды прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.
3. Организация и классификация средств диагностирования для прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.
4. Техническое диагностирование при прогнозировании остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.
5. Определение изменения состояния машин и оборудования в животноводстве с момента изготовления до исчерпания ресурса.
6. Определение остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве и степени их готовности к выполнения технологических операций.
7. Прогнозирование остаточного ресурса по известной наработке с начала эксплуатации машин и оборудования в животноводстве.
8. Определение остаточного ресурса составной части машины или оборудования в животноводстве.
9. Построение схемы прогнозирования остаточного ресурса при известной наработке с начала эксплуатации составной части машины или оборудования в животноводстве.
10. Определение закономерности изменения контролируемого параметра при эксплуатации составной части машины или оборудования в животноводстве.
11. Прогнозирование остаточного ресурса при неизвестной наработке с начала эксплуатации составной части машины или оборудования в животноводстве.
12. Построение схемы прогнозирования остаточного ресурса при неизвестной наработке с начала эксплуатации составной части машины или оборудования
13. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса мобильных раздатчиков кормов.
14. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса технических средств для уборки навоза из помещений.
15. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса технических средств для поения животных и птицы.
16. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса систем микроклимата помещений для содержания животных и птицы.
17. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса вакуумной системы доильных установок используемых при привязном содержании животных.

18. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса вакуумной системы доильных установок используемых при беспривязном содержании животных.
19. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса доильных аппаратов.
20. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса оборудования для первичной обработки молока.

### 3.2. Критерии оценки знаний студентов

Оценка итоговых приобретенных компетенций магистрантами по учебной дисциплине *«Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве»* специальности 1-74 80 05 Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции проводится в форме **зачета** с использованием следующих критериев:

#### **Зачтено:**

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве»;
- использование необходимой научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках, учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой учреждения высшего образования по учебной дисциплине;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- активная самостоятельная работа на практических занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

#### **Не зачтено:**

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта высшего образования;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными, логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- пассивность на лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.
- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта высшего образования;
- неумение использовать научную терминологию учебной дисциплины, наличие в ответе грубых, логических ошибок;
- отказ от ответа, неявка на аттестацию без уважительной причины.

**Форма контроля знаний – зачет в устной форме.**

**Учреждение образования «Белорусская государственная орденов  
Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Первый проректор академии  
**А. В. Колмыков**  
« 27.08 » \_\_\_\_\_ 2019 г.  
Исторический № УД-М-362-19 уч.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО  
РЕСУРСА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ  
В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности**

**1-74 80 05 Техническое обеспечение производства  
сельскохозяйственной продукции**

2019 г.

Учебная программа составлена в соответствии с образовательным стандартом высшего образования второй ступени по специальности 1-74 80 05 «Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции» (ОСВО-1-74 80 05 – 2019), учебными планами МД-74-05-6-19у от 27.03.2019, МЗ-74-05-6-19у от 27.03.2019.

### **СОСТАВИТЕЛЬ**

С.И. КОЗЛОВ, доцент кафедры механизации животноводства и электрификации сельскохозяйственного производства учреждения образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», кандидат технических наук, доцент.

### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

В. И. КОЦУБА, заведующий кафедрой технического сервиса и общеинженерных дисциплин учреждения образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», кандидат технических наук, доцент.

О.В. ГОРДЕЕНКО, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин учреждения образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», кандидат технических наук, доцент.

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ УЧЕБНОЙ:**

Кафедрой механизации животноводства и электрификации сельскохозяйственного производства учреждения образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (протокол № 3от25.10.2019).

Методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства учреждения образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (протокол № 3от25.11.2019).

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (протокол № 3от27.11.2019).

Ответственный за выпуск: С.И. Козлов

Ответственный за редакцию: С.И. Козлов

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Животноводство является одной из основных отраслей сельского хозяйства Республики Беларусь, которая обеспечивает население страны биологически полноценными продуктами питания, снабжает промышленность кожей, шерстью и другим сырьем. Освоение магистрантами материала учебной дисциплины «Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве» позволит получить необходимые знания и навыки в инновационной оценке остаточного ресурса сельскохозяйственной техники.

**Цель учебной дисциплины** – формирование у магистрантов системы теоретических знаний, навыков и профессиональных (специальных) компетенций в области инновационных оценок остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.

**Задачи учебной дисциплины:**

– изучение методов организационно-экономической оценки машин и оборудования в животноводстве;

– изучение современных методов и приобретение практических навыков оценки остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве;

– ознакомление с инновационными направлениями развития оценки остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве;

– подготовка магистранта к самостоятельной работе в учреждениях образования при преподавании учебных дисциплин, предусматривающих освоение обучающимися инновационных оценок остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве.

Подготовка магистранта специальности 1-74 80 05 Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции в рамках изучения учебной дисциплины «Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве» должна обеспечивать формирование следующей специальной компетенции *СК-5* – владеть современными методами оценки технического состояния и осуществлять прогнозирование остаточного ресурса сельскохозяйственных машин и оборудования с использованием инновационных методов и средств диагностирования.

Компетенция формируется во время всех видов занятий: на лекциях, практических и лабораторных занятиях, в процессе самостоятельной работы магистрантов, при написании выпускной квалификационной работы. Этапы освоения компетенции связаны с увеличением доли самостоятельности магистранта в организации того или иного вида работы.

Учебная дисциплина «Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве» базируется на знаниях, полученных при изучении учебных на первой ступени высшего образования дисциплин: «Машины и оборудование в животноводстве», «Технологии и техническое обеспечение производства продукции животноводства», «Оптимизация параметров и режимов работы машин и оборудования в животноводстве» на второй ступени высшего образования.

Знания полученные при изучении данной дисциплины потребуются при дальнейшем изучении учебных дисциплин «Интеллектуальные технические системы в животноводстве», «Перспективные методы и технические средства испытания машин и оборудования», «Методы оценки технического уровня машин и оборудования», «Прогнозирование остаточного ресурса мобильных энергетических средств».

**Общее количество часов и количество аудиторных часов, отводимое на изучение учебной дисциплины.**

В соответствии с учебными планами, на изучение учебной дисциплины «Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве» предусмотрено следующее распределение учебного времени: для дневной формы получения образования – всего 120 часов (3 зачетные единицы), в том числе 48 аудиторных часов и 72 часа самостоятельной работы магистрантов; для заочной формы получения образования – всего 120 часов (3 зачетные единицы), в том числе 12 аудиторных часов и 108 часов самостоятельной работы магистрантов.

#### **Распределение аудиторного времени**

№ п/п	Форма получения образования	Курс	Семестр	Количество аудиторных часов			
				всего	в том числе		
					лекции	лабораторные	практические
1	Дневная	1	2	48	16	16	16
2	Заочная	2	3	12	4	4	4

**Форма текущей аттестации – зачет.**

## **2 СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **2.1 Введение. Техническое диагностирование при прогнозировании остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве**

Содержание учебной дисциплины «Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве», задачи и объем изучения, ее место среди других дисциплин. Технологические особенности эксплуатации машин и оборудования в животноводстве. Задачи диагностирования при прогнозировании остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве. Основные термины и понятия в области диагностирования. Роль и место диагностирования машин и оборудования в животноводстве при их технической эксплуатации.

### **2.2 Классификация методов диагностирования машин и оборудования в животноводстве**

Характер и физическая сущность распознаваемых признаков и измеряемых параметров технического состояния машин и оборудования в животноводстве. Используемые физические процессы и скорость их протекания. Применение диагностических средств. Периоды диагностирования машин и оборудования в животноводстве. Инструментальные (объективные) и органолептические (субъективные), функциональные и ресурсные методы диагностирования. Методы диагностирования машин и оборудования в животноводстве по физическому принципу. Диагностические параметры.

### **2.3 Виды прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве**

Прогнозирование остаточного ресурса по известной наработке с начала эксплуатации. Остаточный ресурс составной части машины или оборудования в животноводстве. Определение закономерности изменения контролируемого параметра. Прогнозирование остаточного ресурса при неизвестной наработке с начала эксплуатации. Схема прогнозирования остаточного ресурса при неизвестной наработке с начала эксплуатации составной части машины или оборудования.



## **2.4 Организация и классификация средств диагностирования для прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве**

Схемы диагностирования машин и оборудования в животноводстве. Специализированное и совмещенное диагностирование. Посты, участки и звенья диагностирования машин и оборудования в животноводстве. Диагностические комплекты оборудования, приборы и приспособления. Классифицирующие признаки средств диагностирования машин и оборудования в животноводстве: назначение, степень автоматизации, характер конструкции, возможность приема информации, исполнение, степень обхвата и приспособленность к множеству диагностируемых объектов, состояние объекта диагностирования, измеряемые величины: статистические или статические и динамические.

## **2.5 Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов**

Диагностирование, средства диагностики и прогнозирование остаточного ресурса: технических средств для выемки силоса и сенажа из хранилищ, мобильных кормораздатчиков, кормовых станций, в т. ч. в составе роботизированных доильных установок, для индивидуальной выдачи концентрированных кормов животным, оборудования для приготовления и раздачи концентрированных кормов, автоматических линий для приготовления и раздачи кормов крупному рогатому скоту с координатными и стационарными кормораздатчиками.

## **2.6 Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза**

Диагностирование, средства диагностики и прогнозирование остаточного ресурса: технических средств для уборки навоза и помета из помещений и транспортирования его в хранилища, оборудования для разделения навоза на фракции, биогазовой установки, биогазового комплекса с когенерационной установкой, установок для регенерации подстилочного материала методом аэробной биоферментации.

## **2.7 Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений**

Диагностирование, средства диагностики и прогнозирование остаточного ресурса: водоподъемной машины, водопроводной сети, оборудования для водоподготовки, автопоилок для животных и птицы, систем подогрева воды в индивидуальных и групповых автопоилках для крупного рогатого скота, водонагревателей, систем вентиляции, отопления и кондиционирования животноводческих помещений, систем автоматического управления процессом поддержания оптимальных параметров микроклимата в помещениях для содержания животных и птицы, систем искусственного освещения.

## **2.8 Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для машинного доения коров и первичной обработки молока**

Диагностирование, средства диагностики и прогнозирование остаточного ресурса: систем доильной установки: вакуумной, транспортирования молока, промывки и дезинфекции молочной линии, доильных аппаратов, роботизированных установок для добровольного доения коров, вакуумных насосных станций и различных типов вакуумных насосов: водокольцевого, пластинчато-роторного, роторно-кулачкового, магистральных фильтров, фильтров тонкой очистки молока, центробежных очистителей, пластинчатых и коаксиальных теплообменных аппаратов для молока, танков-охладителей молока с непосредственным охлаждением, с аккумулятором льда, предварительными проточными охладителями молока, холодильной машины, рекуперационных теплообменных аппаратов, линий первичной обработки молока при использовании роботизированных установок для добровольного доения коров.

### 3 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ КАРТЫ

#### 3.1 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

«Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве»  
 Форма получения образования очная

№ п.п.	Название разделов	Всего аудиторных часов	В том числе			Количество часов СР	Форма контроля знаний	Иное
			лекции	лабораторные	практические			
1	Техническое диагностирование при прогнозировании остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	2	2	–	-	8	3	
2	Классификация методов диагностирования машин и оборудования в животноводстве	3	2	-	1	8	ЗПР, 3	
3	Виды прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	3	2	-	1	8	ЗПР, 3	
4	Организация и классификация средств диагностирования для прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	4	2	-	2	8	ЗПР, 3	
5	Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов	6	2	2	2	10	ЗЛР, ЗПР, 3	
6	Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза	6	2	2	2	10	ЗЛР, ЗПР, 3	
7	Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений	8	2	4	2	10	ЗЛР, ЗПР, 3	
8	Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для машинного доения коров и первичной обработки молока	16	2	8	6	10	ЗЛР, ЗПР, 3	
<b>В с е г о</b>		48	16	16	16	72	3	

Примечание: ЗЛР – защита лабораторной работы; ЗПР – защита практической работы;  
 3 – сдача зачета.

### 3.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

«Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве»

Форма получения образования заочная

№ п.п.	Название разделов	Всего аудиторных часов	в том числе			Количество часов СР	Форма контроля знаний	Иное
			лекции	лабораторные	практические			
1	Техническое диагностирование при прогнозировании остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	0,25	0,25	–	-	12	3	
2	Классификация методов диагностирования машин и оборудования в животноводстве	0,25	0,25	-	-	12	3	
3	Виды прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	0,25	0,25	-	-	12	3	
4	Организация и классификация средств диагностирования для прогнозирования остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве	0,25	0,25	-	-	12	3	
5	Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для приготовления и раздачи кормов	1,5	0,5	0,5	0,5	14	ЗЛР, ЗПР, 3	
6	Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для уборки, удаления, переработки и утилизации навоза	2,25	0,75	0,5	1	14	ЗЛР, ЗПР, 3	
7	Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для автопоения животных, систем микроклимата животноводческих помещений	1,75	0,75	0,5	0,5	16	ЗЛР, ЗПР, 3	
8	Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования для машинного доения коров и первичной обработки молока	5,5	1	2,5	2	16	ЗЛР, ЗПР, 3	
<b>В с е г о</b>		12	4	4	4	108	3	

Примечание: ЗЛР – защита лабораторной работы; ЗПР – защита практической работы;  
3 – сдача зачета.

## 4 ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1 Литература

#### *Основная:*

1. Прейсман, В. И. Основы надежности сельскохозяйственной техники / В. И. Прейсман. – 2-е изд., доп. и перераб. – Киев: Выща школа, 1988. – 247 с.
2. Сухарев, Э. А. Эксплуатационная надежность машин: теория, методология, моделирование: учебное пособие / Э. А. Сухарев. – Ровно: НУВХП, 2006. – 191 с.
3. Надежность технических систем: курс лекций / Белорусский государственный аграрный технический университет; сост.: В. С. Ивашко, В. В. Кураш, П. Е. Круглый. – Минск, 2003. – 153 с.
4. Карташевич, А. Н. Техническое диагностирование машин: лекция / А. Н. Карташевич, Г. Н. Сапьяник, А. Ф. Скадорва; Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. - Горки, 2009. - 31 с
5. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник / А. Д. Ананьин [и др.]. - М.: Академия, 2008. - 429 с.

#### *Дополнительная:*

1. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник для студентов учреждений высшего образования по специальностям "Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства", "Ремонтно-обслуживающее производство в сельском хозяйстве", "Метрология, стандартизация и сертификация" / А. В. Новиков [и др.] ; ред. А. В. Новиков. - Минск : ИВЦ Минфина, 2013. - 340 с
2. Техническое обеспечение процессов в животноводстве. / В. К. Гриб [и др.]; под ред. В. К. Гриба. – Минск: Беларуская навука, 2004. – 831 с.
3. Рекомендации по техническому сервису доильного оборудования/Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, РУП «НПЦ Беларуси по механизации сельского хозяйства»; подгот.; С.К. Карпович [и др.]; под общ. ред.С.К. Карповича. – Минск: БГАТУ,2015.– 124с.
4. Передня, В. И. Технические средства для приготовления и раздачи кормов на фермах крупного рогатого скота / В. И. Передня, А. В. Китун ; Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по механизации сельского хозяйства. – Минск : Беларуская навука, 2014. – 140с.
5. Техническое обеспечение процессов в животноводстве : учебное пособие / Д. Ф. Кольга [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2013. – 575 с.
6. Китун, А. В. Организационно-экономическая оценка машин и машинных технологий в животноводстве и птицеводстве : учебно-методическое пособие / А. В. Китун, И. П. Бусел, В. И. Передня. – Минск, 2008. – 123 с.

7. Трубилов, А. К. Графические методы обработки информации по надежности машин : методические указания к лабораторной работе / А. К. Трубилов. - Горки, 2014. - 28 с.

#### **4.2 Примерный перечень лабораторных работ**

21. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса мобильных раздатчиков кормов.

22. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса технических средств для уборки навоза из помещений.

23. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса технических средств для поения животных и птицы.

24. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса систем микроклимата помещений для содержания животных и птицы.

25. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса вакуумной системы доильных установок используемых при привязном содержании животных.

26. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса вакуумной системы доильных установок используемых при беспривязном содержании животных.

27. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса доильных аппаратов.

28. Диагностирование и прогнозирование остаточного ресурса оборудования для первичной обработки молока.

#### **4.3 Примерный перечень тем практических занятий**

1. Определение изменения состояния машин и оборудования в животноводстве с момента изготовления до исчерпания ресурса.

2. Определение остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве и степени их готовности к выполнения технологических операций.

3. Прогнозирование остаточного ресурса по известной наработке с начала эксплуатации машин и оборудования в животноводстве.

4. Определение остаточного ресурса составной части машины или оборудования в животноводстве.

5. Построение схемы прогнозирования остаточного ресурса при известной наработке с начала эксплуатации составной части машины или оборудования в животноводстве.

6. Определение закономерности изменения контролируемого параметра при эксплуатации составной части машины или оборудования в животноводстве.

7. Прогнозирование остаточного ресурса при неизвестной наработке с начала эксплуатации составной части машины или оборудования в животноводстве.

8. Построение схемы прогнозирования остаточного ресурса при неизвестной наработке с начала эксплуатации составной части машины или оборудования

#### **4.3 Материально-техническое обеспечение лабораторных и практических занятий**

Кормораздатчики для ферм крупного рогатого скота ИСРВ-12, ИСРК-12Г, ПРСК-12.

Водоподъемная установка ВУ-5-30; погружной электронасос типа ЭЦВ; автопоилки для крупного рогатого скота (АП-1А, АГК-4, ПАП-180); фрагменты линий автопоения птицы.

Действующий фрагмент скреперного оборудования для навозоудаления ДОНС-1В; насосы для жидкого навоза НЖН-200, АПН-100; установка для транспортирования навоза УТН-10.

Водоохлаждающая установка АВ-30; действующий танк-охладитель молока SMZ-40; очиститель-охладитель молока ОМ-1А.

Фрагмент клеточной батареи для содержания промышленного стада кур несушек; фрагменты технологического оборудования для раздачи кормов и автопоения при напольном способе содержания птицы.

Действующий фрагмент доильной установки УДА-12Е с вакуумной насосной станцией СН-60, доильными аппаратами АДУ-1, АДС-24 «Сож», АДС-25, модулем управления доением «Майстар».

Действующий фрагмент доильной установки типа «Елочка» фирмы ИТЕС с модулями управления доением MASdeluxe и автоматом промывки.

Действующее технологическое оборудование школы-фермы УО БГСХА.

Плакаты, мультимедийные компьютерные презентации, обучающие видеофильмы.

#### **4.4 Методы (технологии) обучения**

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям учебной дисциплины, являются:

– элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;

– элементы учебно-исследовательской деятельности, применение творческого подхода, реализуемого на лабораторных, практических занятиях и во время самостоятельной работы магистрантов.

#### **4.5 Организация самостоятельной работы магистрантов**

При изучении учебной дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- самостоятельная работа в виде выполнения индивидуальных лабораторных работ в аудитории во время проведения лабораторных занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- самостоятельная работа при изучении конструкций машин и оборудования в аудитории в дополнительное время под контролем преподавателя;
- подготовка рефератов и презентаций по индивидуальным темам;
- самостоятельная работа, в том числе отработка индивидуальных лабораторных работ с консультацией преподавателя;

#### **4.6 Диагностика компетенций магистрантов**

Для оценки промежуточных учебных достижений магистрантов используется следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных опросов и защита лабораторных работ;
- выступление магистранта на конференции по подготовленному реферату;
- защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий.

Оценка итоговых приобретенных компетенций проводится в форме зачета с использованием следующих критериев:

**Зачтено:**

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Прогнозирование остаточного ресурса машин и оборудования в животноводстве»;
- использование необходимой научной терминологии, грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обобщения и обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках, учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой учреждения высшего образования по учебной дисциплине;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- активная самостоятельная работа на практических занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

**Не зачтено:**



- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта высшего образования;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными, логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- пассивность на лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.
- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта высшего образования;
- неумение использовать научную терминологию учебной дисциплины, наличие в ответе грубых, логических ошибок;
- отказ от ответа, неявка на аттестацию без уважительной причины.

#### **4.7 Перечни рекомендуемых средств диагностики**

В вузовской системе управления качеством (системе менеджмента качества) образования предусматривается подсистема мониторинга, измерений, контроля качества.

Для аттестации магистрантов на соответствие их персональных знаний и умений этапным или конечным требованиям стандарта создаются фонды оценочных средств и технологий, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и др.

Для контроля качества образования, в том числе с применением методов компьютерного тестирования, используются следующие средства диагностики:

- отчеты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой;
- отчеты по лабораторным работам с их устной защитой;
- контрольные опросы;
- стандартизированные тесты;
- рефераты;
- зачет