Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

краткий курс лекций

для студентов 4 курса бакалавриата

Направление подготовки
35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции
Профиль подготовки
Технологии пищевых производств в АПК

Саратов 2018

Эксплуатация оборудования перерабатывающих предприятий: краткий курс лекций для студентов 4 курса бакалавриата направления подготовки 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции / Сост. Ф.Я. Рудик // ФГОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2012. – 63 с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Эксплуатация оборудования перерабатывающих предприятий» составлен в соответствие с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Краткий курс лекций содержит основные положения дисциплины «Эксплуатация оборудования перерабатывающих предприятий»

© Рудик Ф.Я., 2018
© ФГОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2018

Лекция 1

ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

1. Цель и задачи при изучении дисциплины

2.Обеспечение надежности в процессе эксплуатации оборудования

- Под качеством промышленной продукции понимается принятая совокупность свойств, обусловливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением.
- Исходя из приведенного формируется понятие надежности оборудования.
- Надежность – это комплексный показатель, состоящий из ряда относительно самостоятельных свойств, характеризующих безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость оборудования.

Годность оборудования

Годность машины определяется ее относительной способностью и потенциальной возможностью выполнять назначенные функции в пределах допустимых отклонений в течение оптимального срока ее эксплуатации

$$\mathbf{E_м = F\ t}$$

$$\boldsymbol{E_{об} = \sum_{i=1}^{n} G_i + \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i,}$$

где G_i – годность конструктивных элементов оборудования;

ε_i – годность неконструктивных элементов оборудования.

Под качеством промышленной продукции понимается принятая совокупность свойств, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением.

Показатели оценки уровня качества:

- показатель назначения;
- показатель надежности;
- технологический показатель;
- показатель уровня стандартизации и унификации элементов оборудования;
- показатель эргономичности;
- психологический фактор;
- экологический показатель;
- показатель безопасности при эксплуатации;
- экономический показатель.

Существует 3 уровня оценки качества продукции:

Дифференциальный показатель качества (относительный)

$$\boldsymbol{q_i^k = P_i^k \ / \ P_{ia}^k}$$

где P_i^k - единичный показатель качества подконтрольной машины.

В случае если $q_i^k \geq 1$, то осуществляется комплексная оценка качества.

Комплексный показатель позволяет подвергать анализу качества при $q_i^k \geq 1$ путем использования параметра весомости i –го показателя.

$$q_o^k = \sum_{i=1}^{N} \varphi_i q_i^k$$

где φ_i - коэффициент весомости показателя, определяется исходя из: стоимостных корреляционно-регрессионных зависимостей между затратами на создание и эксплуатацию оборудования и показателями его качества.

Коэффициент весомости φ_i назначается исходя из:

- стоимостных корроляционно-регрессионных зависимостей между затратами на создание и эксплуатацию оборудования;
- сопоставления эксплуатационно обоснованных предельных и статистически средних (номинальных) значений показателей качества.

Интегральный показатель качества характеризует отношение суммарного положительного эффекта от эксплуатации оборудования $П_\Sigma$ к суммарным затратам на создание $З_с$ и $З_э$ оборудования.

$$I_k = П_\Sigma / \alpha(З_c + З_э)$$

где $П_\Sigma$ - суммарный положительный эффект от использования оборудования;

α - поправочный коэффициент, зависящий от срока службы оборудования.

$З_с$ - затраты на создание оборудования;

$З_э$ - затраты на эксплуатацию оборудования.

3. Систематизация исследований надежности оборудования

Системный подход к исследованию надежности предписывает определенный порядок расширенного и комплексного проведения аналитических, эмпирических или комбинированных исследований взаимодействия действующих элементов оборудования.

При этом применяется теория подобия и математического моделирования, регрессионного анализа и теории массового обслуживания.

Рассматривая оборудование как системный объект активно используются вероятностные и статистические подходы, а также многошаговый анализ закономерностей изменения состояния надежности оборудования в период его эксплуатации.

4. Основные свойства и термины надежности оборудования

- надежность – это комплексный показатель, состоящий из ряда относительно самостоятельных свойств, характеризующих безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость оборудования;
- производственная система – это комплекс, предназначенный для выполнения определенных операций при выработке продукции или для обеспечения ритмичности организации труда и ведения технологического процесса;
- изделие – это единица продукции, выпускаемая данным предприятием.
- элемент - это простейшая при данном рассмотрении составная часть изделия;

- система - это совокупность совместно действующих изделий, предназначенная для самостоятельного выполнения заданных функций;
- работоспособность - это состояние изделия, при котором оно способно нормально выполнять заданные функции, установленные НТД;
- исправность – это состояние изделия, при котором оно удовлетворяет всем требованиям НТД;
- неисправность - это состояние изделия при котором оно не соответствует хотя бы одному из требований, установленных НТД;
- повреждение – это событие, заключающееся в нарушении исправности оборудования или его элементов из-за воздействия внешних нагрузок, интенсивность которых выше установленных НТД.
- отказ – это событие, заключающееся в полной или частичной утрате работоспособности.

Подразделяются на:

- функциональные – когда прекращается выполнение прямых функций изделия;
- параметрические – когда определенные параметры оборудования изменяются в недопустимых пределах.

По происхождению:

- случайные – появляемые от непредусмотренных перегрузок, дефектов материала, погрешностей в изготовлении и сборке;
- систематические – появляемые от закономерных явлений, протекающих при изнашивании деталей, внутренних и внешних воздействий на материалы.

По причинам возникновения:

- конструкционные – возникающие по причине конструктивного несовершенства;
- технологические – возникающие из несовершенства технологии изготовления оборудования;
- эксплуатационные, возникающие по причине нарушений при эксплуатации оборудования.
- наработка – это продолжительность функционирования оборудования или объем выполненной работы;
- ресурс - это параметр, характеризующий наработку оборудования до достижения им предельного состояния;
- срок службы - это календарная продолжительность эксплуатации оборудования от начала достижения или придельного состояния.

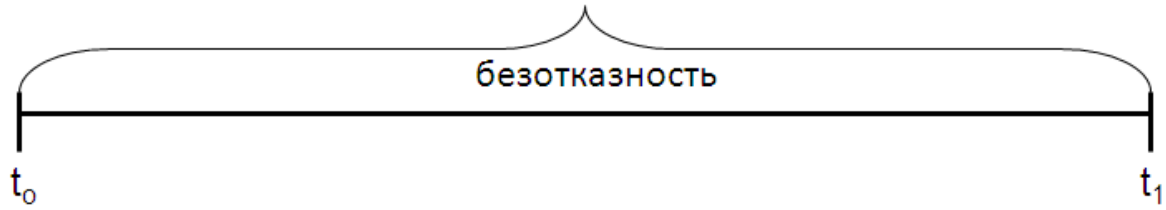
Предельное состояние оборудования – это состояние, при котором его дальнейшая эксплуатация не представляется возможной по одной из 3 причин:

- не выполнения предназначенных ей функций в соответствии с требованиями НТД;
- по экономическому критерию - резкому повышению себестоимости выпускаемой продукции;
- по возможности достижения аварийных ситуаций.

Свойства надежности

Безотказность

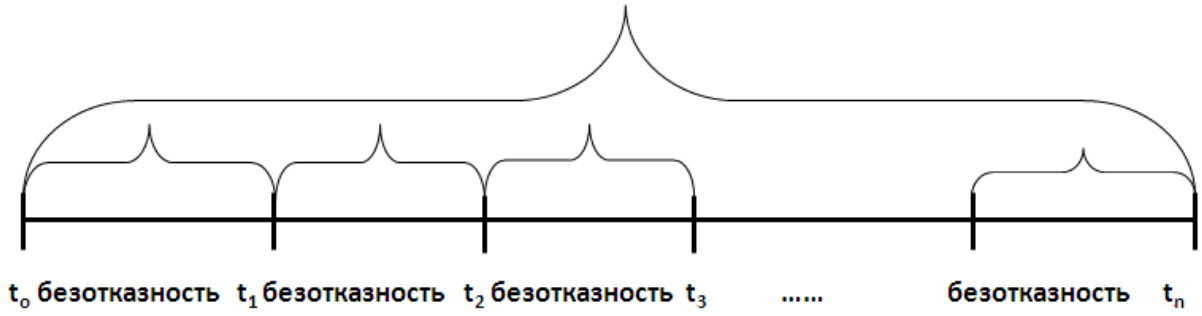
Это свойство надежности непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени или наработка до появления первого или очередного отказа.



Долговечность

Это свойство надежности, характеризующее возможность длительно сохранять работоспособность оборудования до достижения или предельного состояния.

Долговечность



Ремонтопригодность

Это свойство надежности, характеризующее приспособленность оборудования к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и повреждений и восстановлению работоспособности путем РОВ.

Сохраняемость

Это свойство надежности, характеризующее приспособленность оборудования к хранению и транспортировке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудик Ф.Я., Юдаев Н.В., Буйлов В.Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебник. - С.П. «Гиорд», 2008 г. - 351 с.
2. Рудик Ф.Я., Буттаев О.М., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. – Саратов, Саратовский госагроуниверситет, 2007 г. – 43 с.
3. Рудик Ф.Я., Скрябина Л.Ю., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Учебно-методическое пособие для курсового проектирования. – Саратов: Саратовский госагроуниверситет, 2010 г. – 80 с.
4. Рудик Ф.Я., Моргунова Н.Л., Скрябина Л.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебно-методический компьютерный комплекс. – Саратов, Диполь., 2011 г.

Лекция 2

ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

1. Случайные величины и их характеристики

Для каждого числа «*x*» в диапазоне изменения случайной величины «X» существует определенная вероятность, эта зависимость и является функцией распределения или функцией вероятности случайной величины *x*.

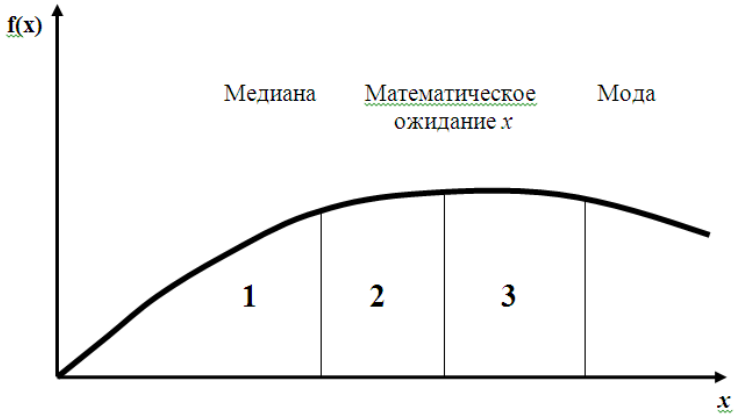
$$F(x) = P(X < x)$$

Функция плотности распределения вероятности

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

Медиана и мода случайной величины характеризуют положения центров группирования случайных величин при определенных показателях плотности распределения случайной величины.

Математическое ожидание характеризует среднее положение.



Оценка математического ожидания

$$\bar{x} = \sum \frac{x_i}{N}$$

x_i - значение случайной величины;

N - общее число наблюдений.

Дисперсия случайной величины – это математическое ожидание квадрата отклонения этой величины от оценки математического ожидания.

$$D_x^* = \frac{1}{N-1} \sum (x_i - \bar{x})^2$$

Среднее квадратическое отклонение характеризует дисперсию (рассеяние) случайной величины.

$$S_x = \sqrt{D_x^*}$$

2. Показатели безотказности

Показателями свойства безотказности являются:
- наработка на отказ;
- средняя наработка на отказ;
- вероятность безотказной работы;
- интенсивность отказов;
- параметр потока отказов.

2.1. Наработка на отказ

Она характеризует отношение времени наработки восстанавливаемого изделия к количеству отказов, произошедших за это время.

$$T_o = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{N} t_i$$

где m – число отказов за наблюдаемый период времени ;
N – число одновременно испытуемых объектов;
t_i – наработка каждого изделия после приработки, ч.

Средняя наработка на отказ

Определяется для невосстанавливаемых изделий, характеризуемого тем, что первый отказ является единственным и по нему устанавливается параметр работоспособности.

$$T_{o.cp} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} t_i^1$$

N - число одновременно испытуемых объектов;

t_i^1 - наработка до появления первого отказа.

2.2 Вероятность безотказной работы

При испытании значительного числа N элементов в течении наработки t и появившихся при этом n отказов возникает событие называемое вероятностью отказов, а вероятность безотказной работы есть величина противоположная вероятности отказов.

$$Q(\quad) = \frac{n}{N}$$

$$P(\quad) = 1 - Q(\quad) = 1 - \frac{n}{N}$$

В виду противоположности рассматриваемых показателей следует, что

$$P(t)+Q(t)=1$$

При t=0→n=0; Q(t)=0; P(t)=1
При t=∞→n=N; Q(t)=1; P(t)=0

Функция плотности распределения вероятности

В статистической оценке

$$f(t)=\frac{\Delta n}{N\Delta t}=\frac{\Delta Q(t)}{\Delta t}$$

ΔQ(t) и Δn – приращение вероятности отказавших изделий за время Δt.

В вероятностной оценке

$$f(t)=\frac{dQ(t)}{dt}$$

Вероятность безотказной работы характеризует оценку надежности при испытании значительного числа N испытаний в течение наработки t и появившихся при этом n отказов.

$$P(t)=1-Q(t)=1-\frac{n}{N}=$$

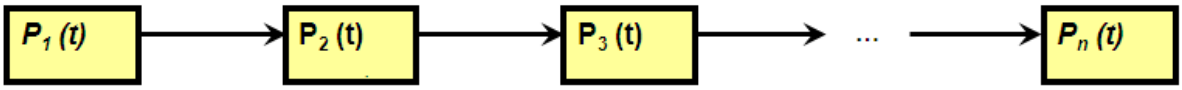
$$=1-\int_0^t f(t)dt=\int_0^\infty f(t)dt$$

Вероятность безотказной работы

$$P(t)=e^{-\frac{t}{T_o}}$$

где t – интервал времени наблюдения за объектом;
T_0 – наработка на отказ.

2.3 Вероятность безотказной работы последовательно соединенных элементов



По теореме умножения вероятностей

$$P_{пос}(t)=P_1(t)\cdot P_2(t)\cdot P_3(t)\cdot\ldots\cdot P_n(t)=\prod_{i=1}^{n}P_i(t)$$

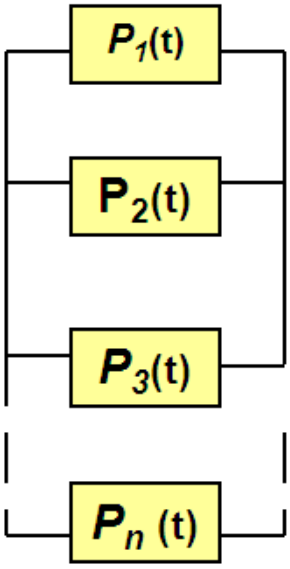
2.4 Вероятность безотказной работы параллельно соединенных элементов

Вероятность появления отказа

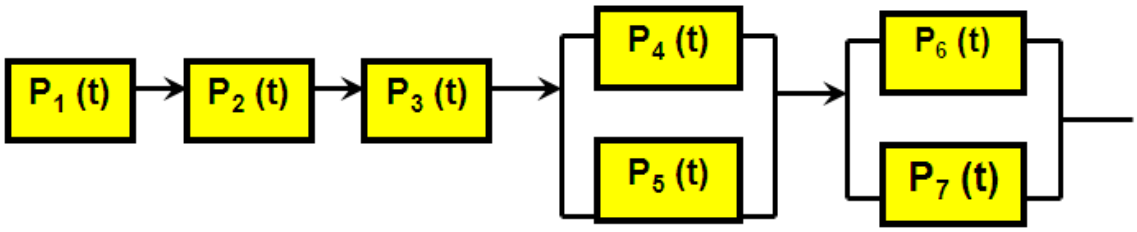
Отказ любого из элементов не ведет к отказу оборудования в целом, а лишь несколько ухудшает его работу.

$$Q_{пар.}(t) = Q_1(t) \cdot Q_2(t) \cdot Q_3(t) \cdot \ldots \cdot Q_n(t) = \prod_{i=1}^{n} Q_i(t)$$

$$P_{пар}(t) = 1 - P_1(t) \cdot 1 - P_2(t) \cdot 1 - P_3(t) \cdot \ldots \cdot 1 - P_n(t) = \prod_{i=1}^{n} П\,1 - P_i(t)$$



2.5. Вероятность безотказной работы смешанной системы элементов оборудования



$$P_{см}(t) = \left[\prod_{i=1}^{n} P_1 \cdot P_2 P_3\right] \cdot \left[1 - \prod_{i=1}^{n}\left(1 - P_{4,5}\right)\right] \cdot \left[1 - \prod_{i=1}^{n}\left(1 - P_{6,7}\right)\right]$$

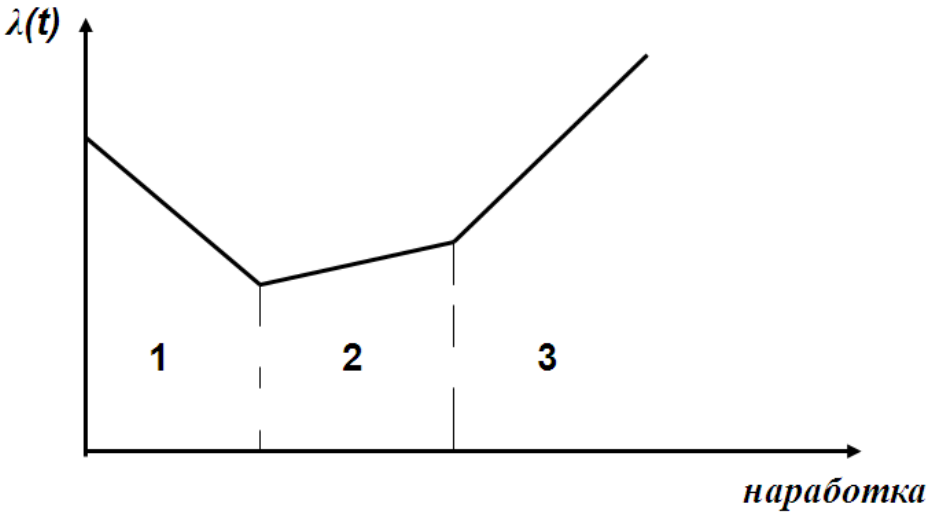
2.6. Интенсивность отказов

- это показатель, характеризующий количество отказов в единицу времени.

$$\lambda(t) = \frac{m}{N_P dt}$$

где m – число отказавших объектов;

N_P – количество работоспособных машин через период времени dt.



1. Интенсивность отказов идет по убывающей, т.к. это момент приработки машины.
2. Интенсивность отказов имеет линейную зависимость с постепенным нарастанием.
3. Период аварийной работы. Интенсивность отказов резко возрастает.

Наработку на отказ можно выразить посредством интенсивности отказов

$$T_o = \frac{1}{\lambda(t)}$$

Следовательно, вероятность безотказной работы может быть определена и через интенсивность отказов λ(t).

$$P(t) = e^{-\frac{t}{To}} \Rightarrow P(t) = e^{-\lambda(t)}$$

где t – интервал времени наблюдения за объектом;

T_0 – наработка на отказ.

2.7 Параметр потока отказов

- это среднее количество отказов восстанавливаемого изделия в единицу времени.

$$W_{cp} = \frac{m_{cp}}{dt}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудик Ф.Я., Юдаев Н.В., Буйлов В.Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебник. - С.П. «Гиорд», 2008 г. - 351 с.
2. Рудик Ф.Я., Буттаев О.М., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. – Саратов, Саратовский госагроуниверситет, 2007 г. – 43 с.
3. Рудик Ф.Я., Скрябина Л.Ю., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Учебно-методическое пособие для курсового проектирования. – Саратов: Саратовский госагроуниверситет, 2010 г. – 80 с.
4. Рудик Ф.Я., Моргунова Н.Л., Скрябина Л.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебно-методический компьютерный комплекс. – Саратов, Диполь., 2011 г.

Лекция 3

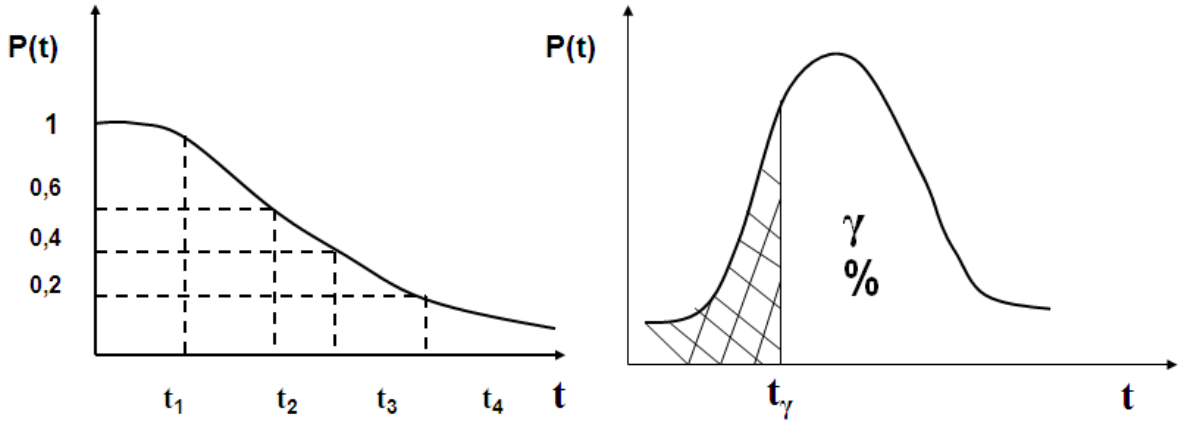
ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

1. Показатели долговечности

Показатели долговечности:

- Средний ресурс (срок службы) – математическое ожидание ресурса (срока службы);
- назначенный ресурс (срок службы) – суммарная наработка оборудования при достижении которой его эксплуатация должна быть прекращена;
- средний ресурс (срок службы) до ремонта – период от начала эксплуатации до очередного ремонта;
- средний ресурс до списания – период работы оборудования с начала и до списания по причинам потери работоспособности;
- гамма-процентный ресурс (γ -%) – наработка, в течение которой оборудование не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью γ -%.

Гамма-процентный ресурс характеризует наработку, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью гамма-процентов (γ%).



Гамма-процентный ресурс (t_γ) определяется по формуле

$$P(t_\gamma) = \frac{\gamma}{100}$$

По распределению Вейбулла – Гнеденко

$$exp\left[-\left(\frac{t_\gamma}{t_0}\right)^{в}\right] = \frac{\gamma}{100}$$

где в – параметр распределения;

t_0 – наработка на фиксируемый период времени, ч.

$$\left(\frac{t_\gamma}{t_0}\right)^в = -\ell n\frac{\gamma}{100} \qquad t_\gamma = t_o\sqrt[в]{-\ell n\frac{\gamma}{100}}$$

При $t_0 = T_{ср}$ и в = 1 получим

$$t_\gamma = t_0\left(-\ell n\frac{\gamma}{100}\right) = T_{ср.}\left(-\ell n\frac{\gamma}{100}\right)$$

2. Показатели ремонтопригодности

Показатели ремонтопригодности:

1. Приспособленность агрегатов и узлов к проведению контроля, замене и восстановлению работоспособности.
2. Приспособленность агрегатов и узлов к проведению ремонтов и замене в ремонтных мастерских.

Факторы, определяющие ремонтопригодность:

1. Доступность к объектам обслуживания;
2. Контролепригодность оборудования;
3. Легкодоступность к агрегатам и узлам;
4. Взаимозаменяемость деталей и узлов;
5. Стандартизация, унификация.

Количественные показатели ремонтопригодности:

1. Вероятность восстановления в заданное время – это вероятность того, что время восстановления не превысит заданного;

$$P_в(\quad) = 1 - \frac{n_в}{N_в}$$

где $n_в$ – число не устраненных отказов за период времени t;

$N_в$ – общее число неисправностей.

2. Среднее время восстановления характеризует математическое ожидание времени восстановления работоспособности;

$$T_в = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{N} t_{в_i}$$

где m – число обнаруженных и устраненных отказов оборудования;

N – общее число отказов;

t_{bi} - время восстановления i-х отказов.

Поток восстановлений

$$W_в = \frac{1}{T_в}$$

Коэффициент ремонтопригодности характеризует технологичность выполнения операций технических обслуживаний и ремонтов

$$K_p = \frac{\sum g_{ср.}}{\sum g_{ср.} + \sum g_{бал.}}$$

где $g_{ср.}$ – среднее суммарное время на монтаж и демонтаж элементов оборудования при устранении неисправностей и проведении всех видов обслуживающих работ;

$g_{бал}$ - суммарное время на проведение дополнительных балластных работ при устранении неисправностей и проведении обслуживающих работ.

Основные требования к ремонтопригодности

1. Максимальная унификация и стандартизация элементов машин.
2. Обеспечение возможности быстрой и достоверной оценки технического состояния машины и прогнозирования ее остаточного ресурса методами безразборной диагностики.
3. Уменьшение количества и увеличение сроков периодических обязательных ремонтно-обслуживающих мероприятий, снижение затрат на проведение обслуживающих работ.
4. Повышение приспособленности изделий к предупреждению, обнаружению и устранению эксплуатационных отказов.
5. Повышение приспособленности машины к ремонту, увеличение межремонтных ресурсов.
6. Повышение приспособленности машины к ее постановке на хранение и при транспортировке.
7. Улучшение конструкции машины путем повышения автономности отдельных механизмов и возможности их замены с минимальными временными и трудовыми затратами.

3. Сохраняемость

Показатели сохраняемости:

- Средний срок сохраняемости, т.е. математическое ожидание срока сохраняемости;
- Гамма-процентный срок сохраняемости, т.е. срок сохраняемости который должен быть достигнут объектом с заданной вероятностью гамма–процента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудик Ф.Я., Юдаев Н.В., Буйлов В.Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебник. - С.П. «Гиорд», 2008 г. - 351 с.
2. Рудик Ф.Я., Буттаев О.М., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. – Саратов, Саратовский госагроуниверситет, 2007 г. – 43 с.
3. Рудик Ф.Я., Скрябина Л.Ю., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Учебно-методическое пособие для курсового проектирования. – Саратов: Саратовский госагроуниверситет, 2010 г. – 80 с.

Лекция 4

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗНАШИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

1. Физическая суть износов

1.1 Физический износ

- есть результат постепенного или внезапного материального разрушения различных элементов машины, вследствие чего она перестает удовлетворять предъявляемым ей требованиям.

Физический износ подразделяется на 2 вида:

1 – порождается от нагрузок на детали и пары трения;

2 – порождается от воздействия на детали и пары трения внешних и внутренних явлений.

$$\alpha_{ф} = \frac{Q_{р}}{Q_{в}} \cdot 100 + \Delta, \%$$

где $Q_р$ – стоимость ремонта анализируемого оборудования, руб.;

$Q_в$ – стоимость полного воспроизводства оборудования на момент определения величины физического износа с учетом обесценивания вследствие появления новых более производительных машин, руб.;

Δ – остаточный ресурс оборудования на момент определения величины физического износа.

1.2 Моральный износ

- определяется уменьшением стоимости действующего оборудования под влиянием технического прогресса.

Моральный износ подразделяется на 2 формы:

1 – проявляется при утрате действующей стоимости оборудования по мере того, как машины той же конструкции воспроизводятся дешевле;

2 – проявляются при обесценивании оборудования вследствие появления более совершенных конструкций.

$$\alpha_{м} = \frac{Q - Q_{в}}{Q}$$

где Q – первоначальная стоимость оборудования, руб.;

$Q_в$ – стоимость воспроизводства оборудования с учетом его обесценивания вследствие появления новых конструктивных решений, технологий, а также из-за уменьшения стоимости воспроизводства аналогичного оборудования.

1.3 Величина общего износ

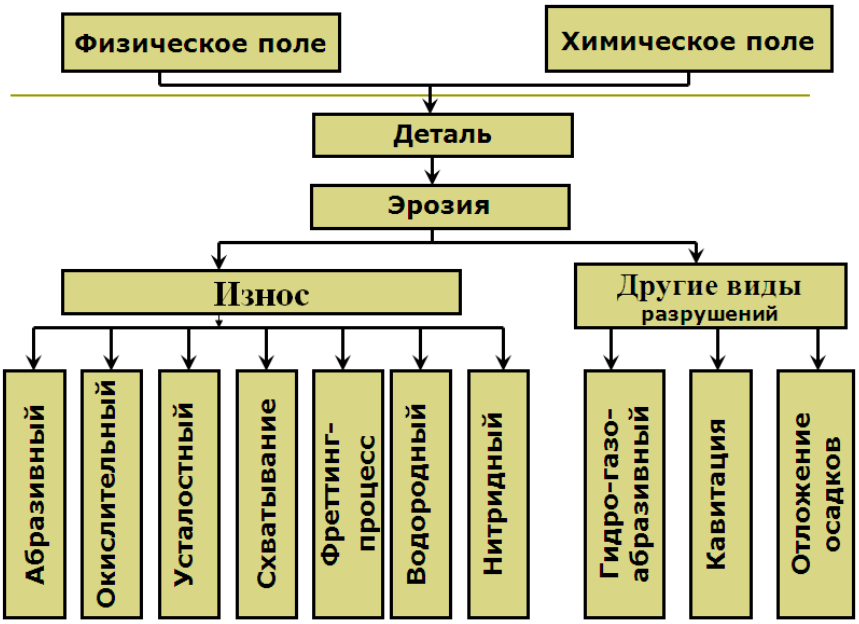
$$\alpha = 1 - (1 - \alpha_{ф}) \cdot (1 - \alpha_{м})$$

2. Закономерности износов

Физическое поле характеризуется физическими воздействиями (нагрузка, напряжение, прочность и пр.) на пары трения.

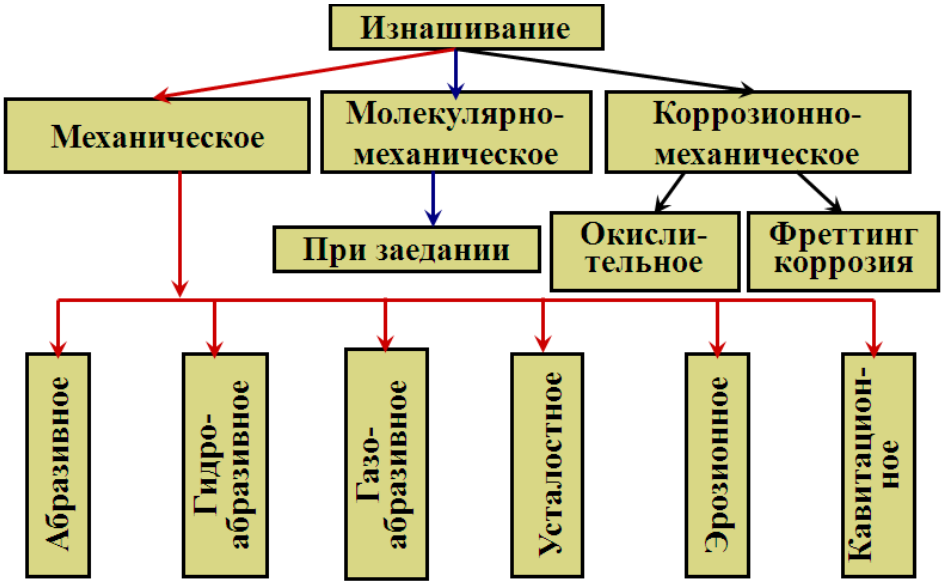
Химическое поле объясняется наличием и воздействием на пары трения поверхностно активных веществ (ПАВ) и химически активных (ХАВ) веществ.

2.1 Виды повреждений и разрушений



2.2 Единая классификация видов изнашивания

Изнашивание есть процесс постепенного изменения размеров или состояния поверхности детали в результате воздействия различных сред (трение, деформация, окисление и пр.).



Механическое изнашивание характеризуется механическими воздействиями на детали пар трения.

Абразивное изнашивание это результат изнашивания под действием царапающего или режущего перемещения твердых абразивных частиц по поверхностям трения.

$$U_a = \frac{H_м}{H_a}$$

где $H_м$ - твердость материала детали;

H_a - твердость абразивных частиц.

Гидроабразивное и газоабразивное изнашивания являются подвидами абразивного, характеризуемых перемещением абразивных частиц в потоках жидкости и газа.

Усталостное изнашивание это результат взаимодействия поверхностей трения или отдельных их участков вследствие повторного упругого деформирования микрообъемов материала, приводящего к возникновению глубинных микротрещин

Цикл нагружений характеризуется максимальным и минимальным нагружениями и определяет амплитуду нагружений:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

Величина средних нагружений

$$\sigma_{ср} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

Коэффициент асимметрии цикла

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

Сопротивление усталостному изнашиванию определяется справочным показателем σ_{-1}.

Эрозионное изнашивание возникает вследствие поверхностного повреждения, а затем и разрушения материала детали. Процесс изнашивания протекает в газовой и жидкостной средах.

Кавитационное изнашивание относится к гидроэрозии и обуславливается процессом образования в движущейся жидкости пузырей воздуха (холодное кипение) за счет понижения давления и их последующего отрыва от поверхности детали с выносом микрообъемов материала с площади нахождения пузырька воздуха.

Кавитационное изнашивание подразделяется на общее (за счет понижения давления в потоке жидкости) и местное (за счет локального падения давления в потоке жидкости).

Молекулярно-механическое изнашивание характеризует процесс одновременного воздействия механических и молекулярных сил. Изнашивание при заедании возникает в результате схватывания материала поверхностей трения, глубинного вырыва металла и его переноса на смежную поверхность.

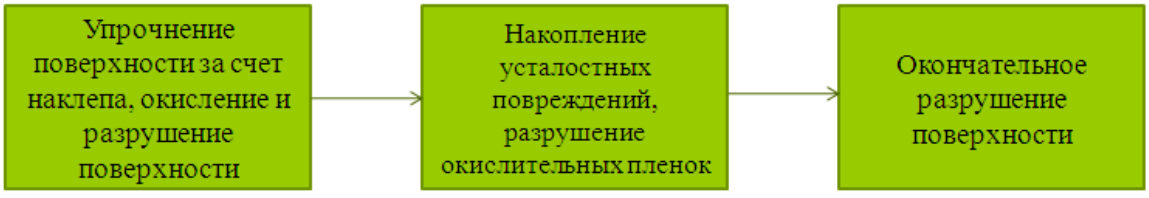
При трении скольжения с малыми скоростями перемещения поверхностей друг относительно друга и при удельных давления, превышающих предел текучести материала наблюдается схватывание 1 рода.

При трении скольжения с большими скоростями перемещения поверхностей друг относительно друга и при значительных давлениях происходит нагрев трущихся поверхностей сопровождаемый глубинными вырывами металла и его налипании на смежную поверхность – схватывание 2 рода.

Коррозионно – механическое изнашивание оно обусловливается трением поверхностей при химическом взаимодействии металла с окружающей средой.

Окислительное разрушение наблюдается при наличии на поверхности трения окисной пленки, возникающей от воздействия на металл окисной пленки.

Изнашивание при фреттинг - коррозии имеет место при малых колебательных перемещениях деталей друг относительно друга.



3. Изнашивание, как случайный процесс

Оценочные показатели процесса изнашивания

3.1 Скорость изнашивания - это отношение величины износа ко времени в течение которого оно произошло

$$\vartheta_u = \frac{U}{t}$$

где U – величина износа;
t – время в течение которого происходит изнашивание.

3.2 Интенсивность изнашивания – это отношение величины износа к обусловленному пути, на котором оно произошло

$$I = \frac{U}{S}$$

где S – путь трения на котором протекает изнашивание

3.3 Износостойкость

3.4 Относительная износостойкость

- это отношение износостойкости испытуемого

$$\varepsilon = \frac{I_{им}}{I_{эм}}$$

где $I_{им}$ – износостойкость исследуемого им материала к износостойкости материала эталона;
$I_{эм}$ – износостойкость материала, принятого за эталон.

3.5 Математическое ожидание величины износа

$$C = \frac{U_{пр}}{1{,}25 \cdot R_a \cdot \mu}$$

где $U_{пр}$ – величина предельного износа, мм;
R_a – шероховатость поверхности, мм;
μ – постоянная величина.

3.6 Дисперсия наработки износа

$$\sigma^2 = \frac{U_{пр}}{1{,}25 \cdot R_a \cdot \mu^2}$$

4. Факторы, влияющие на интенсивность изнашивания

4.1 Величина износа при прочих равных условиях прямо пропорциональна пути трения

$$\frac{dU}{dt} = S$$

4.2 Величина износа при прочих постоянных условиях не зависит от скорости трения, т.е. скорость изнашивания прямо пропорциональна скорости трения:

$$\frac{dU}{dt} = cP\vartheta$$

где c – коэффициент пропорциональности;
P – нагрузка на детали пары трения, Н;
ϑ - скорость трения, мм/с.

4.3 Величина трения при прочих равных условиях прямо пропорциональна величине нормальной нагрузки:

$$\frac{dU}{dS} = cP$$

4.4 Относительная износостойкость технически чистых металлов в ненаклепанном состоянии прямо пропорциональна их твердости:

$$\varepsilon = b \cdot H$$

где b – коэффициент пропорциональности;
H – показатель твердости металла.

4.5 Для неконструкционных и некоторых легированных марок сталей относительная износостойкость возрастает линейно с увеличением твердости:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + b' \cdot (H - H_0)$$

где ε_0 – относительная износостойкость стали в отожженном состоянии;
H- коэффициент, зависящий от химического состава стали;
H_0 – показатель твердости металла в отожженном состоянии.

4.6 Относительная износостойкость механически наклепанных сталей при соотношении

$$\frac{H_м}{H_a} < 0,6$$

не зависит от твердости, определенной после образования наклепа

4.7 Для двойных металлических сплавов существует зависимость между относительной износостойкостью и модулем упругости:

$$\varepsilon = 0{,}49 \cdot 10^{-4} \cdot \boldsymbol{E}^{1,3}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудик Ф.Я., Юдаев Н.В., Буйлов В.Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебник. - С.П. «Гиорд», 2008 г. - 351 с.
2. Рудик Ф.Я., Буттаев О.М., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. – Саратов, Саратовский госагроуниверситет, 2007 г. – 43 с.
3. Рудик Ф.Я., Скрябина Л.Ю., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Учебно-методическое пособие для курсового проектирования. – Саратов: Саратовский госагроуниверситет, 2010 г. – 80 с.
4. Рудик Ф.Я., Моргунова Н.Л., Скрябина Л.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебно-методический компьютерный комплекс. – Саратов, Диполь., 2011 г.

Лекция 5

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

1. Неисправности оборудования и причины их возникновения

Поврежденным называется элемент или узел оборудования, который вследствие воздействий на них различных эксплуатационных факторов частично теряют свои технические характеристики, влияющие на качество производимой продукции.

Разрушенным называется такой элемент оборудования, который вследствие на него различных эксплуатационных факторов утратил свои технические характеристики и по этой причине не может быть использован в узле оборудования для производства продукции

Причины возникновения повреждений и разрушений

2. Теория трения. Общие вопросы

2.1. Механическая теория трения

Закон Амонтона

$$F = f \cdot N$$

где f - коэффициент трения, определяемый выражением $f = \frac{S_{ср}}{c\sigma_т}$

где $S_{ср}$ - напряжение среза;

c - постоянная величина;

$\sigma_т$ - напряжение текучести материала;

N - нормальная нагрузка, Н.

Закон Амонтона-Кулона

$$F = A + fN$$

Закон Боудена

$$F = F_c + F_n = \theta S_\phi + \tau S$$

F_c – сопротивление срезу контактируемых поверхностей, Н;
$F_п$ – сопротивление пластическим явлениям между контактируемыми поверхностями, Н;
θ – касательное напряжение среза, Н/м^2;
τ – сопротивление пластической деформации, Н/м^2;
S_ϕ и S – площадь фактического контакта и поперечного сечения, м^2.

2.2. Молекулярная теория трения

Профессор Дерягин Б.В.

$$F = f \cdot S_\phi \left(P_0 + P \right)$$

P_0 – удельная сила молекулярного взаимодействия;
P – удельное давление.

2.3. Молекулярно-механическая теория трения

Профессор Крагельский И.В.
где $\tau_{мех.}$ – механическая составляющая силы трения;
$\tau_{мол.}$ – молекулярная составляющая силы трения;
α и β – постоянные коэффициенты.

2.4. Энергетическая теория трения

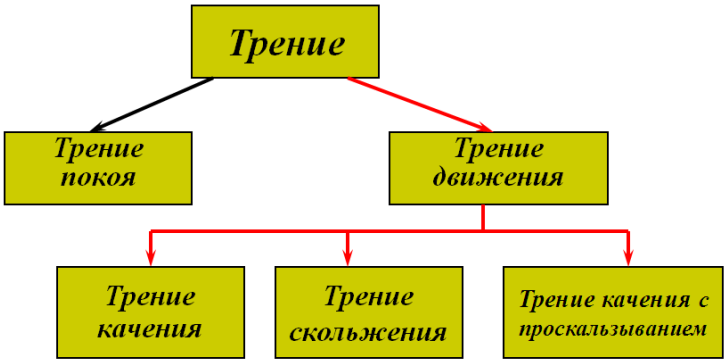
Профессор Дубинин А.Д.

При перемещении одного тела по другому происходит непрерывное скачкообразное превращение энергии поступательного движения в энергию волновых и колебательных движений частиц перемещаемых тел в местах их контакта.

В результате чего протекают термоэлектронные, акустические и прочие явления.

3. Классификация видов трения

Классификация видов трения



Трение покоя и трение движения - пока тела не перемещаются друг относительно друга сила сопротивления их перемещению равна нулю. При приложении к телу внешних нагрузок оно находится в состоянии покоя до тех пор, пока внешние силы не превысят сил сопротивления перемещению

Трение скольжения - оно характеризуется тем, что скорости соприкасающихся тел в точках их касания различны по значению и направлению, либо по значению или либо по направлению

Трение качения - оно характеризуется условиями, когда скорости соприкасающихся тел в точках их касания одинаковы по значению и по направлению

Сила трения качения (закон Кулона)

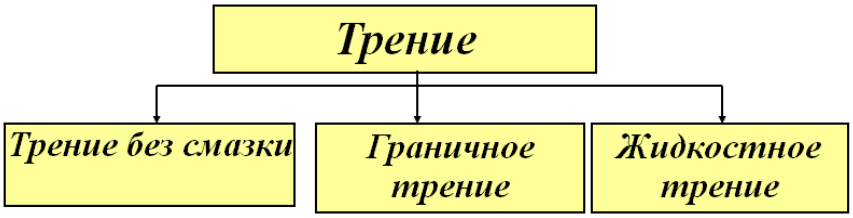
$$F_{т.к.} = \frac{K_f}{R} \cdot P,$$

где K_f - коэффициент трения качения;
R - радиус цилиндра пары трения качения;
P - сила, с которой цилиндр давит на плоскость.

Трение качения с проскальзыванием - оно характеризуется одновременным протеканием закономерностей, присущих трению качения и скольжения

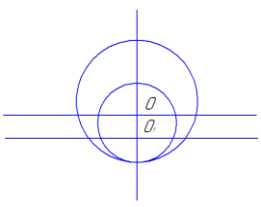
4. Трение с наличием смазывающей жидкости

Трение с наличием смазывающей жидкости

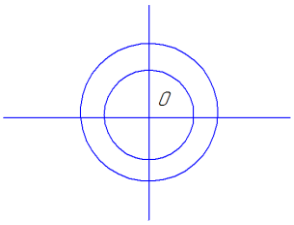


Трение без смазки - это трение двух тел при отсутствии на соприкасающихся поверхностях смазочного материала

Граничное трение - это трение двух тел когда между соприкасающимися поверхностями имеется слой жидкости, имеющей свойства, отличные от объемных



Жидкостное трение - это трение двух тел когда между соприкасающимися поверхностями имеется слой жидкости с объемными свойствами



5. Гидродинамическая теория трения

5.1. Гидродинамическая сила трения (профессор Петров Н.П.)

$$F = \frac{\eta \cdot \vartheta \cdot S}{h_{опт.}}$$

η – абсолютная вязкость смазывающей жидкости, Н·с.
ϑ - относительная скорость перемещения трущихся поверхностей, м/с;
S – площадь поверхностей соприкасающихся тел, м^2;
$h_{опт.}$ – оптимальная толщина слоя смазывающей жидкости, м.

5.2. Оптимальный зазор, обеспечивающий жидкостное трение

(профессор Казарцев В.И.)
Оптимальная толщина смазывающей жидкости

$$h_{опт.} = 0{,}467 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{n \cdot \eta}{k \cdot c}}$$

где d – диаметр вала, м;
n – частота вращения вала, мин$^{-1}$;
k – удельное давление, Н/м^2;
c – поправка на конечную длину подшипника.

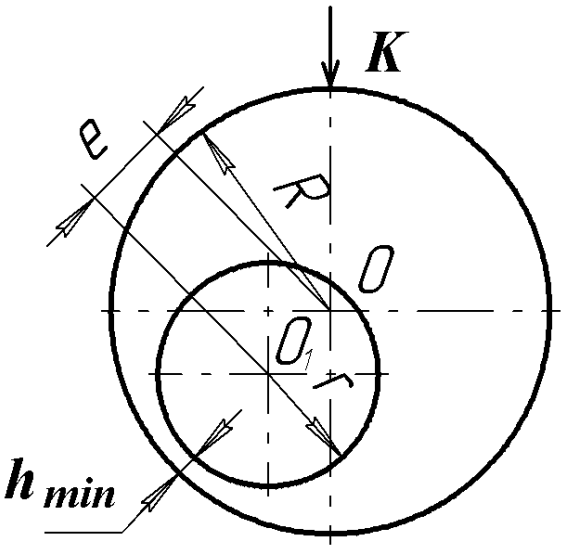
$$c = \left(1 + \ell\right)\ell$$

5.3. Максимально допустимый зазор

$$h_{max} = \frac{h_{опт.}^{\,2}}{4 \cdot \delta},$$

где δ – величина, зависящая от неровностей поверхности соприкасающихся деталей и размера абразивных частиц.

5.4. Минимальный зазор, обеспечивающий жидкостное трение



R – радиус цапфы;
r – радиус вала;
e – абсолютный эксцентриситет.

Относительный эксцентриситет

$$\lambda = \frac{2 \cdot e}{S}$$

где e – абсолютный эксцентриситет, м;
S – величина зазора между валом и цапфой, м.

Величина минимального допустимого зазора

$$h_{min} = R - r - e, \quad R - r = \frac{S}{2}, \quad e = \frac{\lambda \cdot S}{2}, тогда \qquad h_{min} = \frac{S}{2} - \frac{\lambda \cdot S}{2}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудик Ф.Я., Юдаев Н.В., Буйлов В.Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебник. - С.П. «Гиорд», 2008 г. - 351 с.
2. Рудик Ф.Я., Буттаев О.М., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. – Саратов, Саратовский госагроуниверситет, 2007 г. – 43 с.
3. Рудик Ф.Я., Скрябина Л.Ю., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Учебно-методическое пособие для курсового проектирования. – Саратов: Саратовский госагроуниверситет, 2010 г. – 80 с.

4. Рудик Ф.Я., Моргунова Н.Л., Скрябина Л.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебно-методический компьютерный комплекс. – Саратов, Диполь., 2011 г.

Лекция 6

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗНАШИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

1. Методы повышения надежности оборудования

Конструктивные:

- выбор долговечных материалов и рациональных их сочетаний в парах трения;
- обеспечение оптимальных условий трения;
- снижение концентраторов напряжений при выборе формы и размеров деталей;
- создание оптимальных температурных режимов;
- обеспечение качественной очистки воздуха, воды, масла, топлива;
- улучшение конструкции уплотнителей;
- обеспечение устойчивости базовых деталей и т.д.

Технологические:

- обеспечение необходимой точности и качества изготовления деталей и сборочных единиц;
- достижение высоких параметров геометрической формы;
- выбор современных, упрочняющих методов обработки поверхностей пар трения.

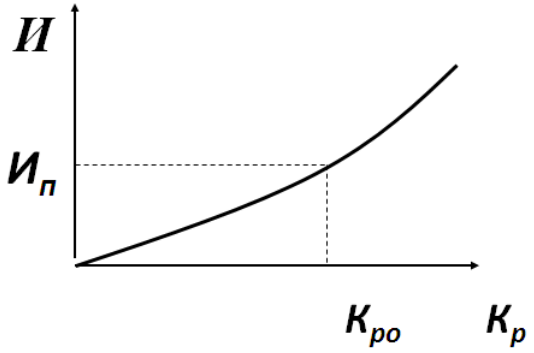
$$P\ t\ = \text{ПНМ} + \text{ПНТ}$$
$$\text{P}\ t\ = \text{ПНМ} \cdot \text{ПНТ}$$

Эксплуатационные:

- обкатка новых машин в полном соответствии с НТД;
- организация ППС технических обслуживаний и ремонтов оборудования;
- соблюдение нормативных режимов работы оборудования.

2. Критерии установления предельных износов

- ***Технический;***
- ***Технологический;***



Предельная величина износа $И_п$ определяется исходя из резкого ухудшения качества работы оборудования $К_{ро}$

- ***Экономический.***

Максимум производительности

$$W_{max} = \frac{W_{ср} \cdot T_{ото}}{T_{ото} + T_{пун}}$$

$W_{ср}$- средняя производительность в функции износа;
$T_{ото}$- время остановки на проведения ТО;
$T_{пун}$- время простоя на устранение неисправности.

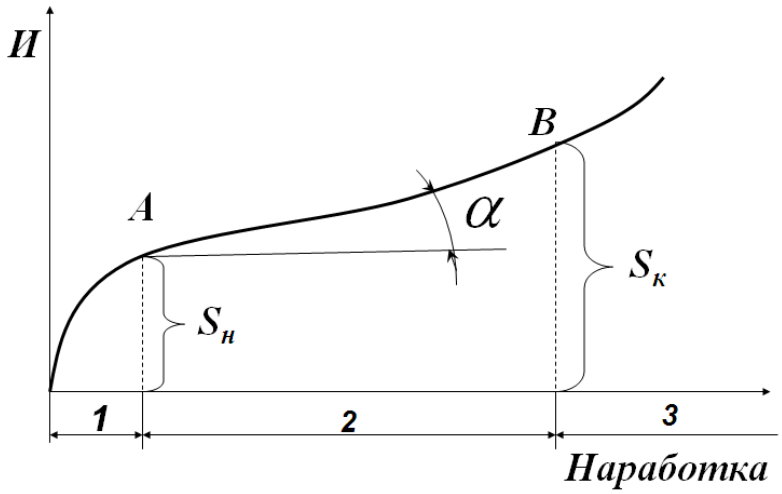
Предельные затраты на производство продукции

$$C_{пр} = \frac{C_{о} + C_{ч.ср.} \cdot T_{ото}}{W_{ср} \cdot T_{ото}}$$

$C_{о}$ – затраты на восстановление работоспособности машины;
$C_{ч.ср}$ – средние переменные затраты, изменяющиеся в функции времени t.

2.1 Теоретическая кривая изнашивания

$$\tau_{ср} = \frac{S_{к} - S_{н}}{tg\alpha}$$

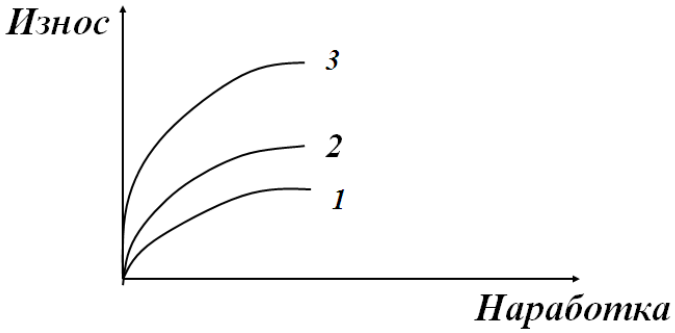


3. Методы установления предельных износов

3.1 Обобщение и оптимизация производственного опыта;
3.2 Эксплуатационные испытания;
3.3 Лабораторные испытания;
3.4 Расчетно-аналитический метод.

4. Система технического обслуживания и ремонта оборудования

4.1 Эксплуатационная обкатка



4.2 Межремонтное обслуживание

– заключается в постоянном контроле за правильностью технологической эксплуатации оборудования, своевременном проведении всех назначенных планово-предупредительной системой ППС ремонтно-обслуживающих воздействий.

4.3 Профилактический осмотр (о)

– проводится через определенные промежутки времени, установленные ППС и при этом осуществляются следующие мероприятия:

- проверка технологического состояния системы в целом и элементов оборудования при минимальном объеме разборочно-сборочных работ;
- замена деталей с предельными износами;
- осмотр и в случае необходимости ремонт системы смазки, охлаждения, вентиляции и пр.;
- проверка качества проведенных межремонтных обслуживаний и в случае необходимости оперативное устранение недостатков;
- уточнение объема и сроков проведения очередных плановых ремонтов.

4.4 Текущий ремонт (т)

подразумевает восстановление работоспособности оборудования путем устранения неисправностей, замена отдельных элементов, а также проведение регулировочных работ. Выполняются следующие работы:

- все работы, связанные с профилактическим осмотром;
- проверка зазоров в сопряжениях, при необходимости замена подшипников, зубчатых колес, цепных и кулачковых передач и прочих дефектов;
- ремонт и промывка систем смазки, охлаждения, подогрева, вентиляции и пр.

4.5 Средний ремонт (с)

заключается в восстановлении работоспособности оборудования. При этом производятся следующие ремонтно-обслуживающие мероприятия:

- все работы, связанные с О и Т и дополнительно:
- проверка работоспособности всех механизмов с частичной их заменой;
- проверка и замена редукторов, прокладок, уплотнений, крепежных деталей и пр.

4.6 Капитальный ремонт (к) индивидуальный, узловой, агрегатный

проводится с целью полного или близкого к полному восстановления работоспособности оборудования при этом выполняются следующие работы:

- разработка оборудования до базовых деталей;
- мойка и дефектация элементов оборудования;
- комплектация элементов оборудования;
- восстановление элементов оборудования;
- сборка элементов оборудования;
- обкатка и испытание оборудования;
- окраска оборудования.

5. Диагностика технического состояния оборудования

Диагноз – заключение о состоянии рассматриваемого объекта

Задачи диагностирования:

- проверка основных технических характеристик и состояния регулировок оборудования;
- выявление неисправностей сборочных единиц и установление причин их возникновения;
- определение объема и содержания работ по ТО;
- прогнозирование остаточного ресурса оборудования;
- определение времени последующих диагностик, ТО и ремонтов;
- оценка качества проводимых ТО и ремонтов

Классификация методов диагностики

- поэлементная – проводится обслуживающим персоналом при профилактических осмотрах, целью которой является обоснование необходимости регулировок оборудования;
- комплексная – проводится при профилактических осмотрах, текущих и средних ремонтах с целью проверки состояния сборочных единиц, определения остаточного ресурса;
- ресурсная – проводится с целью определения остаточного ресурса. При отсутствии остаточного ресурса оборудования или его элементов осуществляется их ремонт;
- функциональная – проводится с целью общей и детальной оценки работоспособности оборудования и его элементов;
- смешанная – проводится с целью обобщения результатов всех вышепоименованных методов диагностик;
- внеплановая – проводится при появлении внезапного отказа.

Поиск неисправностей заключается в последовательном применении специальных тестов (совокупность проверок, достаточная для оценки технического состояния оборудования).

Порядок проведения диагностик:

- комбинированный - поиск проводится при заданном количестве проверок независимо от последовательности и порядке их выполнения;
- последовательный – результаты каждой проверки связаны с принятием решения на проведение последующей.

Метод «время – вероятность» проводится с целью снижения затрат средств и времени на поиск неисправностей.

По нему наиболее эффективным считается диагностический тест $D_{т.эф.}$, выбранный по минимальному отношению времени и средств $T_{вр.ср.}$ к вероятности появления отказов $Q(t_{отк.})$.

$$D_{\text{т. эф.}} = \frac{T_{вр.ср.}}{Q(t_{отк})} \rightarrow min.$$

6. Сроки проведения ремонтно-обслуживающих мероприятий

6.1 Ремонтный цикл

6.2 Межремонтный период

$$П_{мп} = \frac{П_{рц}}{\sum C + \sum T + 1}$$

$П_{рц}$ – ремонтный цикл, месяцы;
С – число средних ремонтов в ремонтном цикле;
Т – число текущих ремонтов в ремонтном цикле.

6.1 Межосмотровый период

$$П_{оп} = \frac{П_{рц}}{\sum C + \sum T + \sum O + 1}$$

или

$$П_{оп} = \frac{П_{мп}}{\sum O + 1}$$

О – число осмотров в ремонтном цикле.

Нормативные показатели и структура ремонтно-осмотровых работ

№ п/п	Типы оборудования	Продолжительность ремонтного цикла, месяц		Структура ремонтного цикла	Число ремонтов и осмотров в ремонтном цикле		
		1 смена	2 смена		С	Т	О
1	Машины для шелушения, дробления, резки, распиловки (мясо, зерно, растительные массы и пр.)	12	6	к-о-о-о-о-т-о-о-о-о-с-о-о-о-о-т-о-о-о-о-к	1	2	16
2	Конвейеры подвесные, наклонные и горизонтальные, столы конвейерные, установки для глушения животных, установки для съема шкур, сортировальные машины и пр.	24	12	к-о-о-о-о-т-о-о-о-о-с-о-о-о-о-т-о-о-о-о-к	1	2	16
3	Куттер-мешалки, измельчители, автоматы для изготовления и упаковки продуктов, очистные машины и пр.	36	18	к-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-о-с-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-о-к	1	2	20
4	Ленточные и шнековые транспортеры, напольные тележки, машины для приготовления мясокостных субпродуктов, измельчения и перемешивания сырья волчки, шпигорезки, эмульсигаторы, мельницы вальцовые машины и пр.	48	24	к-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-о-с-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-о-к	1	2	20

5	***Машины центробежного типа, сушилки, термошкафы и пр.***	*60*	*30*	**к-о-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-о-о-с-о-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-о-о-к**	*1*	*2*	*24*
6	***Технологическое, транспортное оборудование, желоба, спуски, котлы, охладители, ледогенераторы, холодильники, вакуумные аппараты и пр.***	*72*	*36*	**к-о-о-о-о-т-о-о-о-о-т-о-о-о-о-с-о-о-о-о-т-о-о-о-о-к**	*1*	*3*	*20*
7	***Емкости, баки для передувки сырья, отстойники и пр.***	*84*	*42*	**к-о-о-о-о-т-о-о-о-о-т-о-о-о-о-с-о-о-о-о-т-о-о-о-о-т-о-о-о-о-к**	*1*	*4*	*24*
8	***Жироловки, шпарильные чаны, молочные чаны и пр.***	*96*	*48*	**к-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-о-с-о-о-о-о-т-о-о-о-о-т-о-о-о-о-к**	*1*	*4*	*30*
9	***Пароварочные камеры для варки колбас, коптильное оборудование, пастеризационные установки и пр.***	*120*	*60*	**к-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-о-с-о-о-о-о-т-о-о-о-о-т-о-о-о-о-к**	*1*	*4*	*30*
10	***Технологические трубопроводы, производственные столы, пресс-формы и пр.***	*144*	*72*	**к-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-о-т-о-о-о-о-т-о-о-о-о-к**	*-*	*5*	*30*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудик Ф.Я., Скрябина Л.Ю., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Учебно-методическое пособие для курсового проектирования. – Саратов: Саратовский госагроуниверситет, 2010 г. – 80 с.

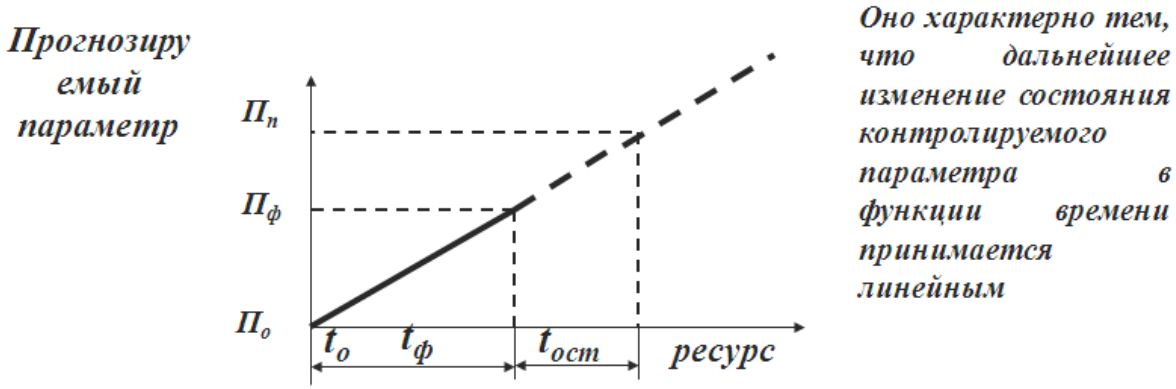
2. Рудик Ф.Я., Моргунова Н.Л., Скрябина Л.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебно-методический компьютерный комплекс. – Саратов, Диполь., 2011 г.

Лекция 7

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗНАШИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

1. Прогнозирование остаточного ресурса

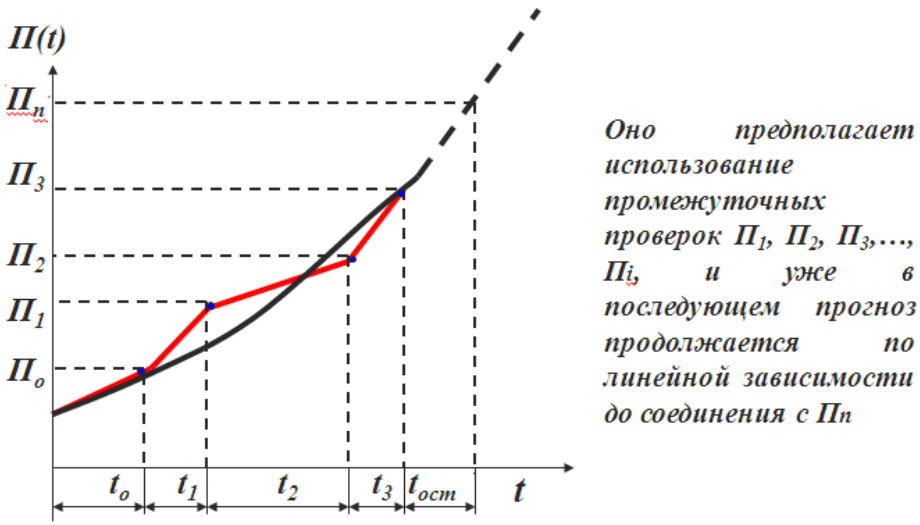
1.1. Среднестатистическое прогнозирование
Статистическое прогнозирование



$П_0$, $П_ф$, $П_n$ - значение контролируемого параметра на начальное, фактическое и предельное состояния;

t_0, $t_ф$, $t_{ост.}$ - значение начального, фактического и остаточного ресурсов.

Динамическое прогнозирование



$П_0$,$П_1$, $П_2$, $П_3$, Пi, $П_n$ – значения контролируемого параметра на начальной, 3 промежуточных и предельного состояний;

$t_0, t_1 t_2, t_3, t_{ост.}$ - значения начального, 3 промежуточных и остаточного ресурсов.

Теоретически остаточный ресурс при диагностике выражается как плавное без резких скачков изменение большинства контролируемых параметров

$$\boldsymbol{П = П_o + ct^{\alpha} ...}$$

П – контролируемый параметр технического состояния;
$П_o$ – начальное значение контролируемого параметра;
t – наработка, в данном случае время;
c – коэффициент пропорциональности;
α – показатель степенной функции.

Тогда по данным нашего графика динамического прогнозирования остаточный ресурс определится выражением

$$\boldsymbol{П(t) = П_o + П_1 \cdot c \cdot t_1^{\alpha} + П_2 \cdot c \cdot t_2^{\alpha} +}$$
$$\boldsymbol{+ П_3 \cdot c \cdot t_3^{\alpha} + ... + П_n \cdot c \cdot t_n^{\alpha}}$$

Среднестатистический остаточный ресурс

$$\boldsymbol{t_{ост} = t_o \left(\sqrt[\alpha]{\frac{П_{пр} + П_o}{П_ф + П_o}} - 1 \right)}$$

t_o – наработка сопряжения с начала эксплуатации до диагностирования;
α – степенной показатель;
$П_{пр}$, $П_o$, $П_ф$ – предельное, начальное и фактическое значение параметра.

1.2 Прогнозирование остаточного ресурса по реализации

Если наработка конкретного элемента оборудования неизвестна то остаточный ресурс определяется выражением

$$\boldsymbol{t_{ост} = \lambda \cdot t'_{ост}}$$

где λ – коэффициент, учитывающий наработку элемента;

$t'_{ост}$ - условный остаточный ресурс, определенный по статическому или динамическому методам прогнозирования.

Коэффициент λ

$$\boldsymbol{\lambda = \frac{1}{\alpha \sqrt{\frac{П_ф - П_o}{П_{ф-1} - П_o} - 1}} + 1}$$

$П_ф$, $П_{ф-1}$ – значения параметра, измеренные при последней и предпоследней проверках.

Условный остаточный ресурс

$$t'_{ост} = t_i \left(\alpha \sqrt{\frac{П_n - П_o}{П_ф - П_o}} - 1 \right)$$

t_i- наработка между двумя i – ми проверками.

Кроме остаточного ресурса прогнозу поддается и гарантированный ресурс, определяемый по действительной закономерности изменения параметров состояния оборудования в конкретных условиях работы.

2. Назначение испытаний

Испытание оборудования предназначено для детальной проверки его технического состояния и оно состоит из:

- определения соответствия параметрическим и функциональным требованиям;
- определения показателей надежности (наработка на отказ, ресурс, интенсивность отказов, поток отказов, безотказность, долговечность, ремонтопригодность, сохраняемость);
- обработки данных и выработки рекомендаций для улучшения конструкции машины;
- ресурсные испытания.

2.2.Стандартные испытания

- в данном случае контролируемыми объектами являются образцы изделия, а результаты непосредственно не определяют показатели надежности.

2.3. Специальные испытания

- предназначены для определения показателей надежности контролируемых объектов, они подразделяются на:
- функциональные, проводимые для проверки способности изделий выполнять возложенные на него функции;
- Ресурсные испытания определяют соответствие изделия нормативным свойствам надежности.

3. Эксплуатационные испытания

Они подразделяются на:

- постоянные наблюдения – отказы фиксируются по мере их появления;
- периодические наблюдения - обследования технологического состояния контролируемого объекта проводятся в строго установленное время;
- разовые наблюдения, сбор информации осуществляется по данным осмотра контролируемых объектов;

- моментные наблюдения, фиксируются частотой нахождения испытуемого объекта в работоспособном или неработоспособном состоянии.

По этому методу определяется коэффициент готовности.

$$K_г = T_О / (T_О + T_в)$$

где $T_о$ - наработка на отказ;

$T_в$ - среднее время восстановления отказа.

Вероятность безотказной работы контролируемого оборудования при испытаниях со случайной продолжительностью

$$P\ t\ = \exp\ -P\ \int_0^t \frac{f_{от}(\tau)}{1-F_{\Sigma(\tau)}} d\tau$$

где P - вероятность отказа при испытаниях со случайной продолжительностью;

$f_{от}(\tau)$ - плотность распределения вероятности наработки до отказа;

$F_{\Sigma(\tau)}$ - функция распределения совокупности наработки до отказа и наработки до приостановки испытаний.

4. Ускоренные и имитационные испытания

Задачи:

- сравнение показателей надежности;
- расчет значений параметров предельных величин;
- определение коэффициента ресурса;
- сопоставление значений ресурса.

4.1. Ускоренные износные испытания

Ведутся с целью форсирования процесса изнашивания в контролируемых элементах испытуемого объекта.

4.1.1. Учащенные испытания

Если при упрощенных испытаниях известно, что частота приложения нагрузок увеличена в $К_П$ раз или реализована нагрузка в $К_П$ раз больше, то средний ресурс, полученный при ускоренных испытаниях $T_у$ пересчитывается на ожидаемый средний ресурс, соответствующий эксплуатационным условиям.

$$T_{э.ср.} = K_П \cdot T_у ,$$

Коэффициент ускорения

$$K_П = \sqrt[\alpha]{\frac{\nu_\gamma}{\nu_\%}},$$

где а – степенная функция;

V_γ - γ % работоспособность оборудования;

$V_{\%}$ - установленный γ % ресурс.

4.1.2. Ужесточенные по нагружениям испытания –

ускоренно полученная информация достигается путем интенсификации физико-химического разрушения контролируемых объектов и оно подразделяется на:

- физическое подобие заключается в обеспечении физической картины подобия в ужесточенных или эксплуатационных условиях;
- математическое подобие состоит в том, чтобы вероятность безотказной работы контролируемого объекта при ужесточенных и эксплуатационных испытаниях были одинаковы (принцип равных вероятностей).

$$P(t_y) = P(t_э).$$

Коэффициент подобия, коэффициенты вариации

$$K_П = const, V_y = V_э$$

В этом случае коэффициент ускорения $K_П$= const и коэффициент вариации времени безотказной работы оборудования $V_у$ равен $V_э$.

4.1.3. Имитационные испытания

Они предусматривают лабораторные испытания с имитацией процесса эксплуатации без ускорения процесса изнашивания.

Методы и средства диагностирования технического состояния

Диагностика предусматривает разработку средств и методов для получения достоверной информации технического состояния оборудования на текущий и бедующий периоды времени.

Основные параметры диагностирования:

- Техническое состояние – это совокупность свойств контролируемого объекта, характеризуемые в определенный момент времени параметрами диагностики;
- Диагностический параметр – это параметр, используемый для определения технического состояния контролируемого объекта, косвенно характеризующий его работоспособность (температура, шум, вибрации, расход энергетических ресурсов и пр.);
- Структурный параметр – это параметр непосредственно характеризующий работоспособность контролируемого объекта (геометрическая форма, величина износа, размеры, посадки и пр.);
- Реализация параметра – это непрерывное изменение контролируемого параметра технического состояния объекта;

- Обобщенный параметр – это диагностический параметр, характеризующий техническое состояние нескольких составных частей контролируемого объекта;
- Номинальное значение параметра – это значение параметра, определяемое его функциональным назначением и служащее началом отчета отклонений;
- Допустимое значение параметра – это граничное значение параметра, при котором составная часть контролируемого объекта допускается к эксплуатации без РОВ;
- Предельное значение параметра – это наибольшее или наименьшее значение параметра, которое может иметь работоспособная составная часть контролируемого объекта;
- Алгоритм диагностирования – это совокупность предписаний о проведении диагностирования.

Очередь и порядок диагностирования устанавливается по принципу невозрастающей последовательности отношений

$$\frac{P_1}{T_1} \geq \frac{P_2}{T_2} \geq \frac{P_3}{T_3} \geq \cdots \geq \frac{P_n}{T_n},$$

где P_i - вероятность отказа и трудоемкость проверок i – х элементов;

Ti – трудоемкость устранения отказов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудик Ф.Я., Юдаев Н.В., Буйлов В.Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебник. - С.П. «Гиорд», 2008 г. - 351 с.
2. Рудик Ф.Я., Буттаев О.М., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. – Саратов, Саратовский госагроуниверситет, 2007 г. – 43 с.

Лекция 8

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗНАШИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

1. Повышение надежности ПТЛ и оценка ее производительности

1.1. Последовательные потоки поточно-технологических линий организуют на предприятиях, производящих один вид продукции;

1.2. Параллельные потоки ПТЛ организуются при производстве различных продуктов;

1.3. Комбинированные потоки ПТЛ организуются с целью обеспечения ритма и производственного цикла главных потоков.

Надежность производственного процесса характеризует его способность обеспечить выпуск продукции, удовлетворяющей нормы, установленные НТД в планируемом объеме и в течение заданного времени.

Повышение надежности оборудования ПТЛ осуществляется тремя методами:

1. *Проектно-конструктивные методы - основаны на конструктивном совершенстве машин и направлены:*

- на создание рациональных пар трения и элементов машин;

- на рациональную компоновку элементов машины;
- на выбор материалов и их термомеханическую обработку, обеспечивающих высокую износостойкость элементов оборудования;
- на создание условий по соблюдению нормируемых нагрузок и режимов работы оборудования;
- на обеспечение высоких параметров безотказности и долговечности с минимизацией регулировочных и обслуживающих работ и пр.

2. *Производственно-технологические методы - основаны на использовании современных, прогрессивных методов изготовления деталей, сборки и заводской обкатки машины, они зависят:*

- от используемого высокоточного станочного парка;
- от использования современных приспособлений и инструмента;
- от состояния контрольно-измерительных инструментов и приспособлений;
- от качества проведенных сборочных и обкаточных работ и пр.

3. *Эксплуатационные и ремонтно-восстановительные методы - всецело зависят от качества и своевременности выполнения требований, установленных НТД и заключается:*

- в обеспечении нормальных режимов работы оборудования;
- в предупреждении отказов и повреждений путем качественных диагностик оборудования;
- в соблюдении всех обслуживающих и ремонтных мероприятий, установленных ППС;
- в наличии на предприятии в службе главного механика ремонтно-обслуживающей базы и пр.

Избыточность оборудования –

это применение дополнительных технологических средств и резервных возможностей, которые сверх номинально необходимых обеспечивают стабильную и ритмичную работу, в т. ч. и в критических условиях.

- ***структурная*** - она достигается путем дополнительной установки независимых резервных установок, эксплуатируемых одновременно с основными или замещающими основное при их отказах;
- ***параметрическая*** – она представляет собой резерв с использованием предельного значения эксплуатационно-технического параметра действующего элемента;
- ***режимная*** - она заключается в создании для недостаточно надежных элементов облегченных режимов нагружения или в использовании избыточности для восприятия временных перегрузок;
- ***функциональная*** – она позволяет при снижении работоспособности или отказе одного элемента передать его функции другим, представляющим недогруженный резерв

Обобщенный коэффициент использования ПТЛ

$$K_{об} = K_{г} \cdot K_{з} \cdot K_{э.з.}$$

$К_г$ - коэффициент готовности ПТЛ;
$К_з$ - коэффициент нерегламентированной загрузки ПТЛ;
$К_{э.з.}$ - коэффициент нерегламентированной эксплуатационной загрузки ПТЛ.

Коэффициент готовности ПТЛ

$$К_г = \frac{t_ц}{t_ц + t_{пр.т.}}$$

$t_ц$ - сумма основного и вспомогательного времени, затрачиваемого на операцию, ч;
$t_{пр.т.}$ – время простоя по техническим причинам, ч.

Коэффициент нерегламентированной загрузки ПТЛ

$$К_з = \frac{t_ц + t_{пр.т.}}{t_ц + t_{пр.т.} + t_{пр.орг.}}$$

$t_{пр.орг.}$ – простои ПТЛ по организационным причинам, ч.

Коэффициент нерегламентированной эксплуатационной загрузки ПТЛ

$$К_{э.з.} = \frac{t_ц + t_{пр.т.} + t_{пр.орг.}}{t_ц + t_{пр.т.} + t_{пр.орг.} + t_{пр.нор.}}$$

$t_{пр.нор.}$ – нормированные простои на проведение мероприятий, связанных с проведением технических обслуживаний и ремонтов, ч.

2. Оценка надежности технологических процессов

При оценке надежности ПТЛ решаются детерменированные и стохастические задачи.

Детерминированные связаны с принятием определенного решения для достижения заданных показателей надежности;

Стохастические связаны с выбором лучшего решения в условиях неопределенности, когда неизвестно, какие результаты могут быть получены в зависимости от различных управляющих воздействий на оборудование или технологический процесс.

Оценке подвергаются:

Производственный процесс (ПП) – совокупность действий людей и механизмов, в результате которых вырабатывается продукция;

Технологический процесс (ТП) – совокупность научно и технически обоснованных приемов переработки сырья в готовую продукцию;

Технологическая операция (ТО) - действие, связанное с изменением состояния, свойства, размера и формы обрабатываемых материалов.

При оценке надежности ТП целевые и ресурсные критерии должны быть количественно однозначными и иметь одинаковый физический и технологический смысл.

Доля выходящей бракованной продукции с ПТЛ

Если каждую i – ю ТО характеризовать долей дефектной продукции, поступающей на нее и долю дефектной продукции, выходящую из нее через какое-то время t, то доля дефектной продукции рассчитывается из выражения.

$$q_{вых_i} = 1 - (1 - q_{вх_i}) \cdot P_i(t) =$$
$$= 1 - (1 - q_{вх_i}) \cdot P_{к_i}(t) \cdot P_{о_i}(t)$$

$P_i(t)$ - вероятность безотказного выполнения i – ой технологической операции по параметрам качества и производительности;

$P_{ki}(t)$ - вероятность нахождения контролируемого параметра в пределах поля допусков;

$P_{oi}(t)$ - вероятность безотказной работы оборудования.

При отсутствии контроля доля дефектной продукции после контроля должна быть равна доле дефектной продукции выходящей с ТО.

$$q_{к_i} = q_{вых_i}$$

а доля выявленного брака

$$\delta_i = 0$$

При выборочном контроле для вероятности забраковать годную α_{oi} и принять дефектную β_{oi} продукцию доля дефектной продукции после контроля равна

$$q_{к_i} = q_{вых_i} \cdot в_{о_i} \cdot$$
$$\cdot \left[в_{о_i} \cdot q_{вых_i} + (1 - б_{о_i}) \cdot (1 - q_{вых_i}) \right]$$

$$\delta_i = q_{вых_i} \cdot (1 - \beta_{o_i}) + \alpha_{o_i} \cdot (1 - q_{вых_i})$$

При сплошном контроле

$$q_{к_i} = 0$$

$$\delta_i = q_{вых_i}$$

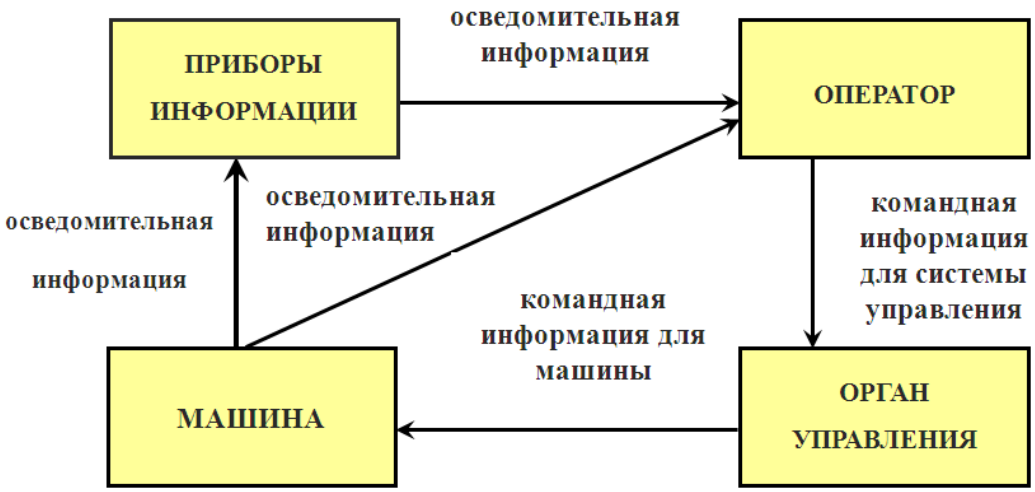
Вероятность выпуска качественной продукции

Определенная после контроля доля дефектной продукции $q_{выхm}$ после завершающей технологической операции позволяет определить вероятность $(1 - q_{выхm})$ того, что изготовленная и принятая продукция будет соответствовать нормам НТД.

$$P(t) = (1 - q_{вых_m}) \prod_{i=1}^{n} (1 - \delta_i)$$

3. *Оценка надежности системы «человек-машина»*

- он, являясь сложным логико-информационным элементом способен значительно реальнее чем управляющая машина оценивать производственную ситуацию и принимать при этом наиболее рациональные решения;
- он, как психофизиологический объект подвержен «отказам» при воздействии на него предельных нагрузок;
- он может быть задействован в роли «приемника» уведомляющей, предупреждающей или аварийной информации, поступающей от управляемого объекта;
- он может осуществлять оперативную обработку и анализ различной по объему, форме и содержанию информацию;
- он может вырабатывать управляющую (командную) информацию и воздействовать на ТП.



Человек как звено системы «человек – машина» должен:

- выступить в роли «приемника» уведомляющей, предупреждающей или аварийной информации, поступающей от управляемого объекта;
- осуществлять оперативную обратную связь путем обработки и анализа различной по форме и содержанию информации;
- вырабатывать управляющую (командную) информацию.

Вероятность безотказной работы системы «человек-машина»

Система «человек-машина» с компенсацией ошибок и отказов будет надежно работать в течение времени (t, t + τ) при следующих событиях:

- техника не отказала и оператор не совершил ошибки;
- техника не отказала, оператор совершил ошибку но компенсировал ее;
- оператор не совершал ошибку, техника отказала, но благодаря вмешательству оператора система выполнила свои функции.

Принципиальная схема среды, воздействующей на человека

Статистическая вероятность безотказной работы системы «человек-машина» в течение времени (t, t + τ) описывается выражением

$$P(t,t+\tau) = P_o(t) + [1 - P_o(t)]\cdot\rho_u \cdot [P_T(t,t+\tau) + P_y(t,t+\tau;\delta_u)]$$

$P_o(t)$ - вероятность безошибочной работы оператора в течение времени (τ) при условии, что техника работала безотказно;

ρ_u – вероятность мгновенной компенсации оператором своей ошибки;

$P_T(t, t + \tau)$ - вероятность безотказной работы техники в течение времени;

$P_y(t, t + \tau, \delta_u)$ - условная вероятность безотказной работы системы "человек-машина" с компенсацией ошибок оператора.

Надежность действия оператора

Если $P_i(T_ц)$ – надежность работы i–го звена машины в течение времени цикла управления $T_ц$, то вероятность правильно принятого решения оператора оценивается выражением

$$P_{on} \geq \frac{P_ц}{\prod_{i=1}^{n} P_i(T_ц)}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рудик Ф.Я., Скрябина Л.Ю., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Учебно-методическое пособие для курсового проектирования. – Саратов: Саратовский госагроуниверситет, 2010 г. – 80 с.

2. Рудик Ф.Я., Моргунова Н.Л., Скрябина Л.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебно-методический компьютерный комплекс. – Саратов, Диполь., 2011 г.

Лекция 9

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ

1. Структурные схемы ремонтно-обслуживающих воздействий

Профилактический осмотр

Работы производятся на рабочем месте во время технологических перерывов

Текущий ремонт

Работы производятся на рабочем месте во время технологических перерывов

Средний ремонт

Работы производятся на рабочем месте или в ОГМ в запланированные периоды времени

<u>Ремонтный цикл</u> характеризуется периодом работы, оборудования между двумя плановыми капитальными ремонтами.

<u>Межремонтный период</u> – это период работы оборудования между двумя очередными плановыми периодами.

Продолжительность межремонтного периода

$$П_{МП} = \frac{П_{рц}}{\Sigma С + \Sigma Т + 1},$$

где $П_{рц}$ - продолжительность ремонтного цикла, мес.;

С – число средних ремонтов в ремонтном цикле, шт.;

Т – число текущих ремонтов в ремонтном цикле, шт.

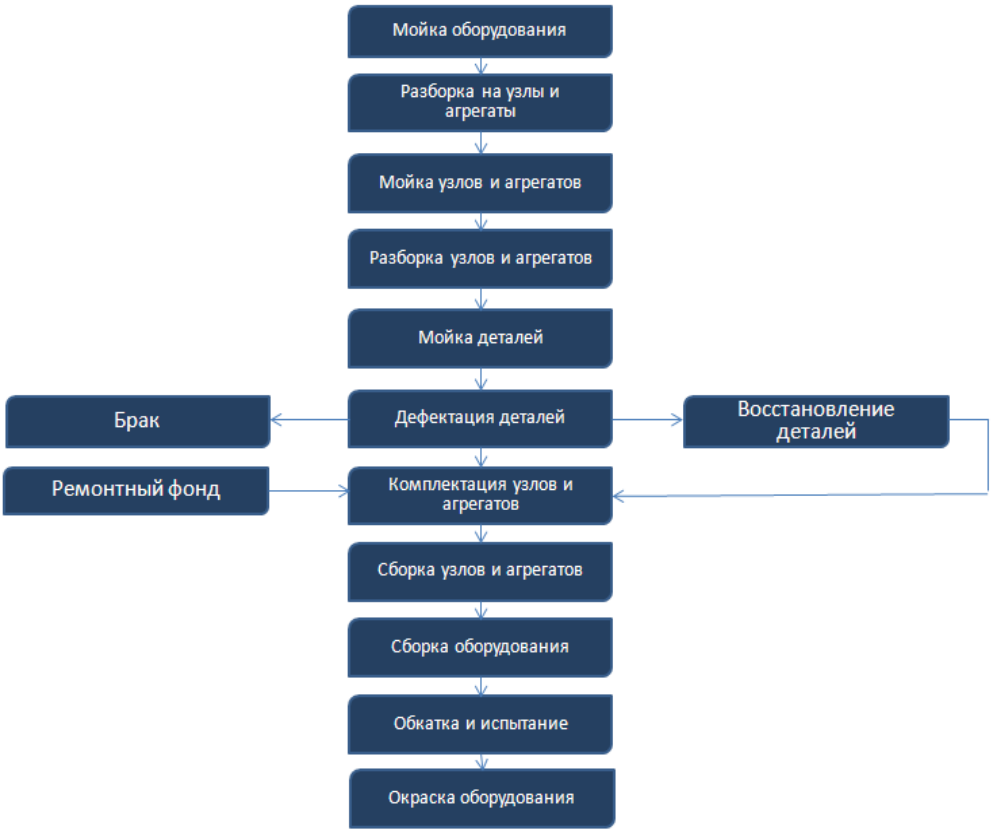
<u>Межосмотровый период</u> – это период работы оборудования между двумя осмотрами или осмотром и последующим очередным ремонтом

$$П_{ОП} = \frac{П_{рц}}{\Sigma С + \Sigma Т + \Sigma О + 1},$$

где о – число осмотров в ремонтном цикле

Капитальный ремонт

Работы проводятся работниками ОГМ



2. Расчет годовой трудоемкости РОР

Годовая трудоемкость РОР

$$T_{год}=T_{по}\cdot П_{по} + T_{тр}\cdot П_{тр} + T_{ср}\cdot П_{ср} + T_{кр}\cdot П_{кр},$$

где $T_{по},T_{тр},T_{ср},T_{кр}$ - трудоемкость профилактических осмотров, текущих, средних и капитальных ремонтов соответственно, час.;

$П_{по},П_{тр},П_{ср},П_{кр}$ - количество профилактических осмотров, текущих, средних и капитальных ремонтов соответственно, шт.

3. Классификация существующих методов восстановления деталей

В ремонтной практике установлены 3 метода восстановления посадок

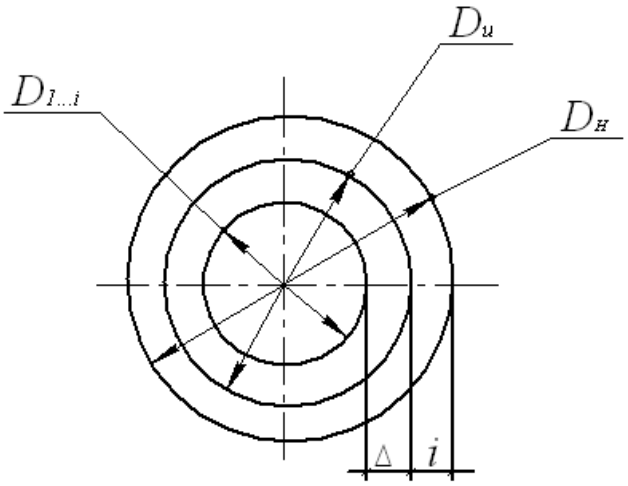
3.1 Восстановление посадок без изменения размеров изношенных деталей

Данный метод осуществляется 2 способами:

- регулировкой зазора;
- перестановкой детали в дополнительную рабочую позицию.

3.2 Восстановление посадок с изменением размеров изношенных деталей

Используются ремонтные размеры, установленные для охватываемых и охватывающих деталей



$D_н$, D_u, $D_{1...i}$ - номинальный, изношенный, первый и последующий диаметры детали, мм;
i – величина износа детали. мм;
Δ - величина припуска на механическую обработку детали, мм.

Ремонтный интервал

$$\boldsymbol{\omega = 2\ i + \Delta\ .}$$

Ремонтный размер

$$\boldsymbol{D_1 = D_н - \omega_1,}$$

$$\boldsymbol{D_i = D_н - \omega_1.}$$

Ремонтные размеры для охватывающих деталей

$$\boldsymbol{D_1 = D_н + \omega_1,}$$

$$D_i = D_{\text{н}} + \omega_1.$$

Возможное количество ремонтных размеров устанавливается исходя из прочностных показателей и глубины термообработки деталей

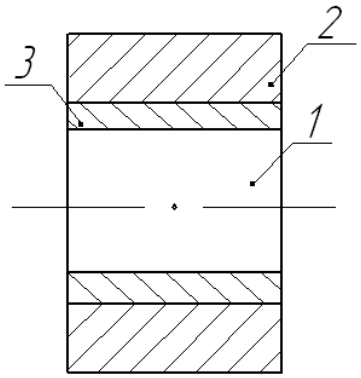
Охватываемые $П_{\text{р.р.}} = \frac{D_{\text{н}} - D_{min}}{\omega}$.

Охватывающие $П_{\text{р.р.}} = \frac{D_{max} - D_{\text{н}}}{\omega}$.

3.3 Восстановление посадок с обеспечением номинальных размеров изношенных деталей

Данный метод предусматривает использование следующих способов

Дополнительные ремонтные детали



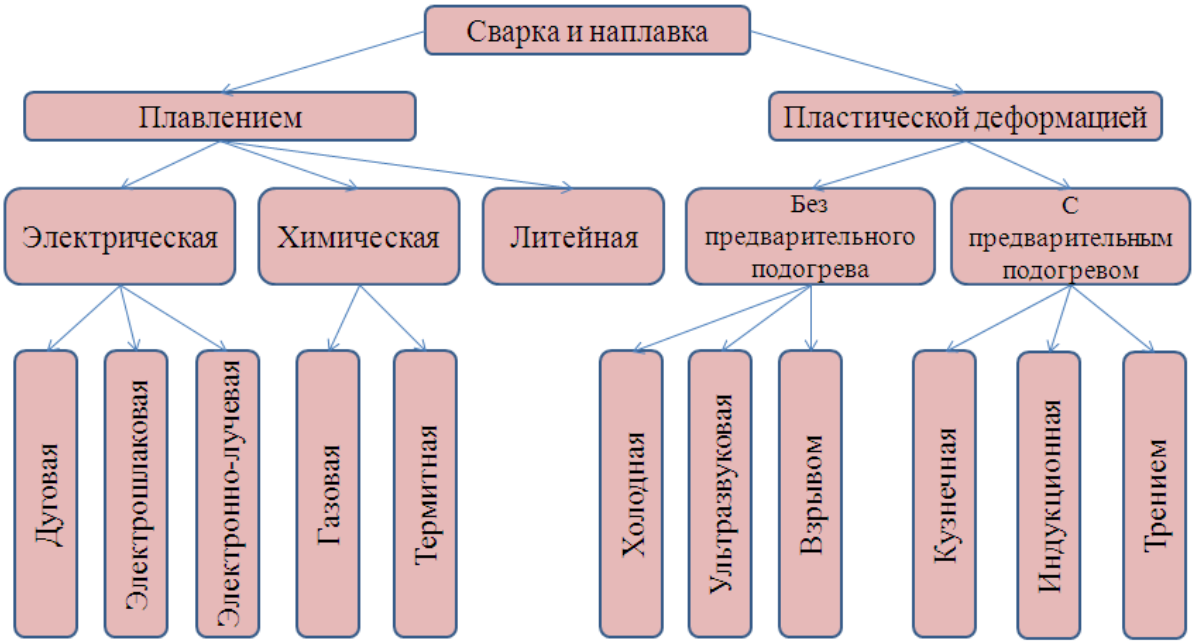
1 – изношенный вал;
2 – втулка пары трения;
3 – ремонтная втулка.

Способы восстановления деталей с использованием дополнительных расходных материалов

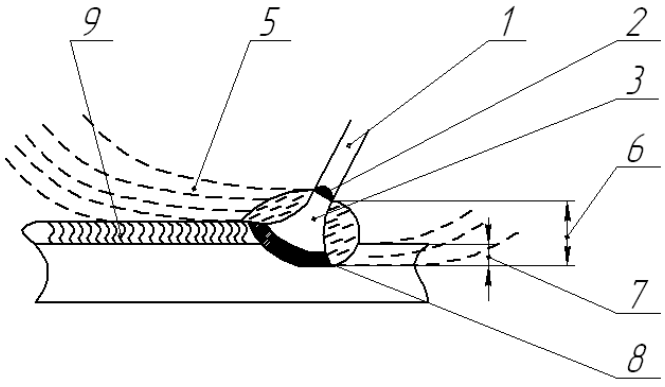
- сварочно-наплавочные;
- металлизации;
- пластической деформации;
- электрофизические;
- с использованием полимерных материалов и клеевых составов.

Лекция 10

1. Восстановление изношенных поверхностей сварочно-наплавочными способами



1.1 Электродуговая сварка, наплавка



1 – электрод;
2 – катодное пятно (t – 3500-4000^{0}C);
3 – столб дуги (t – 6500^{0}C);
4 – ореол;
5 – пламя дуги;
6 – длина дуги;
7 – глубина провара;

8 – анодное пятно;
9 – наплавленный металл.

Основной принцип подключения источника постоянного тока зависит от следующего:

- На положительном полюсе – 43 % тепла;
- На отрицательном полюсе – 36 % тепла;
- В дуге – 21 % тепла.

Поэтому к детали, имеющей большую массу, чем электрод подключается + прямая полярность и наоборот – обратная полярность.

При сварке на переменном токе тепло распределяется равномерно.

Величина сварочного тока

$$I = \beta + \alpha d_э \cdot d_э,$$

где а и β – опытные коэффициенты;

$d_э$ - диаметр электрода.

При толщине металла > $3d_эI$+10-15%

< $3d_эI$-10-15%

Количество наплавляемого металла

$$G = a_н It,$$

где $a_н$ - коэффициент наплавки, г/Ач;

t – время наплавки.

Различают 3 группы сплавов по свариваемости:

1 – стали 10, 15, 20, 25, 15Г, 20ХГ, 15ХМ, 12ХН2, 12Х2НУ,20ХГСА, 15Х, 20Х – свариваются без последующей термообработки;

2 – стали 15Л, 20Л, 25Л, 20ХНЗА, 30, 35, 30Х, 27СГ, 20ХГС, 30Л – свариваются с предварительным подогревом и с последующей термообработкой;

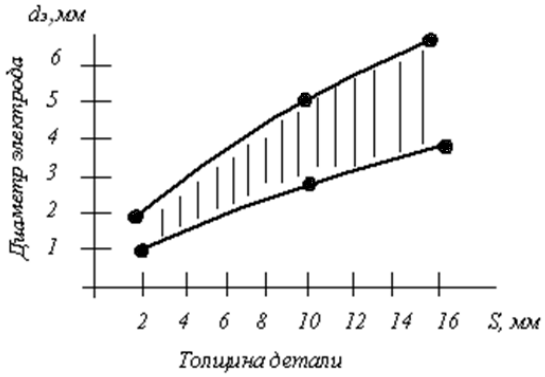
3 - стали 35ХМ, 30ХГС, 35НЛ, 35ХНЛ, 40Х, 35СГ, 50, 40Л, 45Л, 35Г, 35ХНМ, 40ХН, 40ХНМА, 35ХНМЮА, 30ХМА – предварительно термообрабатывают и подогревают;

4 - стали 50Г, 50Х, 50Г2, 50ХН, 40Г2, 50ХГ, 60Г, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12, У13, УГА, У10А, У11А, У12А, У13А, 65Г, 70Г, 55Л, Р18, Р9 – свариваются ограниченно, склонны к трещинообразованию.

По металлургическому действию обмазки подразделяются на:

- Р – рудно-кислые;
- Т – рутиловые;
- Ф – фтористо-кальциевые;
- О – органические.

Выбор диаметра электрода



Флюсы предназначены для уменьшения воздействия на сварной шов кислорода водорода и азота. В качестве компонентов используются бура $Na_2B_4O_7$, двууглекислая сода $NaHCO_3$ и борная кислота H_3BO_3 .

Методы сварки, наплавки

Стержни электродов

Плавящиеся	***Неплавящиеся***
Стальные, *Чугунные,* *Алюминиевые* *И др. сплавы*	*Угольные,* *Графитовые,* *Вольфрамовые*
С покрытиями	***Без покрытий***
(органические – крахмал, декстрин, целлюлоза и др. Карбонаты – мрамор, мел, хромпик и др.)	

прямая *обратная*

1.2 Сварка, наплавка в среде углекислого газа

Углекислый газ при сварке вытесняет воздух из зоны горения дуги.

1.3 Наплавка под слоем флюса

Материалы наплавляемые	Материал наплавки	Флюсы	
		плавленные	неплавленные (керамические)
Чугун, Сталь, Легированные и Высоколегированные стали	Проволока 0,3-12 мм, холоднокатанная лента толщиной 0,3-1,0 мм, шириной 10-100 мм	получают сплавлением компонентов и их дроблением	спеканием в жидком натриевом стекле тонкоразмолотых порошков, минералов и ферро сплавов

1.4 Аргоно-дуговая сварка и наплавка

Ведется путем горения дуги в среде аргона между неплавлющимся вольфрамовым электродом и прутком определенных сплавов.

1.5 Сварка и наплавка деталей из алюминиевых сплавов

Специфика процесса:

- температура плавления алюминия $\approx 650^0$C;
- температура фазы пластичности;
- высокая теплопроводность;
- высокий коэффициент усадки при охлаждении;
- повышенная хрупкость при нагреве, образование сетки микротрещин при t = 400 500^0C.

Технология и режимы сварки:

- тщательная зачистка свариваемых кромок;
- разделка свариваемых кромок под $\angle 70\text{-}90^0$ с глубиной разделки 0,3-0,5 величины толщины детали;
- подбор прутков с материалом, идентичным материалу свариваемых деталей;
- сварка на переменном токе при S=1-8 мм $I=(40\text{-}50)d_э$;
- S=6-12 мм $I=(50\text{-}60)d_э$;
- подача аргона 0,01 – 0,05 МН/м^2;
- детали, изготовленные из силумина прежде подогреваются до 250^0C;
- остуживание детали медленное;

- отжиг при нагреве 300-350^{0}С с медленным остуживанием.

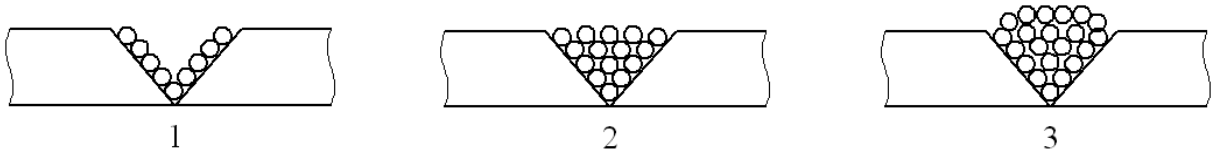
Преимущества аргоно-дуговой сварки, наплавки:
- защита шва от окружающей среды;
- хороший внешний вид сварного шва;
- возможность сварки тонкостенных деталей (от 0,5 мм и выше);
- ограниченная зона разогрева деталей;
- невысокая интенсивность светового излучения дуги.

1.7 Сварка деталей из чугуна

Специфика процесса:
- высокое содержание углерода и склонность к трещинообразованию;
- особенности кристаллизации чугуна, ведущая к его отбеливанию;
- резкий переход при нагреве из твердого состояния в жидкое.

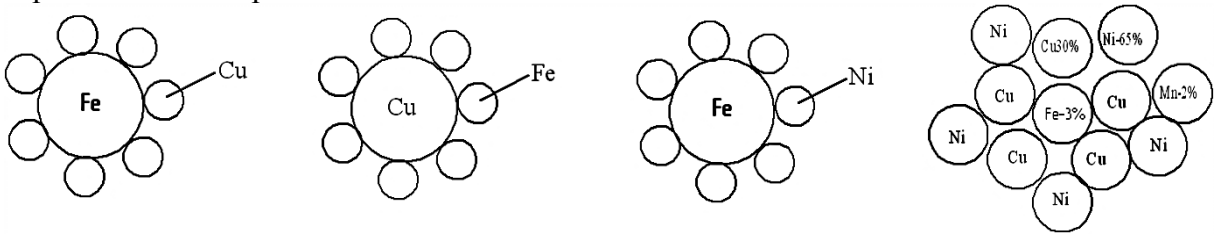
Технологические режимы сварки:
- зачистка и разделка свариваемых кромок под ∟70-90^0;
- высверливание по краям трещины сквозных отверстий 3 мм;

- выбор электрода и нанесение сварочных валиков методом отжигающих валиков:



1 – наносится первый валик, затем деталь охлаждается, так повторяется после каждого очередного нанесенного валика 2, 3.

Холодная сварка чугунных деталей ведется без предварительного нагрева деталей стальными малоуглеродистыми электродами, комбинированными электродами, пучком электродов или электродами из монель-металла.



Полугорячая сварка чугунных деталей
Нагрев свариваемых деталей до 300-400 ^{0}С.

Горячая сварка чугунных деталей
Нагрев свариваемых деталей до 600-700 ^{0}С в специальных термостатах и сварка до достижения температуры до 400 ^{0}С.

2. Восстановление деталей металлизацией

Металлизация осуществляется напылением расплавленного металла на восстанавливаемую поверхность.

Специфика процесса:

- возможность использования любого порошкового материала;
- высокая результативность процесса металлизации.

Технологические режимы металлизации:

- расплавление напыляемого материала;
- отрыв и распыление расплавленного металла (150-300 м/с);
- перенос частиц напыляемого металла;
- формирование напыляемого слоя на восстанавливаемой поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рудик Ф.Я., Юдаев Н.В., Буйлов В.Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебник. - С.П. «Гиорд», 2008 г. - 351 с.
2. Рудик Ф.Я., Буттаев О.М., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям. – Саратов, Саратовский госагроуниверситет, 2007 г. – 43 с.
3. Рудик Ф.Я., Скрябина Л.Ю., Моргунова Н.Л. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Учебно-методическое пособие для курсового проектирования. – Саратов: Саратовский госагроуниверситет, 2010 г. – 80 с.
4. Рудик Ф.Я., Моргунова Н.Л., Скрябина Л.Ю. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования перерабатывающих предприятий. Учебно-методический компьютерный комплекс. – Саратов, Диполь., 2011 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Лекция 1. Основы надежности машин и оборудования…….	2
1. Цель и задачи при изучении дисциплины……	
2. Обеспечение надежности в процессе эксплуатации оборудования..……..…….	
3. Систематизация исследований надежности оборудования…….……	
4. Основные свойства и термины надежности оборудования.....……...	
Вопросы для самоконтроля…….	
Список литературы……..	
Лекция 2. Основы надежности машин и оборудования…….……	7
1. Случайные величины и их характеристики……...	
2. Показатели безотказности……..	
2.1 наработка на отказ……..	
2.2 вероятность безотказной работы……..	
2.3 вероятность безотказной работы последовательно соединенных элементов……..	
2.4 вероятность безотказной работы параллельно соединенных элементов……	
2.5 вероятность безотказной работы смешанной системы элементов оборудования...	
2.6 интенсивность отказов……...	
2.7 параметр потока отказов……	
Вопросы для самоконтроля…….	
Список литературы……...	
Лекция 3. Основы надежности машин и оборудования……..……..	13
1. Показатели долговечности……....	
2. Показатели ремонтопригодности……	
3. Сохраняемость……..	
Вопросы для самоконтроля……	
Список литературы……..	
Лекция 4. Физические основы изнашивания и техническая эксплуатация оборудования……...	16
1. Физическая суть износов…….	
1.1 Физический износ……...	
1.2 Моральный износ……...	
1.3 Величина общего износа……	
2. Закономерности износов……..	
2.1 Виды повреждений и разрушений……	
2.2 Единая классификация видов изнашивания……	
3.Изнашивание как случайный процесс…….	
3.1 Скорость изнашивания……...	
3.2 Интенсивность изнашивания…….	
3.3 Износостойкость…….	
3.4 Относительная износостойкость……...	
3.5 Математическое ожидание величины износа……..	
3.6 Дисперсия наработки износа…….	
4.Факторы, влияющие на интенсивность изнашивания……	
4.1 Величина износа при прочих равных условиях прямо пропорциональна пути трения……	
4.2 Величина износа при прочих постоянных условиях не зависит от скорости	

трения, т.е. скорость изнашивания прямо пропорциональна скорости трения……..	
4.3 Величина трения при прочих равных условиях прямо пропорциональна величине нормальной нагрузки……...	
4.4 Относительная износостойкость технически чистых металлов в ненаклепанном состоянии прямо пропорциональна их твердости…….	
4.5 Для неконструкционных и некоторых легированных марок сталей относительная износостойкость возрастает линейно с увеличением твердости……...	
4.6 Относительная износостойкость механически наклепанных сталей при соотношении…….	
4.7 Для двойных металлических сплавов существует зависимость между относительной износостойкостью и модулем упругости…….	
Вопросы для самоконтроля…….	
Список литературы……...	
Лекция 5. Эксплуатационная надежность машин и оборудования…….....	20
1.Неисправности оборудования и причины их возникновения ……..……	
2.Теория трения. Общие вопросы……...	
3.Классификация видов трения……...	
4.Трение с наличием смазывающей жидкости……..	
5.Гидродинамическая теория трения…….	
Вопросы для самоконтроля……	
Список литературы…….	
Лекция 6. Физические основы изнашивания и техническая эксплуатация оборудования……..	24
1. Методы повышения надежности оборудования…… 2. Критерии установления предельных износов……..	
2.1 Теоретическая кривая изнашивания……	
3. Методы установления предельных износов……..	
4. Система технического обслуживания и ремонта оборудования…….	
5. Диагностика технического состояния оборудования……...	
6. Сроки проведения ремонтно-обслуживающих мероприятий…….……...	
6.1 Межосмотровый период……	
Вопросы для самоконтроля……	
Список литературы…….	
Лекция 7. Физические основы изнашивания и техническая эксплуатация оборудования……...	28
1. Прогнозирование остаточного ресурса……..	
1.1 Среднестатистическое прогнозирование. Статистическое прогнозирование……..	
1.2 Прогнозирование остаточного ресурса по реализации……...	
2. Назначение испытаний……	
2.1 Стандартные испытания……	
2.2 Специальные испытания……	
3. Эксплуатационные испытания……	
4. Ускоренные и имитационные испытания……..	
4.1 Ускоренные износные испытания……	
4.1.1. Учащенные испытания……...	
4.1.2. Ужесточенные по нагружениям испытания……	
4.1.3. Имитационные испытания……	

Вопросы для самоконтроля…….	
Список литературы……..	
Лекция 8. ***Физические основы изнашивания и техническая эксплуатация оборудования***……	47
1. Повышение надежности ПТЛ и оценка ее производительности……	
2. Оценка надежности технологических процессов……..	
3. Оценка надежности системы «человек-машина»……..	
Вопросы для самоконтроля…….	
Список литературы……..	
Лекция 9. ***Технологические процессы ремонта оборудования*** ……..	
1. Структурные схемы ремонтно-обслуживающих воздействий……..…..	
2. Расчет годовой трудоемкости РОР…….	
3. Классификация существующих методов восстановления деталей…….	
3.1 Восстановление посадок без изменения размеров изношенных деталей…….	
3.2 Восстановление посадок с изменением размеров изношенных деталей……..	
3.3 Восстановление посадок с обеспечением номинальных размеров изношенных деталей……...	
Вопросы для самоконтроля…… Список литературы…….	
Лекция 10.	**52**
1. Восстановление изношенных поверхностей сварочно-наплавочными способами...	
1.1 Электродуговая сварка, наплавка…….	
1.2 Сварка, наплавка в среде углекислого газа……..	
1.3 Наплавка под слоем флюса……	
1.4 Аргоно-дуговая сварка, наплавка…….	
1.5 Сварка и наплавка деталей из алюминиевых сплавов……	
1.6 Сварка и наплавка деталей из нержавеющих сплавов……	
1.7 Сварка деталей из чугуна……...	
2. Восстановление деталей металлизацией……	
Вопросы для самоконтроля……. Список литературы……..	
Библиографический список……	
Содержание……..	