

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Лысьвенский филиал  
федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся  
по дисциплине  
**«Надежность технических систем»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 15.03.05 Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств

**Направленность (профиль)  
образовательной  
программы:** Технологии цифрового проектирования и  
производства в машиностроении

**Квалификация выпускника:** «Бакалавр»

**Выпускающая кафедра:** Технические дисциплин

**Форма обучения:** Очная, очно-заочная, заочная

**Курс:** 4 (5)

**Семестр:** 7 (9)

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Дифференцированный зачет: 7 (9) семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра учебного плана очной формы обучения, 9-го семестра учебного плана очно-заочной и заочной форм обучения). В семестре предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим работам и дифференцированного зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий	Рубежный		Итоговый
	ТО	ОПЗ	Т/КР	Дифференцированный зачет
<b>Усвоенные знания</b>				
<b>3.13</b> Знать: - общие сведения теории надежности - методы оценки надежности технической системы - законы распределения случайных величин в теории надежности - показатели надежности	ТО		КР1 КР2	ТВ
<b>3.2</b> Знать: - виды испытаний на надежность технических систем; - методы расчета показателей надежности ТС; - методы расчета надежности процесса резания.	ТО		КР1 КР2	ТВ
<b>3.3.</b> Знать: - методы повышения надежность ТС;	ТО		КР1 КР2	ТВ

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий	Рубежный		Итоговый
	ТО	ОПЗ	Т/КР	Дифференцированный зачет
- методику определения показателей безопасности ТС; - Требования к надежности ТС. .				
<b>Освоенные умения</b>				
<b>У.1</b> Уметь: - определять требования к качеству изделий; - определять марку и тип исходных заготовок изделий при проектировании ТС; - назначать средства технического оснащения для механической обработки изделий		ОПЗ 2- ОПЗ-12	КР 1 КР 2 КР 3	ПЗ
<b>У.2</b> Уметь: - работать с нормативной документацией в области машиностроения; - назначать оптимальные режимы работы ТС; - работать в системах автоматизированного проектирования применяемого на машиностроительном предприятии; - использовать средства экономического обоснования принятого решения		ОПЗ 1- ОПЗ-5	КР 1 КР 2 КР 3	ПЗ
<b>У.3.</b> Уметь: - проектировать элементы и узлы технической системы; - анализировать показатели надежности ТС; - применять математический аппарат теории надежности.		ОПЗ 2- ОПЗ-6	КР 1 КР 2 КР 3	ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>				
<b>В.1</b> Владеть: - разрабатывать технологический процесс; - методами определения оптимальных показателей качества изготавливаемого изделия		ОПЗ-3 ОПЗ-4 ОПЗ-5	КР 1 КР 2 КР 3	ПЗ
<b>В.2</b> Владеть: - методами проектирования элементов, изделий и технических систем; - методами экономической оценки принятых инженерных решений.		ОПЗ 1- ОПЗ-12	КР 2 КР 3	ПЗ
<b>В.3</b> Владеть: - навыками работы с научно-исследовательской документацией; - навыками оформления результатов проектно-конструкторских работ		ОПЗ 1- ОПЗ-12	КР 2 КР 3	ПЗ

*С – собеседование по теме; ТО – теоретический опрос; КЗ – комплексное задание (индивидуальное задание); ОПЗ – отчет по практическим занятиям; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание. КЗ - комплексное задание экзамена*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучающихся, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучающимися отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по практическим работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) в форме защиты отчетов по практическим занятиям и рубежных контрольных работ

#### **2.2.1. Защита практических работ**

Всего запланировано 12 практических занятий. Типовые темы практических занятий приведены в РПД.

Защита отчетов по практическим занятиям проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки при-

ведены в общей части ФОС образовательной программы.

### 2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы(КР) после освоения студентами лекционного и практического материала. Первая КР- «Основные сведения о теории надежности. Показатели надежности технических систем», вторая КР -«Расчет надежности технических систем. Диагностика», третья КР – «Технология контроля качества продукции. Выбор средств контроля качества изделий».

#### Типовые задания первой КР:

1. На каком этапе надёжность закладывается в конструкцию изделия?

*Ответ: Надежность изделия закладывается на этапе проектирования, обеспечивается в процессе технологического производства, отрабатывается при опытной отработке и доводке изделия и реализуется при эксплуатации.*

2. На каком этапе обеспечивается надёжность изделия?

*Ответ: Надежность изделия закладывается на этапе проектирования, обеспечивается в процессе технологического производства, отрабатывается при опытной отработке и доводке изделия и реализуется при эксплуатации.*

3. На каком этапе реализуется надёжность изделия?

*Ответ: Надежность изделия закладывается на этапе проектирования, обеспечивается в процессе технологического производства, отрабатывается при опытной отработке и доводке изделия и реализуется при эксплуатации.*

4. На какие вопросы даёт ответ надёжность?

*Ответ: Надежность, как наука, должна дать исчерпывающие ответы на основные вопросы, поставленные перед ней практикой эксплуатации изделий:*

*- сколько времени изделие сможет проработать без отказов? - сколько отказов может произойти за определённый отрезок времени?*

*- как нужно спроектировать и изготовить изделие, чтобы оно было оптимально надёжным?*

*- как следует эксплуатировать изделие (периодичность обслуживания, объём ремонтов, количество запасных частей) для того, чтобы оно было надёжным?*

5. На каких теоретических основах базируется надёжность?

*Ответ: Расчет надежности основан на теории вероятности – науки, изучающей закономерности случайных явлений.*

6. Как получить суммарные затраты, характеризующие уровень надёжности?

*Ответ: Затраты  $Q_i$  представляют собой затраты на изготовление нового изделия, включая его проектирование, изготовление, испытание, отладку, транспортирование к месту работы. Затраты  $Q_{э}(t)$  представляют затраты на эксплуатацию, включая техническое обслуживание, ремонты, профилактические мероприятия – всё то, что связано с поддержанием и восстановлением работоспособности изделия*

7. Что такое отказ изделия?

*Ответ: Под отказом понимают событие, после появления которого нарушается работоспособность машины*

8. Каковы причины возникновения отказов?

*Ответ: В зависимости от причин возникновения, отказы разделяют на конструктивные, технологические и эксплуатационные.*

*Конструктивные отказы возникают вследствие неудачной конструкции узла, неверно выбранных посадок, недостаточной жёсткости, несоответствия расчётных данных на*

прочность или износостойкость. Наиболее часто наблюдаются отказы из-за потери прочности, устойчивости, усталости. В условиях пониженных температур наблюдаются отказы в результате хрупкого разрушения материала.

Технологические отказы возникают вследствие нарушений технологического процесса при изготовлении и сборки изделия или из-за применения некачественных материалов. Поскольку технологические неисправности являются результатом несоблюдения технологических условий изготовления, ремонта и сборки узлов изделия, этап изготовления является весьма важным также и с точки зрения обеспечения надёжности машины.

Эксплуатационные отказы являются следствием естественного изнашивания сопряжённых деталей от трения, изменения свойств и качества смазочных и других эксплуатационных материалов, от нарушения режима работы и правил эксплуатации изделия

9. Какова последовательность этапов в изменении состояния изделия, приводящая к его отказу?

*Ответ: Исправное-работоспособное-неработоспособное.*

10. Что такое надёжность изделия?

*Ответ: Надёжность – это свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования (техническому обслуживанию, ремонтам, хранению и транспортировке).*

11. Что такое сохраняемость изделия?

*Ответ: Сохраняемость – это свойство изделия непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение транспортировки и после них.*

12. Что такое долговечность изделия?

*Ответ: Долговечность – это свойство изделия сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе ТОиР*

13. Что такое безотказность изделия?

*Ответ: Безотказность – это свойство изделия в заданных условиях эксплуатации непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки без вынужденных перерывов*

14. Что такое ремонтпригодность изделия?

*Ответ: Ремонтпригодность – это свойство изделия, заключающееся в приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путём проведения технического обслуживания и ремонтов.*

### **Типовые задания второй КР:**

1. Что такое вероятность безотказной работы?

*Ответ: Вероятность безотказной работы – это вероятность того, что изделие не отказывает в течение заданного промежутка времени  $t$  в заданных условиях эксплуатации*

2. Что такое вероятность отказа изделия?

*Ответ: Событие, противоположное вероятности безотказной работы, называется вероятностью отказа и обозначается как  $Q(T < t)$  или просто  $Q(t)$*

3. Что такое частота отказа (плотность вероятности возникновения отказа)?

*Ответ: Частота отказов – это отношение числа отказов, происшедших в единицу времени, к общему числу испытываемых изделий*

4. Что такое интенсивность отказов?

*Ответ: Интенсивность отказов – это отношение числа отказов, происшедших в единицу времени, к числу изделий, оставшихся исправными к концу рассматриваемого промежутка времени.*

5. Как определяется среднее время безотказной работы?

Ответ: Среднее время безотказной работы для восстанавливаемых изделий – это математическое ожидание времени безотказной работы. Среднее время безотказной работы характеризует наработку изделия до момента возникновения отказа. При этом из множества одинаковых изделий, находящихся в эксплуатации, часть изделий проработает безотказно большее время, чем  $T_{ср.}$ , а часть изделий откажет, не доработав до  $T_{ср.}$ .

6. Какова связь между вероятностью безотказной работы и интенсивностью отказов?

$$\lambda(t) = -\frac{dP(t)}{dt \cdot P(t)}$$

7. Какова связь между плотностью вероятности и интенсивностью отказов?

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}$$

8. Какова связь между вероятностью безотказной работы и средним временем безотказной работы?

$$T_{ср.} = \int_0^{\infty} P(t) dt$$

9. Покажите, почему на практике лучше пользоваться вероятностью безотказной работы и интенсивностью отказов.

Ответ: Рассмотрим пример расчёта показателей безотказности изделия, состоящего из 2-х элементов, для которых известны все характеристики (показатели) безотказности (рис.1). Требуется определить общие характеристики безотказности для всего изделия.

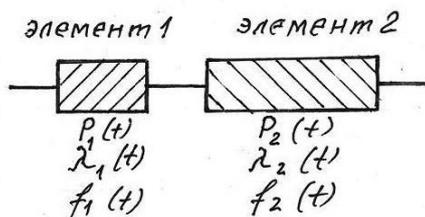


Рис.1.

Изделие может быть исправным только в случае исправности обоих элементов. Тогда, в соответствии с теоремой умножения

$$P_{изд.}(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \quad (1)$$

Продифференцируем выражение 1:

иметь  $\frac{dP_{изд.}(t)}{dt} = P_1(t) \cdot \frac{dP_2(t)}{dt} = P_2(t) \cdot \frac{dP_1(t)}{dt}$  или, учитывая что  $f(t) = -\frac{dP(t)}{dt}$ , будем

$$\lambda_{изд.}(t) = P_1(t) \cdot f_2(t) + P_2(t) \cdot f_1(t).$$

Заменяя  $P(t) = 1 - Q(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt = \int_t^\infty f(t)dt$  и внося эту замену в равенство

$$(4.10), \text{ будем иметь } f_{изд.}(t) = f_1(t) \cdot \int_t^\infty f_2(t)dt + f_2(t) \cdot \int_t^\infty f_1(t)dt$$

С другой стороны, разделив уравнение (4.10) на (4.9) и имея в виду, что  $\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}$  получим  $\frac{f_{изд.}(t)}{P_{изд.}(t)} = \frac{P_1(t) \cdot f_2(t)}{P_1(t) \cdot P_2(t)} + \frac{P_2(t) \cdot f_1(t)}{P_1(t) \cdot P_2(t)}$

или  $\lambda_{изд.}(t) = \lambda_1(t) + \lambda_2(t).$

Из сопоставления выражений (4.9), (4.11) и (4.12) явствует, что удобнее всего оперировать при расчётах показателями  $\lambda(t)$  и  $P(t)$ . Менее всего удобен показатель  $f(t)$ , поскольку его определение требует интегрирования некоторых функций, что далеко не всегда просто.

## 11. Обеспечение надежности инструмента на стадиях: проектирования, изготовления и эксплуатации.

*Ответ: Для режущего инструмента средняя наработка до отказа – среднее значение стойкости  $T_{ср}$ , то есть времени резания этим инструментом до переточки или смены режущей части. Среднее значение стойкости определяется расчетным путем. После этого назначаются режимы резания и параметры начального состояния инструмента.*

*Для обработки детали заданного качества с наименьшими затратами и наиболее производительным путем решается задача оптимизации соотношения стойкости и режимов резания.*

*Например, необходимо назначить такие значения стойкости  $T$  и скорости резания  $V$ , которые обеспечат минимальную себестоимость обработки.*

*Элементы заводской себестоимости разделяют на две группы.*

*1. Сумма  $C_{ПЕР}$  элементов себестоимости, величина которых на единицу изделия меняется в зависимости от режимов резания.*

*2. Элементы себестоимости, величина которых незначительно зависит от уровня применяемых режимов. Это стоимость электроэнергии, топлива, внутривзаводские расходы, услуги сторонних организаций и др.*

*Переменная составляющая себестоимости  $C_{ПЕР}$  включает*

*-расходы на одну минуту времени работы ТС, руб/мин;  
-машинное время обработки одной детали, мин;  
-время на смену затупившегося инструмента и подналадку станка за период  $T$  стойкости инструмента, мин.;*

*-расходы, связанные с эксплуатацией принятого инструмента за период  $T$  стойкости, руб/мин;*

*-количество деталей, обработанных за период  $T$  стойкости инструмента, шт.*

*Зависимости переменной составляющей себестоимости обработки  $C_{ПЕР}$  и производительности обработки  $\Pi$  от стойкости  $T$  инструмента показаны на рис 2.*

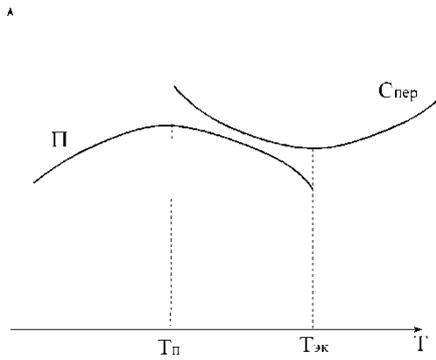


Рис. 2

На рис. 2 обозначены:  $T_{ЭК}$  – стойкость необходимая для минимальной себестоимости;  $T_{П}$  – то же для максимальной производительности. Из рис. 6 следует, что существуют оптимальное значение периода стойкости для высокопроизводительной обработки, которое меньше оптимального значения периода стойкости для обеспечения минимальной себестоимости.

В нашем примере поставлена задача обеспечить минимум затрат на изготовление детали. Эта задача решается в следующей последовательности.

1. По справочнику назначаются коэффициент  $C_V$ , глубина резания  $t$  и подача  $S$  с учетом заданного припуска на обработку, требуемой точности детали, жесткости детали, инструмента и станка.

2. Затем подача  $S$  корректируется с учетом требуемой шероховатости обрабатываемой поверхности.

3. По зависимости на рис 6 определяется  $T_{ЭК}$

4. Рассчитывается скорость резания  $V_{ЭК}$ , соответствующая минимальной себестоимости, по формуле:

$$V_{ЭК} = \frac{C_V}{T_{ЭК}^m S^y t^x}.$$

При эксплуатации инструмента с назначенными таким образом режимами, период стойкости  $T_{ЭК}$  – наработка до отказа инструмента. Она в силу случайного характера износа, будет иметь случайный характер.

Если принять в качестве закона распределения величины  $T_{ЭК}$  нормальное распределение Гаусса, то средняя наработка на отказ будет иметь вероятность всего лишь 0,5, что не соответствует действительность и указывает на неправильный выбор закона распределения.

Для достижения высоких показателей надежности инструмента необходимо:

- на стадии проектирования назначать наиболее рациональные (для принятых условий эксплуатации) параметры начального состояния инструмента с точки зрения повышения его надежности;
- на стадии изготовления обеспечить стабильность режимов технологических операций и тем самым снизить разброс (коэффициент вариации) значений наработки до отказа;
- на стадии эксплуатации выявлять конструкторские и технологические ошибки, обнаруженные при эксплуатации, для их исправления и последующей разработки рекомендаций по повышению надежности инструмента.

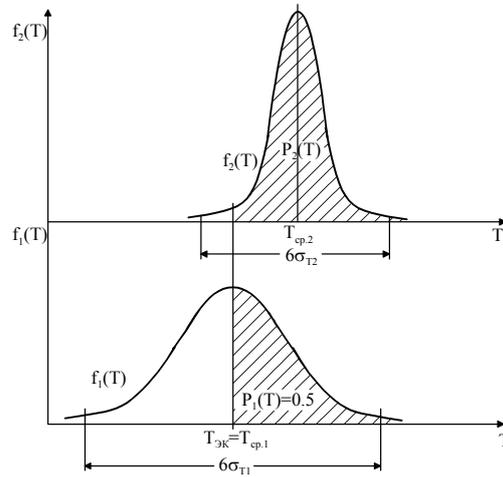


Рис. 3

Возможно значительно снизить интенсивность изнашивания инструмента и повысить фактическую среднюю наработку до отказа  $T_{cp}$  и вероятность безотказной работы  $P(T)$  при назначенной  $T_{ЭК}$ .

Графически это показано на рис.3, на котором показан пример изменения плотности распределения наработки до отказа  $f_1(T)$  и вероятности безотказной работы  $P_1(T)$  после внедрения рекомендаций по повышению надежности инструмента. В результате произошло изменение плотности распределения наработки до отказа  $f_2(T)$  и вероятности безотказной работы  $P_2(T)$  в сторону, когда  $T_{cp,2} > T_{cp,1}$ .

Использование готового инструмента оставляет потребителю такие способы повышения надежности, как нанесение износостойких покрытий.

Для тех технологических переходов, на которые накладываются ограничения по точности и шероховатости обрабатываемой детали, появлению вибраций и т.п., критерий стойкости, необходимой для минимальной себестоимости неприменим. В этих случаях критерием состояния инструмента являются упомянутые ограничения.

## 12. Алгоритм технического диагностирования, предэксплуатационная и эксплуатационная диагностика.

Ответ: Предэксплуатационная диагностика решает задачи на стендах - автоматизированных систем научных исследований, созданных на базе диагностируемого технологического оборудования.

Для решения широкого круга задач реализуется метод комплексного диагностирования. Для этого стенды оснащаются целым рядом разнообразных датчиков для измерения физических величин, сопровождающих обработку.

Предэксплуатационное диагностирование выполняется при испытании нового технологического оборудования с целью выявления слабых мест, недостаточно надежных деталей и узлов, требующих доработки конструкций или технологических решений. Определяются критерии состояния оборудования. Это позволяет составить алгоритм диагностирования технологического оборудования или его элементов.

В соответствии с составленным алгоритмом, в технологическое оборудование переносится необходимое количество датчиков, информация от которых передается в ЭВМ с помощью разработанного интерфейса, для обработки полученных результатов и выработки соответствующих решений.

Системы диагностирования должны удовлетворять ряду требований, основные из которых следующие:

удобство и простота применения в производственных условиях;

возможность осуществления процесса диагностирования в минимальное время;

возможность получения достоверной информации.

При эксплуатации технологического оборудования диагностирование решает различные задачи в зависимости от вида обработки. При черновой и получистовой обработке диагностируются функциональные отказы. При окончательной обработке деталей должна обеспечиваться параметрическая надежность за счет диагностирования параметрических отказов оборудования. Нарушения выходных параметров, показателей качества обработки, должны предупреждаться в процессе обработки, а не после изготовления деталей.

Эксплуатационная диагностика, предусматривающая контроль как собственных параметров технологического оборудования, так и параметров качества изготавливаемых деталей, позволяет определять рациональные условия эксплуатации оборудования, обеспечивающие его параметрическую надежность.

### **Типовые задания третьей КР:**

1. Перечислите параметры физико-химического состояния поверхностного слоя.

Ответ: Для оценки физико-химического состояния после механической обработки используют следующие параметры:

1) Пластическое деформирование:

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\%,$$

где  $l_0$  – начальные размеры поверхностного слоя;  $l$  – конечные размеры.

2) Деформационное упрочнение поверхностного слоя:

а) степень наклёпа

$$и_n = \frac{НМ_{max} - НМ_{исх}}{НМ_{исх}} \times 100\%,$$

где  $НМ$  – микротвёрдость;

б) глубина деформируемого слоя  $h_n$ ;

в) градиент наклёпа:

$$И_n = \frac{НМ_{max} - НМ_{исх}}{h_n}.$$

3) Параметры структурно-фазового состояния:

а) фазовые характеристики;

б) структурные характеристики.

4) Химический состав поверхностного слоя характеризует профиль концентрации элементов по толщине и содержанию элементов в каждой из фаз.

Резкое снижение усталостной прочности при увеличении степени деформации до 2-4% вызвано образованием дислокаций и свободным их перемещением к поверхности детали. Последующее повышение усталостных характеристик с увеличением степени деформации связано с взаимодействием дислокаций между собой и невозможностью их свободного перемещения в поверхностном слое. Превышение критической степени деформации приводит к разрушению пов-го слоя даже при незначительных нагрузках. Данная кривая справедлива для нормальных температур эксплуатации. С повышением температур эффект от деформационного упрочнения снижается, а при температурах  $T=700-1000$  °C становится негативным фактором.

Увеличение деформационного упрочнения повышает сопротивляемость износу до определённого предела. Так как при трении формируется оптимальная микротвёрдость, характерная для данных условий эксплуатации, то необходимо получать слои с микротвёрдостью близкой к оптимальной. В этом случае уменьшается как период приработки, так и нормальный износ поверхности.

Коррозионная стойкость уменьшается с увеличением степени деформации и наклёпа, что объясняется формированием мелкозернистой структуры, а так же большим числом

дислокаций на пов-ти (коррозия в первую очередь начинается по границам блоков и зёрен, а так же в местах выхода дислокаций на поверхность).

Фазовый состав значительно влияет на усталостные характеристики. Наиболее усталостно прочен мартенсит, затем аустенит, троостит, сорбит. Влияние структуры или фазового состава на износостойкость обратно влиянию на усталостную прочность.

Химический состав поверхностного слоя значительно влияет на все виды разрушений. Легирование металлов деталей, насыщение поверхностного слоя необходимыми элементами или нанесение покрытий, необходимых металлам, позволяет противостоять практически всем видам разрушений.

2. Раскройте сущность методов измерения шероховатости поверхности, микротвердости, глубины наклепа и остаточных напряжений.

Ответ: Для комплексной оценки качества обработанной поверхности производится измерение и оценка каждого параметра.

Применяемые методы оценки шероховатости можно разделить на прямые и косвенные. Для прямой оценки применяют щуповые (профилометры и профилографы) и оптические (двойной и интерференционный микроскопы) приборы. Для косвенной оценки используют эталоны шероховатости и интегральные методы [14].

Профилометры позволяют измерять шероховатость в пределах 0,02...5 мкм. На шкале профилометра оценка шероховатости дается параметрами Ra или Hск.

Профилографы применяют для записи микропрофиля поверхности ( $RZ = 0,025...80$  мкм) в виде профилограмм. При последующей обработке снятой профилограммы могут быть получены значения Ra и RZ для данной поверхности. В оптико-механических профилографах профилограмма записывается световым лучом на фотопленке или пером самопишущего устройства на бумажной ленте.

Двойным микроскопом измеряют шероховатость поверхностей  $RZ = 0,8...80$  мкм. В этом приборе микронеровности освещают световым лучом, направленным под некоторым углом к контролируемой поверхности. Микронеровности измеряют с помощью окулярного микрометра или фотографируют.

Микроинтерферометры используют для измерения шероховатости поверхностей  $RZ = 0,025...0,6$  мкм. Интерференционные полосы искривляются соответственно профилю микронеровностей. Высоту этих искривлений измеряют окулярным микрометром.

Метод сравнения поверхности контролируемой детали с аттестованными эталонами шероховатости поверхности является наиболее простым. Эталоны должны быть изготовлены из тех же материалов и обработаны теми же методами, что и контролируемые детали. Визуальная оценка шероховатости по эталонам субъективна.

Косвенно можно оценить шероховатость по расходу воздуха, проходящего через щели, образуемые впадинами микропрофиля и торцевой поверхностью сопла пневматической измерительной головки, опирающейся на исследуемую поверхность. Настройку пневматических приборов производят по эталонным деталям. Шероховатость поверхности может быть косвенно оценена по износу графитовой палочки, прижимаемой к контролируемой поверхности с определенной силой; по количеству отраженного света, падающего на деталь, и другими методами.

Волнистость поверхностей можно измерять на профилографах при большой базовой длине. Погрешность формы и волнистость поверхностей вращения в радиальных сечениях измеряется кругломерами. Запись круглограмм производят в полярных координатах при увеличении в 50...10000 раз.

Микротвердость поверхностных слоев, упрочненных наклепом, определяют по косому срезу микротвердомером методом вдавливания алмазной пирамиды.

Микротрещины в поверхностном слое обнаруживают методом дефектоскопии: магнитной индукцией, ультразвуком, флюоресценцией, при помощи магнитной суспензии.

*Металлографический анализ поверхностей для определения фазового состава, формы и размеров структурных составляющих производится при помощи микроскопов на микрошлифах исследуемой поверхности.*

*Остаточные напряжения могут быть определены механическими или физическими методами. При механических методах удаляется (сравливается) часть поверхностного слоя, в котором имеются остаточные напряжения; в результате нарушения равновесного состояния напряжений произойдет деформирование оставшейся части детали (образца). По величине деформации определяются остаточные напряжения аналогично, как и при прочностных расчетах деталей машин.*

*К физическим методам относят рентгеновский, поляризационно-оптический, акустический, электромагнитный, ультразвуковой, метод голографической интерферометрии и др. Метод голографической интерферометрии основан на дифракции и интерференции электромагнитных сигналов и позволяет обнаруживать области повышенной концентрации остаточных напряжений.*

### **3. Измерительный инструмент для контроля геометрических параметров резьбовых соединений**

*Ответ: Комплексный контроль резьбы является наиболее производительным.*

*Резьбовые изделия (болты и гайки) контролируются преимущественно резьбовыми калибрами. Имеется, однако, ряд специальных приборов для комплексного контроля (измерения) резьбы. Для этого чаще всего используются индикаторные приборы, которыми качество контролируемой резьбы оценивается по показаниям отсчетных устройств.*

*В условиях массового производства резьбовых деталей (например, крепёжных) используют контрольные и контрольно-сортировочные автоматы.*

*Измерительные элементы приборов и автоматов имеют форму резьбовых гребёнок или резьбовых роликов, аналогичных применяемых в регулируемых резьбовых скобах.*

*Контроль калибрами. Контроль цилиндрической резьбы, обеспечивающий ее взаимозаменяемость, осуществляется комплексными предельными калибрами. Проходные калибр-пробки и калибр-кольца имеют полный профиль; с их помощью контролируют приведенный средний диаметр резьбы, учитывающий влияние всех ее параметров на свинчиваемость. Непроходные калибры имеют укороченный профиль и небольшое число витков резьбы; ими контролируют только средний диаметр резьбы. Непроходные калибры не должны свинчиваться с годным изделием более чем на два витка.*

*У калибров с полным профилем резьбы боковые стороны профиля соответствуют боковым сторонам проверяемой резьбы.*

*У укороченного профиля резьбы калибров боковые стороны меньше боковых сторон проверяемой резьбы. Укороченный профиль калибр-пробок, получается уменьшением наружного диаметра и подрезанием канавок у впадин (по внутреннему диаметру)*

*Калибр-пробки для метрической резьбы выпускают нескольких типов: двухсторонние калибры с вставками, проходные и непроходные; однопредельные калибры с насадкой; калибры с ручками.*

*Непроходные пробки имеют гладкие цилиндрические направляющие. Жесткие калибр-кольца применяют для контроля резьбы диаметром 1...300 мм; непроходное кольцо имеет проточку. В кольца диаметром 105...300 мм ввинчиваются ручки, облегчающие работу. Регулируемые калибр-кольца имеют резьбовую пробку 2, которой 1 через втулку 3 разжимают кольцо до необходимого размера. Винтом 4 фиксируют установленный размер. Глухие выточки обеспечивают подпружинивание корпуса.*

*Номинальные параметры определяют универсальными инструментами и резьбовыми шаблонами. Например, штангенциркулем измеряем ориентировочно наружный диаметр болта и округляем до ближайшего стандартного размера (M16). Затем этим же штангенциркулем или резьбовым шаблоном определяем шаг резьбы (M16×1,5). Для уменьшения погрешности*

измерения штангенциркулем измеряют длину участка  $l$ , несколько шагов, например, 5 или 10 и затем результат делят на количество шагов.

Наружный диаметр наружной резьбы в зависимости от требуемой точности можно измерить двухконтактными универсальными измерительными средствами, например, штангенциркулем, микрометром, длиномером и т. п. На данный параметр установлены предельные отклонения, позволяющие при контроле судить о годности по наружному диаметру.

Внутренний диаметр внутренней резьбы также нормируется самостоятельно. Для его измерения тоже используются универсальные измерительные средства в зависимости от точности измерения и пределов внутренних измерений.

Контроль наружной резьбы по среднему диаметру. По среднему диаметру допуск установлен суммарный, который учитывает собственно средний диаметр, погрешность шага и погрешность половины угла профиля.

Для измерения среднего диаметра наружной резьбы выпускаются микрометры со вставками одна из которых является призматической, другая – конической.

При установке микрометра на нуль используется установочная мера.

Более точным методом измерения среднего диаметра резьбы является косвенный метод трех калиброванных проволочек. Во впадины резьбы закладывают три проволочки 2 и измеряют, размер  $M$ .

Диаметр проволочек  $d_n$  выбирают в зависимости от типа и шага резьбы. Для резьбы с симметричным профилем

$$d_n = 0,5 P \cos (\alpha / 2),$$

где  $P$  – шаг резьбы, мм;  $\alpha$  - угол профиля, град.

Для метрической резьбы средний диаметр вычисляется по формуле:

$$d_{2изм} = M - 3d_n + 0,866P.$$

В зависимости от требуемой точности размер  $M$  можно измерить на микрометрах, оптиметрах, длиномерах и т.п.

Шаг резьбы можно измерить с помощью индикаторных шагомеров или микроскопов. На микроскопе основные параметры наружной резьбы измеряют теневым методом в проходящем свете. Проверяемое изделие закрепляют в центрах. Предварительно ось центров устанавливают параллельно продольному ходу стола с помощью контрольного валика.

При измерении шага резьбы точку пересечения сетки окуляра совмещают с серединой профиля резьбы и делают первый отсчет по продольному микровинту. Затем стол перемещают так, чтобы та же штриховая линия совпала с одноименной строкой следующего профиля. Разность отсчетов равна шагу резьбы. При оценке погрешности шага на длине свинчивания отсчеты осуществляют не на каждом шаге, а в крайних положениях на длине свинчивания.

При измерении половины угла профиля резьбы горизонтальную штриховую линию перекрестия совмещают с профилем резьбы и выполняют отсчет по угломерной шкале окулярной головки. Измерения осуществляют по четырем сторонам профиля и за половину угла профиля принимают среднее арифметическое.

Для измерения среднего диаметра внутренней резьбы применяют приборы с шаровыми наконечниками.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех

практических работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

### **2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференцированного зачета. Дифференцированный зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде диф.зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

#### **2.3.2.1. Типовые вопросы и задания для дифференцированного зачета по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Определения понятий надежности, характеризующих состояние технологической системы, и ее элементов: надежность, работоспособное и неработоспособное состояния, отказ, критерий отказа, повреждение, исправное (его отличие от работоспособного) и предельное состояния» функциональный и параметрический отказы, параметрическая надежность станка и инструмента.

*Ответ: Работоспособное состояние — состояние технологической системы, при котором значения параметров и показателей качества изготавливаемой продукции, производительности, материальных и стоимостных затрат на изготовление продукции соответствуют требованиям, установленным в нормативно-технической, конструкторской и технологической документации. Параметры и показатели качества изготавливаемых деталей характеризуют их точность, шероховатость и волнистость обработанных поверхностей и показатели качества поверхностного слоя деталей. Это выходные параметры технологической системы. К материальным и стоимостным затратам относятся: расход сырья, материалов, энергии, инструментов, стоимость технического обслуживания и т. Д.*

*Надежность технологической системы — ее свойство сохранять во времени работоспособное состояние.*

*Неработоспособное состояние — это состояние технологической системы, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической,*

конструкторской и технологической документации.

Основным понятием теории надежности является отказ. Это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния.

Критерий отказа — признак или совокупность признаков нарушения работоспособного состояния объекта, установленные в нормативнотехнической и конструкторской документации. Следует отметить, что технологическая система состоит из ряда элементов: станка, инструмента, приспособления и др.

Элемент — это часть технологической системы, условно принимаемая неделимой на данной стадии ее анализа. Естественно, что отказ одного из элементов означает отказ всей технологической системы. К понятиям, связанным с изменениями в технологической системе, относится повреждение, заключающееся в нарушении исправного состояния при сохранении работоспособного состояния.

Исправное состояние — это состояние, при котором технологическая система соответствует всем требованиям нормативно-технической и конструкторской документации. Различие работоспособного и исправного состояний заключается в следующем: переход объекта из исправного состояния в неисправное, но еще работоспособное происходит из-за повреждений. Например, пригодный к работе инструмент будет неисправным при величине износа, которая не препятствует применению инструмента по назначению.

## 2. Количественные показатели надежности ТС и их элементов.



Ответ:

## 3. Повреждения в элементах технологической системы приводящие к отказу.

Ответ: Повреждением называется событие, заключающееся в нарушении исправности ТС или ее составных частей из-за влияния внешних условий, превышающих уровни, установленные НТД.

Отказ — это случайное событие, заключающееся в нарушении работоспособности ТС под влиянием ряда случайных факторов.

Повреждение может быть существенным и явиться причиной отказа и несущественным, при котором работоспособность ТС сохраняется.

Применительно к отказу и повреждению рассматривают критерий, причину, признаки проявления, характер и последствия.

Работоспособное состояние ТС определяются множеством заданных параметров и допусками на них — допустимыми пределами их изменения.

Критерием отказа являются признаки выхода хотя бы одного заданного параметра за установленный допуск. Критерии отказа должны указываться в НТД на объект.

Причинами отказа могут быть просчеты, допущенные при конструировании, дефекты производства, нарушения правил и норм эксплуатации, повреждения, а также естественные процессы изнашивания и старения.

Признаки отказа или повреждения проявляют непосредственные или косвенные воздействия на органы чувств наблюдателя (оператора) явлений, характерных для неработоспособного состояния объекта, или процессов с ними связанных.

Характер отказа или повреждения определяют конкретные изменения, происшедшие в

объекте.

К последствиям отказа или повреждения относятся явления и события, возникшие после отказа или повреждения и в непосредственной причинной связи с ним.

#### 4. Параметры физико-химического состояния поверхностного слоя.

Ответ: Для оценки физико-химического состояния после механической обработки используют следующие параметры:

1) Пластическое деформирование:

$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\%,$$

где  $l_0$  – начальные размеры поверхностного слоя;  $l$  – конечные размеры.

2) Деформационное упрочнение поверхностного слоя:

а) степень наклёпа

$$и_n = \frac{НМ_{мах} - НМ_{исх}}{НМ_{исх}} \times 100\%,$$

где  $НМ$  – микротвёрдость;

б) глубина деформируемого слоя  $h_n$ ;

в) градиент наклёпа:

$$И_n = \frac{НМ_{мах} - НМ_{исх}}{h_n}.$$

3) Параметры структурно-фазового состояния:

а) фазовые характеристики;

б) структурные характеристики.

4) Химический состав поверхностного слоя характеризует профиль концентрации элементов по толщине и содержанию элементов в каждой из фаз.

Резкое снижение усталостной прочности при увеличении степени деф-ии до 2-4% вызвано образованием дислокаций и свободным их перемещением к поверхности детали. Последующее повышение усталостных характеристик с увеличением степени деформации связано с взаимодействием дислокаций между собой и невозможностью их свободного перемещения в поверхностном слое. Превышение критической степени деформации приводит к разрушению пов-го слоя даже при незначительных нагрузках. Данная кривая справедлива для нормальных температур эксплуатации. С повышением температур эффект от деформационного упрочнения снижается, а при температурах  $T=700-1000$  °C становится негативным фактором.

Увеличение деформационного упрочнения повышает сопротивляемость износу до определённого предела. Так как при трении формируется оптимальная микротвёрдость, характерная для данных условий эксплуатации, то необходимо получать слой с микротвёрдостью близкой к оптимальной. В этом случае уменьшается как период приработки, так и нормальный износ поверхности.

Коррозионная стойкость уменьшается с увеличением степени деформации и наклёпа, что объясняется формированием мелкозернистой структуры, а так же большим числом дислокаций на пов-ти (коррозия в первую очередь начинается по границам блоков и зёрен, а так же в местах выхода дислокаций на поверхность).

Фазовый состав значительно влияет на усталостные характеристики. Наиболее усталостно прочен мартенсит, затем аустенит, троостит, сорбит. Влияние структуры или фазового состава на износостойкость обратно влиянию на усталостную прочность.

Химический состав поверхностного слоя значительно влияет на все виды разрушений. Легирование металлов деталей, насыщение поверхностного слоя необходимыми элементами или нанесение покрытий, необходимых металлам, позволяет противостоять практически всем видам разрушений.

#### 5. Исследование поверхности деталей на этапах жизненного цикла.

*Ответ: Этапы жизненного цикла инженерии поверхности деталей:*

*1) На стадии проектирования, исходя из функционального назначения детали следует определить размеры поверхности, ее форму, параметры, макроотклонения, волнистости, шероховатости и физико-химических свойств обеспечивающие оптимальную долговечность с наименьшими затратами при изготовлении, контроле, эксплуатации, ремонте, восстановлении и утилизации.*

*2) При технологической подготовке производства разрабатываются технологии формирования поверхностных слоев деталей, обеспечивающие их требуемое качество или эксплуатационные свойства при наименьшей суммарной себестоимости.*

*При реализации этого этапа необходимо учитывать все новейшие достижения технологии по формированию поверхностных слоев деталей, в том числе и методом их наращивания. Хорошо зарекомендовали себя в данном вопросе электронные, ионные, плазменные и нано- технологии. Кроме того технология в настоящее время должна позволять достаточно просто обеспечивать и закономерное изменение качества поверхности.*

*3) Важнейшим этапом в инженерии поверхности деталей является их изготовление. На этом этапе происходит процесс формирования поверхностей детали. Причем он начинается с получения заготовки и заканчивается окончательной чистовой обработкой, и каждый из этих методов оказывает определенное влияние на качество поверхностного слоя готовой детали. Изучением влияния на формирование качества поверхностного слоя деталей предшествующих технологических переделов, операции или переходов занимается наука о технологической наследственности.*

*Этот этап для России в настоящее время является важнейшим вследствие складывающейся долгие годы психологии среди производственников, в частности рабочих, с возможности нарушения технологической дисциплины ради повышения выработки. Но завышенные режимы приводят к увеличению температурного и силового воздействия на обрабатываемые поверхности и к возникновению отрицательных остаточных напряжений, зачастую не контролируемых в условиях производства. Эти напряжения могут вызывать коробление детали при эксплуатации, появление поверхностных макротрещин и их разрушение.*

*Наряду с технологической дисциплиной качество поверхностного слоя деталей при изготовлении в значительной мере зависит от качества технологического оборудования и оснастки, которые должны подвергаться регулярной проверке на их соответствие нормам точности и жесткости. Для ликвидации влияния случайных факторов (колебания твердости заготовок, припусков, жесткости, затупление и износ инструмента и др.) на качество поверхностного слоя деталей при обработке разработаны различные адаптивные АСУ.*

*4) Инженерия поверхностного слоя деталей. Включает в себя контроль и испытания.*

*В настоящее время разработано много различных методов и приборов для контроля (в том числе и неразрушающего) как геометрических, так и физико-химических параметров качества поверхностного слоя деталей. В последнее время стали появляться методы и приборы для контроля и комплексных параметров качества поверхностных слоев деталей. Однако все они практически являются пассивными методами, констатирующими, что получилось в результате обработки поверхности, и служат для защиты потребителя от бракованных изделий.*

*Что касается экономической заинтересованности производителя, то для него особенно важно использование активного контроля непосредственно в процессе обработки, который бы позволял провести своевременную поднастройку технологической системы, чтобы избежать вообще брака, а следовательно и потерь от него. Для этой цели существуют отдельные методы активного контроля, в частности шероховатости и системы адаптивного управления. Если иметь в виду испытания поверхностных слоев деталей, то для этого разработано много различных методов по испытанию на контактную жесткость и прочность, коррозионную и износостойкость.*

5) На этом этапе происходит контактирование поверхностей деталей при сборке и осуществляется действительное взаимное расположение.

Причем качество контакта будет зависеть как от качества соединяемых поверхностей, так и от их взаимного положения при сборке.

В процессе сборки соединяемые поверхности в результате контактных деформаций будут претерпевать свои качественные изменения. Эти же контактные деформации приводят к частичному изменению взаимного положения отдельных поверхностей деталей при сборке, что будет сказываться на качестве изделия в целом.

б) Эксплуатация. На этом этапе могут происходить значительные изменения в качестве. Нормальные и касательные нагрузки на контактирующие поверхности деталей вызывают их упругие и пластические деформации, так как фактическая площадь контакта составляет 2...5 % от номинального значения, т.е. геометрической площади. Это приводит к изменению их геометрических и физико-механических параметров.

7. Как определяется вероятность безотказной работы при частном резервировании элементов?

$$P_{\text{част.}}(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - \prod_{j=1}^k [1 - P_j(t)] \right\}$$

Ответ:

8. Как определяется вероятность безотказной работы при общем резервировании элементов?

$$P_{\text{общ.}}(t) = 1 - \prod_{j=1}^m \left[ 1 - \prod_{i=1}^n P_i(t) \right] = 1 - \prod_{j=1}^m [1 - P_4(t) \cdot P_5(t) \cdot P_6(t)]$$

Ответ:

## **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений и приобретенных владений:**

1. Определение и статистические оценки вероятности отказов и вероятности безотказной работы.

Ответ: Вероятность безотказной работы – вероятность того, что в определенных условиях эксплуатации, в пределах заданной наработки ( $t$ ) отказ объекта не возникает. Обозначается  $P(t)$ .

Если задано время  $t$ , в течение которого необходимо определить вероятность безотказной работы,  $T$  – время работы системы до первого отказа, тогда вероятность безотказной работы – это вероятность того, что  $T \geq t$ . Чем больше  $t$ , тем меньше вероятность безотказной работы.

Вероятность безотказной работы можно определить через статистическую формулу:  $P(t) \approx P^*(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}$ .

где  $P(t)$  – теория,  $P^*(t)$  – эксперимент,  $N_0$  – количество испытуемых образцов,  $n(t)$  – число отказавших образцов за время  $t$ .

Вероятность отказа  $Q(t) = 1 - P(t) = 1 - F(t)$ .  $Q^*(t) = \frac{n(t)}{N_0}$ . Всегда справедливо:  $P(0) = 1, P(\infty) = 0$ .

$T$  – случайная величина, промежуток времени между произвольными двумя соседними отказами. Ее функция распределения  $F(t) = P(T < t)$ , то есть вероятность того, что система не откажет за время  $t$

2. Методы и средства контроля геометрических параметров продукции.

*Ответ: Состояние деталей и сопряжений можно определить осмотром, проверкой на ощупь, при помощи мерительных инструментов и другими методами.*

*В процессе осмотра выявляют разрушение детали (трещины, выкрашивание поверхностей, изломы: и т. п.), наличие отложений (накипь, нагар и т. п.), течь воды, масла, топлива: Проверкой на ощупь определяют износ и смятие ниток резьбы на деталях в результате предварительной затяжки, эластичность сальников, наличие задиров, царапин и др. Отклонения сопряжений от заданного зазора или натяга деталей от заданного размера, от плоскостности, формы, профиля и т. д. определяют при помощи измерительных инструментов.*

*Выбор средств контроля должен основываться на обеспечении заданных показателей процесса контроля и анализа затрат на реализацию контроля при заданном качестве изделия. При выборе средств контроля следует использовать эффективные для конкретных условий средства контроля, регламентированные государственными, отраслевыми стандартами и стандартами предприятий.*

*Выбор средств контроля включает следующие этапы:*

*анализ характеристик объекта контроля и показателей процесса контроля;*

*определение предварительного состава средств контроля;*

*определение окончательного состава средств контроля, их экономического, обоснования, составление технологической документации.*

*В зависимости от производственной программы, стабильности измеряемых параметров могут быть использованы универсальные, механизированные или автоматические средства контроля. При ремонте наибольшее распространение получили универсальные измерительные приборы и инструменты. По принципу действия они могут быть разделены на следующие виды.*

*1. Механические приборы — линейки, штангенциркули, пружинные приборы, микрометрические и т. п. Как правило, механические приборы и инструменты отличаются простотой, высокой надежностью измерений, однако имеют сравнительно невысокую точность и производительность контроля. При измерениях необходимо соблюдать принцип Аббе (компараторный принцип), согласно которому необходимо, чтобы на одной прямой линии располагались ось шкалы прибора и контролируемый размер проверяемой детали, т. е. линия измерения должна являться продолжением линии шкалы. Если этот принцип не выдерживается, то перекос и непараллельность направляющих измерительного прибора вызывают значительные погрешности измерения.*

*2. Оптические приборы — окулярные микрометры, измерительные микроскопы, коллимационные и пружинно-оптические приборы, проекторы, интерференционные средства и т. д. При помощи оптических приборов достигается наивысшая точность измерений. Однако приборы этого вида сложны, их настройка и измерение требуют больших затрат времени, они дороги и часто не обладают высокой надежностью и долговечностью.*

*3. Пневматические приборы — длинномеры. Этот вид приборов используется в основном для измерений наружных и внутренних размеров, отклонений формы поверхностей (в том числе внутренних), конусов и т. п. Пневматические приборы имеют высокую точность и быстродействие. Ряд измерительных задач, например точные измерения в отверстиях малого диаметра, решается только приборами пневматического типа. Однако приборы этого вида чаще всего требуют индивидуальной тарировки шкалы с использованием эталонов.*

*4. Электрические приборы. Они получают все большее распространение в автоматической контрольно-измерительной аппаратуре. Перспективность приборов обусловлена, их быстродействием, возможностью документирования результатов измерений, удобством управления.*

*Основным элементом электрических измерительных приборов является измерительный преобразователь (датчик), воспринимающий измеряемую величину и*

вырабатывающий сигнал измерительной информации в форме, удобной для передачи, преобразования и интерпретации.

#### 4. Особенности организации технического контроля в зависимости от типа производства.

Ответ: Особенности организации технического контроля в зависимости от типа

производства

Тип производства	Особенности организации технического контроля
Единичное, мелкосерийное производство	Технология контроля разрабатывается с маршрутным описанием. Необходим тщательный сплошной операционный и приемочный контроль контролерами высокой квалификации. Применяются универсальные средства контроля. Специальные средства контроля применяются только в технически или экономически обоснованных случаях.
Серийное, крупносерийное производство	Разрабатывается технология контроля с маршрутно-операционным и операционным описанием. Применяется контроль: выборочный операционный статистическими методами, сплошной операционный для ответственных и высокоточных деталей, профилактический контроль первой детали. Приемочный контроль, в основном, сплошной. Применяются универсальные средства контроля, калибры, шаблоны, специальные контрольные приспособления. На отдельных операциях используются механизированные, полуавтоматические и автоматические средства контроля. Организируются контрольные пункты стационарного контроля. Квалификация контролеров в основном средняя.
Массовое производство	Разрабатывается технология с операционным описанием. Проектируются специальные высокопроизводительные контрольные приборы, применяется оснастка (сортировочные автоматы, полуавтоматы, средства автоматического и активного контроля). Универсальные средства контроля имеют ограниченное применение (в основном при наладке станков). Контрольные пункты размещаются в поточной линии. Применяются выборочный операционный и приемочный контроль со статистическими методами. Сплошной контроль с применением механизированных и автоматизированных средств контроля предусматривается для точных и ответственных деталей и узлов. Квалификация контролеров – невысокая, ИТР ОТК – высокой квалификации.

#### 5. Диагностика технологических систем. Различия между контролем и диагностированием технических объектов.

Ответ: Техническое диагностирование выполняется в системе, которая представляет собой совокупность средств измерения и объекта диагностирования и при необходимости исполнителей, подготовленной к диагностированию и осуществляющей его по правилам, установленным документацией. Система технического диагностирования работает в соответствии с алгоритмом ТД, который представляет собой совокупность предписаний о проведении диагностирования.

Условия проведения ТД включают диагностические параметры (ДП), их предельно допустимые наименьшие и наибольшие предотказные значения, периодичность

диагностирования изделия и эксплуатационные параметры применяемых средств, определяют режим технического диагностирования и контроля.

Диагностический параметр (признак) – параметр, применяемый в установленном порядке для определения технического состояния объекта или системы.

Системы технического диагностирования (СТД) могут быть различны по своему составу, назначению, структуре, конструкции, схемотехническим решениям, месту установки. Они, как правило, классифицируются по ряду признаков, определяющих их назначение, задачи, структуру, состав технических средств: по степени охвата объекта ТД; по принципу взаимодействия между объектом ТД и средствами технического диагностирования (СрТД); по используемым средствам технического диагностирования и контроля; по степени автоматизации объекта ТД.

По степени охвата системы технического диагностирования разделяются на локальные и общие. Под локальными понимают системы, решающие одну или несколько перечисленных выше задач – определение работоспособности или поиск места отказа. Общими называют системы технического диагностирования, решающие все поставленные задачи диагностирования.

По принципу взаимодействия объекта ТД и СрТД системы технического диагностирования подразделяют на системы с функциональным диагнозом. В последних решение задач диагностики осуществляется в процессе функционирования объекта ТД по своему назначению и системы с тестовым диагнозом, в которых решение задач диагностики осуществляется в специальном режиме работы объекта ТД путем подачи на него тестовых сигналов.

По используемым средствам технического диагностирования системы ТД можно разделить: на системы с универсальными средствами ТД (например ЦВМ); системы со специализированными средствами (стенды, имитаторы, специализированные ЦВМ); системы с внешними средствами, в которых средства и объект ТД конструктивно отделены друг от друга; системы со встроенными средствами, в которых объект ТД и СТД конструктивно представляют одно изделие.

По степени автоматизации системы технического диагностирования делятся на: автоматические, в которых процесс получения информации о техническом состоянии объекта ТД осуществляется без участия человека; автоматизированные, в которых получение и обработка информации осуществляется с частичным участием человека; неавтоматизированные (ручные), в которых получение и обработка информации осуществляется человеком-оператором.

Аналогичным образом могут классифицироваться также средства технического диагностирования: автоматические, автоматизированные, ручные.

## 6. Задачи диагностирования. Предэксплуатационная и эксплуатационная диагностика.

Ответ: Предэксплуатационная диагностика решает задачи на стендах - автоматизированных систем научных исследований, созданных на базе диагностируемого технологического оборудования.

Для решения широкого круга задач реализуется метод комплексного диагностирования. Для этого стенды оснащаются целым рядом разнообразных датчиков для измерения физических величин, сопровождающих обработку.

Предэксплуатационное диагностирование выполняется при испытании нового технологического оборудования с целью выявления слабых мест, недостаточно надежных деталей и узлов, требующих доработки конструкций или технологических решений. Определяются критерии состояния оборудования. Это позволяет составить алгоритм диагностирования технологического оборудования или его элементов.

*В соответствии с составленным алгоритмом, в технологическое оборудование переносится необходимое количество датчиков, информация от которых передается в ЭВМ с помощью разработанного интерфейса, для обработки полученных результатов и выработки соответствующих решений.*

*Системы диагностирования должны удовлетворять ряду требований, основные из которых следующие:*

*удобство и простота применения в производственных условиях;*

*возможность осуществления процесса диагностирования в минимальное время;*

*возможность получения достоверной информации.*

*При эксплуатации технологического оборудования диагностирование решает различные задачи в зависимости от вида обработки. При черновой и получистовой обработке диагностируются функциональные отказы. При окончательной обработке деталей должна обеспечиваться параметрическая надежность за счет диагностирования параметрических отказов оборудования. Нарушения выходных параметров, показателей качества обработки, должны предупреждаться в процессе обработки, а не после изготовления деталей.*

*Эксплуатационная диагностика, предусматривающая контроль как собственных параметров технологического оборудования, так и параметров качества изготавливаемых деталей, позволяет определять рациональные условия эксплуатации оборудования, обеспечивающие его параметрическую надежность.*

### **7. Контрольные испытания продукции.**

*Ответ: Контрольные испытания - Испытания, проводимые для контроля качества объекта. Этот вид испытаний встречается на практике чаще всего. Основное его назначение - признание соответствия продукции (изделий) нормативно-правовым актам, официальное подтверждение уровня качества продукта. Контрольные испытания могут иметь ряд вариаций: от внешнего осмотра продукции изготовителем до проверки функционирования сложных систем в заданных условиях работы.*

### **2.3.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на дифференцированном зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время дифференцированного зачета.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче диф.зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при дифференцированном зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент форми-

руемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в форме диф.зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.