Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 10.10.2023 14:54:53
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**УТВЕРЖДАЮ**
**Декан факультета машиностроения**

_____ /**Е. В. Сафонов** /
“ 13 ” сентября 2022 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# «Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем»

Направление подготовки
**15.03.01 «Машиностроение»**

Образовательная программа
**«Машины и технологии обработки материалов давлением»**

Квалификация (степень) выпускника
**Бакалавр**

Форма обучения
**Очная**

Москва 2022

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки **15.03.01 Машиностроение, профиль подготовки (образовательная программа) «Машины и технологии обработки материалов давлением».**

**Программу составили:**
Старший преподаватель / Дмитриева Л.А./
Доцент, к.т.н. /Лукьянов А.С./

**Программа утверждена на заседании кафедры «Техническая механика и компьютерное моделирование»**

«02» июня 2022 г. протокол № 11

Заведующий кафедрой
доцент, к.т.н. /Ю.И.Бровкина/

Программа согласована с руководителем образовательной программы «Машины и технологии обработки материалов давлением» по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

_____ /Е.В. Крутина/
«2» июня 2022 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

Председатель комиссии _____ /А.Н. Васильев/

«13» 09 2022 г. Протокол: № 14-22

**1. Цель освоения дисциплины**

К **основным целям** освоения дисциплины «**Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем**» следует отнести:

- знания теоретических основ испытаний на прочность и износостойкость;
- способы и аппаратуру испытаний;
-обработку и оценку результатов испытаний;
- освоение теоретических основ оценки надежности механических систем;
- правильное распознавание причин отказов;
- определение и использование вероятностных и статистических характеристик случайных событий (отказов) при расчете.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Испытание на прочность и износостойкость. Надежность механических систем» следует отнести:

- изучение основных вопросов испытаний на прочность (статические, ударные, усталостные и специальные испытания; испытания деталей и соединений);
- изучение основных вопросов испытаний на износостойкость (испытания на трение фрикционных материалов, испытания на износ при трении скольжения и при трении качения, испытания на специальные виды износа);
- применение различных статистических моделей случайных процессов для описания отказов проектируемых объектов;
- по данным испытаний или эксплуатации обработка статистического материала об отказах и расчет ожидаемых показателей надежности объекта;
- знание методов обеспечения надежности на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации;
- оценка размеров деталей машин заданной надежности при случайных нагрузках.

**2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата**

Дисциплина «Испытание на прочность и износостойкость. Надежность механических систем» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» и входит в образовательную программу подготовки бакалавра по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Машины и технологии обработки материалов давлением» очной формы обучения.

Дисциплина «Испытание на прочность и износостойкость. Надежность механических систем» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

**В базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)»:**

- Высшая математика;
- Физика в производственных и технологических процессах;

- Теория механизмов и машин;
- Основы проектирования деталей и узлов машин;

**В вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»:**

- Материаловедение (вкл.наноматериалы:получение и свойства);
- Основы триботехники.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

| Код компетенции | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **ОПК13**<br><br>Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения; | ИОПК – 13.1 Знает стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения, узлов оборудования кузнечно-штамповочного производства<br>ИОПК – 13.2 Владеет навыками применения стандартных методов расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения, узлов оборудования кузнечно-штамповочного | **Знать**<br>• основные закономерности в области испытаний и надежности, терминологию, основные понятия и определения, относящиеся к испытаниям на прочность и износостойкость, надежности механических систем ;<br>**уметь**<br><br>решать различные инженерные задачи с использованием знаний, приобретенных при изучении дисциплины, с учетом реальных условий применения основных способов испытаний на прочность и износостойкость;<br><br>**Владеть**<br><br>навыками решения инженерных задач по подбору вида и способа испытания |

| | | |
|---|---|---|
| **ПК-1**<br><br>Способен технически подготавливать кузнечно-штамповочное производство, его обеспечение и нормирование | ИПК-1.1. Рассчитывает и отрабатывает технологические процессы кузнечно-штамповочного производства<br><br>ИПК-1.2. Определяет необходимый состав и количество оборудования и инструмента для осуществления технологических операций<br><br>ИПК-1.3. Формулирует требования к методам планирования технической и технологической подготовки производства и выполнения кузнечно-штамповочных работ | **знать:**<br>• показатели надежности и их статистические и вероятностные оценки.<br><br>**уметь:**<br>• решать различные инженерные задачи с использованием знаний, приобретенных при изучении дисциплины, с учетом реальных условий применения основных способов испытаний на прочность и износостойкость; использовать статистические методы оценки надежности объекта;<br><br>**владеть:**<br>• навыками оценки комплекса свойств обеспечивающих надежность объектов. |
| **ПК-2**<br><br>Способен технически контролировать кузнечно-штамповочное производство | ИПК-2.1. Проводит мероприятия по предупреждению нарушений технологических процессов заготовительного производства | **знать:**<br>• методики проведения испытаний, аппаратуру для испытаний;<br>• технические условия, технические описания , требования к испытываемым образцам ;<br>• как выбрать номенклатуру и необходимое количество показателей надежности при оценке работоспособного состояния техники при осуществлении рациональной эксплуатации<br>**уметь:**<br>• использовать результаты испытаний при оценке дефектов строения и анализе пригодности для обработки давлением.<br><br>• составлять техническое описание способа испытания и используемой аппаратуры.<br>• определять комплексные показатели |

| | | |
|---|---|---|
| | | надежности.<br><br>• **владеть:**<br>• методиками выбора способов и аппаратуры для испытаний механических систем<br>• навыками составления плана испытаний и оценки достоверности показателей основных систем и агрегатов.<br>• навыками расчета показателей безотказности, долговечности и ремонтопригодности. Стандартами показателей надежности |

## 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы**,** то есть 108 академических часов (из них 54 часа – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем» изучаются на **седьмом семестре** четвертого курса.

Аудиторных занятий – 54 часов, в том числе лекций – 18 часов; практические занятия -18 часа; лабораторные работы-18. Реферат-1. Форма контроля – зачет.

Структура и содержание дисциплины «Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1 к рабочей программе.

**Содержание разделов дисциплины «Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем»**

### 4.1. Лекции

**Введение. Испытания действием статической нагрузки.** Значение и место дисциплины в системе подготовки бакалавра. Определения. Разделы дисциплины.

Влияние на механические характеристики структуры и состава материала, конструкции деталей и условий внешнего воздействия.

Кратковременные испытания и испытания на длительную прочность: основные соотношения, характеристики статической прочности, механические

характеристики материалов при высоких и низких температурах.

Методика испытаний. Машины и образцы для испытаний. Особенности образцов, разрывающихся с образованием шейки. Использование результатов испытаний при оценке дефектов строения и анализе пригодности для обработки давлением.

**Испытания на ударную нагрузку.** Вязкий и хрупкий излом. Испытание на ударную вязкость образцов, имеющих надрез.

Влияние распределения нагрузки – упругие искажения атомной решетки и сдвиг атомных слоев. Влияние скорости деформирования. Дефекты кристаллической решетки – краевая и винтовая дислокации. Влияние температуры.

Методика испытаний на ударную нагрузку. Машины, определяемые параметры, образцы, способы достижения температуры, порядок проведения испытаний. Анализ результатов ударных испытаний. Ударные испытания на изгиб. Ударные испытания скручиванием.

**Испытания на усталость.** Основные особенности усталостных разрушений. Типы циклов напряжений при испытаниях на усталость и характеристики циклов. Машины для усталостных испытаний. Образцы для испытаний. Основные положения по проведению усталостных испытаний – виды деформации образца, число испытываемых образцов, требования к образцам, циклы нагружения, определяемая величина. Образец протокола испытаний. Предел усталости и ограниченные пределы усталости. Анализ влияния различных факторов на предел усталости – состояние поверхности, коррозия и коррозия трения, тренировка и поверхностные упрочнения, концентрация напряжений, повышение и понижение температуры.**.** Испытания на усталость деталей, соединений и конструкций: резьбовые соединения, заклепочные соединения, проушины, подшипники скольжения, подшипники качения, зубчатые передачи, валы, пружины, трубы под действием пульсирующего внутреннего давления.

Усталостные испытания при симметричном и асимметричном циклах. Отличие методики испытаний в России и в США, Великобритании.

**Специальные испытания.** (Измерение твердости, коррозионные испытания, испытания на обрабатываемость резанием).

Коррозионные испытания. Разновидности коррозии – равномерное разрушение, точечное, селективная коррозия, межкристаллитная коррозия, транскристаллитная коррозия при напряженном состоянии. Коррозионные процессы – химические, электрохимические. Покровное и химическое пассивирование. Общие положения по проведению коррозионных испытаний. Натурные и лабораторные испытания. Электрохимические методы испытаний на межкристаллитную коррозию и коррозию под напряжением. Ускоренные и кратковременные коррозионные испытания в особых условиях.

**Обработка результатов испытаний.** Измерения – прямые, косвенные, условные. Ошибки измерения – систематические, случайные, личные, грубые. Статистическая обработка экспериментальных данных. Качество статистической информации. Последовательность статистической обработки. Испытания в

системе обеспечения качества и надежности.

**Качество и надежность машин. Основные термины и определения.** Надежность машин как показатель их качества Основная терминология – надежность, объект, элемент, наработка. Состояние объекта – исправное, неисправное, работоспособное, отказ, дефект.

Восстанавливаемые и невосстанавливаемые объекты, ремонтируемые и неремонтируемые объекты.

Отказы – по происхождению, по изменению режима работы, по последствиям. Комплекс свойств, обеспечивающих надежность – безотказность, долговечность, ремонтопригодность, сохраняемость.

**Показатели надежности и их статистические и вероятностные оценки.**

***Статистическая оценка надежности.*** Информация о надежности. Качество статистической информации – достоверность, объект, однородность. Обработка экспериментальных данных – упорядочение выборочных наблюдений, определение числа и длины интервалов, вычисление частостей. Важнейшие статистические характеристики – выборочное среднее и выборочная дисперсия. Статистический центральный момент третьего порядка – как характеристика асимметрии. Статистический центральный момент четвертого порядка – как характеристика эксцесса (островершинности) распределения.

***Вероятностная оценка надежности.*** Переход от статистических распределений к вероятностным. Интегральная и дифференциальная функция распределения, обязательные условия, которым должна соответствовать функция распределения. Интерпретация в понятиях и терминах надежности. Учет физической сущности происхождения событий и оценок по критериям согласия при выборе вероятностного закона. Основные законы распределения, используемые при оценке надежности – нормальный, экспоненциальный, логарифмический – нормальный, гамма-распределение, распределение Вейбулла. Критерии согласия.

**Показатели надежности.** Показатели надежности невосстанавливаемых объектов. Показатели безотказности, вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, интенсивность отказов. Статистическое и вероятностное определение. Показатели сохраняемости. Показатели надежности восстанавливаемых объектов.

Показатели долговечности – ресурс и срок службы и их разновидности.

Ремонтопригодность и её основные показатели. Расчет сохраняемости. Комплексные показатели надежности. Стандарты для расчета показателей надежности.

**Виды отказов. Установление причин отказов.** Необходимые предпосылки для объективного анализа причин отказов. Последовательность работ при установлении причин отказов. Уточненные исследования причин отказов. Основные причины отказов различных устройств – механических, гидравлических и пневматических, электрических, электронных и электротехнических; электрохимических.

## 4.2. Лабораторные работы

1. Испытание поперечно-нагруженного болтового соединения.
2.Определение приведенного коэффициента трения клиноременной передачи.
3. Изучение конструкции и работы стенда для испытания муфт.
4. Клиноременные вариаторы с автоматическими натяжными устройствами.
5. Испытание двухколодочного тормоза.
6. Исследование электропривода с инерционными массами в режиме пуска.
7. Изучение конструкций типовых стендов для трибологических испытаний зубчатых передач.
8. Изучение конструкций и работы стендов для трибологических испытаний гипоидных передач.
9. Исследование инновационных материалов для втулок подшипников скольжения.

## 4.3. Практические занятия

**1.Статистические и вероятностные оценки надежности.**
Статистическая оценка надежности. Статистическая обработка экспериментальных данных по надежности.
**2.Показатели надежности .** Способы обеспечения надежности систем и ее оценка. Расчет безотказности систем с учетом их структуры.
**3**. Построение эмпирической функции распределения, гистограммы и полигона.
**4**. **Расчет показателей безотказности** – среднего типа отказов до заданной наработки, параметры потока отказов наработки, наработки на отказ.
**5**. **Расчет показателей долговечности.**
**6**. **Мероприятия**, обеспечивающие надежность при проектировании. Оценка схемной надежности.
**7. Резервирование** – нагруженный и ненагруженный резерв, скользящий резерв. Последовательность оценки схемной надежности.
**8. Уточненные исследования причин отказов.**
**9. Основные причины отказов различных устройств** – механических, гидравлических и пневматических, электрических, электронных и электротехнических; электрохимических.

## 5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии предусматривает

использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- подготовка к выполнению лабораторных работ в лабораториях вуза;
- обсуждение и защита рефератов по дисциплине;
- использование технических средств интерактивного обучения (мультимедийного оборудования, компьютеров, плакатов, лабораторных установок, натурных образцов узлов и деталей машин и т.п.);
- организация интерактивных занятий по обсуждению инженерных решений по методикам испытаний при подготовке к зачету.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем» и в целом по дисциплине составляет 50 % аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Контроль успеваемости и качества подготовки проводится в соответствие с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете".

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

- контроль текущей успеваемости (текущий контроль);
- промежуточная аттестация.

### 6.1. Организация и порядок проведения текущего контроля.

#### 6.1.1. Формы проведения контроля.

Для проведения текущего контроля применяются следующие формы:

-лабораторные работы;

- реферат.

Содержание форм текущего контроля и порядок их применения изложены в приложении к рабочей программе "Фонд оценочных средств" (приложение П3)".

#### 6.1.2. Содержание текущего контроля.

В процессе обучения предусмотрено выполнение лабораторных работ и реферата.

**Лабораторные работы**. В процессе обучения предусмотрено изучение лабораторных испытательных стендов. Выполнение, оформление и защита 9 лабораторных работ перечисленных в п.4.2.

**Реферат**. В реферате необходимо рассмотреть выбранный узел или деталь, условия внешнего воздействия. Определить виды разрушений характерные для выбранного узла или детали. Изложить методы испытаний. Методику испытаний. Машины и образцы для испытаний.

Для указанного объекта (детали или узла) исследования, необходимо определить основные статистические характеристики по данным ресурсных испытаний распределения наработки до предельного состояния объекта (детали или узла).

Произвести упорядочивание выборки (ранжирование выборки).

Определить число интервалов по правилу Старджеса, длину интервала.

Вычислить начальные моменты для условных вариант и центральные эмпирические моменты.

Выполнить обратный переход от условных вариант к действительным и определить среднее значение наработки детали или узла объекта до предельного состояния и среднее квадратичное отклонение наработки до предельного состояния.

Построить эмпирическую функцию распределения (статистическая функция распределения, кумулятивная кривая, функция накопленных частостей), гистограмму или полигон. На основании расчетов и графических построений, сделать выводы.

Содержание форм текущего контроля и порядок их применения изложены в приложении к рабочей программе "Фонд оценочных средств" (приложение П2)".

### 6.1.3. Сроки выполнения текущего контроля , шкала и критерии оценивания результатов

Сроки выполнения текущего контроля, шкала и критерии оценивания результатов изложены в приложении к рабочей программе "Фонд оценочных средств" (приложение П3)".

## 6.2. Промежуточная аттестация. Организация и порядок проведения.

### 6.2.1. Форма проведения промежуточной аттестации

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация проводится в сроки, установленные утвержденным расписанием зачётно-экзаменационной сессии.

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины.

Перечень обязательных работ и форма отчетности по ним представлены в таблице (пример таблицы):

| Вид работы | Форма отчетности и текущего контроля |
|---|---|
| Лабораторные работы (перечень лабораторных работ в приложении П3) | Оформленные отчеты (журнал) лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «зачтено», если выполнены и оформлены все работы. |
| Реферат (пример заданий в приложении П3) | Оформленный отчет о работе, предусмотренной рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «зачтено», если выполнены и оформлены все работы. |

*Если не выполнен один или более видов учебной работы, указанных в таблице, преподаватель имеет право выставить неудовлетворительную оценку по итогам промежуточной аттестации.

### 6.2.2. Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание.

**Форма промежуточной аттестации: зачёт.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем» (прошли текущий контроль, выполнили реферат).

| Шкала оценивания | Описание |
|---|---|
| Зачтено | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации. |
| Не зачтено | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

### 6.2.3. Организация и порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация – (зачёт) проводится по билетам (бланки тестовых заданий), ответы на вопросы излагаются в письменной форме, и в форме собеседования.

Регламент проведения аттестации:

- время для подготовки ответов на вопросы (не более 40 мин.);
- время на ответ на заданный вопрос не более 5 мин.

Содержание задания для зачета: два вопроса. Билеты (бланки тестового задания) для зачета хранятся на кафедре и в материалах РПД не размещаются. Перечень вопросов, выносимых преподавателем на аттестацию представлен в приложении к рабочей программе "Фонд оценочных средств" (приложение П 3 )".

**Фонды оценочных средств представлены в Приложении 2 к рабочей программе.**

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

*а) основная литература:*

1. Анурьев В.И. А73 Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. Т. 1. – 9-е изд., перераб. и доп./ под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006. – 928 с. ISBN 5-217-03343-6 (Т. 1) ISBN 5-94275-273-7 (Т. 1)

2. Зорин В.А.З-862 Основы работоспособности технических систем:учебник для студ.высш.учеб.заведений/ В.А.Зорин. –М.: Издательский центр «Академия»,2009. – 208 с. ISBN978-5-7695-6003-3

https://www.academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments/fragment_21194.pdf

3. А.С. Гусев, А.Л. Карунин, Н.А. Крамской, С.А. Стародубцева. Надежность механических систем и конструкций при случайных воздействиях. М.: МГТУ “МАМИ”, 2009.-284 с, ил.

4. Б.Ф. Хазов, Б.А. Дидусев. Справочник по расчету надежности машин на стадии проектирования. М. Машиностроение. 1986. 224 стр.

*б) дополнительная литература:*

1. Дидусев Б.А. Испытания на прочность и износостойкость. Часть 1. Испытания действием статической нагрузки-кратковременные и длительные. Испытания на ударную нагрузку. Учебное пособие. Москва: МГТУ «МАМИ» 2007 г.;

2. Дидусев Б.А. Испытания на прочность и износостойкость. Часть 2. Испытания на усталость. Специальные испытания (коррозионные испытания). Испытания деталей и соединений. Учебное пособие. Москва: МГТУ «МАМИ» 2007 г.;

3. Дидусев Б.А., Дмитриева Л.А. Испытания на прочность и износостойкость. Часть 3. Испытание на трение и износ. Обработка результатов испытаний. Учебное пособие. Москва: МГТУ «МАМИ» 2007 г.;

4. Мартынов В.К., Дмитриева Л.А., Семин И.Н., Испытание поперечно-нагруженного болтового соединения: Методические указания к лабораторной работе № 1 для студ. машиностроительных спец. – 3-е изд.- М., МГТУ «МАМИ» 2010.

5. Дидусев Б.А. Основы работоспособности технических систем. Часть 1. Качество и надёжность. Комплекс свойств, обеспечивающих работоспособность технических систем. Учебное пособие. Москва: МГТУ «МАМИ» 2014 г.;

6. Дидусев Б.А. Основы работоспособности технических систем. Часть 2. Математический аппарат исследования надёжности технических систем. Учебное пособие. Москва: МГТУ «МАМИ» 2014 г.;

7. Дидусев Б.А. Основы работоспособности технических систем. Часть 3. Показатели надёжности технических систем. Оценка систем. Учебное пособие. Москва: МГТУ «МАМИ» 2014 г.;

8. Дидусев Б.А. Основы работоспособности технических систем. Часть 5. Безопасность и надёжность. Требования к надежности технических систем. Учебное пособие. Москва: МГТУ «МАМИ» 2014 г.

*в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:*

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте Мосполитеха в разделе:

- «Библиотека. Электронные ресурсы»
http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog
- «Библиотека. Электронно-библиотечные системы»
http://lib.mami.ru/lib/ebs

Сайт кафедры «Техническая механика и компьютерное моделирование» в разделе «Учебно-методические материалы» http://mospolytech.ru/index.php?id=4552

## 8.Материально – техническое обеспечение дисциплины

Специализированные учебные лаборатории кафедры «Техническая механика» 2ПК207, 2ПК209, 2ПК223. Консультационно-вычислительный класс 2ПК-226, оснащенный компьютерами с расчетным и графическим программным обеспечением.

**Оборудование и аппаратура:**

- испытательное стендовое оборудование;
- проектор с компьютером и подборкой материалов для лекций, практических и лабораторных занятий;
- реальные демонстрационные элементы машиностроительных узлов, изучаемые в курсе;
- плакаты, иллюстративные и справочные материалы.

## 9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов надежности механических систем, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

**Задачи самостоятельной работы студента**:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;

- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;

- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к дифференцированному зачету.

**Виды внеаудиторной самостоятельной работы:**

- выполнение реферата;
- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- выполнение домашних заданий по закреплению тем;
- научно-исследовательская работа студентов;
- участие в тематических дискуссиях.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- презентация работы.

## Вопросы, выносимые на самостоятельную работу

1. Кратковременные испытания и испытания на длительную прочность: основные соотношения, характеристики статической прочности, механические характеристики материалов при высоких и низких температурах. (ПК-1)
2. Основные соотношения испытания на длительную прочность (ПК-1)
3. Характеристики статической прочности испытаний (ПК-1)
4. Механические характеристики материалов при высоких температурах (ПК-1)
5. Механические характеристики материалов при низких температурах.(ПК-1)
6. Влияние скорости деформирования (ПК-1)
7. Влияние температуры при испытании на длительную прочность (ПК-1)
8. Ударные испытания на изгиб (ПК-2)
9. Ударные испытания скручиванием. (ПК-2)
10. Типы циклов напряжений при испытаниях на усталость и характеристики циклов (ПК-1) Предел усталости и ограниченные пределы усталости (ПК-1)

11. Анализ влияния различных факторов на предел усталости – состояние поверхности, коррозия и коррозия трения, тренировка и поверхностные упрочнения, концентрация напряжений, повышение и понижение температуры. (ПК-2)
12. Анализ влияния состояние поверхности на предел усталости (ПК-2)
13. Анализ влияния коррозия и коррозия трения на предел усталости (ПК-5)
14. Анализ влияния тренировка и поверхностные упрочнения на предел усталости (ПК-5)
15. Анализ влияния концентрация напряжений на предел усталости (ОПК-13)
16. Анализ влияния повышение температуры.на предел усталости (ОПК-13)
17. Анализ влияния понижение температуры.на предел усталости (ОПК-13)
18. Коррозионные химические процессы (ПК-2)
19. Коррозионные электрохимические процессы (ПК-2)
20. Покровное и химическое пассивирование (ПК-2)
21. Кратковременные коррозионные испытания в особых условиях.(ПК-2)
22. Ускоренные коррозионные испытания в особых условиях.(ПК-2)
23. Испытания сварных соединений ударной нагрузкой. (ПК-2)
24. Испытания на образование горячих трещин. (ПК-2)
25. Испытания сварных соединений на усталость.(ПК-2)
26. Влияние деформации на износ при трении скольжения (ПК-2)
27. Влияние температуры на износ при трении скольжения (ПК-2)
28. Влияние химического действия окружающей среды на износ при трении скольжения. (ОПК-13)
29. Влияние смазки при трении качения (ОПК-13)
30. Объекты и элементы (ОПК-13)
31. Состояние объекта – исправное, неисправное, работоспособное, отказ, дефект (ПК-1)
32. Отказы и их классификация (ПК-1)
33. Классификация отказов по характеру проявления (ПК-1)
34. Отказы и время их наступления- как случайные события и случайные величины (ПК-1)
35. Комплекс свойств, обеспечивающих надежность объекта (ПК-1)
36. Понятие сохраняемость (ПК-1)
37. Показатели надежности и их статистические оценки (ПК-2)
38. Показатели надежности и их вероятностные оценки (ПК-2)
39. Качество статистической информации – достоверность, объект, однородность (ПК-2)
40. Обработка экспериментальных данных – упорядочение выборочных наблюдений (ПК-2)
41. Определение числа и длины интервалов, вычисление частостей (ПК-2)
42. Статистические характеристики – выборочное среднее и выборочная дисперсия (ПК-2)
43. Вероятностная оценка надежности (ПК-2)

44. Нормальный закон распределение (ПК-2)
45. Показатели надежности невосстанавливаемых объектов. (ПК-2)
46. Показатели безотказности, вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, интенсивность отказов (ПК-2)
47. Статистическое и вероятностное определение (ПК-2)
48. Показатели сохраняемости (ПК-2)
49. Показатели надежности восстанавливаемых объектов (ПК-2)
50. Расчет показателей долговечности (ПК-2)
51. Ремонтопригодность и её основные показатели (ПК-2)
52. Комплексные показатели надежности (ПК-2)
53. Стандарты для расчета показателей надежности. (ПК-2)
54. Оценка схемной надежности (ПК-2)
55. Условия возможности оценки систем (ПК-2)
56. Применяемые методы.. Преимущества и недостатки (ПК-2)
57. Необходимые предпосылки для объективного анализа причин отказов. (ПК-2)
58. Последовательность работ при установлении причин отказов (ПК-2)
59. Уточненные исследования причин отказов (ПК-2)
60. Основные причины отказов механических устройств (ПК-2)
61. Основные причины отказов гидравлических и пневматических устройств (ПК-2)
62. Основные причины отказов электрических, электронных и электротехнических; электрохимических. (ПК-2)

## 10. Методические рекомендации для преподавателя

Основное внимание при изучении дисциплины «Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем» следует уделить основным моментам, что механические свойства материала определяются одновременно как его прерывистостью, так и его непрерывистостью, и, в зависимости от условий нагружения и структуры материала проявляются, либо, главным образом, непрерывные, либо дискретные особенности строения материала. А, также следует уделять внимание изучению понятий: надежность технических устройств, технических систем и машин; изменению показателей работоспособности технических устройств, технических систем и машин с течением времени, чтобы на основании этого разработать методы, обеспечивающие с наименьшей затратой времени и средств, необходимую продолжительность и безотказность их работы.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться лабораторной и практической работами.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:
- учебники, учебные пособия, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация.

Приложение 1
к рабочей программе

Структура и содержание дисциплины **«Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем»**
по направлению **15.03.01 «Машиностроение»**
профиль подготовки **«Машины и технологии обработки материалов давлением»**
Форма обучения: **очная**

| № пп | Раздел | Семестр | Сессия | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах | | | | | Виды самостоятельной работы студентов | | | | | Формы аттестации | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Л | П/С | Лаб | СРС | КСР | К.Р | К.П. | РГР | Реферат | К/р | Э | З |
| 1 | **Введение. Испытания действием статической нагрузки.** Значение и место дисциплины в системе подготовки бакалавра. Определения. Разделы дисциплины.<br>Влияние на механические характеристики структуры и состава материала, конструкции деталей и условий внешнего воздействия.<br>Кратковременные испытания и испытания на длительную прочность: основные соотношения, характеристики статической прочности, механические характеристики материалов при высоких и низких температурах.<br>Методика испытаний. Машины и | 7 | | 2 | | 4 | 6 | | | | | + | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | образцы для испытаний. Особенности образцов, разрывающихся с образованием шейки. Использование результатов испытаний при оценке дефектов строения и анализе пригодности для обработки давлением.<br>**Лабораторная работа 1**: «Испытание поперечно-нагруженного болтового соединения»<br>**Лабораторная работа 2:** Определение приведенного коэффициента трения клиноременной передачи | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | **Испытания на ударную нагрузку.** Вязкий и хрупкий излом. Испытание на ударную вязкость образцов, имеющих надрез.<br>Влияние распределения нагрузки – упругие искажения атомной решетки и сдвиг атомных слоев. Влияние скорости деформирования. Дефекты кристаллической решетки – краевая и винтовая дислокации. Влияние температуры.<br>Методика испытаний на ударную нагрузку. Машины, определяемые параметры, образцы, способы достижения температуры, порядок проведения испытаний. Анализ результатов ударных испытаний. Ударные испытания на изгиб. Ударные испытания скручиванием. | 7 | | 2 | | 4 | 6 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Лабораторная работа 3:** Изучение конструкции и работы стенда для испытания муфт<br>**Лабораторная работа 4:** Клиноременные вариаторы с автоматическими натяжными устройствами | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | **Испытания на усталость.** Основные особенности усталостных разрушений. Типы циклов напряжений при испытаниях на усталость и характеристики циклов. Машины для усталостных испытаний. Образцы для испытаний. Основные положения по проведению усталостных испытаний – виды деформации образца, число испытываемых образцов, требования к образцам, циклы нагружения, определяемая величина. Образец протокола испытаний. Предел усталости и ограниченные пределы усталости. Анализ влияния различных факторов на предел усталости – состояние поверхности, коррозия и коррозия трения, тренировка и поверхностные упрочнения, концентрация напряжений, повышение и | 7 | | 2 | | 4 | 6 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | понижение температуры.. Испытания на усталость деталей, соединений и конструкций: резьбовые соединения, заклепочные соединения, проушины, подшипники скольжения, подшипники качения, зубчатые передачи, валы, пружины, трубы под действием пульсирующего внутреннего давления.<br>Усталостные испытания при симметричном и асимметричном циклах. Отличие методики испытаний в России и в США, Великобритании.<br>**Лабораторная работа 5:** Испытание двухколодочного тормоза<br>**Лабораторная работа 6:** Исследование электропривода с инерционными массами в режиме пуска | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | **Специальные испытания.** (Измерение твердости, коррозионные испытания, испытания на обрабатываемость резанием).<br>Коррозионные испытания. Разновидности коррозии – равномерное разрушение, точечное, селективная коррозия, межкристаллитная коррозия, транскристаллитная коррозия при напряженном состоянии. Коррозионные процессы – химические, электрохимические. Покровное и химическое пассивирование. Общие положения по проведению коррозионных испытаний. Натурные и лабораторные испытания. Электрохимические методы испытаний на межкристаллитную коррозию и коррозию под напряжением. Ускоренные и кратковременные коррозионные испытания в особых условиях.<br>**Лабораторная работа 7:** Изучение конструкций типовых стендов для трибологических испытаний зубчатых передач<br>**Лабораторная работа 8:** Изучение конструкций и работы стендов для трибологических испытаний гипоидных передач | 7 | | 2 | | 4 | 6 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5. | **Обработка результатов испытаний.** Измерения – прямые, косвенные, условные. Ошибки измерения – систематические, случайные, личные, грубые. Статистическая обработка экспериментальных данных. Качество статистической информации. Последовательность статистической обработки. Испытания в системе обеспечения качества и надежности.<br>**Лабораторная работа 9:** Исследование инновационных материалов для втулок подшипников скольжения<br><br>**Практические занятие 1:** Статистическая оценка надежности. Статистическая обработка экспериментальных данных по надежности. | 7 | | 2 | 2 | 2 | 6 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6. | **Качество и надежность машин. Основные термины и определения.** Надежность машин как показатель их качества Основная терминология – надежность, объект, элемент, наработка. Состояние объекта – исправное, неисправное, работоспособное, отказ, дефект.<br>Восстанавливаемые и невосстанавливаемые объекты, ремонтируемые и неремонтируемые объекты.<br>Отказы – по происхождению, по изменению режима работы, по последствиям. Комплекс свойств, обеспечивающих надежность – безотказность, долговечность, ремонтопригодность, сохраняемость.<br>**Практические занятие 2:** Способы обеспечения надежности систем и ее оценка. Расчет безотказности систем с учетом их структуры.<br><br>**Практические занятие 3:** Построение эмпирической функции распределения, гистограммы и полигона | 7 | | 2 | 4 | | 6 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7. | **Показатели надежности и их статистические и вероятностные оценки.** ***Статистическая оценка надежности.*** Информация о надежности. Качество статистической информации – достоверность, объект, однородность. Обработка экспериментальных данных – упорядочение выборочных наблюдений, определение числа и длины интервалов, вычисление частостей. Важнейшие статистические характеристики – выборочное среднее и выборочная дисперсия. Статистический центральный момент третьего порядка – как характеристика асимметрии. Статистический центральный момент четвертого порядка – как характеристика эксцесса (островершинности) распределения. ***Вероятностная оценка надежности.*** Переход от статистических распределений к вероятностным. Интегральная и дифференциальная функция распределения, обязательные условия, которым должна соответствовать функция распределения. Интерпретация в понятиях и терминах надежности. Учет физической сущности происхождения событий и оценок по критериям согласия при выборе вероятностного закона. Основные законы распределения, используемые при оценке надежности – нормальный, | 7 | | 2 | 4 | | 6 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | экспоненциальный, логарифмический – нормальный, гамма-распределение, распределение Вейбулла. Критерии согласия. **Практические занятие 4:** Расчет показателей безотказности – среднего типа отказов до заданной наработки, параметры потока отказов наработки, наработки на отказ.<br><br>**Практические занятие 5:** Расчет показателей долговечности | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8. | **Показатели надежности.** Показатели надежности невосстанавливаемых объектов. Показатели безотказности, вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, интенсивность отказов. Статистическое и вероятностное определение. Показатели сохраняемости. Показатели надежности восстанавливаемых объектов.<br>Показатели долговечности – ресурс и срок службы и их разновидности.<br>Ремонтопригодность и её основные показатели. Расчет сохраняемости. Комплексные показатели надежности. Стандарты для расчета показателей надежности.<br>**Практические занятие 6:** Мероприятия, обеспечивающие надежность при проектировании. Оценка схемной надежности.<br><br>**Практические занятие 7:** Резервирование – нагруженный и ненагруженный резерв, скользящий резерв. Последовательность оценки схемной надежности. | | | 2 | 4 | | 6 | | | | | | | | |
| 9. | **Виды отказов. Установление причин отказов.** Необходимые предпосылки для объективного анализа причин отказов. Последовательность работ при установлении | | | 2 | 4 | | **6** | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | причин отказов. Уточненные исследования причин отказов. Основные причины отказов различных устройств – механических, гидравлических и пневматических, электрических, электронных и электротехнических; электрохимических.<br>**Практические занятие 8:** Уточненные исследования причин отказов<br>**Практические занятие 9: Основные причины отказов различных устройств** – механических, гидравлических и пневматических, электрических, электронных и электротехнических; электрохимических. | | | | | | | | | | | | | | |
| | **Форма аттестации** | | | | | | | | | | | **Р** | | | **З** |
| | **Кол-во часов по дисциплине 108** | | | **18** | **18** | **18** | **54** | | | | | | | | |

Заведующий кафедрой «Техническая механика»,
доцент, к.т.н. Ю.И. Бровкина

Приложение 2 к
рабочей программе

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ

ОП (профиль): «Машины и технологии обработки материалов давлением»

Форма обучения: очная

Вид профессиональной деятельности: производственно-технологическая, научно-исследовательская, проектно-конструкторская

Кафедра: Техническая механика и компьютерное моделирование

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

# ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Описание оценочных средств:
Вариант билета для зачета
перечень вопросов на зачет
примерный перечень тем рефератов
перечень лабораторных работ
перечень практических занятий

**Составители:**

Доцент, к.т.н. Лукьянов А.С.

Старший преподаватель Дмитриева Л.А.

Москва, 2022

## ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Таблица 1

| **ИСПЫТАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ. НАДЕЖНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ФГОС ВО **15.03.01 «Машиностроение»** | | | | | |
| В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **профессиональные компетенции**: | | | | | |
| **КОМПЕТЕНЦИИ** | | **Перечень компонентов** | **Технология формирования компетенций** | **Форма оценочного средства**** | **Степени уровней освоения компетенций** |
| **ИНДЕКС** | **ФОРМУЛИРОВКА** | | | | |
| **ОПК-13** Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения; | ИОПК – 13.1 Знает стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения, узлов оборудования кузнечно-штамповочного производства<br>ИОПК – 13.2 Владеет навыками применения стандартных методов расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения, узлов оборудования кузнечно-штамповочного | **Знать**<br>• основные закономерности в области испытаний и надежности, терминологию, основные понятия и определения, относящиеся к испытаниям на прочность и износостойкость, надежности механических систем ;<br>**уметь**<br>решать различные инженерные задачи с использованием знаний, приобретенных при изучении дисциплины, с учетом реальных условий применения основных | лекция, самостоятельная работа, лабораторные работы практические занятия | З, ЛР, Р | **Базовый уровень:** воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам<br>**Повышенный уровень:** практическое применение полученных знаний в процессе выполнения лабораторных работ и курсовой работы; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | способов испытаний на прочность и износостойкость;<br><br>**Владеть**<br>навыками решения инженерных задач по подбору вида и способа испытания | | | управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении |
| **ПК-1**<br><br>Способен технически подготавливать кузнечно-штамповочное производство, его обеспечение и нормирование | ИПК-1.1. Рассчитывает и отрабатывает технологические процессы кузнечно-штамповочного производства<br>ИПК-1.2. Определяет необходимый состав и количество оборудования и инструмента для осуществления технологических операций<br>ИПК-1.3. Формулирует требования к методам планирования технической и технологической подготовки производства и выполнения кузнечно-штамповочных работ | **знать:**<br>• показатели надежности и их статистические и вероятностные оценки.<br><br>**уметь:**<br>• решать различные инженерные задачи с использованием знаний, приобретенных при изучении дисциплины, с учетом реальных условий применения основных способов испытаний на прочность и износостойкость; использовать статистические методы оценки надежности объекта;<br><br>**владеть:**<br>• навыками оценки комплекса свойств | лекция,<br>самостоятельная работа,<br>лабораторные работы<br>практические занятия | З,<br>ЛР,<br>Р | **Базовый уровень:**<br>воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам<br><br>**Повышенный уровень:**<br>практическое применение полученных знаний в процессе выполнения лабораторных работ и курсовой работы; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | обеспечивающих надежность объектов. | | | управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении |
| **ПК-2**<br><br>Способен технически контролировать кузнечно-штамповочное производство | ИПК-2.1. Проводит мероприятия по предупреждению нарушений технологических процессов заготовительного производства | **знать:**<br>• методики проведения испытаний, аппаратуру для испытаний;<br>• технические условия, технические описания , требования к испытываемым образцам ;<br>• как выбрать номенклатуру и необходимое количество показателей надежности при оценке работоспособного состояния техники при осуществлении рациональной эксплуатации<br>**уметь:**<br>• использовать результаты испытаний при оценке дефектов строения и анализе пригодности для обработки давлением.<br><br>• составлять техническое | лекция, самостоятельная работа, лабораторные работы практические занятия | З,<br>ЛР,<br>Р | **Базовый уровень:** воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля; умение решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам<br><br>**Повышенный уровень:** практическое применение полученных знаний в процессе выполнения лабораторных работ и курсовой работы; готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | описание способа испытания и используемой аппаратуры.<br>• определять комплексные показатели надежности.<br><br>• **владеть:**<br>• методиками выбора способов и аппаратуры для испытаний механических систем<br>• навыками составления плана испытаний и оценки достоверности показателей основных систем и агрегатов.<br>• навыками расчета показателей безотказности, долговечности и ремонтопригодности. Стандартами показателей надежности<br>• .<br><br>• | | | недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении |

**- Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 3 к рабочей программе.

Приложение 3
к рабочей программе

**Перечень оценочных средств по дисциплине**
**«ИСПЫТАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ. НАДЕЖНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

| № ОС | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление оценочного средства в ФОС |
|---|---|---|---|
| 1 | Зачет (З) | Тестирование и диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей | Перечень вопросов для зачета |
| 2 | Лабораторные работы (ЛР) | Оценка способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, эксперимента и выполнения последующих расчетов, а также составления выводов | Перечень лабораторных работ и их оснащение |
| 3 | Реферат (Р) | Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее | Темы рефератов |

**1. Тесты для зачета**

1. Назначение: Используются для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем»
3. Бланк тестового задания (образец прилагается).
4. Регламент зачета: - Время на подготовку ответов на тест - до 45 мин
- Способ контроля: ответы на вопросы теста 60%
5. Шкала оценивания:

**«Зачтено»**- если студент глубоко и прочно освоил весь материал программы обучения, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при изменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения.

**«Не зачтено»** - если студент не знает значительной части программного материала, допускает серьёзные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания.

Каждое вопрос билета оценивается отдельно. Общей оценкой является среднее значение, округлённое до целого значения.

Перечень вопросов для проведения зачета

| №№ п/п | Вопросы к зачету | Код компетенции |
|---|---|---|
| 1. | Что такое предел ползучести? Дать определение | ОПК-13 |
| 2. | Что такое релаксация?При проведении испытаний на релаксацию напряжений какие параметры остаются постоянными и какие изменяются? | ОПК-13 |
| 3. | Почему при испытаниях на статическую прочность образец для испытаний должен иметь определенное соотношение между расчетной длинной $l_0$ b и диаметром $d_0$ ? | ОПК-13 |
| 4. | Какая размерность характеристики ударной прочности-ударной вязкости? Каков порядок величин? | ОПК-13 |
| 5. | Какой вид поверхности излома будет при пластичном изломе и какой-при хрупком изломе? | ОПК-13 |
| 6. | Какие основные три фактора определяют вид излома? | ОПК-13 |
| 7. | Почему при ударных испытаниях применяют образцы с надрезом? | ОПК-13 |
| 8. | Кратковременные испытания и испытания на длительную прочность | ОПК-13 |
| 9. | Методика испытаний. | ОПК-13 |
| 10. | Машины и образцы для испытаний | ОПК-13 |
| 11. | Использование результатов испытаний при оценке дефектов строения и анализе пригодности для обработки давлением. | ОПК-13 |
| 12. | Влияние распределения нагрузки – упругие искажения атомной решетки и сдвиг атомных слоев. | ОПК-13 |
| 13. | Влияние скорости деформирования | ОПК-13 |
| 14. | Методика испытаний на ударную нагрузку | ОПК-13 |
| 15. | Машины, определяемые параметры, образцы, способы достижения температуры, порядок проведения испытаний | ОПК-13 |
| 16. | Ударные испытания на изгиб. | ОПК-13 |
| 17. | Ударные испытания скручиванием | ОПК-13 |
| 18. | Основные особенности усталостных разрушений | ПК-1 |
| 19. | Машины для усталостных испытаний | ПК-1 |
| 20. | Образцы для испытаний. | ПК-1 |
| 21. | Предел усталости и ограниченные пределы усталости | ПК-1 |
| 22. | Анализ влияния различных факторов на предел усталости | ПК-1 |
| 23. | Разновидности коррозии | ПК-1 |
| 24. | Общие положения по проведению коррозионных испытаний | ПК-1 |
| 25. | Ускоренные и кратковременные коррозионные испытания в особых условиях. | ПК-1 |
| 26. | Испытания сварных соединений | ПК-1 |

| | | |
|---|---|---|
| 27. | Испытания на растяжения стыковых и угловых швов, точечной сварки. | ПК-1 |
| 28. | Испытания на образование горячих трещин | ПК-1 |
| 29. | Испытания сварных соединений на усталость | ПК-1 |
| 30. | Испытания на усталость деталей, соединений и конструкций | ПК-1 |
| 31. | Подбор пар трения. Методы определения коэффициента трения | ПК-1 |
| 32. | Износ .Износостойкость и основные положения процесса износа. | ПК-1 |
| 33. | Основные виды износа | ПК-1 |
| 34. | Механизм износа металлических поверхностей. | ПК-1 |
| 35. | Влияние деформации, температуры и химического действия окружающей среды. | ПК-1 |
| 36. | Механизм износа пластмасс и резины | ПК-1 |
| 37. | Методика испытаний на износ при трении скольжения. | ПК-1 |
| 38. | Специализированные испытательные установки – замкнутый и разомкнутый метод нагружения | ПК-1 |
| 39. | Методы измерения износа. | ПК-1 |
| 40. | Износ, вызываемый качением | ПК-1 |
| 41. | Испытания подшипников качения | ПК-1 |
| 42. | Испытания зубчатых колес на выкрашивание, износ и заедание. | ПК-1 |
| 43. | Стенды, методика испытаний и обработка экспериментальных данных. | ПК-1 |
| 44. | Понятие Фреттинг – коррозия | ПК-1 |
| 45. | Механизм фреттинг коррозии | ПК-1 |
| 46. | Методы уменьшения фреттинг - коррозии | ПК-1 |
| 47. | Испытательные установки | ПК-1 |
| 48. | Износ, обусловленный ударами капель жидкости | ПК-1 |
| 49. | Моделирующие устройства для испытаний на износ капельным ударом. | ПК-1 |
| 50. | Кавитационный износ гидродинамических машин, карбюраторов, поршней, поршневых колец. | ПК-1 |
| 51. | Качество и надежность машин | ОПК-13 |
| 52. | Надежность. Объекты рассматриваемые в надежности | ОПК-13 |
| 53. | Объекты и элементы | ОПК-13 |
| 54. | Состояние объекта – исправное, неисправное, работоспособное, отказ, дефект | ОПК-13 |
| 55. | Восстанавливаемые и невосстанавливаемые объекты, ремонтируемые и неремонтируемые объекты | ОПК-13 |
| 56. | Отказы и их классификация | ОПК-13 |
| 57. | Классификация отказов по характеру проявления | ОПК-13 |
| 58. | Отказы – по происхождению | ОПК-13 |
| 59. | Отказы по изменению режима работы | ОПК-13 |
| 60. | Отказы по последствиям | ОПК-13 |

| | | |
|---|---|---|
| 61. | Отказы и время их наступления- как случайные события и случайные величины | ОПК-13 |
| 62. | Комплекс свойств, обеспечивающих надежность объекта | ОПК-13 |
| 63. | Понятие безотказности | ОПК-13 |
| 64. | Понятие долговечность | ОПК-13 |
| 65. | Понятие ремонтопригодность | ОПК-13 |
| 66. | Понятие сохраняемость | ОПК-13 |
| 67. | Показатели надежности и их статистические оценки | ОПК-13 |
| 68. | Показатели надежности и их вероятностные оценки | ПК-2 |
| 69. | Качество статистической информации – достоверность, объект, однородность | ПК-2 |
| 70. | Обработка экспериментальных данных – упорядочение выборочных наблюдений | ПК-2 |
| 71. | Определение числа и длины интервалов, вычисление частостей | ПК-2 |
| 72. | Статистические характеристики – выборочное среднее и выборочная дисперсия | ПК-2 |
| 73. | Вероятностная оценка надежности | ПК-2 |
| 74. | Переход от статистических распределений к вероятностным | ПК-2 |
| 75. | Нормальный закон распределение | ПК-2 |
| 76. | Экспоненциальное распределение | ПК-2 |
| 77. | Логарифмически-нормальное распределение | ПК-2 |
| 78. | Гамма-распределение | ПК-2 |
| 79. | Распределение Вейбулла | ПК-2 |
| 80. | Показатели надежности невосстанавливаемых объектов. | ПК-2 |
| 81. | Показатели безотказности, вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, интенсивность отказов | ПК-2 |
| 82. | Статистическое и вероятностное определение | ПК-2 |
| 83. | Показатели сохраняемости | ПК-2 |
| 84. | Показатели надежности восстанавливаемых объектов | ПК-2 |
| 85. | Показатели долговечности – ресурс и срок службы и их разновидности | ПК-2 |
| 86. | Расчет показателей долговечности | ПК-2 |
| 87. | Ремонтопригодность и её основные показатели | ПК-2 |
| 88. | Расчет сохраняемости | ПК-2 |
| 89. | Комплексные показатели надежности | ПК-2 |
| 90. | Стандарты для расчета показателей надежности. | ПК-2 |
| 91. | Мероприятия, обеспечивающие надежность при проектировании | ПК-2 |
| 92. | Оценка схемной надежности | ПК-2 |
| 93. | Условия возможности оценки систем | ПК-2 |
| 94. | Применяемые методы.. Преимущества и недостатки | ПК-2 |
| 95. | Метод структурных схем. Преимущества и недостатки, ограничения по их применению | ПК-2 |
| 96. | Последовательные, параллельные, смешанные соединения элементов в системе | ПК-2 |

| | | |
|---|---|---|
| 97. | Резервирование – нагруженный и ненагруженный резерв, скользящий резерв | ПК-2 |
| 98. | Последовательность оценки схемной надежности | ПК-2 |
| 99. | Метод логических схем. Условия применения. Целесообразность применения. | ПК-2 |
| 100. | Необходимые предпосылки для объективного анализа причин отказов. | ПК-2 |
| 101. | Последовательность работ при установлении причин отказов | ПК-2 |
| 102. | Уточненные исследования причин отказов | ПК-2 |
| 103. | Основные причины отказов механических устройств | ПК-2 |
| 104. | Основные причины отказов гидравлических и пневматических устройств | ПК-2 |
| 105. | Основные причины отказов электрических, электронных и электротехнических; электрохимических. | ПК-2 |

## Лабораторные работы

1. Назначение: Используются для углубленного изучения разделов дисциплины, получения практических навыков работы с реальными объектами, применяемыми в общем машиностроении их испытанием, а также проведения текущей промежуточной аттестации по дисциплине «Испытания на прочность и износостойкость».
2. Время на выполнение каждой лабораторной работы указано в приложении 2 программы дисциплины.
3. Лабораторная работа выполняется подгруппой студентов в количестве 5-12 человек под руководством преподавателя и учебного мастера.
4. Оформление журнала испытаний проводится студентом самостоятельно вне аудиторных занятий.
5. Защита лабораторной работы проводится во время консультаций, в виде собеседования.
6. Шкала оценивания:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если он применил полученные знания и выполнил и защитил лабораторную работу;
- оценка «не зачтено», если он не выполнил или не защитил лабораторную работу.

## Перечень лабораторных работ

1. «Испытание поперечно-нагруженного болтового соединения». -2 часа

Оснащение: Лабораторная установка для испытания, плакаты, стенды и натурные образцы.

2. «Определение приведенного коэффициента трения клиноременной передачи» - 2 часа.
Оснащение: Лабораторная установка для испытания клиноременных передач с различными способами натяжения, плакаты стенды и натурные образцы ремней.
3. Изучение конструкции и работы стенда для испытания муфт.- 2 часа.
Оснащение: Лабораторный стенд для испытания и натурные образцы.
4. «Клиноременные вариаторы с автоматическими натяжными устройствами» -2 часа
Оснащение: Презентация, стенд и натурный образец клиноременного вариатора.
5. «Испытание двухколодочного тормоза» - 2 часа.
Оснащение: Лабораторная установка для испытания двухколодочного тормоза, плакаты стенды и натурный образец тормоза.
6. «Исследование электропривода с инерционными массами в режиме пуска» - 2 часа.
Оснащение: Лабораторная установка для испытания, плакаты, стенды .
7. «Изучение конструкций типовых стендов для трибологических испытаний зубчатых передач» - 2 часа.
Оснащение: презентация, схемы и описание работы стендов.
8. «Изучение конструкций и работы стендов для трибологических испытаний гипоидных передач» - 2 часа.
Оснащение: презентация, схемы и описание работы стендов.
9. «Исследование инновационных материалов для втулок подшипников скольжения» - 2 часа.
Оснащение: натуральные образцы, презентация.

**Пример выполнения лабораторной работы**

| № п/п | Наименование | Оснащение | | Кол-во часов |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Испытание поперечно-нагруженного болтового соединения | Универсальная машина для испытания на растяжение-сжатие, пресс ДМ-30 | | 2 |

**Вопросы для лабораторной работы**

1. При каких видах деформации образца проводятся усталостные испытания?

2. Какие требования предъявляются к образцам на усталостных испытаниях?
3. При какой нагрузке испытывают первый образец при усталостных испытаниях и при какой- последний?
4. Какую величину определяют при усталостных испытаниях?
5. Что является результатом усталостных испытаний.
6. Как можно определить возможную амплитуду напряжений при заданном среднем напряжении, если экспериментальные данные есть только для симметричного цикла?
7. Машины какого типа самые распространенные для усталостных испытаний?

**Образец журнала испытаний**

Заполняется студентом при подготовке и в ходе выполнения лабораторной работы.

Студент
Лаборатория Группа Дата
«Техническая механика» Проверил

ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЙ

Лабораторная работа №1
Испытание поперечно нагруженного болтового соединения.

1. Схема установки.
2. Данные испытаний и расчетов.

| № № изм. | $F_з$, кН | $F_в$, кН | $f$ |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 | | | |
| 9 | | | |

3. График $f = f(F_з)$.
4. Выводы:

## Тематика практических занятий

**1.Статистические и вероятностные оценки надежности.**
Статистическая оценка надежности. Статистическая обработка экспериментальных данных по надежности.
**2.Показатели надежности .** Способы обеспечения надежности систем и ее оценка. Расчет безотказности систем с учетом их структуры.
**3**. Построение эмпирической функции распределения, гистограммы и полигона.
**4**. **Расчет показателей безотказности** – среднего типа отказов до заданной наработки, параметры потока отказов наработки, наработки на отказ.
**5**. **Расчет показателей долговечности.**
**6**. **Мероприятия**, обеспечивающие надежность при проектировании. Оценка схемной надежности.
**7. Резервирование** – нагруженный и ненагруженный резерв, скользящий резерв. Последовательность оценки схемной надежности.
**8. Уточненные исследования причин отказов.**
**9. Основные причины отказов различных устройств** – механических, гидравлических и пневматических, электрических, электронных и электротехнических; электрохимических.

## Вопросы для практических занятий

1. Какие напряжения приводят к усталостным разрушениям?
2. В чем особая опасность усталостных разрушений.
3. Какие основные факторы влияют на усталостные разрушения?
4. Почему возникает коррозия?
5. Какие виды коррозионных процессов металлов могут быть?.
6. В чем суть химической коррозии.
7. В чем суть электрохимической коррозии.
8. Разновидности коррозии.
9. Какие виды коррозионных разрушений металла могут быть под воздействием механических нагрузок?
10. Цель коррозионных испытаний.
11. Какие разновидности поверхностных тонкослойных покрытий применяют для защиты от коррозии.
12. Качество статистической информации.

13.Генеральная совокупность.
14.Объем статистической информации.
15.Достоверность статистической информации.
16.Первичная обработка экспериментального материала.
17.Упорядоченность выборочных наблюдений.
18.Вычисление частостей.
19.Определение числовых характеристик статистического распределения.
20.Графическое представление результатов.
21. Постановка задачи и модель функционирования сложной системы.
22.Надежность функционирования сложной системы.
23.Методы оценки безотказности технических систем с учетом их структуры и многофункциональности

**Образец бланкового тестового задания (для зачета)**

Тестовое задание по дисциплине «Испытания на прочность и износостойкость. Надежность механических систем»

Вариант 1

Студент_____ № группы

**1** Предмет, подлежащий расчету, исследованию, рассмотрению в процессе его проектирования, изготовления, эксплуатации и т.д. называется
1) элементом
2) изделием
3) системой
4) объектом

**2** Основные показатели надежности
1) безотказность, точность, прочность
2) долговечность, прочность, экономичность
3) безотказность, долговечность, ремонтопригодность, сохраняемость
4) прочность, теплостойкость, экономичность

**3** Вставить необходимое слово**.** Отказ элемента объекта обусловлен повреждениями или отказами других элементов объекта относится к …… отказу.
1) сложному
2) зависимому
3) постепенному
4) износному

**4** Эксплуатационными причинами возникновения отказов может быть
1) нарушение установленных правил и (или) условий эксплуатации объекта
2) неправильный учет нагрузок при проектировании
3) дефекты при изготовлении объекта
4) появление трещин

**5** Наработка на графике плотности распределения откладывается
1) как площадь под кривой
2) по оси у
3) как тангенс угла наклона касательной
4) по оси х

**6** Составная часть объекта, надежность которой известна или может быть определена, называется

1) изделием
2) системой
3) элементом
4) деталью

**7** В каких единицах измеряется плотность распределения вероятности наработки до отказа, если сама наработка измеряется в «км»?
1) «шт»
2) «1/км»
3) «км»
4) «км$^2$»

**8** Параметрами какого распределения являются среднее квадратическое отклонение s и математическое ожидание M[x] ?
1) экспоненциального
2) логарифмически-нормального
3) нормального
4) гамма-распределения

**9** Общее количество испытуемых объектов N=1000, интенсивность отказов $\lambda=10^{-4}$ отк/ч. Определить, сколько объектов откажет за время t=1000 часов
1) 1
2) 10
3) 1000
4) 100

**10** Какова вероятность безотказной работы P объекта при экспоненциальном законе и при $t=T_{ср}$**?**
1) 0,33
2) 0,50
3) 0,37
4) 0,67

| № вопроса | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № ответа | | | | | | | | | | |

## Задание на выполнение реферата

**Реферат** как элемент учебной дисциплины должна способствовать формированию **компетенции ПК-5.**

Исходными данными для выполнения реферата являются: выбор объекта исследования, деталь или отдельный узел этого объекта. Студент самостоятельно или по рекомендации преподавателя выбирает объект исследования для работы.

По заданию студент:

- выбирает исходные данные для реферата;
- выполняет расчеты и другие виды работ по оформлению пояснительной записки в порядке, предусмотренном методическими указаниями.

Реферат в зависимости от задания должен содержать:

1. Титульный лист
2. Тема задания
3. Исходные данные (описание конструкции или материалов, детали или узла, таблица с указанием интервалов и частот )

4. Расчеты и необходимые пояснения по теме исследуемого объекта, определение числовых характеристик статистического распределения

5. Сводную таблицу расчетов начальных и центральных эмпирических моментов

6. Определение среднего значения наработки до предельного состояния

7. Графическое представление статистических выборок (гистограмма или полигон)

8. Список использованных источников

Для указанного в задании объекта (детали или узла) исследования, необходимо определить основные статистические характеристики по данным ресурсных испытаний распределения наработки до предельного состояния объекта (детали или узла).

Произвести упорядочивание выборки (ранжирование выборки).

Определить число интервалов по правилу Старджеса, длину интервала.

Вычислить начальные моменты для условных вариант и центральные эмпирические моменты.

Выполнить обратный переход от условных вариант к действительным и определить среднее значение наработки детали или узла объекта до предельного состояния и среднее квадратичное отклонение наработки до предельного состояния.

Построить эмпирическую функцию распределения (статистическая функция распределения, кумулятивная кривая, функция накопленных частостей), гистограмму или полигон. На основании расчетов и графических построений, сделать выводы.

## Примерный перечень тем для рефератов

1. Машины и приборы для определения механических свойств материалов.(ПК1)
2. Обеспечение износостойкости изделий.(ПК1)
3. Метод испытания материалов и покрытий на газообразивное изнашивание с помощью центробежного ускорителя.(ПК1)
4. Ускоренные ресурсные испытания с периодическим форсированием режима. .(ПК1)
5. Метод испытаний машиностроительных материалов на ударно-абразивное изнашивание. (ПК2)

6. Метод испытания материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы(ПК2)

7. Метод испытаний материалов на изнашивание при фреттинге и фреттинг-коррозии(ПК2)
8. Метод испытаний материалов на изнашивание при ударе в условиях низких температур (ПК2)
9. Метод испытаний материалов на изнашивание при ударе в условиях высоких температур(ПК2)
10. Метод оценки противозадирных свойств машиностроительных материалов(ПК2)
11. Метод определения энергоемкости при пластической деформации материалов(2
12. Метод испытаний на износостойкость материалов и деталей при гидроэрозионном изнашивании дисперсными частицами(ПК2)
13. Метод оценки истирающей способности поверхностей восстановленных валов(ПК2)
14. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей(ПК2)
15. Приборы для измерения износа методом вырезанных лунок. Технические требования.(ПК2)
16. Методы испытания на усталость при эксплуатационных режимах работы(ПК2)
17. Испытания механических композиционных материалов.(ПК1)
18. Метод испытания на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах(ПК1)
19. Методы испытаний кольцевых образцов при нормальной, повышенной и пониженной температурах(ПК1)
20. Испытания на сеймостойкость машин, приборов и других технических изделий. .(ПК1)
21. Испытания на стойкость к внешним воздействиям машин, приборов и других изделий. .(ПК2)
22. Машины и приборы для измерения усилий и деформаций.(ПК2)
23. Машины и приборы для определения механических свойств материалов.(ПК2)
24. Детали трущихся сопряжений. Методы измерения износа. .(ПК2)
25. Машины для испытания материалов на усталость.(ПК2)
26. Машины для испытания материалов на ползучесть, длительную прочность и релаксацию.(ПК2)
27. Обеспечение износостойкости изделий. .(ПК2)

28. Методы установления предельного износа, обеспечивающий требуемый уровень безопасности. .(ПК2)