Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор Департамента по образовательной политике
Дата подписания: 15.07.2024 14:17:37
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
_____ /М.Р. Рыбакова/
«15» февраля 2024г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# Надёжность механических систем

Направление подготовки/специальность
**23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства**

Профиль/специализация
**Компьютерный инжиниринг в автомобилестроении**

Квалификация
**инженер**

Формы обучения
**Очная**

Москва, 2024 г

**Разработчик(и):**

Старший преподаватель  /М.Н. Лукьянов/

Старший преподаватель  /М.Р. Рыбакова/

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»,
д.ф-м.н., доцент  /А.А. Скворцов/

## 1. Цели освоения дисциплины.

К основным целям освоения дисциплины «Надежность механических систем» следует отнести: 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 «Надежность механических систем» следует отнести: освоение навыков оценки надежности механических систем и умение использовать эти знания при проектировании новой техники.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета.

Дисциплина «Надежность механических систем» относится к числу учебных дисциплин обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» (Б1) основной образовательной программы специалитета.

«Надежность механических систем» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

– Математика;
– Физика;
– Теоретическая механика;
– Сопротивление материалов;
– Испытания автомобиля и трактора;
– Статистическая механика.
– Динамика машин;

## 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** |
|---|---|---|
| ОПК-3 | Способен самостоятельно решать практические задачи с использованием нормативной и правовой базы в сфере своей профессиональной деятельности с учетом последних достижений науки и техники | **знать:**<br>• Методы расчета на надежность узлов и агрегатов транспортных и технологических средств.<br>• Основные виды отказов и методы их предупреждения<br>**Уметь:**<br>• Оценивать надежность (по безотказности, долговечности, ремонтопригодности, сохраняемости) объектов, исходя их заданных нагрузок и условий эксплуатации;<br>• Определять отказы и применять методы их предупреждения<br>**владеть:**<br>Навыками формулирования задач при производстве, модернизации и эксплуатации новой техники и ее испытании, построения алгоритма их решения |

## 4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4** зачетные единицы, т.е. **144** академических часов (из них 90 часа – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Надежность механических систем» изучаются на четвертом курсе.

**Седьмой семестр:** лекции – 1 час в неделю (18 часов), семинарские занятия **–** 1 час в неделю (18 часов), лабораторные работы – 1 час в неделю (18 часов), форма контроля – экзамен

Структура и содержание дисциплины «Надежность механических систем» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

**Содержание разделов дисциплины.**

**Седьмой семестр**

**а. 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.

**б. 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. Построение эмпирической функции распределения, гистограммы и полигона.

**в. 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.

**г. 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. Расчет показателей безотказности – среднего типа отказов до заданной наработки, параметры потока отказов наработки, наработки на отказ. Показатели долговечности – ресурс и срок службы и их разновидности. Расчет показателей долговечности. Ремонтопригодность и её основные показатели. Расчет сохраняемости. Комплексные показатели надежности. Стандарты для расчета показателей надежности.

**д. Способы обеспечения надежности систем и ее оценка.**

Мероприятия, обеспечивающие надежность при проектировании. Оценка схемной надежности. Условия возможности оценки систем. Применяемые методы. Метод структурных схем. Преимущества и недостатки, ограничения по их применению. Последовательные, параллельные, смешанные соединения элементов в системе. Резервирование – нагруженный и ненагруженный резерв, скользящий резерв. Последовательность оценки схемной надежности. Метод логических схем. Условия применения. Целесообразность применения.

**е. Виды отказов. Установление причин отказов автомобиля.**

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.

**ж. Оценка долговечности по сопротивлению усталости. Оценка остаточного ресурса.**

Характеристики сопротивления усталости. Расчет на циклическую долговечность при нерегулярных процессах нагружения. Метод Кортена-Доллана. Гипотеза автомодельности процессов накопления усталостных повреждений. Оценка остаточного ресурса.

**з. Экспериментальное исследование надежности. Испытания на надежность.**

Виды испытаний на надежность. Определительные испытания. Планы испытаний [NUN], [NUT], [NUr]. Контрольные испытания. Ускоренные испытания. Экспериментальное определение ресурса узлов трения. Научное планирование эксперимента. Расчетно-экспериментальная оценка надежности по критериям работоспособности. Испытания на усталость

**и. Расчет надежности типовых деталей и узлов механических систем.** Методы расчета показателей надежности соединений деталей машин: с натягом, сварных и резьбовых по различным критериям. Методы расчета показателей надежности опор качения и скольжения. Методы расчета показателей надежности

зубчатых передач на сопротивление контактной и изгибной усталости, а также в комплексе; фрикционных передач; ременных передач. Методы расчета показателей надежности многопоточных передач и валов (осей). Методы расчета показателей надежности муфт и соединительных устройств: роликовые обгонные муфты (по вероятности включения как муфты в целом, так и отдельных ее элементов); предохранительные муфты (фрикционные, пружинно-шариковые, с разрушающимися элементами).

## 5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Надежность механических систем» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала 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:

– защита и индивидуальное обсуждение выполняемых расчетно-графических работ;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Надежность механических систем» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 33% от объема аудиторных занятий.

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

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации:

**<u>В седьмом семестре</u>**

- Расчетно-графическая работа №1 «Расчет характеристик надежности элементов сложной структуры. Расчет вероятности безотказной работы сложной структуры»;
- Расчетно-графическая работа №2 «Статистическая обработка экспериментальных данных по надежности. Выбор закона распределения. Расчет показателей надежности»;
- Расчетно-графическая работа №3 «Расчет надежности типовых деталей и узлов механических систем»

Расчетно-графические работы проводятся по индивидуальному заданию.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные задачи и задания в форме бланкового тестирования для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины.

Образцы заданий расчетно-графических работ, контрольных задач, экзаменационных билетов, приведены в приложении 3.

## 6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

| **Код компетенции** | **В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать** |
|---|---|
| ОПК-3 | Способен самостоятельно решать практические задачи с использованием нормативной и правовой базы в сфере своей профессиональной деятельности с учетом последних достижений науки и техники |

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### 6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

| **ОПК-3 Способен самостоятельно решать практические задачи с использованием нормативной и правовой базы в сфере своей профессиональной деятельности с учетом последних достижений науки и техники** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Показатель** | **Критерии оценивания** | | | |
| | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **знать:** | Обучающийся | Обучающийся | Обучающийся | Обучающийся |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Критерии оценки надежности механических систем; Условия технической эксплуатации, виды отказов проектируемых объектов; | демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: критериев оценки надежности механических систем; условий технической эксплуатации, видов отказов проектируемых объектов. | демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: критериев оценки надежности механических систем; условий технической эксплуатации, видов отказов проектируемых объектов. Допускаются незначительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации. | демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: критериев оценки надежности механических систем; условий технической эксплуатации, видов отказов проектируемых объектов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях. | демонстрирует полное соответствие следующих знаний: критериев оценки надежности механических систем; условий технической эксплуатации, видов отказов проектируемых объектов, свободно оперирует приобретенными знаниями. |
| **уметь:** Прогнозировать надежность объекта на стадии проектирования | Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет прогнозировать надежность объекта на стадии проектирования | Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: прогнозировать надежность объекта на стадии проектирования. Допускаются незначительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации. | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: прогнозировать надежность объекта на стадии проектирования. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: прогнозировать надежность объекта на стадии проектирования. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности. |
| **владеть:** Навыками оценки и прогнозировани я надежности механических систем | Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками оценки и прогнозирования надежности механических систем. | Обучающийся владеет навыками оценки и прогнозирования надежности механических систем в неполном объеме, допускаются незначительные ошибки, | Обучающийся частично владеет навыками оценки и прогнозирования надежности механических систем, навыки освоены, но допускаются | Обучающийся в полном объеме владеет навыками оценки и прогнозирования надежности механических |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях. | незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | систем, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности. |

Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена 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 «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».,

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Надежность механических систем»:

- выполнили и защитили три расчетно-графические работы

| **Шкала оценивания** | **Описание** |
|---|---|
| Отлично | 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. |
| Хорошо | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует не полное 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 |

| | |
|---|---|
| Удовлетворительно | Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует не полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, плохо оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками применяет их в простых ситуациях. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации |
| Неудовлетворительно | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. 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. |

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

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

**а) основная литература:**

1. Шишмарёв, В. Ю. Надежность технических систем : учебник для вузов / В. Ю. Шишмарёв. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 289 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09368-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/473175

2. Тимошенков, С. П. Основы теории надежности : учебник и практикум для вузов / С. П. Тимошенков, Б. М. Симонов, В. Н. Горошко. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 445 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8193-3

URL: https://urait.ru/bcode/450484

**б) дополнительная литература:**

1. Тимошенков, С. П. Надежность технических систем и техногенный риск : учебник и практикум для вузов / С. П. Тимошенков, Б. М. Симонов, В. Н. Горошко. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 502 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8582-5.
https://urait.ru/bcode/450485

**в) Электронные образовательные ресурсы:**

Электронный образовательный ресурс «Надежность и диагностика механических систем»
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=1985

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Аудитория общего фонда, оборудованная аудиторной доской, столами, стульями или столами учебными со скамьями

## 9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

1. Систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
2. Углубление и расширение теоретической подготовки;
3. Формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
4. Развитие познавательных способностей и активности студентов, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
5. Использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на практических занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных, практических занятиях и лабораторных работах. Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

На основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных терминов, положений и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения разделов дисциплины. Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать, перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

## 10. Методические рекомендации для преподавателя

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – лекционные, практические и лабораторные занятия и консультирование. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомится с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать,

только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Зачет по дисциплине проводится в форме письменного экзамена с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе вопросов, сформулированных в зачетных или экзаменационных билетах. В билет вносится два теоретических и один практический вопрос из различных разделов дисциплины для более полной проверки знаний студентов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель

принимающий зачет или экзамен лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

Приложение 1.

**Структура и содержание дисциплины «Надежность механических систем» по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» (специалист)**

| № п/п | Раздел | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах | | | | | Виды самостоятельной работы студентов | | | | | Форма аттестации | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Л. | Пр. | Лаб. | СРС | КСР | К.Р. | К.П. | РГР | Реф. | К.раб. | Э | З |
| **Седьмой семестр** | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. | 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 | 7 | 1-2 | 2 | 2 | 2 | 10 | | | | + | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2. | 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. Построение эмпирической функции распределения, гистограммы и полигона. | 7 | 3-4 | 2 | 2 | 2 | 10 | | | | + | | | | |
| 3. | 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 | 7 | 5-6 | 2 | 2 | 2 | 10 | | | | + | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | по критериям согласия при выборе вероятностного закона. Основные законы распределения, используемые при оценке надежности – нормальный, экспоненциальный, логарифмический – нормальный, гамма-распределение, распределение Вейбулла. Критерии согласия | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. | 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. Расчет показателей безотказности – среднего типа отказов до заданной наработки, параметры потока отказов наработки, наработки на отказ. Показатели долговечности – ресурс и срок службы и их разновидности. Расчет показателей долговечности. Ремонтопригодность и её основные показатели. Расчет сохраняемости. Комплексные показатели надежности. | 7 | 7-8 | 2 | 2 | 2 | 10 | | | | + | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Стандарты для расчета показателей надежности | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. | Мероприятия, обеспечивающие надежность при проектировании. Оценка схемной надежности. Условия возможности оценки систем. Применяемые методы. Метод структурных схем. Преимущества и недостатки, ограничения по их применению. Последовательные, параллельные, смешанные соединения элементов в системе. Резервирование – нагруженный и ненагруженный резерв, скользящий резерв. Последовательность оценки схемной надежности. Метод логических схем. Условия применения. Целесообразность применения | 7 | 9-10 | 2 | 2 | 2 | 10 | | | | + | | | | |
| 6. | 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 | 7 | 11-12 | 2 | 2 | 2 | 10 | | | | + | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7. | Характеристики сопротивления усталости. Расчет на циклическую долговечность при нерегулярных процессах нагружения. Метод Кортена-Доллана. Гипотеза автомодельности процессов накопления усталостных повреждений. Оценка остаточного ресурса | 7 | 13-14 | 2 | 2 | 2 | 10 | | | | + | | | | |
| 8. | Виды испытаний на надежность. Определительные испытания. Планы испытаний [NUN], [NUT], [NUr]. Контрольные испытания. Ускоренные испытания. Экспериментальное определение ресурса узлов трения. Научное планирование эксперимента. Расчетно-экспериментальная оценка надежности по критериям работоспособности. Испытания на усталость | 7 | 15-16 | 2 | 2 | 2 | 10 | | | | + | | | | |
| 9. | Методы расчета показателей надежности соединений деталей машин: с натягом, сварных и резьбовых по различным критериям. Методы расчета показателей надежности опор качения и скольжения. Методы расчета показателей надежности зубчатых передач на сопротивление контактной и изгибной усталости, а также в комплексе; фрикционных | 7 | 17-18 | 2 | 2 | 2 | 10 | | | | + | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | передач; ременных передач. Методы расчета показателей надежности многопоточных передач и валов (осей). Методы расчета показателей надежности муфт и соединительных устройств: роликовые обгонные муфты (по вероятности включения как муфты в целом, так и отдельных ее элементов); предохранительные муфты (фрикционные, пружинно-шариковые, с разрушающимися элементами) | | | | | | | | | | | | | | |
| **Всего за седьмой семестр** | | | | 18 | 18 | 18 | 90 | | | | 3 РГР | | | + | |
| **Итого** | | | | 18 | 18 | 18 | 90 | | | | 3 РГР | | | + | |

Приложение 2 к
рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Специальность: 23.05.01 НАЗЕМНЫЕ ТРАНСОПРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

профиль «Компьютерный инжиниринг в автомобилестроении»

Форма обучения: очная

Кафедра: Динамика, прочность машин и сопротивление материалов

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

# ПО ДИСЦИПЛИНЕ

# Надежность механических систем

Москва, 2024 год

Таблица 1

# ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

| **КОМПЕТЕНЦИИ** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ИНДЕКС** | **ФОРМУЛИРОВКА** | **Перечень компонентов** | **Технология формирования компетенции** | **Форма оценочного средства** | **Степени уровней освоения компетенций** |
| ОПК-3 | Способен самостоятельно решать практические задачи с использованием нормативной и правовой базы в сфере своей профессиональной деятельности с учетом последних достижений науки и техники | **знать:**<br>- Методы расчета на надежность узлов и агрегатов транспортных и технологических средств.<br>- Основные виды отказов и методы их предупреждения<br>**Уметь:**<br>- Оценивать надежность (по безотказности, долговечности, ремонтопригодности, сохраняемости) объектов, исходя их заданных нагрузок и условий эксплуатации<br>- Определять отказы и применять методы их предупреждения<br>**владеть:**<br>- Навыками формулирования задач при производстве, модернизации и эксплуатации новой техники и ее испытании, построения алгоритма их решения | Лекция, практическое занятие, лабораторная работа, самостоятельная работа | **К/Р РГР Э** | **Базовый уровень**<br>- способен проводить расчет надежности деталей и узлов машин, предупреждать отказы.<br>**Повышенный уровень**<br>- способен проводить расчет надежности деталей и узлов машин принимать меры по ее повышению, предупреждать отказы. |

Приложение 2
к рабочей программе

**Перечень оценочных средств по дисциплине «Надежность механических систем»**

| № ОС | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства | Представление оценочного средства в ФОС |
|---|---|---|---|
| 1 | Контрольная работа (К/Р) | Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу | Примеры контрольных задач |
| 2 | Расчетно-графическая работа (РГР) | Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом. | Пример задания для выполнения расчетно-графической работы |
| 3 | Экзамен (Экз) | Средство проведения промежуточной аттестации по результатам выполнения всех видов учебной работы в течении семестра с проставлением оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «не удовлетворительно» | Примеры экзаменационных билетов |

Приложение 3

# Пример экзаменационных билетов по курсу «Надежность механических систем»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина Надежность механических систем
Направление 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства
Курс 4, семестр 7

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4.**

1. Отказы – по происхождению, по изменению режима работы, по последствиям.
2. Испытания на усталость.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «26 » сентября 2021 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой _____ /А.А.Скворцов/

---

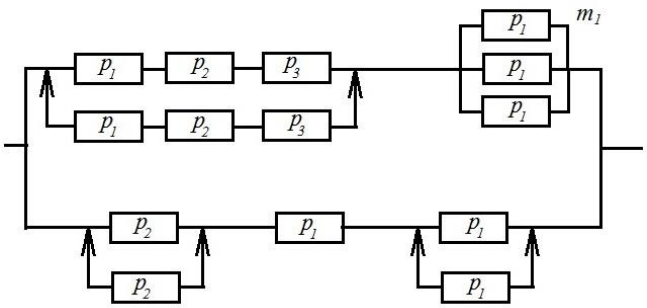
## Перечень вопросов к экзамену

| Вопросы к экзамену | Код компетенции |
|---|---|
| Надежность машин как показатель их качества**.** Основная терминология – надежность, объект, элемент, наработка. | **ОПК-3** |
| Состояние объекта – исправное, неисправное, работоспособное, отказ, дефект. | **ОПК-3** |
| Восстанавливаемые и невосстанавливаемые объекты, ремонтируемые и неремонтируемые объекты | **ОПК-3** |
| Отказы – по происхождению, по изменению режима работы, по последствиям | **ОПК-3** |
| Важнейшие статистические характеристики – выборочное среднее и выборочная дисперсия | **ОПК-3** |
| Статистический центральный момент третьего порядка – как характеристика асимметрии | **ОПК-3** |
| Статистический центральный момент четвертого порядка – как характеристика эксцесса | **ОПК-3** |
| Переход от статистических распределений к вероятностным | **ОПК-3** |
| Интегральная и дифференциальная функция распределения | **ОПК-3** |
| Учет физической сущности происхождения событий и оценок по критериям согласия при выборе вероятностного закона. | **ОПК-3** |
| Интерпретация в понятиях и терминах надежности. | **ОПК-3** |
| Основные законы распределения, используемые при оценке надежности – нормальный, экспоненциальный, логарифмический | **ОПК-3** |

| | |
|---|---|
| – нормальный, гамма-распределение, распределение Вейбулла | |
| Показатели надежности невосстанавливаемых объектов | **ОПК-3** |
| Показатели безотказности, вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, интенсивность отказов | **ОПК-3** |
| Статистическое и вероятностное определение | **ОПК-3** |
| Показатели надежности восстанавливаемых объектов | **ОПК-3** |
| Расчет показателей безотказности – среднего типа отказов до заданной наработки, параметры потока отказов наработки, наработки на отказ | **ОПК-3** |
| Показатели долговечности – ресурс и срок службы и их разновидности | **ОПК-3** |
| Расчет показателей долговечности | **ОПК-3** |
| Ремонтопригодность и её основные показатели | **ОПК-3** |
| Расчет сохраняемости. Комплексные показатели надежности | **ОПК-3** |
| Оценка схемной надежности | **ОПК-3** |
| Условия возможности оценки систем | **ОПК-3** |
| Метод структурных схем | **ОПК-3** |
| Преимущества и недостатки, ограничения по их применению | **ОПК-3** |
| Последовательные, параллельные, смешанные соединения элементов в системе | **ОПК-3** |
| Резервирование – нагруженный и ненагруженный резерв, скользящий резерв | **ОПК-3** |
| Последовательность оценки схемной надежности | **ОПК-3** |
| Метод логических схем. Условия применения. Целесообразность применения. | **ОПК-3** |
| Необходимые предпосылки для объективного анализа причин отказов | **ОПК-3** |
| Последовательность работ при установлении причин отказов | **ОПК-3** |
| Основные причины отказов различных устройств – механических, гидравлических и пневматических, электрических, электронных и электротехнических; электрохимических | **ОПК-3** |
| Характеристики сопротивления усталости | **ОПК-3** |
| Расчет на циклическую долговечность при нерегулярных процессах нагружения | **ОПК-3** |
| Метод Кортена-Доллана | **ОПК-3** |
| Оценка остаточного ресурса | **ОПК-3** |
| Гипотеза автомодельности процессов накопления усталостных повреждений | **ОПК-3** |
| Виды испытаний на надежность | **ОПК-3** |
| Определительные испытания | **ОПК-3** |
| Планы испытаний [NUN], [NUT], [NUr] | **ОПК-3** |
| Ускоренные испытания | **ОПК-3** |
| Контрольные испытания | **ОПК-3** |
| Экспериментальное определение ресурса узлов трения | **ОПК-3** |
| Научное планирование эксперимента | **ОПК-3** |
| Расчетно-экспериментальная оценка надежности по критериям работоспособности | **ОПК-3** |
| Испытания на усталость | **ОПК-3** |
| Методы расчета показателей надежности соединений деталей машин: с натягом, сварных и резьбовых по различным критериям | **ОПК-3** |
| Методы расчета показателей надежности опор качения и скольжения | **ОПК-3** |
| Методы расчета показателей надежности зубчатых передач на | **ОПК-3** |

| | |
|---|---|
| сопротивление контактной и изгибной усталости | |
| Методы расчета показателей надежности многопоточных передач и валов (осей) | **ОПК-3** |
| Методы расчета показателей надежности муфт и соединительных устройств | **ОПК-3** |

## Пример экзаменационных и контрольных задач (ОПК-3)

| | |
|---|---|
|  | Для заданной схемы определить вероятность безотказной работы всей системы. Принять p1=0,92; p2=0,95; p3=0,93; p4=0,9; m1=2; m2=1/2; m3=2/3. |
| Партия деталей, которую необходимо проконтролировать методами контрольных испытаний, состоит из $N$ = 95 экземпляров. Партия считается хорошей и принимается, если в ней содержится не более 10 % деталей с дефектами. Партия считается плохой и бракуется, если в ней содержится от 15 % деталей с дефектами. Риск поставщика и риск заказчика принять $\alpha$ = 0,12 и $\beta$ = 0,1 соответственно. Определить приемное ($A_0$) и браковочное ($A_1$) числа деталей с дефектами в выборке объемом $n = kN$. $K$ = 0,45. | |
| Система состоит из двух устройств. Вероятности безотказной работы каждого из устройств в течение 100 часов равны p1 = 0,95; p2 = 0,97. Справедлив экспоненциальный закон надежности. Необходимо найти среднюю наработку до первого отказа системы. | |

## Пример задания для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Надежность механических систем» для оценки компетенций (ОПК-3)

### Планы определительных испытаний

Для плана [*NUT*] определить такую продолжительность наблюдений *T* за 20 объектами, чтобы с односторонней доверительной вероятностью $P \leq 0{,}95$ относительная ошибка *d* в определении средней наработки до отказа не превышала 0,1. Наработка до отказа распределена нормально с коэффициентом вариации $\upsilon = 0{,}2$; предположительно средняя наработка до отказа $t_{ср} = 500$ ч.

Дополнительные исходные данные взять из таблицы.

**Объем наблюдений для плана [*N U T*] при нормальном распределении**

| *k* | ν | *N* для плана [*N U T*] при нормальном распределении | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | δ = 0,05 | | | δ = 0,1 | | | δ = 0,15 | | | δ = 0,2 | | |
| | | β | | | β | | | β | | | β | | |
| | | 0,90 | 0,95 | 0,99 | 0,90 | 0,95 | 0,99 | 0,90 | 0,95 | 0,99 | 0,90 | 0,95 | 0,99 |
| 0,6 | 0,1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 0,2 | — | — | — | — | — | — | 100 | — | — | 500 | 800 | — |
| | 0,3 | 1000 | — | — | 315 | 500 | 1000 | 125 | 250 | 500 | 80 | 125 | 500 |
| 0,8 | 0,1 | — | — | — | 315 | 500 | 1000 | 125 | 200 | 400 | 80 | 125 | 250 |
| | 0,2 | 250 | 400 | 800 | 65 | 100 | 200 | 25 | 40 | 100 | 15 | 25 | 50 |
| | 0,3 | 250 | 400 | 800 | 65 | 100 | 200 | 32 | 50 | 100 | 15 | 25 | 50 |
| 0,9 | 0,1 | 65 | 100 | 200 | 15 | 25 | 50 | — | 10 | 20 | — | — | 13 |
| | 0,2 | 80 | 125 | 250 | 20 | 32 | 65 | — | 15 | 32 | — | — | 20 |
| | 0,3 | 150 | 250 | 500 | 40 | 65 | 125 | 15 | 25 | 50 | — | 13 | 32 |

Исходные данные для задания выбираются исходя из индивидуального варианта