

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы бакалавриата
по направлению подготовки
15.03.06 Мехатроника и робототехника,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Основы надежности робототехнических комплексов и мехатронных систем

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Автоматизация и роботизация
технологических процессов

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 610876
Подписал: И.о. заведующего кафедрой Григорьев Павел
Александрович
Дата: 01.06.2024

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

- формирование у обучающихся определённого состава компетенций, которые базируются на характеристиках будущей профессиональной деятельности;

- функционально-ориентированная целевая направленность рабочей учебной программы непосредственно связана с результатами, которые обучающиеся будут способны продемонстрировать по окончании изучения учебной дисциплины.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- расширение и углубление знаний о математических методах в теории надежности, методах обеспечения надежности на этапе разработки документации;

- освоение методики конструирования и создания надежных робототехнических комплексов (РТК) и мехатронных систем;

- изучение методов обеспечения надежности при планировании испытаний опытных образцов и наблюдений в процессе эксплуатации машин.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ПК-1 - Способен осуществлять разработку конструкторской документации на специализированное оборудование мехатронных и робототехнических систем.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- нормативные документы, регламентирующие применение теории надёжности в расчетах техники;

- методы оценки надёжности машины как технической системы;

- критерии работоспособности и предельного состояния деталей машин и элементов мехатронных модулей робототехнических комплексов;

- правила и способы сбора и обработки первичной статистической информации при эксплуатации машин, способы организации испытаний на надёжность и особенности их планирования;

- методы расчета проектной надежности деталей машин и элементов

мехатронных модулей робототехнических комплексов и способы распределения уровней надежности по элементам.

Уметь:

- определять точечные оценки параметров надёжности элементов мехатронных модулей робототехнических комплексов;
- определять интервальные оценки параметров вероятностных моделей отказов;
- определять надёжность систем с приводимой структурной схемой;
- анализировать надёжность машины как системы.

Владеть:

- методами определения параметров моделей надёжности деталей машин и элементов мехатронных модулей робототехнических комплексов;
- методами проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных модулей робототехнических комплексов с учетом требований надёжности;
- методами прогнозирования уровня проектной надёжности отдельных устройств и подсистем мехатронных модулей робототехнических комплексов.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №5
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	48	48
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	16	16

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении

промежуточной аттестации составляет 60 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Факторы и физические процессы ухудшения состояния машин при эксплуатации. Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- факторы: нагрузочные, внешней среды, субъективный и др.;- изнашивание деталей элементов РТК,- старение конструкционных и эксплуатационных материалов;- поверхностная коррозия;- усталость конструкционных материалов;- накопление эксплуатационных повреждений.
2	Виды стратегий обеспечения работоспособности машин и РТК. Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- виды состояний машин в эксплуатации;- критерии предельного состояния основных элементов машин;- классификация отказов элементов машин.
3	Законы распределения случайных величин, применяемые в расчетах надежности машин. Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- основные теоремы теории вероятностей;- характеристика законов распределения, применяемых в исследовании и расчетах надежности машин;- основные моменты законов распределения, применяемых в исследовании и расчетах надежности машин.
4	Определение показателей надежности машин и РТК. Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- показатели надежности невосстанавливаемых элементов машин;- показатели надежности восстанавливаемых элементов машин;- методы определения показателей надежности машин.
5	Надежность машин и РТК в период нормальной эксплуатации и в период возникновения постепенных отказов. Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none">- характеристика надежности машин в жизненном цикле;- параметры надежности машин в период «нормальной» эксплуатации;- параметры надежности машин период возникновения «постепенных» отказов;- параметры надежности машин в период «нормальной» эксплуатации при одновременном

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	возникновении «постепенных» отказов.
6	<p>Методы получения, обработки информации о надежности машин и РТК в процессе их эксплуатации, испытаний.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - выбор плана наблюдений по надежности машин; - определение параметров точности определения параметров надежности машин.
7	<p>Выбор теоретических законов эмпирического распределения показателей надежности.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определение числа объектов наблюдений при известном априори законе распределения параметров надежности; - определение числа объектов наблюдений при неизвестном законе распределения параметров надежности; - критерии выбора теоретических законов эмпирического распределения показателей надежности.
8	<p>Первичная обработка результатов наблюдений по надежности машин.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - организация сбора данных о надежности машин; - проверка однородности статистических данных о надежности машин; - правила построения гистограмм и эмпирических кривых по данным о надежности.
9	<p>Проверка согласия эмпирического распределения показателей надежности с теоретическим.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - общая характеристика методов оценки и критериев согласия эмпирического распределения с теоретическим; - особенности применения критерия Пирсона; - особенности применения критерия Колмогорова; - особенности применения критерия Мизеса.
10	<p>Расчет показателей надежности машин на основе наблюдений.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет показателей надежности машин параметрическим способом: методом моментов и методом максимального правдоподобия; - расчет показателей надежности машин непараметрическим способом.
11	<p>Расчет проектных показателей надежности элементов машин по заданным критериям.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет вероятности безотказной работы несущих элементов и крепежных элементов металлоконструкций машин и РТК; - расчет вероятности безотказной работы валов машин и РТК.
12	<p>Расчет проектных показателей надежности элементов машин по заданным критериям.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет вероятности безотказной работы подшипников качения; - расчет вероятности безотказной работы соединительных элементов.
13	<p>Расчет проектных показателей надежности элементов машин по заданным критериям.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет вероятности безотказной работы зубчатого зацепления на контактную выносливость; - расчет вероятности безотказной работы зубчатого зацепления на изгибную выносливость; - расчет суммарной вероятности безотказной работы зубчатого зацепления.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
14	Способы распределения нормируемых показателей надежности по элементам технических систем. Рассматриваемые вопросы: - способ равномерного распределения; - способ рационального распределения; - способ пропорционального распределения; - способ распределения с учетом их относительной «уязвимости» элементов.
15	Методы расчета надежности технических систем при нормальном распределении нагрузки по элементам. Рассматриваемые вопросы: - структурные схемы надежности элементов и машин в целом; - расчет структурной надежности машин.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Оценка однородности статистической информации о надежности машин. При выполнении практического занятия производится оценка однородности статистической информации о надежности машин по двум критериям: Ирвина и Н.В. Смирнова. Формируется заключение о применимости этих критериев к оценке надежности по разным параметрам.
2	Анализ согласия опытного распределения показателей надежности машин с теоретическим (нормальный закон). При выполнении практического занятия на основании массива данных о надежности элементов РТК выполняются: вычисление среднего значения и средне квадратического отклонения; определение эмпирической частоты значений по интервалам размаха данных о надежности элементов РТК; вычисление квантили нормированного нормального распределения, плотности нормированного нормального распределения, расчетной вероятности и теоретической частоты по интервалам, критерия Пирсона; далее формируется вывод о применимости нормального закона для описания опытного распределения.
3	Анализ согласия опытного распределения показателей надежности машин с теоретическим (экспоненциальный закон). При выполнении практического занятия на основании массива данных о надежности элементов РТК выполняются: определение эмпирической частоты значений по интервалам размаха данных о надежности элементов РТК; вычисление расчетной вероятности и теоретической частоты по интервалам, критерия Пирсона; далее формируется вывод о применимости экспоненциального закона для описания опытного распределения.
4	Расчет надежности деталей механических узлов и металлоконструкций технических систем на этапе проектирования. При выполнении практического занятия назначается уровень статической нагрузки и средне квадратического отклонения на элемент металлоконструкции; находится для данного материала конструкции среднее значение и средне квадратическое отклонение предела прочности; вычисляется статический коэффициент запаса прочности, коэффициенты вариации нагрузки и предела прочности; по квантили нормированного нормального распределения находится проектная вероятность безотказной работы заданного элемента металлоконструкции и формируется заключение о достаточности его надежности.
5	Расчет проектной надежности зубчатого зацепления по критерию изгибной

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<p>ВЫНОСЛИВОСТИ.</p> <p>При выполнении практического занятия на основе результатов данных, полученных при расчете на изгиб, находят слабое звено из пары зацепления (шестеря или колесо); для слабого звена вычисляют статический коэффициент запаса прочности на изгиб, коэффициенты вариации действующей нагрузки и предела прочности; по квантили нормированного нормального распределения находится проектная вероятность безотказной работы слабого звена пары зацепления и формируется заключение о достаточности его надежности.</p>
6	<p>Расчет надежности технических систем при методе пропорционального распределения нормируемых показателей надежности по элементам.</p> <p>При выполнении практического занятия на основе имеющихся интенсивностей отказов составных элементов вычисляются фактический параметр потока отказов системы в целом, весовые коэффициенты ненадежности каждого элемента, необходимая величина параметра потока отказов системы исходя из заданного уровня вероятности безотказной работы системы в целом, по весовым коэффициентам требуемый уровень параметр потоков отказов каждого элемента; формируются предложения по повышению надежности ненадежных элементов.</p>
7	<p>Расчет надежности технических систем при методе распределения нормируемых показателей надежности по элементам с учетом их относительной уязвимости.</p> <p>При выполнении практического занятия на основе имеющихся интенсивностей отказов, весовых коэффициентов уязвимости, относительного уровня временной загруженности составных элементов системы и требуемого уровня вероятности безотказной работы системы в целом вычисляются параметры потока отказов каждого элемента системы; и на основе этих данных вычисляются требуемые уровни безотказной работы каждого элемента; формируются предложения по повышению надежности ненадежных элементов.</p>

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение электронных материалов курса и учебной литературы.
2	Текущая подготовка к практическим занятиям.
3	Изучение дополнительной литературы.
4	Выполнение курсовой работы.
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

1. Методы анализа и оценка условий работы гидравлических агрегатов элементов
РТК.
2. Обеспечение надежности гидроагрегатов на этапе проектирования элементов
РТК.
3. Влияние конструкционных факторов на работоспособность и

повреждаемость узлов и агрегатов гидропривода РТК.

4. Влияние технологических факторов на работоспособность и повреждаемость узлов и агрегатов гидропривода РТК.

5. Влияние эксплуатационных факторов на работоспособность и повреждаемость узлов и агрегатов гидропривода элементов РТК.

6. Методы расчета надежности гидроприводов элементов РТК.

7. Оценка и прогнозирование надежности механических приводов элементов РТК.

8. Схемный анализ надежности механических приводов элементов РТК.

9. Методы проверки принятия гипотезы о законах распределения показателей надежности элементов РТК (по заданию).

10. Обеспечение надежности элементов РТК (по заданию) на этапе эксплуатации.

11. Статистические методы контроля качества элементов РТК (по заданию).

12. Определение потребности в запчастях элементов РТК (по заданию).

13. Методы обеспечения надежности механических приводов элементов РТК (по заданию).

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Гринчар Н.Г. Надежность гидроприводов строительных, путевых и подъемно-транспортных машин: учебник. — М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. — 368 с.	URL: https://umczdt.ru/books/1202/228008/ (дата обращения: 05.03.2023). - Текст: электронный.
2	Гринчар, Н.Г. (под ред.) Основы надежности транспортно-технологических машин: учебное пособие — Москва: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2021. — 504 с.	URL: https://umczdt.ru/books/1195/251694/ (дата обращения: 05.03.2023). - Текст: электронный.
3	Сугак, Е. В. Прикладная теория надежности. Практикум / Е. В. Сугак. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 312 с. — ISBN 978-5-507-44697-1.	URL: https://e.lanbook.com/book/266804 (дата обращения: 05.03.2023). - Текст: электронный.

4	Березкин, Е. Ф. Надежность и техническая диагностика систем : учебное пособие / Е. Ф. Березкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 260 с. — ISBN 978-5-8114-3375-9.	URL: https://e.lanbook.com/book/206369 (дата обращения: 05.03.2023). - Текст: электронный.
5	Беломестных, В. А Надежность технических систем: Учебное пособие / В. А. Беломестных - Изд-во.: ИрГАУ, 2020. - 209 с.	URL: https://reader.lanbook.com/book/183491#204 (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.
6	Диев, А. Е. Надежность строительных и дорожных машин: Учебное пособие: / А. Е. Диев - Изд-во. : Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского, 2010. - 139 с	URL: https://e.lanbook.com/book/155855 (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: непосредственный.
7	Щурин, К. В. Надежность машин: учебное пособие / К. В. Щурин - Изд-во. : Издательство "Лань", 2022. - 592 с.	URL: https://e.lanbook.com/book/206744 (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: непосредственный.

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Официальный сайт РУТ (МИИТ) (<https://www.miit.ru/>)

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>)

Образовательная платформа «Юрайт» (<https://urait.ru/>)

Общие информационные, справочные и поисковые «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru/>)

«Гарант» (<http://www.garant.ru/>)

Главная книга (<https://glavkniga.ru/>)

Электронно-библиотечная система издательства (<http://e.lanbook.com/>)

Электронно-библиотечная система ibooks.ru (<http://ibooks.ru/>)

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Microsoft Office (Word, PowerPoint).

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

1. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключённым к сетям INTERNET.

2. Программное обеспечение для создания текстовых и графических

документов, презентаций.

3. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой.

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовая работа в 5 семестре.

Экзамен в 5 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, доцент кафедры «Наземные
транспортно-технологические
средства»

В.И. Фомин

Согласовано:

и.о. заведующего кафедрой НТТС
Председатель учебно-методической
комиссии

П.А. Григорьев

С.В. Володин