

**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: 6216  
Подписал: заведующий кафедрой Неклюдов Алексей  
Николаевич  
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	<b>Факторы и физические процессы ухудшения состояния машин при эксплуатации.</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"><li>- факторы: нагрузочные, внешней среды, субъективный и др.;</li><li>- изнашивание деталей элементов РТК,</li><li>- старение конструкционных и эксплуатационных материалов;</li><li>- поверхностная коррозия;</li><li>- усталость конструкционных материалов;</li><li>- накопление эксплуатационных повреждений.</li></ul>
2	<b>Виды стратегий обеспечения работоспособности машин и РТК.</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"><li>- виды состояний машин в эксплуатации;</li><li>- критерии предельного состояния основных элементов машин;</li><li>- классификация отказов элементов машин.</li></ul>
3	<b>Законы распределения случайных величин, применяемые в расчетах надежности машин.</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"><li>- основные теоремы теории вероятностей;</li><li>- характеристика законов распределения, применяемых в исследовании и расчетах надежности машин;</li><li>- основные моменты законов распределения, применяемых в исследовании и расчетах надежности машин.</li></ul>
4	<b>Определение показателей надежности машин и РТК.</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"><li>- показатели надежности невосстанавливаемых элементов машин;</li><li>- показатели надежности восстанавливаемых элементов машин;</li><li>- методы определения показателей надежности машин.</li></ul>
5	<b>Надежность машин и РТК в период нормальной эксплуатации и в период возникновения постепенных отказов.</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"><li>- характеристика надежности машин в жизненном цикле;</li><li>- параметры надежности машин в период «нормальной» эксплуатации;</li><li>- параметры надежности машин период возникновения «постепенных» отказов;</li><li>- параметры надежности машин в период «нормальной» эксплуатации при одновременном</li></ul>

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

№ 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><b>ВЫНОСЛИВОСТИ.</b></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><b>Расчет надежности технических систем при методе пропорционального распределения нормируемых показателей надежности по элементам.</b></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><b>Расчет надежности технических систем при методе распределения нормируемых показателей надежности по элементам с учетом их относительной уязвимости.</b></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	Составление конспекта на тему «Примеры влияния на надежность машин нагрузочно-го фактора, климатического фактора, фактора внешней среды» [1, стр. 19-30].
2	Составление конспекта на тему «Факторы, определяющие уровень надежности машин». [6, стр. 6-8], [2, стр. 20-24].
3	Составление конспекта на тему «Физика накопления усталостных повреждений (при непосредственном контакте и опосредованном, через смазочный материал, контакте) [2, стр. 38-42].
4	Составление конспекта на тему «Классификация отказов элементов гидропривода мехатронных модулей РТК» [1, стр. 6-16].
5	Составление конспекта на тему «Примеры графического представления показателей надежности невозстанавливаемого и восстанавливаемого элементов машин. [7, стр. 19-30].
6	Составление конспекта на тему «Источники информации о надежности машин» [1, стр. 42-48].
7	Составление конспекта на тему «Виды планов эксплуатационных наблюдений и испытаний машин на надежность, особенности их применения» [3, стр. 8 -10].
8	Изучение примеров расчета числа объектов наблюдений при известном и неизвестном априори теоретических законов эмпирического распределения

№ п/п	Вид самостоятельной работы
	показателей надежности [3, стр. 18-23]. Составление конспекта.
9	Изучение примеров сравнения эмпирических и теоретических функций распределения по критериям согласия Пирсона, Колмогорова, Мизеса [3, стр. 32-40]. Составление конспекта.
10	Изучение практического примера подбора теоретических функций распределения по критериям согласия Пирсона [3, стр. 45-50]. Составление конспекта.
11	Изучение примеров расчета показателей надежности машин на основе наблюдений. [3, стр. 56 - 62]. Составление конспекта.
12	Подготовка к практическим занятиям.
13	Выполнение курсовой работы.
14	Подготовка к промежуточной аттестации.
15	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 РТС (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 : учебное пособие / Н. Г. Гринчар. — Москва : , 2007. — 301 с. — ISBN 978-5-89035-437-2.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/58975">https://e.lanbook.com/book/58975</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.
2	Гринчар, Н. Г. Основы надежности машин : учеб. пособие для студ. спец. "Подъемно- транспортные и дорожные средства и оборудование" профиля "Роботы и робототехнические системы". Ч.1 / Н. Г. Гринчар, М. Ю. Чалова, В. И. Фомин ; МИИТ. Каф. "Путевые, строительные машины и робототехнические комплексы". - М. : МГУПС(МИИТ), 2014. - 99 с.	URL: <a href="http://library.miit.ru">http://library.miit.ru</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: непосредственный.
3	Гринчар, Н. Г. Статистические методы определения показателей надежности машин : учеб. пособие для студ.	URL: <a href="http://195.245.205.171:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/14-1436.pdf">http://195.245.205.171:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/14-1436.pdf</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.

	<p>спец. "Подъемно-транспортные, строительные и дорожные средства и оборудование" и профиля "Роботы и робототехнические системы" / Н. Г. Гринчар, М. Ю. Чалова, В. И. Фомин ; МИИТ. Каф. "Путевые, строительные машины и робототехнические комплексы". - М. : МИИТ, 2012. - 83 с.</p>	
4	<p>Гринчар, Н. Г. Основы надежности машин : метод. указания к курс. работе для студ. спец. "Подъемно-трансп., строит., дорожные машины и оборуд." / Н.Г. Гринчар ; МИИТ. Каф. "Путевые, строительные машины и робототехнические комплексы". - М. : МИИТ, 2007. - 20 с.</p>	<p>URL:  <a href="http://195.245.205.171:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/metod/04-35482.pdf">http://195.245.205.171:8087/jirbis2/books/scanbooks_new/metod/04-35482.pdf</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.</p>
5	<p>Труханов, В. М. Надежность технических систем / В. М. Труханов. - М.: Машиностроение-1, 2008. - 584 с.</p>	<p>URL: <a href="https://viewer.rsl.ru/rsl01004071893">https://viewer.rsl.ru/rsl01004071893</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: электронный.</p>
6	<p>Хазов, Б. Ф. Надежность строительных и дорожных машин : производственно-практическое издание / Б.Ф. Хазов. - М. : Машиностроение, 1979. - 192 с</p>	<p>URL: <a href="http://library.miit.ru">http://library.miit.ru</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: непосредственный.</p>
7	<p>Решетов, Д. Н. Надежность машин :</p>	<p>URL: <a href="http://library.miit.ru">http://library.miit.ru</a> (дата обращения: 21.04.2023). - Текст: непосредственный.</p>

	<p>учеб. пособие для вузов / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев; Ред. Д.Н. Решетов. - М. : Высш. шк., 1988. - 238 с.</p>	
--	--	--

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) (<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:

Заведующий кафедрой НТТС  
Председатель учебно-методической  
комиссии

А.Н. Неклюдов

С.В. Володин