

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 01.06.2023 01:03:31  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»  
Инженерная академия**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основы надежности технических систем**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

**28.03.02 Наноинженерия**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

**Нанотехнологии и наноматериалы в приборостроении**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2023 г.

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – формирование необходимого объема знаний, умений и навыков, позволяющих развить компетенции в области надежности технических систем, усвоение знаний и получение навыков по обеспечению надежности на всех этапах жизненного цикла устройств и управлению программами обеспечения надежности новой техники и технологий; приобретение навыков по определению надежности сложной технической системы в зависимости от надежности составляющих ее элементов, выявлению проблемы, разработке и проведению в жизнь мероприятий по повышению надежности техники при ее ремонте и эксплуатации.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Основы надежности технических систем» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции
		(в рамках данной дисциплины)
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1 Знает методы математического анализа и моделирования в области наноинженерии
		ОПК-1.2 Умеет выявлять естественно-научную сущность проблем в области наноинженерии и новых междисциплинарных направлений, руководствуясь законами и методами естественных наук и математики
ОПК-6	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью на основе применения стандартов, норм и правил	ОПК-6.1 Знает требования, стандарты, нормы и правила разработки технической документации в области наноинженерии
		ОПК-6.2 Умеет разрабатывать техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью в области наноинженерии
ПК-7	Способен разрабатывать методики аттестации технологических процессов, методики входного и выходного межоперационного контроля при производстве микро- и наноразмерных электромеханических систем	ПК-7.1 Знает принципы разработки методик аттестации технологических процессов, методики входного и выходного межоперационного контроля при производстве микро- и наноразмерных электромеханических систем
		ПК-7.2 Владеет навыками разработки методик аттестации технологических процессов производства микро- и наноразмерных электромеханических систем
		ПК-7.3 Владеет навыками разработки методик входного и выходного межоперационного контроля при производстве микро- и наноразмерных электромеханических систем

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Основы надежности технических систем» относится к обязательной части блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или

практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Основы надежности технических систем».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-1	Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	Высшая математика Математические методы в инженерных приложениях Введение в нанотехнологии и микросистемную технику Физика Химия Сопротивление материалов Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)	Прикладная оптика и оптические измерения Технологическая практика Преддипломная практика
ОПК-6	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью на основе применения стандартов, норм и правил	Основы инженерной экономики и менеджмента Основы наноустройств Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)	Технологическая практика Преддипломная практика
ПК-7	Способен разрабатывать методики аттестации технологических процессов, методики входного и выходного межоперационного контроля при производстве микро- и наноразмерных электромеханических систем	Физика Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)	Прикладная оптика и оптические измерения Технологическая практика Преддипломная практика

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы надежности технических систем» составляет 5 зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для **ОЧНОЙ** формы обучения

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)	
		7	
Контактная работа, ак.ч.	68	68	
в том числе:			
Лекции (ЛК)	34	34	
Лабораторные работы (ЛР)			

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)	
		7	
Практические/семинарские занятия (СЗ)	34	34	
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	85	85	
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	27	27	
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	<b>180</b>	<b>180</b>
	зач.ед.	<b>5</b>	<b>5</b>

Таблица 4.2. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для ЗАОЧНОЙ формы обучения\*

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)	
		9	
Контактная работа, ак.ч.	24	24	
в том числе:			
Лекции (ЛК)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)			
Практические/семинарские занятия (СЗ)	8	8	
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	147	147	
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	9	9	
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	<b>180</b>	<b>180</b>
	зач.ед.	<b>5</b>	<b>5</b>

\* - заполняется в случае реализации программы в заочной форме

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Раздел 1. Основы теории надежности. Надежность элемента	Тема 1.1. Введение. Место дисциплины в общем цикле подготовки дипломированного специалиста. Факторы, определявшие и определяющие развитие теории надежности. Надежность как базовый показатель ЭС. Актуализация опорных знаний (входной контроль остаточных знаний студента по дисциплинам, необходимым для освоения курса «Основы надежности технических систем»). Тема 1.2. Основные термины и определения теории надежности Надежность как комплексное свойство ТС: безотказность, ремонтпригодность, долговечность и сохраняемость. Работоспособность, отказ, неисправность, восстановление. Временные понятия. остаточные и назначенные ресурс, срок службы и др . Абстрактное описание функционирования ТО с точки зрения его надежности, схема состояний и событий восстанавливаемого ТО. Действующие нормативные акты в области надежности технических систем: основные государственные и отраслевые стандарты, руководящие документы и справочники. Показатели надежности: точечные оценки доверительные интервалы. Прогнозирование показателей надежности. Тема 1.3. Факторы, влияющие на надежность ТС. Критерии и показатели надежности. Виды	ЛК, СЗ

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	<p>классификаций. Расчетные, экспериментальные, эксплуатационные и экстраполяционные показатели надежности. Единичные и комплексные показатели надежности. Проблема прогнозирования показателей надежности. Факторы, влияющие на надежность ТС. Климатические, ударно-вибрационные и др. факторы. Профилактическое обслуживание. Тренировки, отработочные и предпусковые испытания. Контроль качества и входной контроль надежности.</p> <p>Тема 1.4. Показатели безотказности и ремонтпригодности невосстанавливаемых технических объектов. Основные показатели безотказности ремонтпригодности: статистические оценки, вероятностные определения, связь основных показателей надежности невосстанавливаемых ТО. Основные этапы функционирования ТС (кривая жизни/ ваннообразная кривая). Примеры расчета основных показателей безотказности невосстанавливаемых ТО для различных этапов их жизненного цикла. Математическая модель надежности элемента.</p> <p>Тема 1.5. Показатели безотказности и ремонтпригодности восстанавливаемых технических объектов. Специальные показатели надежности элементов. Основные положения теории случайных процессов, необходимые для оценки специальных показателей надежности, Основные свойства потока отказов и потока восстановлений. Уравнение Вольтерры второго рода с разностным ядром во временной области и в операторной форме. Методика оценки основных показателей надежности восстанавливаемых элементов. Выбор показателя надежности.</p> <p>Тема 1.6. Математические модели функционирования технических объектов в смысле надежности. Состав и общие правила задания требований по надежности. Порядок задания требований по надежности на различных стадиях жизненного цикла изделий, Методика выбора номенклатуры ПН, выбор и обоснование их значений (норм). Математические модели функционирования технических объектов в смысле их надежности, общая модель надежности технического элемента.</p> <p>Тема 1.7. Основные статистические модели теории надежности. Экспоненциальный закон надежности. Нормальное, усеченное нормальное, логарифмически нормальное распределения. Гамма-распределение. Распределение Вейбулла, Рэлея, Бернулли, Пуассона, Биноминальное, геометрическое, гипергеометрическое распределение. Методика решения задач надежности. Исходные положения и основные методы расчета надежности. Понятие уровня расчета надежности. Прикидочный, ориентировочный и окончательный расчеты. Связь этапов разработки и уровней расчета надежности</p>	

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	устройств и систем автоматики и полупроводниковой техники. Методика нормирования и оценки показателей надежности электронного устройства.	
Раздел 2. Надежность технических систем	<p>Тема 2.1. Надежность технических систем. Основное соединение. Способы описания функционирования технических систем в смысле их надежности: структурная схема системы, функции алгебры логики, матрица состояний системы, граф состояний системы, описание функционирования системы с помощью уравнений типа массового обслуживания, описание функционирования системы с помощью интегральных уравнений. Основные расчетные соотношения для показателей безотказности системы с основным соединением.</p> <p>Тема 2.2. Технические системы с резервированием. Понятие резервирования (введения избыточности) технических систем. Основные подходы к классификации технических систем с резервирующими элементами. Резервирование невосстанавливаемых систем. Системы с пелой и дробной кратностью. Горячий (нагруженный), облегченный и холодный (ненагруженный) резерв. Скользящее резервирование и системы типа к из п. Надежность систем при общем и раздельном резервировании. Модели, методы анализа и расчет надежности систем с последовательно- параллельной структурой, со сложной структурой. Основное свойство резервирования. Сравнение способов резервирования. Учет надежности переключателей резерва. Расчет надежности системы при двух типах отказов. Выигрыш надежности резервированных невосстанавливаемых систем.</p> <p>Тема 2.3. Учет последствий отказов в технических системах с различными структурными схемами надежности. Системы с последствием отказов. Системы с переменными законами распределения времени безотказной работы. Дублированная система с последствием отказов. Сравнительный анализ надежности систем с последствием отказов при отсутствии и при наличии «памяти». Обобщение результатов на случай любого числа элементов системы.</p>	ЛК, СЗ
Раздел 3. Методы повышения надежности	<p>Тема 3.1. Оптимальное резервирование. Методы решения задач оптимального резервирования при наличии ограничений. Постановка основных задач оптимального резервирования. Метод перебора. Метод множителей Лагранжа. Градиентный метод (метод наискорейшего спуска). Метод динамического программирования. Модифицированное динамическое программирование (алгоритм Кеттеля). Задача оптимального резервирования при нескольких ограничениях. Методы повышения надежности - 4 часа. Основные этапы и программа обеспечения надежности Классификация способов повышения надежности. Сравнительный анализ методов</p>	ЛК, СЗ

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	повышения надежности и проблемы их практической реализации.	

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Лаборатория	Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве ___ шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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 // ЭБС Юрайт [сайт]. -- - URL: <https://urait.ru/beside/473175>

2) Анферов В. Н., Васильев С. И., Кузнецов С. М. Надежность технических систем. Directmedia, 2019.

3) Durivage M. A. The certified reliability engineer handbook. - Quality Press, 2017. Walker H. F., Benbow D. W., Elshennawy A. K. The Certified Quality Technician Handbook. Quality Press, 2018.

#### *Дополнительная литература*

- 1) ГОСТ 27.ххх-хх «Надежность в технике».
- 2) Практикум по надежности технических систем. Лисунов Е.А.: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2015. 240 с. Ссылка на электронную версию в электронно-библиотечной системе издательства «Лань»: <https://c.lanbook.com/reader/book/56607/#149>
- 3) Малафеев С.И., Копейкин А.И. «Надежность технических систем. Примеры и задачи»: Учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2016. 316 с. Ссылка на электронную версию в электронно-библиотечной системе издательства «Лань»: <https://c.lanbook.com/reader/book/2778/#3>
- 4) Нанотехнология и микромеханика. Часть 5. Надежность наноприборов и радиоэлектронных устройств на их основе. В.Д.Шашурин, Н.А.Ветрова, Ю.А.Иванов и др.: Учебное пособие, М.: Изд-во МГТУ Н.Э.Баумана, 2012. 84 с.
- 5) Испытания на надежность технических систем. Н.А. Ветрова, А.Г.Гудков, С.А.Козубняк и др.: Учебно-методическое пособие. М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2015, 84 с.
- 6) Ускоренные испытания на надежность технических систем. В.Д. Шашурин, Н.А. Ветрова, В.В. Назаров, Н.Г. Серегин: Учебно-методическое пособие - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2016. 48 с.
- 7) Шашурин В.Д., Башков В.М., Ветрова Н.А. Надежность технических систем. Резервирование, восстановление М.: МГТУ. 2009, 60 с.
- 8) Обеспечение надежности сложных технических систем. Дорохов А.Н., Керножицкий В. А., Миронов А.Н. и др.: Учебник. СПб.: Лань, 2016. 352 с. Ссылка на электронную версию в электронно-библиотечной системе издательства «Лань»: <https://e.lanbook.com/reader/book/86013/#1>
- 9) nanoHUB-U: Fundamentals of Nanoelectronics - Part A: Basic Concepts, 2nd Edition. <https://nanohub.org/courses/FONI>.
- 10) Nano-to-Macro Transport Processes: Video Lectures Prof. Gang Chen - Massachusetts Institute of technology <https://ocw.mit.edu/courses/mechanical-engineering/2-57-nano-to-macro-transport-processes-spring-2012-video-lectures/>
- 11) Москалюк В.А., Тимофеев В.И., Федяй Ф.В. Сверхбыстродействующие приборы электроники: Учеб. пособие. К.: НТУУ «КПИ». 2012, 480 с.
- 12) Расчёт показателей надёжности радиоэлектронных средств : учеб. -метод. пособие / С. М. Боровиков, И. Н. Цырельчук, Ф. Д. Троян; под ред. С. М. Боровикова, Минск : БГУИР, 2010. 68 с.
- 13) Ветрова Н.А., Шашурин В.Д., Куимов Е.В. Повышение эффективности модели обеспечения надежности устройств нанoeлектроники на GaAs/AlGaAs-гетероструктурах с поперечным токопереносом в рамках моделирования их ВАХ //

Нанотехнологии: разработка, применение XXI век. 2016. Т.8. №4. С.37.42  
*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН  
<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации  
<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS <http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Основы надежности технических систем».

\* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Основы надежности технических систем» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

### **РАЗРАБОТЧИКИ:**

**Доцент кафедры нанотехнологий и микросистемной техники**

Должность, БУП



Подпись

**Н.А. Ветрова**

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**  
**Заведующий кафедрой нанотехнологий и микросистемной техники**

Наименование БУП



Подпись

**С.В. Попов**

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**  
**Доцент кафедры нанотехнологий и микросистемной техники**

Должность, БУП



Подпись

**М.О. Макеев**

Фамилия И.О.