

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики
Передовая инженерная школа «Современные системы связи, радиолокации и
радионавигации»

Отделение «Проектирование и автоматизация производства изделий микроэлектроники»

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол
№12 09.11.2022 г.

Рабочая программа дисциплины

«Современные подходы к оценке надежности сложных технических систем»

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки / специальность
09.04.03 «Прикладная информатика»

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Магистерская программа
«Проектирование и автоматизация производства изделий микроэлектроники»
указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения
очная

Нижегород

2023

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РЦД
2	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.03.01 «Современные подходы к оценке надежности сложных технических систем» относится к части ООП направления подготовки 09.04.03 Прикладная информатика, формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-4. Способен формировать гибкую стратегию информатизации прикладных процессов на основе интеллектуальных информационных систем (ИИС), адаптирующихся к стратегии развития предприятий.	<i>ПК-4.1. Демонстрирует знание базовых принципов организации и основных этапов проектирования ИИС, базирующихся на моделях и методах искусственного интеллекта.</i>	Знать основные правила и понятия, связанные с решением прикладных задач определения надежности технических систем	<i>Контрольные вопросы</i>
	<i>ПК-4.2. Демонстрирует умение применять системный подход к анализу предметной (проблемной) области с учетом перспектив ее развития.</i>	Умеет пользоваться современными средами построения ИС; выбрать модель ЖЦ для реализации проекта	
	<i>ПК-4.3. Имеет опыт проектирования конкретной ИИС (оболочки ИИС, способной через формализм базы знаний адаптироваться к конкретным условиям применения).</i>	Владеть способностью к анализу и выбору современных технологий и методик выполнения работ для решения прикладных задач определения надежности технических систем	
ПК-12. Способен применять методологию, методы и средства системной теории надежности для обоснования и прогнозирования	<i>ПК-12.1. Демонстрирует знание основных положений, методов и средств системной теории надежности применительно к задачам оценки и прогнозирования ресурса ответственных инженерных объектов.</i>	Знает основные понятия, связанные с задачами надежности технических систем и ее применением к оценке ресурса ответственных инженерных объектов.	<i>Контрольные вопросы Практические задания</i>

ресурса ответственных инженерных объектов	<i>ПК-12.2. Демонстрирует умение строить математические модели процессов деформирования, накопления повреждений и развития дефектов исследуемых объектов.</i>	Умеет строить математические модели процессов деформирования, накопления повреждений и развития дефектов исследуемых объектов.	
	<i>ПК-12.3. Имеет опыт практического применения конкретных методов и средств обоснования и прогнозирования ресурса ответственных инженерных объектов.</i>	Владеет методами и средствами обоснования и прогнозирования ресурса ответственных инженерных объектов	

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	33
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	111
Промежуточная аттестация – зачет	

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе					Самостоятельная работ обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				Всего	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа			
Введение		1			1		
1. Основные понятия определения		1			1	15	
2. Современные подходы к оценке надежности сложных технических систем и ответственных инженерных объектов			1		1	15	
2.1. Системная теория надежности.		1			1		
2.2. Техническая вибродиагностика.		1			1		
2.3. Эксплуатационный мониторинг		1			1		

ресурса ответственных инженерных объектов.						
3. Методология, методы и средства обоснования и прогнозирования ресурса ответственных инженерных объектов			2		2	15
3.1. Методология и средства обоснования прочности оборудования инженерных систем		1			1	
3.2. Методология продления назначенных ресурса и срока службы ответственных инженерных объектов		1			1	
4. Основные физические механизмы деградации конструкционных сплавов			6		6	21
4.1. Усталостная долговечность		1			1	
4.2. Нестационарная ползучесть и длительная прочность		1			1	
4.3. Коррозионное повреждение		1			1	
4.4. Радиационное повреждение						
4.5. Фреттинг-износ и фреттинг-усталость		1			1	
5. Математические модели процессов деформирования, накопления повреждений и развития дефектов			2		2	15
5.1. Механика поврежденной среды		1			1	
5.2. Механика разрушения						
6. Современное математическое и программное обеспечение расчетов прочности и долговечности оборудования и систем ответственных инженерных объектов		1	1		2	15
7. Современное методическое обеспечение и аппаратные средства диагностики разрушения ответственных инженерных объектов			4		4	15
7.1. Акустическая эмиссия		1			1	
7.2. Средства определения топологии и геометрии трехмерных дефектов		1			1	
7.3. Средства определения степени поврежденности материала						
Заключение		1			1	
Текущий контроль (КСР)	1					
Промежуточная аттестация – зачет						
Итого	144	16	16		32	111

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа

Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет)

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельно выполняются исследовательская работа.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено			Зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения	При решении	Имеется минимально	Продемонстрированы	Продемонстрированы	Продемонстрированы	Продемонстрированы

	материалом . Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	большой набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	творческий подход к решению нестандартных задач.
--	--	---	--	--	--	--	--

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

Критерий оценивания практических заданий (лабораторных работ)

Оценка		Результаты работы
зачтено	Превосходно	Все практические задания (лабораторные работы) выполнены в полном объеме и в срок, при этом применен творческий подход к решению нестандартных задач. Описаны все этапы выполнения заданий, код и результаты работы представлены преподавателю.
	Отлично	Все практические задания (лабораторные работы) выполнены в полном объеме и в срок. Описаны все этапы выполнения заданий, код и результаты работы представлены преподавателю.
	Очень хорошо	Выполнены основные этапы решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.
	Хорошо	Выполнены часть этапов решения задачи или задача решена с недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в

		срок.
	Удовлетворительно	Выполнены часть этапов решения задачи или задача решена с существенными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю, но с отклонениями от сроков.
не зачтено	Неудовлетворительно	Выполнены не все практические задания (лабораторные работы) или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, код работает некорректно, результаты работы не представлены преподавателю).
	Плохо	Студент не приступал к выполнению практических заданий.

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции
1. Основные понятия, термины и определения надежности и ресурса ответственных инженерных объектов	ПК-12
2. Системная теория надежности	ПК-12
3. Постановка задач системной теории надежности	ПК-12
4. Диагностика технического состояния ответственных инженерных объектов по тренду виброакустических характеристик	ПК-12
5. Обеспечение надежности и безопасности ответственных инженерных объектов на базе эксплуатационного мониторинга ресурса	ПК-12
6. Состав системы эксплуатационного мониторинга ресурса	ПК-12
7. Этапы эксплуатационного мониторинга ресурса	ПК-12
8. Методология, методы и средства обоснования и прогнозирования ресурса ответственных инженерных объектов	ПК-12
9. Методология продления назначенных ресурса и срока службы ответственных инженерных объектов	ПК-12
10. Основные эксплуатационные факторы, определяющие доминирующие механизмы деградации конструкционных сплавов	ПК-12
11. Физические основы и результаты экспериментальных исследований процессов деформирования, накопления повреждений и развития дефектов	ПК-12
12. Физические основы и результаты экспериментальных исследований процессов деформирования, накопления повреждений и развития дефектов	ПК-12
13. Физические основы и результаты экспериментальных исследований процессов деформирования, накопления повреждений и развития дефектов (нестационарная ползучесть и длительная прочность)	ПК-12
14. Физические основы и результаты экспериментальных исследований процессов деформирования, накопления повреждений и развития дефектов (взаимное влияние малоциклового усталости и длительной прочности)	ПК-12
15. Физические основы и результаты экспериментальных исследований процессов деформирования, накопления повреждений и развития дефектов (коррозионное повреждение)	ПК-12
16. Физические основы и результаты экспериментальных исследований процессов деформирования, накопления повреждений и развития дефектов (радиационное повреждение)	ПК-12
17. Физические основы и результаты экспериментальных исследований процессов деформирования, накопления повреждений и развития дефектов (фреттинг-износ и фреттинг-усталость)	ПК-12

18. Физические основы и результаты экспериментальных исследований процессов деформирования, накопления повреждений и развития дефектов (развитие дефектов)	ПК-12
19. Математические модели процессов деформирования, накопления повреждений и развития дефектов. Требования к математическим моделям	ПК-12
20. Механика поврежденной среды	ПК-12
21. Механика разрушения	ПК-12
22. Математическое и программное обеспечение расчетов прочности и долговечности оборудования и систем ответственных инженерных объектов	ПК-4
23. Методическое обеспечение и аппаратные средства диагностики разрушения ответственных инженерных объектов (акустическая эмиссия)	ПК-4
24. Методическое обеспечение и аппаратные средства диагностики разрушения ответственных инженерных объектов (средства определения топологии и геометрии трехмерных дефектов)	ПК-4
25. Методическое обеспечение и аппаратные средства диагностики разрушения ответственных инженерных объектов (средства определения степени поврежденности материала)	ПК-4

5.2.2. Практические задания для оценки компетенции ПК-12

Тема 1 Модель оценки вероятности безотказной работы при однократном воздействии (модель «нагрузка-прочность»)

Тема 2 Экспоненциальная модель внезапных отказов

Тема 3 Прогнозирование вероятности безотказной работы в случае, когда внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий

Тема 4 Надёжность объекта при случайных воздействиях, описываемых непрерывным случайным процессом

Тема 5 Нахождение вероятности безотказной работы объекта в случае линейного закона накопления повреждений

Тема 6 Совместное проявление внезапных и постепенных отказов

Тема 7 Определение вероятности безотказной работы системы с последовательным соединением элементов

Тема 8 Определение вероятности безотказной работы системы с параллельным соединением элементов.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Машиностроение: Энциклопедия. Т IV-3. Надежность машин. Глава 1.1. Основные понятия. – М.: Машиностроение, 1998
2. Машиностроение: Энциклопедия. Т IV-3. Надежность машин. Глава 4.1. – М.: Машиностроение, 1998. с. 368-408
3. Колинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях. Анализ. Предсказание. Предотвращение. – М.: Мир, 1984. 624 с.
4. Гуревич М.И. Некоторые практические методы оценки ресурса конструкций: Монография. – Н.Новгород. Изд-во ННГУ, 1992
5. Основы механики разрушения. Броек Д. Москва: Высшая школа, 1980. 368 с.
6. Прогнозирование ресурса машин и конструкций / В. В. Болотин. - М.: Машиностроение, 1984. - 312 с.
7. Методы обоснования ресурса ядерных энергетических установок / [Ф. М. Митенков и др.]; под общ. ред. Ф. М. Митенкова. - Москва: Машиностроение, 2007. - 445 с.

8. Уравнения состояния вязкоупругопластических сред с повреждениями / И. А. Волков, Ю. Г. Коротких. - Москва: Физматлит, 2008. - 422 с.
9. Введение в континуальную механику поврежденной среды [Текст] / И. А. Волков, Л. А. Игумнов. - Москва: Физматлит, 2017. - 299 с.

б) дополнительная литература

1. Роль различных механизмов деформирования при оценке ресурса оборудования АЭС : учебное пособие для студентов специальности 140400, 140404 / О. С. Копьева, Ю. Г. Коротких, С. Н. Пичков; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Нижегородский гос. технический ун-т. - Нижний Новгород : Нижегородский гос. технический ун-т, 2006. – 97
2. Основы надежности технических систем и ее приложение к оценке ресурса металлоконструкций подъемных сооружений : учеб. пособие для студентов и аспирантов вузов, обучающихся по направлению "Эксплуатация назем. трансп. и трансп. оборудования" спец. "Эксплуатация перегрузоч. оборудования портов и трансп. терминалов" / Ю.Г. Коротких, И.А. Волков, А.Ф. Кирилов; М-во трансп. Рос. Федерации, Федер. гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Волж. гос. акад. вод. трансп., Каф. прикл. механики и подъем.-трансп. машин. - Н. Новгород: Изд-во ВГАВТ, 2004. – 91
3. Введение в теорию надежности [Текст] : учебное пособие : для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 010800 "Механика и математическое моделирование", 010400 "Прикладная математика и информатика" / А. К. Любимов; М-во образования и науки РФ, Нижегородский гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского, Нац. исследовательский ун-т. - Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского гос. ун-та, 2012. - 99 с.

в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Операционные системы семейства MicrosoftWindows, лицензия по подписке MicrosoftImagine.
2. Браузер Google Chrome, предоставляется бесплатно на условиях лицензионных соглашений на программное обеспечение с открытым исходным кодом
3. Среда разработки семейства MicrosoftVisualStudio, лицензия по подписке MicrosoftImagine

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Специальное образовательное пространство «Учебно-лабораторный интерактивный комплекс "Суперкомпьютерное моделирование, проектирование и автоматизация производства изделий микроэлектроники", для проведения лабораторных и практических занятий, предусмотренных программой, оснащенное

- высокопроизводительной вычислительной системой: программно-аппаратным комплексом «Логос» (коммерческая лицензия);
- учебный класс с 15 персональными компьютерами с установленным специализированным прикладным программным обеспечением: программный комплекс инженерного назначения Логос (академическая лицензия);
- сетевым оборудованием для доступа к высокопроизводительному ПАК «Логос»;
- офисное и мультимедийное оборудование, включая оборудование для представления презентаций и организации видеоконференцсвязи, специализированная мебель.

Специальное образовательное пространство «Инженерный анализ, моделирование и проектирование электронных устройств и двух учебных классов, для проведения лабораторных, практических занятий и самостоятельной работы, предусмотренных программой, оснащенное

- 2 учебных класса по 9 персональных компьютеров с установленным специализированным прикладным программным обеспечением (академические лицензии): ПО Логос Аэро-Гидро, ПО Логос-Прочность, ПО Логос-Препост, ПО Логос-Платформа;
- сетевым оборудованием для обеспечения инженерных расчетов с рабочих мест на удаленных высокопроизводительных ресурсах, каналом доступа к высокопроизводительным вычислительным системам: вычислительный центр РФЯЦ-ВНИИЭФ, суперкомпьютер «Лобачевский»;
- офисное и мультимедийное оборудование, включая оборудование для представления презентаций и организации видеоконференцсвязи, специализированная мебель.

Программа составлена в соответствии с требованиями СУОС ННГУ по направлению подготовки **09.04.03 «Прикладная информатика»**.

Автор профессор Волков И.А.

Рецензент профессор Федосенко Ю.С.

Руководитель отделения профессор М.Х.Прилуцкий

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

19.10.2022 года, протокол № 2