

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

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Теория надежности механических систем

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

01.05.01 - Фундаментальные математика и механика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная механика и приложения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.06.01 Теория надежности механических систем относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-11: Умение использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование	<p>ПК-11.1: Знает теоретические основы физического и компьютерного моделирования, основы эксперимента в механике</p> <p>ПК-11.2: использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование для решения задач механики на основе полученных теоретических знаний</p> <p>ПК-11.3: Имеет практический опыт использования физических и компьютерных моделей и экспериментального оборудования при решении стандартных задач механики</p>	<p>ПК-11.1: Знать теоретических основ физического и компьютерного моделирования, основы, специализированные разделы теории вероятности и случайных процессов, необходимые при решении типовых задач теории надёжности механических систем</p> <p>ПК-11.2: Уметь использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, формулировать и решать прикладные задачи теории надёжности механических систем</p> <p>ПК-11.3: Владеть практическим опытом использования физических и компьютерных моделей и экспериментального оборудования при решении стандартных задач механики. Владеет положениями механики материалов и конструкций, необходимых для осознанного применения моделей теории надёжности, опыт применения математического</p>	<p>Задания</p> <p>Собеседование</p>	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p>

		моделирования		
ПК-12: Владение навыками применения математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах, реализации в них собственных методов, моделей и алгоритмов	ПК-12.1: Знает теоретические основы фундаментальных компьютерных наук ПК-12.2: Умеет ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики ПК-12.3: Имеет практический опыт использования математически сложных алгоритмов в современных программных комплексах, включая реализацию в них собственных методов и моделей	ПК-12.1: Знать теоретические основы фундаментальных компьютерных наук. Знает разделы теории надёжности и смежных дисциплин, необходимые при реализации моделей ПК-12.2: Уметь ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики при решении задач надёжности, проводить их доказательства, реализовывать известные модели, обрабатывать исходную и выходную информацию в соответствии с поставленными целями ПК-12.3: Владеть практическим опытом использования математически сложных алгоритмов применяемых при реализации математических моделей надёжности, включая реализацию в них собственных методов и моделей	Задания Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	75
Промежуточная аттестация	0

	Зачёт
--	-------

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
1. Введение. Историческая справка. Цели и задачи теории надежности. Основные составляющие. Системная и параметрическая теория надежности. Прогнозирование ресурса. Вероятностный характер параметров конструкций, внешних воздействий и прочих факторов. Экономические аспекты надежности.	13	2	2	4	9
2. Терминология. Государственный стандарт. Понятие надежности, безотказности, долговечности. Работоспособное, предельное состояния. Отказ, виды отказов. Нарботка, ресурс, другие временные характеристики. Интенсивность отказов. Вероятность безотказной работы.	14	2	2	4	10
3. Общая теория надежности. Понятие пространств качества, нагрузки, состояния. Математическая формулировка задачи надежности. Процесс накопления необратимых повреждений, ведущих к отказу. Уравнение накопления повреждений.	14	2	2	4	10
4. Надежность работы изделия до первого отказа. Показатели безотказности, долговечности. Зависимости между показателями безотказности. Статистические оценки показателей по результатам испытаний. Экспоненциальный закон надежности, другие используемые законы.	14	2	2	4	10
5. Надежность изделия при внезапных отказах. Модель оценки вероятности безотказной работы при однократном воздействии (модель «нагрузка-прочность»). Прогнозирование вероятности безотказной работы в случае, когда внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий. Применение теории выбросов случайных процессов для оценки вероятности безотказной работы.	13	2	2	4	9
6. Надежность изделия при постепенных отказах. Нахождение вероятности безотказной работы изделия в случае линейного закона накопления повреждений. Прогнозирование времени достижения предельного состояния изделия при использовании различных видов уравнения накопления повреждений.	13	2	2	4	9
7. Надежность работы систем до первого отказа. Расчет надежности системы по показателям надежности ее элементов. Последовательное соединение элементов. Модель гибели. Резервирование. Метод Байеса.	13	2	2	4	9
8. Оптимизационные задачи. Постановки оптимизационных задач с учетом требований по ресурсу, вероятности безотказной работы.	13	2	2	4	9
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	16	16	33	75

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. Историческая справка. Цели и задачи теории надежности. Основные составляющие. Системная и параметрическая теория надежности. Прогнозирование ресурса. Вероятностный характер параметров конструкций, внешних воздействий и прочих факторов. Экономические аспекты надежности.
2. Терминология. Государственный стандарт. Понятие надежности, безотказности, долговечности. Работоспособное, предельное состояния. Отказ, виды отказов. Нарботка, ресурс, другие временные характеристики. Интенсивность отказов. Вероятность безотказной работы.
3. Общая теория надежности. Понятие пространств качества, нагрузки, состояния. Математическая формулировка задачи надежности. Процесс накопления необратимых повреждений, ведущих к отказу. Уравнение накопления повреждений.
4. Надежность работы изделия до первого отказа. Показатели безотказности, долговечности. Зависимости между показателями безотказности. Статистические оценки показателей по результатам испытаний. Экспоненциальный закон надежности, другие используемые законы.
5. Надежность изделия при внезапных отказах. Модель оценки вероятности безотказной работы при однократном воздействии (модель «нагрузка-прочность»). Прогнозирование вероятности безотказной работы в случае, когда внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий. Применение теории выбросов случайных процессов для оценки вероятности безотказной работы.
6. Надежность изделия при постепенных отказах. Нахождение вероятности безотказной работы изделия в случае линейного закона накопления повреждений. Прогнозирование времени достижения предельного состояния изделия при использовании различных видов уравнения накопления повреждений.
7. Надежность работы систем до первого отказа. Расчет надежности системы по показателям надежности ее элементов. Последовательное соединение элементов. Модель гибели. Резервирование. Метод Байеса.
8. Оптимизационные задачи. Постановки оптимизационных задач с учетом требований по ресурсу, вероятности безотказной работы.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Виды самостоятельной работы студентов:

1. проработка теоретического материала лекционных занятий;
2. подготовка к выполнению письменных контрольных работ;
3. подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена.

1. Проработка теоретического материала лекционных занятий

Выполняется самостоятельно с использованием лекционных материалов. Контроль выполняется в форме проведения ежемесячного письменного экспресс - опроса по понятиям, фактам, формулировкам, выполняемого в течение 15 минут на научно-практических занятиях. Опросы включают по пять коротких вопросов и оцениваются баллами от 0 до 5 (сумма баллов, полученных за ответ на каждый вопрос), а также итоговым двоичным показателем «зачтено» - «не зачтено». «Зачтено» соответствует полученным баллам от 3 и выше.

2. Подготовка к выполнению письменных контрольных работ

В течение семестра проводится одна домашняя контрольная работа по материалам разделов лекционного курса.

Для подготовки к контрольным работам рекомендуется повторно прочитать соответствующий лекционный материал, просмотреть полезные разделы в соответствующих источниках из списка рекомендованной литературы, а также самостоятельно решить несколько задач по теме контрольной работы.

3. Подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена

В качестве методических материалов при подготовке к экзамену рекомендуется использовать собственные конспекты лекций, просмотреть решения задач, выполненные на практических занятиях и во время выполнения домашних заданий, а также источники, рекомендованные в списке литературы.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-11:

1. Рассмотреть общий подход к формулировке задачи надежности
2. Математические основы модели «нагрузка-прочность».
3. Математические обоснования экспоненциальной модели внезапного отказа
4. Математические обоснования модели, в которой внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий
5. Математические обоснования модели постепенных отказов в случае линейного закона накопления повреждений
6. Предельные теоремы и их и их применение в асимптотических подходах к оценки ВБР
7. Математические обоснования модели «гибели».

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-12:

1. Рассмотреть общий подход к формулировке задачи надежности
2. Математические основы модели «нагрузка-прочность».
3. Математические обоснования экспоненциальной модели внезапного отказа
4. Математические обоснования модели, в которой внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий
5. Математические обоснования модели постепенных отказов в случае линейного закона накопления повреждений
6. Предельные теоремы и их и их применение в асимптотических подходах к оценки ВБР
7. Математические обоснования модели «гибели».

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности,

Оценка	Критерии оценивания
	грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-11:

1. Математическая формулировка задачи надежности
2. Область применимости модели «нагрузка-прочность».
3. Достоинства и недостатки экспоненциальной модели внезапного отказа
4. Соотношения экспоненциальной модели и модели, в которой внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий
5. Возможные обобщения модели вероятности безотказной работы изделия в случае линейного закона накопления повреждений
6. Достоинства и недостатки асимптотических подходов к оценки ВБР

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-12:

1. Прикладные аспекты модели «нагрузка-прочность» в задачах механики материалов и конструкций.
2. Прикладные аспекты экспоненциальной модели внезапных отказов
3. Прикладные аспекты модели, в которой внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий
4. Прикладные аспекты модели вероятности безотказной работы изделия в случае линейного закона накопления повреждений в задачах прочности материалов
5. Прикладные аспекты модели «гибели».
6. Прикладные аспекты работы систем при последовательном соединении в строительной механике.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Опросы включают по пять коротких вопросов и оцениваются баллами от 0 до 5 (сумма баллов, полученных за ответ на каждый вопрос). 3 балла и выше.
не зачтено	0-2 балла

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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 несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	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	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «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».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. Математическая формулировка задачи надежности
2. Модель «нагрузка-прочность».
3. Экспоненциальная модель внезапного отказа
4. Модель, в которой внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий
5. Модель вероятности безотказной работы изделия в случае линейного закона накопления повреждений
6. Асимптотические подходы к оценки ВБР
7. Определение вероятности безотказной работы системы при последовательном соединении.
8. Модель «гибели»
9. Определение вероятности безотказной работы системы при параллельном соединении.
10. Применение метода Байеса для оценки вероятности безотказной работы системы

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-12

1. Математическая формулировка задачи надежности

2. Модель «нагрузка-прочность».
3. Экспоненциальная модель внезапного отказа
4. Модель, в которой внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий
5. Модель вероятности безотказной работы изделия в случае линейного закона накопления повреждений
6. Асимптотические подходы к оценке ВБР
7. Определение вероятности безотказной работы системы при последовательном соединении.
8. Модель «гибели»
9. Определение вероятности безотказной работы системы при параллельном соединении.
10. Применение метода Байеса для оценки вероятности безотказной работы системы

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Грудзинская Е. Ю. Разработка темы «Надежность систем» в активных методах : электронное методическое пособие / Грудзинская Е. Ю., Любимов А. К. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2011. - 34 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729897&idb=0>.
2. Любимов А. К. Введение в теорию надёжности: проектноориентированный подход : учебно-методическое пособие / Любимов А. К. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2014. - 176 с. - Рекомендовано методической комиссией механико-математического факультета, центром инновационных образовательных технологий (Центр «Тюнинг») ИЭП для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 010800 «Механика и математическое моделирование», 010400 «Прикладная математика и информатика». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=730323&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Проников Александр Сергеевич. Надежность машин. - М. : Машиностроение, 1978. - 591 с. : ил.

- (Надежность и качество). - 2.50., 1 экз.

2. Любимов Александр Константинович. Введение в теорию надежности : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки 010800 "Механика и мат. моделирование", 010400 "Прикладная математика и информатика". - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 99 с. - 132.35., 2 экз.

3. Гнеденко Борис Владимирович. Математические методы в теории надежности : основ. характеристики надежности и их стат. анализ / Физико-математическая библиотека инженера. - М. : Наука, 1965. - 524 с. : с черт. - 1.79., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://www.lib.unn.ru/>,

Университетская библиотека ONLINE <http://www.biblioclub.ru>

Библиотека "Лань" <http://e.lanbook.com/> ,

Ресурс открытого доступа Электронная физико-математическая библиотека EqWorld ,
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/algebra.htm>).

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по специальности 01.05.01 - Фундаментальные математика и механика.

Автор(ы): Любимов Александр Константинович, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.