

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 Ученого совета ННГУ

протокол № 12 от 26.12.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Расчет ресурсных характеристик конструктивных элементов с
использованием программного продукта ЛОГОС

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
15.03.03 - Прикладная механика

Направленность образовательной программы
Инженерное приложение суперкомпьютерного моделирования

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 Расчет ресурсных характеристик конструктивных элементов с использованием программного продукта ЛОГОС 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-2: Умеет извлекать актуальную научно-техническую информацию из электронных библиотек, научных сайтов и т.д., анализировать полученную информацию для применения в научной работе, а также публично представлять полученные результаты с учетом уровня аудитории	ПК-2.1: Умеет извлекать актуальную научно-техническую информацию из электронных библиотек, научных сайтов и т.д. ПК-2.2: Знает методы анализа полученной информации, умеет применять ее в научной работе ПК-2.3: Имеет практический опыт публичного представления полученных результатов в соответствии с уровнем аудитории	ПК-2.1: Умеет извлекать актуальную научно-техническую информацию из электронных библиотек, научных сайтов и т.д. ПК-2.2: Знает методы анализа полученной информации, умеет применять ее в научной работе ПК-2.3: Владеет навыками публичного представления полученных результатов в соответствии с уровнем аудитории	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	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32

- КСР	1
самостоятельная работа	43
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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
1. Введение.	12	2	4	6	6
2. Терминология.	11	4	4	8	3
3. Общая теория надежности.	14	4	4	8	6
4. Надежность работы изделия до первого отказа.	14	4	4	8	6
5. Надежность изделия при внезапных отказах.	14	4	4	8	6
6. Надежность изделия при постепенных отказах.	14	4	4	8	6
7. Надежность работы систем до первого отказа.	16	6	4	10	6
8. Оптимизационные задачи.	12	4	4	8	4
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	108	32	32	65	43

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

Выполняется самостоятельно с использованием лекционных материалов.

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 качестве методических материалов при подготовке к промежуточной аттестации 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-2:

Вариант 1

1. Проведено испытание 1000 однотипных изделий. Число отказавших изделий фиксировалось через каждые 1000 час. работы:

Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий	Временной интервал (час.)	Число отказавших изделий
0-1000	20	9000-10000	30	18000-19000	50
1000-2000	25	10000-11000	40	19000-20000	35
2000-3000	35	11000-12000	40	20000-21000	35
3000-4000	50	12000-13000	50	21000-22000	50
4000-5000	30	13000-14000	40	22000-23000	35
5000-6000	50	14000-15000	50	23000-24000	25
6000-7000	40	15000-16000	40	24000-25000	30
7000-8000	40	16000-17000	50	25000-26000	20
8000-9000	50	17000-18000	40	-	-

Определить: ВБР, частоту и интенсивность отказов, среднюю наработку до первого отказа. Построить графики характеристик

2. Шарнирно-опёртая балка постоянного поперечного сечения нагружена посредине переменной сосредоточенной силой $Q(t)$, описываемой случайным процессом. Нормальная эксплуатация балки возможна при отсутствии пластических деформаций. Необходимо дать полную постановку задачи теории надёжности.

3. Интенсивность отказов изделия $\lambda = 0,82 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$ Необходимо найти ВБР изделия в течение 6 час. работы изделия, частоту отказов при $t=100 \text{ час.}$ и среднюю наработку до первого отказа в предположении о справедливости применения экспоненциального закона.

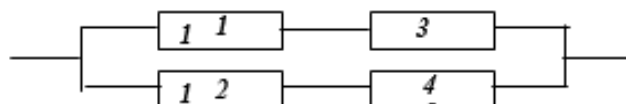
4. Нарботка изделия до отказа распределена по закону Вейбулла с параметрами $a=10^4 \text{ час.}$, $b=2$. Найти ВБР для наработки $t=300 \text{ час.}$

5. В результате анализа данных об отказах изделия установлено, что плотность распределения времени до отказа имеет вид $f(t) = 2ke^{-kt}(1 - e^{-kt})$. Необходимо определить ВБР, интенсивность отказов.

6. Рассчитать на прочность элемент конструкции (стержень), на который действует растягивающая нагрузка Q , являющаяся с.в. Предел прочности материала, из которого изготовлен элемент, также является с.в.

С.в. Q и R описываются нормальным законом распределения с параметрами соответственно $N(1780 \text{ Н}, (445 \text{ Н})^2)$, $N(690 \text{ МПа}, (34,5 \text{ МПа})^2)$. Требуемая ВБР элемента равна $P_* = 0,9999$. Определить площадь стержня.

7. Структурная схема системы приведена на рис.



Интенсивности отказов элементов постоянны и имеют следующие значения $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$, $\lambda_3 = \lambda_4 = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$. Требуется определить ВБР системы в течение 100 час, среднюю наработку до первого отказа, частоту отказов и интенсивность отказов в момент времени $t=100 \text{ час.}$

Дать расчёт с помощью формулы полной вероятности.

8. Система состоит из N групп элементов. Отказы элементов первой группы подчинены экспоненциальному закону с интенсивностью отказов λ , отказы элементов второй группы – нормальному закону с параметрами T, σ , отказы элементов третьей группы – закону Вейбулла с параметрами μ, α . Требуется определить ВБР системы в течение времени t .

N	$\lambda \cdot 10^{-4} \text{ час}^{-1}$	$T_1 \text{ час.}$	$\sigma_1 \text{ час.}$	$\mu \cdot 10^{-5} \text{ час}^{-1}$	α	$t \text{ час}$
3	1	7200	2000	0,1	1,5	100

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

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

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

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 оценке ВБР
7. Модель «гибели». Условия корректного применения
8. Определение вероятности безотказной работы системы при последовательном соединении.
9. Модель «нагрузка-прочность», варианты использования.
10. Определение вероятности безотказной работы системы при параллельном соединении.
11. Применение метода Байеса для оценки вероятности безотказной работы системы
12. Прикладные аспекты модели «нагрузка-прочность» в задачах механики материалов и конструкций.
13. Прикладные аспекты экспоненциальной модели внезапных отказов
14. Прикладные аспекты модели, в которой внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий
15. Прикладные аспекты модели вероятности безотказной работы изделия в случае линейного закона накопления повреждений в задачах прочности материалов
16. Прикладные аспекты модели «гибели».
17. Прикладные аспекты работы систем при последовательном соединении в строительной механике.

18. Прикладные аспекты модели «нагрузка-прочность» в задачах прочности конструкций.
19. Прикладные аспекты работы систем при параллельном соединении.
20. Прикладные аспекты метода Байеса в задачах определения ВБР сложных конструкций

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные 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.

5.2. 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	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без

			задания, но не в полном объеме	все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	объеме, но некоторые с недочетами	несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован 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-2

1. Системная и параметрическая теория надежности.
2. Проблема прогноза ресурса.
3. Определение понятия изделие.

4. Определение понятия надежность.
5. Работоспособное состояние.
6. Предельное состояние.
7. Отказ, критерии отказа.
8. Живучесть.
9. Интенсивность отказов.
10. Математическая формулировка задачи надежности
11. Уравнение накопления повреждений
12. Определение вероятности безотказной работы.
13. Экспоненциальный закон надежности.
14. Виды испытаний для статистической оценки показателей
15. Внезапный отказ.
16. Модель «нагрузка-прочность».
17. Постепенный отказ.
18. Экспоненциальная модель
19. Модель, в которой внешнее воздействие задается потоком независимых дискретных воздействий.
20. Модель вероятности безотказной работы изделия в случае линейного закона накопления повреждений.
21. Асимптотические модели.
22. Оценка вероятности безотказной работы системы при последовательном соединении.
23. Оценка вероятности безотказной работы системы при параллельном соединении.
24. Оценка вероятности безотказной работы системы при ненагруженном резерве.
25. Использование метода Байеса для оценки вероятности безотказной работы системы при параллельном соединении.
26. Использование метода Байеса для оценки вероятности безотказной работы системы при последовательном соединении.
27. Формулировки оптимизационных задач с учетом требований по ресурсу, вероятности безотказной работы.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные 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.

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 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.

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.
4. Решетов Дмитрий Николаевич. Работоспособность и надежность деталей машин : [учеб. пособие для машиностроит. специальностей вузов]. - М. : Высшая школа, 1974. - 206 с. : черт. - 0.71., 1 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.

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 ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 - Прикладная механика.

Автор(ы): Модин Иван Александрович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 10.10.2023 г., протокол № 2.