

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 № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Методы решения инженерных задач прочности

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

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.32 Методы решения инженерных задач прочности относится к обязательной части 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-1: Способен анализировать поставленную задачу, используя знания фундаментальных физико-математических и компьютерных наук, проводить расчетно-экспериментальные работы и исследования, обрабатывать и анализировать результаты, оформлять отчетную документацию	ПК-1.1: Имеет необходимые для анализа поставленной задачи знания в области фундаментальных физико-математических и компьютерных наук ПК-1.2: Умеет проводить экспериментальные работы и исследования, обрабатывать и анализировать результаты ПК-1.3: Имеет практический опыт в оформлении отчетной документации	ПК-1.1: Знает задачи механики деформированного тела, его повреждения и разрушения; механизмы деградации и старения конструкционного материала; критерии прочности и долговечности; теоретические и экспериментальные положения и подходы по исследованию прочностных характеристик конструкций ядерных энергетических установок при разнообразных нагружающих факторах ПК-1.2: Умеет проводить исследования и решать прикладные задачи прочности и долговечности конструкций с использованием специализированных информационных ресурсов ПК-1.3: Владеет навыками оформления отчетной документации	Задания Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	5
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	26
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	26
- КСР	2
самостоятельная работа	90
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

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
Тема1. Задачи прочности при создании ядерных энергетических установок. Механизмы деформирования и разрушения. Предельные состояния конструкционных материалов, критерии прочности и долговечности. Методические основы моделирования различных механизмов деформирования. Основные положения, стадии и виды расчетов на прочность конструкций ЯЭУ	35	6	6	12	23
Тема 2 Теоретические основы, методы и порядок определения напряженно-деформированного состояния в конструкциях ЯЭУ. Методики механического и математического моделирования различных механизмов деформирования и разрушения. Основные закономерности теории прочности.	35	6	6	12	23
Тема 3 Методы решения задач прочности конструкций при статическом, циклическом механическом и температурном нагружениях, расчеты на устойчивость, формоизменение, сопротивление хрупкому разрушению и вибропрочность. Методики расчетов на сейсмические воздействия, оценки целостности, герметичности и несущей способности конструкций при внутренних и внешних динамических воздействиях в авариях и катастрофах.	37	7	7	14	23
Тема 4 Основы методологии механического и математического моделирования решения задач прочности в рамках системы эксплуатационного мониторинга ресурса ЯЭУ для управления ее сроком службы.	35	7	7	14	21
Аттестация	36				
КСР	2			2	

Итого	180	26	26	54	90
-------	-----	----	----	----	----

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема1. Задачи прочности при создании ядерных энергетических установок. Механизмы деформирования и разрушения. Предельные состояния конструкционных материалов, критерии прочности и долговечности. Методические основы моделирования различных механизмов деформирования. Основные положения, стадии и виды расчетов на прочность конструкций ЯЭУ

Тема 2 Теоретические основы, методы и порядок определения напряженно-деформированного состояния в конструкциях ЯЭУ. Методики механического и математического моделирования различных механизмов деформирования и разрушения. Основные закономерности теории прочности.

Тема 3 Методы решения задач прочности конструкций при статическом, циклическом механическом и температурном нагружениях, расчеты на устойчивость, формоизменение, сопротивление хрупкому разрушению и вибропрочность. Методики расчетов на сейсмические воздействия, оценки целостности, герметичности и несущей способности конструкций при внутренних и внешних динамических воздействиях в авариях и катастрофах.

Тема 4 Основы методологии механического и математического моделирования решения задач прочности в рамках системы эксплуатационного мониторинга ресурса ЯЭУ для управления ее сроком службы.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 2 ч.

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:

4.1. Проработка теоретического материала лекционных занятий

Выполняется самостоятельно с использованием лекционных материалов. Контроль выполняется в форме проведения ежемесячного устного экспресс - опроса по понятиям, фактам, формулировкам, выполняемого в течение 15 минут на научно-практических занятиях.

4.2. Подготовка к выполнению заданий

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-1:

1. Соотношение свойств реальных материалов и упругого континуума.
2. Соотношение свойств реальных сред и континуума, описывающего много и мало цикловую усталость
3. Соотношение свойств реальных сред и континуума, описывающего температурные деформации
4. Описать существующие модели, описывающие малоцикловую усталость
5. Описать существующие модели, описывающие температурное деформирование
6. Описание макроопыта по определению характеристик малоциклового усталости
7. Как используются методы математического моделирования при создании ЯЭУ

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании 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

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. Каковы Задачи прочности при создании ядерных энергетических установок
2. Опишите Механизмы деформирования и разрушения.
3. Опишите Предельные состояния конструкционных материалов.
4. Опишите критерии прочности и долговечности конструкционных материалов,
5. Методические основы моделирования механизма малоциклового деформирования
6. Методические основы моделирования много циклового деформирования
7. Методические основы моделирования температурного деформирования.
8. Опишите основы расчетов на прочность
9. Связь постановок основных краевых задач теории упругости с расчётом НДС элементов конструкций
10. Опишите методики расчетов на сейсмические воздействия.
11. Опишите Методики расчетов оценки целостности, герметичности и несущей способности конструкций
12. Эксперименты по определению констант многоциклового усталости
13. Опишите методики механического и математического моделирования различных механизмов деформирования и разрушения

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 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 и 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	При решении стандартных	Имеется минимальн	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы	Продemonстрированы

	навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	задач не продемонстриро ваны базовые навыки. Имели место грубые ошибки	ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторым и недочетами	базовые навыки при решении стандартны х задач с некоторым и недочетами	базовые навыки при решении стандартны х задач без ошибок и недочетов	навыки при решении нестандарт ных задач без ошибок и недочетов	творческий подход к решению нестандартны х 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».
	удовлетворитель но	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	неудовлетворите льно	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-1

1. Задачи прочности при создании ядерных энергетических установок.
2. Механизмы деформирования и разрушения.
3. Предельные состояния конструкционных материалов.
4. Критерии прочности и долговечности.
5. Основные положения, расчетов на прочность конструкций ЯЭУ
6. Виды расчетов на прочность конструкций ЯЭУ

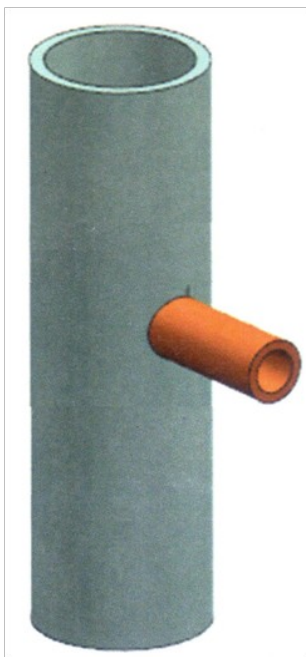
7. Теоретические основы определения напряженно-деформированного состояния в конструкциях ЯЭУ
8. Методы определения напряженно-деформированного состояния в конструкциях ЯЭУ
9. Методики механического моделирования различных механизмов деформирования и разрушения
10. Методики математического моделирования различных механизмов деформирования и разрушения
11. Основные закономерности теории прочности.
12. Методы решения задач прочности конструкций при статическом нагружении
13. Методы решения задач прочности конструкций при циклическом механическом нагружении
14. Методы решения задач прочности конструкций при температурном нагружении
15. Методики расчетов на сейсмические воздействия.
16. Оценки целостности, герметичности и несущей способности конструкций при внутренних и внешних динамических воздействиях в авариях и катастрофах.
17. Основы методологии механического и математического моделирования решения задач прочности

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1

Задача. Расчет на прочность по выбору основных размеров



Исходные данные:

тип элемента цилиндрическая обечайка

номинальный внутренний диаметр D 50 мм

номинальная толщина стенки s 5 мм

среда вода

срок эксплуатации 40 лет

расчетное давление p 15 МПа

расчетная температура T 150 °С;

материал: сталь 10ГН2МФА, поковки и листы толщиной до 300 мм

Конструктивный элемент ослаблен отверстием, информация по которому представлена в таблице 1. Отверстие, ослабляющее конструктивный элемент, имеет укрепляющий элемент, информация по которому представлена в таблице 2.

Таблица 1 – Параметры отверстия

Номер отверстия	Диаметр отверстия d , мм	Координаты центра отверстия		Угол наклона оси отверстия
		α	H , мм	

				γ
1	15	0°	400	0°

Таблица 2 – Параметры наружного штуцера

Номер отверстия	Наружный диаметр d_{ac} , мм	Толщина стенки s_c , мм	Высота по чертежу h_c , мм	Прибавка к толщине стенки c_c , мм	Допускаемое напряжение для материала штуцера $[\sigma]_c$, МПа
1	22	3,5	50	0,1	196,2

Задача. Расчет на устойчивость

Исходные данные:

тип элемента гладкая цилиндрическая обечайка

номинальный внутренний диаметр D 200 мм

расчетная длина L 400 мм

номинальная толщина стенки s 11 мм

овальность a 0%

среда вода

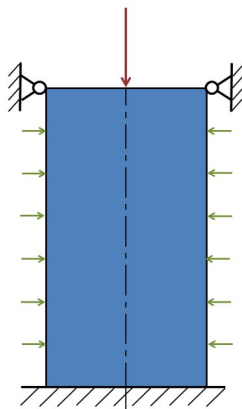
срок эксплуатации 30 лет

расчетная температура T 20 °С

действующая осевая сила F 200000 Н

материал сталь 08X18H10T

Один конец оболочки шарнирно оперт, а другой жестко заделан.



Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

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

Основная литература:

1. Коллинз Джек А. Повреждение материалов в конструкциях : анализ, предсказание, предотвращение / пер. с англ. А. М. Васильева ; под ред. Э. И. Григолюка. - М. : Мир, 1984. - 624 с. : ил. - 4.40., 2 экз.
2. Тимошенко Степан Прокофьевич. Колебания в инженерном деле / пер. с англ. Л. Г. Корнейчука ; под ред. Э. И. Григолюка. - М. : Машиностроение, 1985. - 472 с. : ил. - 2.90., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Прочность конструкций при малоцикловом нагружении / [отв. ред. Н. А. Махутов, А. Н. Романов] ; АН СССР, Ин-т машиностроения им. А. А. Благонравова. - М. : Наука, 1983. - 271 с. : ил. - 2.90., 1 экз.

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

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

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

Библио-тека "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 ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 15.03.03 - Прикладная механика.

Автор(ы): Панов Владимир Александрович, доктор технических наук.

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.