

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: и.о. ректора
Дата подписания: 07.02.2025 12:35:30
Уникальный программный ключ:
4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2558d7400d1

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ
Директор СТРОИН
А.В. Набоков
« 23 » 03 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины: Механика деформируемого твердого тела
научная специальность: 2.1.9 Строительная механика

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 16.03.2023 г. и требованиями программы аспирантуры 2.1.9 Строительная механика к результатам освоения дисциплины

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры строительной механики
Протокол № 8 от « 17 » марта 2023 г.

И.о. заведующего выпускающей кафедрой  П.В. Чепур

СОГЛАСОВАНО:

Начальник УНИиР  Д.В. Пяльченков

« 20 » 03 2023 г.

Начальник ОПНиНПК  Е.Г. Ишкина

« 20 » 03 2023 г.

Рабочую программу разработал:

Ю.В. Огороднова, к.т.н., доцент



1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины: освоение знаний и умений, необходимых строителю для быстрой и квалифицированной переработки фундаментальных теоретических исследований и получения новых результатов в процессе практической работы над теми или иными проблемами современной механики деформируемого твердого тела и математического моделирования.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся представления о механике сплошных сред как о науке, объединяющей ряд научных дисциплин: теорию напряжений и деформаций сплошных тел, основные физические законы сохранения, термодинамику сплошных сред, теорию упругости и вязкоупругости, теорию пластичности и ползучести, механику разрушения твердых тел;
- формирование у обучающихся способности по моделированию механического поведения твердых деформируемых тел;
- дать основные представления о теории напряжений и деформаций сплошных сред, сформулировать основные физические законы сохранения;
- дать глубокое представление о гипотезах, результатах, методах механики деформируемого твердого тела.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Механика деформируемого твердого тела» относится к элективным дисциплинам по выбору (ДВ.1) учебного плана.

3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- готовность организовать работу исследовательского коллектива в области строительства;
- способность разрабатывать стратегии проведения научных исследований и разработок, осуществлять организацию и выполнение специализированных расчетов, анализировать полученные результаты.

4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Таблица 1

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Контроль, час.	Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8
очная	1/1	24	24	-	0	96	Зачет

5. Структура и содержание дисциплины

5.1 Структура дисциплины.

Таблица 2

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.		СРО, час.	Всего, час.	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.			
1	1	Введение	1	-	2	3	Перечень вопросов для опроса
2	2	Теория упругости	6	4	30	40	Перечень вопросов для опроса
3	3	Теория пластичности и ползучести	6	14	32	52	Перечень вопросов для опроса
4	4	Механика разрушения	11	6	32	49	Перечень вопросов для опроса
Итого:			24	24	96	144	

5.2 Содержание дисциплины.

5.2.1 Содержание разделов дисциплины.

Раздел 1. Введение.

Основные понятия о прочности материалов. История развития МДТТ. Механика деформируемого твердого тела в XX веке. Основные проблемы МДТТ.

Раздел 2. Теория упругости.

Некоторые пространственные задачи теории упругости. Представление решения задачи теории упругости в форме Папковича-Нейбера. Дислокация Вольтерра. Теорема Вейнгартена. Задача теории упругости для полупространства. Контактная задача.

Раздел 3. Теория пластичности и ползучести.

Постановка задач об упругопластическом деформировании. Модели идеальной пластичности и упругопластического упрочняющегося тела. Условия непрерывности на границе упругой и пластической областей. Экстремальные свойства действительных полей напряжений и скоростей деформаций. Теорема единственности. Метод начальных деформаций. Метод переменных параметров упругости. Применение методов конечных элементов и граничных элементов.

Циклическая пластичность. Упругопластические свойства материалов при циклическом нагружении. Циклически упрочняющиеся, разупрочняющиеся и стабилизирующиеся материалы. Уравнения состояния циклической пластичности. Основные теоремы. Теоремы о приспособляемости. Безопасные циклы нагружения. Применение теорем о приспособляемости в случае однопараметрического нагружения.

Основы теории ползучести. Физические основы теории ползучести. Результаты экспериментального изучения ползучести. Ползучесть при разгрузке и повторном нагружении. Гипотезы старения, упрочнения и пластической наследственности. Экспериментальная проверка гипотез ползучести

Раздел 4. Механика разрушения.

Основные понятия механики разрушения Предмет механики разрушения. Возникновение механики разрушения: причины и истоки. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Первая модель тела с трещиной (трещина Гриффитса).

Линейная механика разрушения. Напряженное состояние у вершины трещины. Принцип «микроскопа». Полубесконечная трещина. Метод комплексных потенциалов. Три типа трещин. Коэффициенты интенсивности напряжений.

Методы расчетов коэффициентов интенсивности напряжений в упругих телах при различных условиях нагружения. Принцип суперпозиции решений. Коэффициент интенсивности напряжений в ДКБ-образце. Задача И.В. Обреимова. Динамические задачи механики хрупкого разрушения. Локальное стационарное поле. Установившиеся колебания у вершины неподвижной трещины. Ударные нагрузки.

Механика упруго-пластического разрушения. Структура конца полубесконечной упруго-идеальнопластической трещины. Концепция квазихрупкого разрушения. Поправка Ирвина на пластическую деформацию. Другие критерии локального разрушения. Силы сцепления. Модель трещины Христиановича-Баренблата. Модель Леонова-Панасюка-Дагдейла. Модификация в модели Дагдейла. Влияние упрочнения (сингулярное решение Черепанова и Хатчинсона-Райса-Розенгрена). Распределение напряжений у вершины трещины в упругопластическом материале со степенным упрочнением. Инвариантный J-интеграл Эшелби- Черепанова-Райса.

Механика разрушения в условиях ползучести. Особенности процесса ползучести, накопления поврежденности и развития трещин в условиях ползучести. Параметр поврежденности (сплошности). Модель Качанова-Работнова. Определяющие соотношения связанной и несвязанной постановок краевых задач в теории ползучести с поврежденностью. Асимптотика напряжений у вершины стационарной трещины в нелинейно вязком и упруго-нелинейно вязком теле. Инвариантный S^* -интеграл теории установившейся ползучести и $S(t)$ -интеграл теории неустановившейся ползучести. Асимптотическое исследование полей напряжений у вершины растущей трещины в условиях установившейся и неустановившейся ползучести. Модель роста трещины в несвязанной постановке теории ползучести с поврежденностью.

Механика коррозионного разрушения. Особенности коррозионного растрескивания и коррозионного роста трещин в металлах. Модели коррозионного растрескивания (диффузионная модель, феноменологическая модель).

Математическая модель коррозионного роста трещин.

5.2.2 Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема лекции
1	1	1	Основные понятия о прочности материалов. История развития МДТТ. Механика деформируемого твердого тела в XX веке. Основные проблемы МДТТ
2	2	6	Некоторые пространственные задачи теории упругости. Задача теории упругости для полупространства. Контактная задача. Дислокация в упругом теле.
3	3	1	Постановка задач об упругопластическом деформировании.

4		2	Циклическая пластичность.
5		3	Основы теории ползучести.
6	4	2	Основные понятия механики разрушения.
7		2	Линейная механика разрушения.
8		2	Механика упруго-пластического разрушения.
9		4	Механика разрушения в условиях ползучести.
10		1	Механика коррозионного разрушения.
Итого:		24	

Практические занятия

Таблица 4

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема занятия
1	2	4	Плоская задача теории упругости в декартовой и полярной системах координат. Осесимметричная задача теории упругости. Построение замкнутых решений осесимметричных задач с использованием специальных функций
2	3	14	Общие методы решения задач пластичности: метод начальных напряжений, метод начальных деформаций, метод переменных параметров упругости. Численные методы теории пластичности. Физические основы теории ползучести. Технические основы теории ползучести. Наследственная вязкоупругость. Ползучесть в общем случае объемного напряженного состояния. Ползучесть стержней и стержневых систем при различных видах нагружения. Ползучесть пластин и безмоментных оболочек. Численные методы теории ползучести.
3	4	6	Специальные задачи механики разрушения: механика усталостного разрушения; динамическая механика разрушения; механика коррозионного разрушения; вычислительная и экспериментальная механика разрушения
Итого:		24	

Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 5

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема	Вид СРО
1	1	2	Введение	Устный опрос
2	2	30	Теория упругости	Устный опрос
3	3	32	Теория пластичности и ползучести.	Устный опрос

4	4	32	Механика разрушения	Устный опрос
Итого:		96		

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- Информационные технологии: используются электронные образовательные ресурсы (документы в электронном виде, размещенные в локальной сети ТИУ) при подготовке к лекциям и лабораторным занятиям.

- Проблемное обучение - стимулирование к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

- Индивидуальное обучение - выстраивание собственной образовательной траектории на основе формирования индивидуальной образовательной программы с учетом интересов студента.

- Мультимедийные презентации с целью наглядного изучения и зрительного восприятия понятий, классификаций, задач и функций данной дисциплины.

- Групповое обсуждение области применения информационных и коммуникационных технологий и контексте специфических задач, решаемых преподавателем и обучающимся. Групповое обсуждение происходит посредством устных ответов на практических занятиях. Дает наиболее всесторонний и объемный характер изучения данной дисциплины, а также обмен мнениями и информацией между студентами.

6. Перечень вопросов для подготовки к зачету.

1. Координаты Эйлера и Лагранжа. Вектор перемещений. Тензор деформаций Грина линейной и нелинейной теории упругости. Соотношения Коши. Геометрический смысл компонент тензора деформаций. Деформация произвольно ориентированного элемента.

2. Главные оси тензора деформаций. Главные деформации. Инварианты тензора деформаций. Геометрический смысл первого инварианта тензора деформаций линейной теории упругости.

3. Разложение вектора перемещений. Тензор вращений, вектор вращений.

4. Определение перемещений по деформациям. Уравнения Сен-Венана как условие интегрируемости соотношений Коши. Случай неодносвязной области.

5. Силы и напряжения. Равновесие элементарного тетраэдра. Тензор напряжений. Главные оси тензора напряжений. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений.

6. Эллипсоид Ламе. Разложение тензора напряжений на шаровой тензор и тензор девиатор. Напряжения на октаэдрических площадках. Интенсивность напряжений.

7. Дифференциальные уравнения равновесия. Статические граничные условия.

8. Различные случаи упругой симметрии твёрдого тела. Закон Гука для ортотропного и изотропного материалов.

9. Полная система соотношений теории упругости. Терминология. Уравнения Бельтрами-Мичелла.

10. Полная система соотношений теории упругости. Уравнения Ламе. Уравнения Ламе для задач термоупругости. Принцип Сен Венана. Полуобратный метод Сен-Венана.

11. Плоская деформация. Обобщённое плоское напряжённое состояние. Функция напряжений плоской задачи теории упругости.
12. Решение плоской задачи теории упругости для прямоугольной области в полиномах.
13. Решение плоской задачи теории упругости для прямоугольной области в тригонометрических рядах.
14. Решение плоской задачи теории упругости с использованием интегрального преобразования Фурье.
15. Плоская задача теории упругости в полярной системе координат. Случай, когда функция напряжений не зависит от полярного угла.
16. Плоская задача теории упругости в полярной системе координат. Общее решение бигармонического уравнения. Решение частных задач.
17. Вариационные принципы теории упругости.
18. Механические свойства твердых тел за пределом упругости.
19. Определяющие уравнения теории пластичности.
20. Общие теоремы и вариационные принципы теории пластичности.
21. Методы расчета стержней, пластин и оболочек, применяемые в теории пластичности.
22. Физические основы теории ползучести. Результаты экспериментального изучения ползучести.
23. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Первая модель тела с трещиной (трещина Гриффитса).
24. Напряженное состояние у вершины полубесконечной трещины. Метод комплексных потенциалов. Коэффициенты интенсивности напряжений.
25. Методы расчетов коэффициентов интенсивности напряжений в упругих телах при различных условиях нагружения. Примеры.
26. Коэффициент интенсивности напряжений в ДКБ-образце. Задача И.В. Обреимова.
27. Динамические задачи механики хрупкого разрушения. Локальное стационарное поле. Установившиеся колебания у вершины неподвижной трещины.
28. Силовой и энергетический критерии хрупкого разрушения. Их эквивалентность.
29. Концепция квазихрупкого разрушения. Поправка Ирвина на пластическую деформацию.
30. Модель Леонова-Панасюка-Дагдейла. Разгрузка трещины в модели Дагдейла.
31. Распределение напряжений у вершины трещины в упругопластическом материале со степенным упрочнением. Инвариантный J-интеграл Эшелби-Черепанова-Райса.
32. Двухпараметрические критерии разрушения. Предел трещиностойкости материала.
33. Параметр поврежденности (сплошности). Модель Качанова-Работнова. Определяющие соотношения связанной и несвязанной постановок краевых задач в теории ползучести с поврежденностью.
34. Асимптотика напряжений у вершины стационарной трещины в нелинейно вязком теле. Инвариантный C^* -интеграл теории установившейся ползучести.

35. Модель роста трещины в несвязанной постановке теории ползучести с поврежденностью. Автомодельная постановка задачи о трещине в среде с поврежденностью. Модель роста трещины в связанной постановке теории ползучести с поврежденностью.

36. Модели коррозионного растрескивания (диффузионная модель, феноменологическая модель). Математическая модель коррозионного роста трещин. Пороговый коэффициент интенсивности напряжений.

37. Многоцикловая и малоцикловая усталость. Рост трещин при циклическом нагружении. Эмпирическая формула Париса.

38. Теоретические зависимости роста усталостных трещин. Усталостная долговечность.

39. Критерий осреднения напряжений у вершины трещины (критерий Новожилова) в статических и динамических задачах механики разрушения.

40. Метод годографа в задачах механики разрушения для случая антиплоского сдвига (упруго-пластический материал). Автомодельная задача о трещине антиплоского сдвига в среде с поврежденностью (связанная постановка задачи ползучести с поврежденностью).

41. Диффузионная модель роста трещины при водородном охрупчивании.

42. Электрохимический механизм роста трещин при коррозионном разрушении.

43. Поверхностное взаимодействие твердого тела со средой. Адсорбционный эффект.

Форма проведения зачета – устный опрос.

7. Оценка результатов освоения дисциплины

7.1 Критерии оценивания степени полноты и качества освоения в соответствии с планируемыми результатами обучения.

Таблица 6

Оценка	Критерии оценки
«Зачтено»	Выставляется обучающемуся, глубоко и прочно усвоившему материал, исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагающего. Представлена схема (если в ответе на вопросе есть конструктивные элементы) Соответствующие знание, умения и владение сформированы полностью.
«Не зачтено»	Выставляется обучающемуся, который не усвоил значительной части материала, допускает существенные ошибки. Обучающийся показывает фрагментарные знания (или их отсутствие), частично освоенное умение (или его отсутствие), фрагментарное применение навыка (или его отсутствие) соответствующих компетенций.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Перечень рекомендуемой литературы в Приложении 1.

8.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Электронная библиотека Тюменского индустриального университета
<http://webirbis.tsogu.ru/>

ЭКБСОН – информационная система доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки <http://www.vlibrary.ru/>

Цифровой образовательный ресурс IPR SMART <https://www.iprbookshop.ru/>

ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru

ЭБС Лань (ООО «Издательство ЛАНЬ») <https://e.lanbook.com>

Образовательная платформа «ЮРАЙТ» urait.ru

Научная электронная библиотека «ELIBRARY.RU» <http://www.elibrary.ru>

Национальная электронная библиотека (НЭБ)

Электронная нефтегазовая библиотека РГУ нефти и газа им. Губкина
<http://elib.gubkin.ru/>

Электронная библиотека Уфимского государственного нефтяного технического университета (УГНТУ)
http://bibl.rusoil.net/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=418

Библиотечно-информационный комплекс Ухтинского государственного технического университета (УГТУ) <http://lib.ugtu.net/books>

8.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства:

1. Microsoft Office Professional Plus;
3. Windows.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 7

№ п/п	Наименование дисциплины	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом
1	Механика деформируемого твердого тела	Лекционные занятия:	
		Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации, №902, Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте – 1 шт., проектор – 1 шт., проекционный экран – 1 шт.	625001, Тюменская область, г.Тюмень, ул. Луначарского, д.2 корп. 9
		Практические занятия:	

	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации, №704, Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная.	625001, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Луначарского, д.2, корп. 9
	Самостоятельная работа	
	Помещение для самостоятельной работы обучающихся с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, №355, Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте – 5 шт., проектор – 1 шт., проекционный экран – 1 шт.	625001, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Луначарского, д.2 корп. 8/1
	Помещение для самостоятельной работы обучающихся с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, №362, Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте – 5 шт.	625001, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Луначарского, д.2 корп. 8/1

10. Методические указания по организации СРО

10.1 Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

На практических занятиях обучающиеся изучают методику и выполняют типовые расчеты. Для эффективной работы обучающиеся должны иметь инженерные калькуляторы и соответствующие канцелярские принадлежности. В процессе подготовки, к практическим занятиям обучающиеся могут прибегать к консультациям преподавателя. Наличие конспекта лекций на практическом занятии обязательно.

10.2 Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в получении заданий (тем) у преподавателя для индивидуального освоения. Преподаватель на занятии дает рекомендации, необходимые для освоения материала. В ходе самостоятельной работы обучающиеся должны изучить теоретический материал по разделам. Обучающиеся должны понимать содержание выполненной работы (знать определения понятий, уметь разъяснить значение и смысл любого термина, используемого в работе и т.п.).

КАРТА
обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой

Дисциплины: Механика деформируемого твердого тела

Научная специальность: 2.1.9 Строительная механика

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	2	3	4	5	6
1	Математические модели механики сплошных сред: учебное пособие / В. К. Андреев. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2021. - 240 с. https://e.lanbook.com/book/168854	ЭР*	1	100	+
2	Теория напряженного состояния: учебное пособие / М. А. Осинцева. - Тюмень: ТИУ, 2018. - 100 с.: граф. - Электронная библиотека ТИУ.	ЭР*	1	100	+
3	Основы и некоторые специальные задачи теории упругости [Электронный ресурс]: монография/ Васильев В.З.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2012.— 216 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/16234 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю	ЭР*	1	100	+
3	Прикладная теория пластичности [Электронный ресурс]: учебное пособие (гриф УМО) / Иванов К.М.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Политехника, 2011.— 375 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/15908 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю	ЭР*	1	100	+
3	Теория упругости [Электронный ресурс]/ Новожилов В.В.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Политехника, 2012.— 409 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/15914 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю.	ЭР*	1	100	+

*ЭР – электронный ресурс доступный через Электронный каталог/Электронную библиотеку ТИУ <http://webirbis.tsogu.ru/>.