

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, НГУ)**

УТВЕРЖДАЮ

«_____» _____ 201__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Механика сплошных сред: твердое тело»

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
010800 – МЕХАНИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения очная

**Новосибирск
2014**

Программа дисциплины «Механика сплошных сред: твердое тело» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО к структуре и результатам освоения основных образовательных программ бакалавриата по «Профессиональному циклу. Базовые дисциплины» по направлению подготовки «Механика и математическое моделирование», а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ как национального исследовательского университета.

Авторы:

Аннин Борис Дмитриевич, д.ф.-м.н., академик РАН, заведующий кафедрой Механики твердого тела.

Коробейников Сергей Николаевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры Механики твердого тела.

Карпов Евгений Викторович, к.ф.-м.н., старший преподаватель по кафедре Механики твердого тела.

Механико-математический факультет

Кафедра Механики твердого тела.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Механика сплошных сред: твердое тело» является частью математического цикла ООП по направлению подготовки «Механика и математическое моделирование», Дисциплина реализуется на Механико-математическом факультете Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» кафедрой Механики твердого тела.

Курс «Механика сплошных сред: твердое тело» содержит наряду с классическими основами теории упругости и пластичности основы современных методов численного решения задач механики твердого тела, базовые представления о физической природе пластического деформирования материалов и экспериментальных методах механики деформируемого твердого тела. Объединение этих трех разделов в одном курсе позволяет учащемуся получить комплекс знаний, необходимый для теоретических и экспериментальных исследований в области механики деформируемого твердого тела, а также для постановки и решения прикладных задач численного моделирования деформирования элементов конструкций.

Дисциплина нацелена на формирование общекультурных компетенций ОК-6, ОК-8, ОК-11, ОК-12, профессиональных компетенций ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-12, ПК-20, ПК-21, ПК-22, ПК-29, ПК-30, ПК-31, ПК-32, ПК-34 выпускника.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студентов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: контроль в форме экзамена. Формы рубежного контроля определяются решениями Ученого совета, действующими в течение текущего учебного года.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часа. Программой дисциплины предусмотрены 72 часа лекционных, 36 часов практических занятий, а также 108 часов самостоятельной работы студентов.

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина "Механика сплошных сред: твердое тело" предназначена для изучения основ теории упругости и теории пластичности и дает студентам необходимый объем знаний для построения математических моделей задач механики твердого тела, их анализа и численной реализации, а также представления о физических основах пластического деформирования и методах получения экспериментальных данных, необходимых для создания и проверки теоретических моделей.

Основной целью освоения дисциплины является овладение студентами навыками решения практических задач механики деформируемого твердого тела и рассматривается как обязательная дисциплина прикладного характера, определяющая специализацию студента.

Для достижения поставленной цели выделяются задачи курса:

- изучение теоретической части курса в соответствии с программой;
- решение цикла задач по курсу в соответствии с программой;
- сдача зачета и экзамена в соответствии с учебным планом.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина "Механика сплошных сред: твердое тело" является частью математического цикла ООП по направлению подготовки «Механика и математическое моделирование».

Дисциплина "Механика сплошных сред: твердое тело" опирается на следующие дисциплины данной ООП:

- Математический анализ;
- Высшая алгебра;
- Аналитическая геометрия;
- Дифференциальная геометрия;
- Дифференциальные уравнения;
- Теоретическая механика;
- Функциональный анализ;
- Прикладной функциональный анализ
- Вычислительные методы;
- Математическое моделирование;
- Физика;
- Методы оптимизации;
- Теория функций комплексного переменного
- Математические модели механики сплошной среды;

Результаты освоения дисциплины «Механика сплошных сред: твердое тело» используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Уравнения математической физики;
- Механика разрушений;

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Механика сплошных сред: твердое тело»:

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих **общекультурных компетенций:**

- умением активно использовать базовые знания в области гуманитарных и естественных наук в профессиональной деятельности (ОК-6);
- способностью приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОК-8);
- способностью и готовностью использования в профессиональной деятельности фундаментальной подготовки по основам профессиональных знаний (ОК-11);

и профессиональных компетенций

научно-исследовательская и научно-изыскательская деятельность:

- умением грамотно пользоваться языком предметной области (ПК-7);
- умением ориентироваться в постановках задач (ПК-8);
- знанием корректных постановок классических задач (ПК-9);
- глубоким пониманием сути точности фундаментального знания (ПК-12);

производственно-технологическая деятельность:

- владением методами математического и алгоритмического моделирования при решении инженерно-технических задач (ПК-20);
- умением грамотно использовать программные комплексы при решении задач механики (ПК-21);
- пониманием того, что фундаментальное математическое знание является главным инструментом механики (ПК-22);

организационно-управленческая деятельность:

- глубокое понимание роли экспериментальных исследований в механике (ПК-29);
- умением самостоятельно математически корректно ставить задачи механики (ПК-30);
- способностью передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления (ПК-31);

преподавательская деятельность:

- умением точно представить фундаментальные знания в устной форме (ПК-32);
- умением точно представлять математические знания в устной форме (ПК-34);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- иметь представление о месте и роли изучаемой дисциплины среди других наук, области применимости изучаемых методов;
- знать теоретические положения курса и способы их реализации;
- уметь квалифицированно применять численные методы для решения практических задач механики сплошной среды, анализировать полученные результаты.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекция	Семинар	Самост. работа	Лабораторные работы	
1	Напряженно-деформированное состояние. Тензор малой деформации. Удлинения и сдвиги. Изменение объема. Главные оси и главные относительные удлинения. Девиатор. Инварианты. Тензор напряжений Коши. Главные оси и главные напряжения. Девиатор. Инварианты. Вектор напряжения на площадке. Уравнения равновесия. Определение перемещений по заданным компонентам деформаций. Условия совместности Сен-Венана.	6	1-3	6	0	4	0	
2	Закон Гука для анизотропной среды. Метод Кельвина. Собственные значения и собственные тензора второго ранга. Инвариантное представление закона Гука. Упругий потенциал. Трансверсально-анизотропная среда. Различные формы закона Гука для изотропной среды.	6	4-5	4	0	4	0	
3	Уравнения Ламе. Постановка начально-краевой задачи в перемещениях. Классические решения. Теорема единственности Кирхгофа. Представление решения уравнений Ламе через скалярный и векторный потенциалы. Специальное начально-инвариантное решение волнового уравнения (функционально-инвариантное решение Смирнова–Соболева). Решение типа бегущей волны на поверхности, применение теории функций комплексного переменного. Задача о падении плоской волны на границу упругого полупространства. Волны Релея. Численные методы решения динамических задач.	6	6-9	8	0	10	0	
4	Статическая задача теории упругости для плоской деформации. Основные уравнения. Формула Гурса. Формулы Колосова–Мусхелишвили. Плоская задача в полярных координатах. Задача Ламе о трубе; трещина нормального разрыва и условие Гриффитса. Применение конформного отображения. Метод интегралов типа Коши. Примеры.	6	10-13	8	0	10	0	
5	Задача о кручении длинного стержня. Гипотезы Сен-Венана. Краевая задача для функции напряжений. Аналогия Прандтля. Примеры: кручение стержней эллиптического и прямоугольного сечений. Численные методы в задаче кручения: метод Ритца, метод Бубнова–Галёркина, метод конечных элементов.	6	14-16	6	0	10	0	

6	Пространственные задачи статики. Решение Папковича – Нейбера. Нормальная нагрузка на границе полупространства. Контактная задача. Плоский штамп. Задача Герца.	6	17-18	4	0	10	0	
								зачет
7.	Физические основы пластического деформирования твердого тела. Пара атомов. Кристалл. Упругие напряжения в кристалле. Теоретическая прочность. Точечные дефекты кристаллов: примеси и вакансии. Линейные дефекты кристаллов: дислокации. Дислокация, как источник напряжений в кристалле. Контур и вектор Бюргерса. Пластическая деформация, как движение дислокаций. Размножение дислокаций, источник Франка-Рида. Упрочнение материала легированием и внедрением дополнительной фазы. Плоские дефекты: межзеренные и межфазные границы. Структура деформированного металла.	7	1-2	4	4	10	0	
8.	Основы экспериментальных методов механики деформируемого твердого тела. Основные виды стандартных механических экспериментов. Растяжение, сжатие, кручение, изгиб. Технологические испытания. Испытания на ползучесть, длительную прочность и релаксацию. Усталостные испытания. Методы измерения деформаций и напряжений. Измерение твердости и микротвердости. Ультразвуковая дефектоскопия. Методы акустической эмиссии.	7	3-4	4	4	10	0	
9.	Основные понятия механики деформируемого твердого тела и уравнения теории упругости. Вектор и тензор напряжений. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Девиатор напряжений. Переход от однородной деформации к бесконечно-малой. Тензор деформаций. Главные удлинения и сдвиги. Инварианты тензора деформаций. Геометрическая интерпретация. Основные уравнения линейной теории упругости. Принцип возможных перемещений. Вариационный принцип минимума потенциальной энергии.	7	5-6	4	4	10	0	
10.	Жесткопластическое деформирование при условии плоской деформации. Плоская деформация. Основные уравнения. Линии скольжения и их свойства. Линеаризация, простые напряженные состояния. Граничные условия для напряжений. Основные краевые задачи. Линии разрыва напряжений. Неединственность напряжений. Критерий выбора.	7	7-8	4	4	10	0	
11.	Упругопластическое деформирование твердого тела. Идеальные модели упругопластического статического растяжения. Изотропное и кинематическое упрочнение. Условия пластичности Треска, Мизеса, Кулона – Мора, Друккера – Прагера. Поведение поверхности нагружения при изотропном, кинематическом и комбинированном упрочнениях. Закон пластического упрочнения. Принцип максимума Мизеса и его следствия. Постулат Друккера и его следствия. Определяющие соотношения упругопластического материала с гладкой поверхностью текучести. Уравнения Прандтля – Рейсса для идеального упругопластического материала. Определяющие соотношения деформационной теории пластичности.	7	9-14	12	12	10		

	Теорема о простом нагружении. Сопоставление определяющих соотношений деформационной теории пластичности и теории пластического течения. Принцип макродетерменизма Ключникова и его следствие (необходимость потенциальной формы записи определяющих соотношений пластичности в скоростях). Система уравнений (дифференциальная и слабая формы), описывающая движение упругопластического тела. Система уравнений в скоростях (дифференциальная и вариационная формулировки), описывающая квазистатическое деформирование упругопластического тела. Теорема единственности решений квазистатических задач упругопластического деформирования.							
12.	Основы численных методов решения задач упругопластического деформирования. Дискретные уравнения движения/равновесия упругого и упругопластического тел, полученные методом конечных элементов (специальные варианты методов Бубнова – Галеркина и Ритца). Интегрирование дискретных уравнений движения упругого тела методом разложения решения по формам собственных колебаний. Интегрирование дискретных уравнений движения упругого и упругопластического тел по неявной схеме Ньюмарка. Интегрирование дискретных уравнений движения упругого и упругопластического тел по явной конечно-разностной схеме. Решение квазистатических задач упругопластичности пошаговым интегрированием с итерационным уточнением методом Ньютона - Рафсона.	7	15-18	8	8	10		
								экзамен
				36	36	108	0	

Лекции

Теория упругости (6 семестр)

Тема 1. Напряженно-деформированное состояние.

Лекция 1. (2 часа)

Тензор малой деформации. Удлинения и сдвиги. Изменение объема. Главные оси и главные относительные удлинения. Девиатор. Инварианты.

Лекция 2. (2 часа)

Тензор напряжений Коши. Главные оси и главные напряжения. Девиатор. Инварианты. Вектор напряжения на площадке. Уравнения равновесия.

Лекция 3. (2 часа)

Определение перемещений по заданным компонентам деформаций. Условия совместности Сен-Венана.

Тема 2. Закон Гука для анизотропной среды.

Лекция 4. (2 часа)

Метод Кельвина. Собственные значения и собственные тензора второго ранга. Инвариантное представление закона Гука.

Лекция 5. (2 часа)

Упругий потенциал. Трансверсально-изотропная среда. Различные формы закона Гука для изотропной среды.

Тема 3. Уравнения Ламе.

Лекция 6. (2 часа)

Постановка начально-краевой задачи в перемещениях. Классические решения. Теорема единственности Кирхгофа.

Лекция 7. (2 часа)

Представление решения уравнений Ламе через скалярный и векторный потенциалы. Специальное частично-инвариантное решение волнового уравнения (функционально-инвариантное решение Смирнова–Соболева). Задача о падении плоской волны на границу упругого полупространства.

Лекция 8. (2 часа)

Решение типа бегущей волны на поверхности, применение теории функций комплексного переменного. Волны Релея.

Лекция 9. (2 часа)

Численные методы решения динамических задач.

Тема 4. Статическая задача теории упругости для плоской деформации.

Лекция 10. (2 часа)

Основные уравнения. Формула Гурса. Формулы Колосова–Мусхелишвили.

Лекция 11. (2 часа)

Плоская задача в полярных координатах.

Лекция 12. (2 часа)

Задача Ламе о трубе; трещина нормального разрыва и условие Гриффитса.

Лекция 13. (2 часа)

Применение конформного отображения. Метод интегралов типа Коши. Примеры.

Тема 5. Задача о кручении длинного стержня.

Лекция 14. (2 часа)

Гипотезы Сен-Венана. Краевая задача для функции напряжений. Аналогия Прандтля.

Лекция 15. (2 часа)

Примеры: кручение стержней эллиптического и прямоугольного сечений.

Лекция 16. (2 часа)

Численные методы в задаче кручения: метод Ритца, метод Бубнова–Галёркина, метод конечных элементов.

Тема 6. Пространственные задачи статики.

Лекция 17. (2 часа)

Решение Папковича – Нейбера. Нормальная нагрузка на границе полупространства.

Лекция 18. (2 часа)

Контактная задача. Плоский штамп. Задача Герца.

Теория пластичности (7 семестр)

Тема 7. Физические основы пластического деформирования твердого тела

Лекция 1. (2 часа)

Пара атомов. Кристалл. Упругие напряжения в кристалле. Теоретическая прочность.

Точечные дефекты кристаллов: примеси и вакансии. Миграции вакансий под действием электростатических сил и полей упругих напряжений. Слияние вакансий. Диффузия вакансий. Генерация вакансий.

Линейные дефекты кристаллов: дислокации. Дислокация, как источник напряжений в кристалле. Контур и вектор Бюргерса. Краевые и винтовые дислокации. Скольжение и переползание дислокаций. Пластическая деформация, как движение дислокаций. Двойное поперечное скольжение. Размножение дислокаций, источник Франка-Рида. Упрочнение материала легированием и внедрением дополнительной фазы. Группы дислокаций.

Лекция 2. (2 часа)

Плоские дефекты: межзеренные и межфазные границы. Появление и упрочняющее действие межзеренных границ. Пластичность, как миграция границ. Взаимодействие границ зерен друг с другом и с другими дефектами кристаллической решетки.

Структура деформированного металла. Полосы скольжения. Полосы сброса. Двойникование.

Тема 8. Основы экспериментальных методов механики деформируемого твердого тела

Лекция 3. (2 часа)

Основные виды стандартных механических экспериментов. Растяжение, сжатие, кручение, изгиб. Технологические испытания.

Испытания на ползучесть, длительную прочность и релаксацию.

Усталостные испытания.

Модельные и натурные эксперименты.

Лекция 4. (2 часа)

Методы измерения деформаций и напряжений. Тензометрические методы. Метод делительных сеток. Корреляционные методы. Фотоупругость.

Измерение твердости и микротвердости. Ультразвуковая дефектоскопия. Методы акустической эмиссии.

Тема 9. Основные понятия механики деформируемого твердого тела и уравнения теории упругости

Лекция 5. (2 часа)

Вектор и тензор напряжений. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Девиатор напряжений.

Переход от однородной деформации к бесконечно-малой. Тензор деформаций. Главные удлинения и сдвиги. Инварианты тензора деформаций. Геометрическая интерпретация.

Лекция 6. (2 часа)

Основные уравнения линейной теории упругости. Принцип возможных перемещений. Вариационный принцип минимума потенциальной энергии.

Тема 10. Жесткопластическое деформирование при условии плоской деформации

Лекция 7. (2 часа)

Плоская деформация. Основные уравнения. Линии скольжения и их свойства. Линеаризация, простые напряженные состояния.

Лекция 8. (2 часа)

Граничные условия для напряжений. Основные краевые задачи. Линии разрыва напряжений. Неединственность напряжений. Критерий выбора.

Тема 11. Уругоупругое деформирование твердого тела

Лекция 9. (2 часа)

Идеальные модели уругоупругого статического растяжения. Изотропное и кинематическое упрочнение. Условия пластичности Треска, Мизеса, Кулона – Мора, Друккера – Прагера. Поведение поверхности нагружения при изотропном, кинематическом и комбинированном упрочнениях. Закон пластического упрочнения.

Лекция 10. (2 часа)

Принцип максимума Мизеса и его следствия. Постулат Друккера и его следствия. Определяющие соотношения уругоупругого материала с гладкой поверхностью текучести. Уравнения Прандтля – Рейсса для идеального уругоупругого материала.

Лекция 11. (2 часа)

Определяющие соотношения деформационной теории пластичности. Теорема о простом нагружении. Сопоставление определяющих соотношений деформационной теории пластичности и теории пластического течения.

Лекция 12. (2 часа)

Принцип макродетерменизма Ключникова и его следствие (необходимость потенциальной формы записи определяющих соотношений пластичности в скоростях).

Лекция 13. (2 часа)

Система уравнений (дифференциальная и слабая формы), описывающая движение уругоупругого тела.

Система уравнений в скоростях (дифференциальная и вариационная формулировки), описывающая квазистатическое деформирование уругоупругого тела.

Лекция 14. (2 часа)

Теорема единственности решений квазистатических задач уругоупругого деформирования.

Тема 12. Основы численных методов решения задач уругоупругого деформирования

Лекция 15. (2 часа)

Дискретные уравнения движения/равновесия упругого и уругоупругого тел, полученные методом конечных элементов (специальные варианты методов Бубнова – Галеркина и Ритца).

Лекция 16. (2 часа)

Интегрирование дискретных уравнений движения упругого тела методом разложения решения по формам собственных колебаний.

Лекция 17. (2 часа)

Интегрирование дискретных уравнений движения упругого и упругопластического тел по неявной схеме Ньюмарка.

Лекция 18. (2 часа)

Интегрирование дискретных уравнений движения упругого и упругопластического тел по явной конечно-разностной схеме.

Решение квазистатических задач упругопластичности пошаговым интегрированием с итерационным уточнением методом Ньютона - Рафсона.

5. Образовательные технологии

Лекционный материал включает в себя все темы, перечисленные в структуре курса. Курс в большей степени основан на классических учебниках и монографиях ведущих ученых связанных с темой «Механика сплошных сред: твердое тело». Изложение лекций предполагает диалог со слушателями. В начале каждой лекции выделяется 10 минут для напоминания содержания предыдущей лекции и ответов на вопросы студентов. В конце лекции также выделяется 5 минут для ответов на вопросы по текущему материалу. Электронная версия лекций предоставляется студентам в виде файлов презентаций и сопутствующих текстовых материалов. Дополнительно студент может получить разъяснения преподавателя по электронной почте.

Лекционное изложение материала сочетается с проведением семинарских занятий. Самостоятельная работа бакалавра состоит в выполнении домашних заданий, подкрепляющих лекционный материал, с обязательным последующим контролем преподавателем.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Самостоятельная работа студентов включает в себя: теоретическое освоение лекционного курса, практическое выполнение заданий.

Для выполнения самостоятельной работы студентам обеспечивается доступ к информационным ресурсам курса, которые включают в себя

1. Презентации лекций по курсу «Механика сплошных сред: твердое тело»;
2. Примерный список вопросов для самостоятельной проверки знаний и подготовки к экзамену;
3. Список литературы, включающий учебники и книги по изучаемым в курсе вопросам.

Контролирующие материалы включают списки вопросов для сдачи экзамена.

Образцы вопросов для подготовки к экзамену

В экзаменационный билет входит два вопроса по теоретическому материалу курса, относящиеся к разным темам. Дополнительные вопросы даются по усмотрению

экзаменатора. Ниже приводятся образцы экзаменационных вопросов.

Примерный перечень билетов к экзамену.

Билет №1.

Пара атомов. Кристалл. Упругие напряжения в кристалле. Теоретическая прочность. Определяющие соотношения деформационной теории пластичности.

Билет №2.

Точечные дефекты кристаллов: примеси и вакансии. Миграции вакансий под действием электростатических сил и полей упругих напряжений. Слияние вакансий. Диффузия вакансий. Генерация вакансий.

Теорема о простом нагружении.

Билет №3.

Линейные дефекты кристаллов: дислокации. Дислокация, как источник напряжений в кристалле. Контур и вектор Бюргерса. Краевые и винтовые дислокации. Скольжение и переползание дислокаций.

Сопоставление определяющих соотношений деформационной теории пластичности и теории пластического течения.

Билет №4.

Пластическая деформация, как движение дислокаций. Двойное поперечное скольжение. Размножение дислокаций, источник Франка-Рида.

Принцип макродетерменизма Ключникова и его следствие (необходимость потенциальной формы записи определяющих соотношений пластичности в скоростях).

Билет №5.

Плоские дефекты: межзеренные и межфазные границы. Появление и упрочняющее действие межзеренных границ. Пластичность, как миграция границ. Взаимодействие границ зерен друг с другом и с другими дефектами кристаллической решетки.

Система уравнений (дифференциальная и слабая формы), описывающая движение упругопластического тела.

Билет №6.

Структура деформированного металла. Полосы скольжения. Полосы сброса. Двойникование.

Теорема единственности решений квазистатических задач упругопластического деформирования.

Билет №7.

Основные виды стандартных механических экспериментов. Растяжение, сжатие, кручение, изгиб. Технологические испытания.

Система уравнений в скоростях (дифференциальная и вариационная формулировки), описывающая квазистатическое деформирование упругопластического тела.

Билет №8.

Испытания на ползучесть, длительную прочность и релаксацию. Усталостные испытания.

Билет №9.

Методы измерения деформаций и напряжений. Тензометрические методы.

Дискретные уравнения движения/равновесия упругого и упругопластического тел, полученные методом конечных элементов (специальный вариант метода Бубнова – Галеркина).

Билет №10.

Измерение твердости и микротвердости. Ультразвуковая дефектоскопия. Методы акустической эмиссии.

Дискретные уравнения движения/равновесия упругого и упругопластического тел, полученные методом конечных элементов (специальный вариант метода Ритца).

Билет №11.

Вектор и тензор напряжений. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Девиатор напряжений.

Интегрирование дискретных уравнений движения упругого тела методом разложения решения по формам собственных колебаний.

Билет №12.

Переход от однородной деформации к бесконечно-малой. Тензор деформаций. Главные удлинения и сдвиги. Инварианты тензора деформаций. Геометрическая интерпретация.

Интегрирование дискретных уравнений движения упругого и упругопластического тел по неявной схеме Ньюмарка.

Билет №13.

Основные уравнения линейной теории упругости.

Интегрирование дискретных уравнений движения упругого и упругопластического тел по явной конечно-разностной схеме.

Билет №14.

Принцип возможных перемещений. Вариационный принцип минимума потенциальной энергии.

Неединственность напряжений в плоской жесткопластической задаче. Критерий выбора.

Билет №15.

Решение квазистатических задач упругопластичности пошаговым интегрированием с итерационным уточнением методом Ньютона - Рафсона.

Билет №16.

Плоская деформация. Основные уравнения.

Идеальные модели упругопластического статического растяжения. Изотропное и кинематическое упрочнение. Условия пластичности Треска, Мизеса, Кулона – Мора, Друккера – Прагера.

Билет №17.

Поведение поверхности нагружения при изотропном, кинематическом и комбинированном упрочнениях. Закон пластического упрочнения.

Линии скольжения и их свойства. Линеаризация, простые напряженные состояния.

Билет №18.

Методы измерения деформаций и напряжений. Тензометрические методы. Метод делительных сеток. Корреляционные методы. Фотоупругость.

Принцип максимума Мизеса и его следствия.

Билет №19.

Линии разрыва напряжений в жесткопластической задаче.

Постулат Друккера и его следствия.

Билет №20.

Граничные условия для напряжений в жесткопластической задаче.

Определяющие соотношения упругопластического материала с гладкой поверхностью текучести.

Билет №21.

Основные краевые задачи для жесткопластического приближения.

Уравнения Прандтля – Рейсса для идеального упругопластического материала.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

Литература.

1. Бате К, Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. М.: Стройиздат, 1982.
2. Бондарь В.Д. Лекции по теории упругости. Новосибирск. Изд-во НГУ. 2004.
3. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М.: Наука, 1969.

4. Касаткин Б.С., Кудрин А.Б., Лобанов Л.М. и др. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений. Справочное пособие. Киев: Наукова думка. 1981.
5. Колбасников Н.Г. Теория обработки металлов давлением. Физические основы прочности и пластичности металлов. Санкт-Петербург. Издательство СПбГПУ. 2004.
6. Коробейников С.Н. Нелинейное деформирование твердых тел. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000.
7. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1988.
8. Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. Пер. с англ. Изд.3, Едиториал УРСС, 2010 г.

б) дополнительная литература:

1. Аннин Б.Д., Остросаблин Н.И. Анизотропия упругих свойств материалов // Прикладная механика и техническая физика. 2008. Т. 49. № 6. С. 131-151.
2. Аннин Б.Д. Трансверсально-изотропная модель геоматериалов // Сибирский журнал индустриальной математики. 2009. Т. XII. № 3 (39) С. 5-14.
3. Коттрел А. Теория дислокаций. М.: Изд-во «Мир». 1969.
4. Самарский А.А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1983 г.
5. Седов Л.И. Механика сплошной среды (комплект из 2 книг). Серия: Классический университетский учебник, Издательство: Лань, 2004 г.
6. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2005 г.
7. Фридель Ж. Дислокации. М.: Изд-во «Мир». 1967.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Ноутбук, медиа-проектор, экран.
- Программное обеспечение для демонстрации слайд-презентаций.

Авторы:

Аннин Борис Дмитриевич
д.ф.-м.н., академик РАН,
заведующий кафедры
Механики твердого тела
зав. лаб. ИГиЛ СО РАН

Коробейников Сергей Николаевич
д.ф.-м.н., профессор ММФ НГУ
зав. лаб. ИГиЛ СО РАН

Карпов Евгений Викторович
к.ф.-м.н., ст. преп. ММФ НГУ
с.н.с. ИГиЛ СО РАН

Рецензент (ы) _____

Программа одобрена на заседании _____

(Наименование уполномоченного органа вуза (УМК, НМС, Ученый совет))

от _____ года, протокол № _____