

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Государственное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования
Новосибирский государственный университет
Механико-математический факультет**

УТВЕРЖДАЮ

«___» _____ 201__ г.

Рабочая программа дисциплины
Нелинейные задачи механики твердого тела

Направление подготовки
010800 – Механика и математическое моделирование

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная

Новосибирск 2014

Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Нелинейные задачи механики твердого тела» входит в Базовую часть Естественнонаучного цикла ООП по направлению подготовки «010800 – Механика и математическое моделирование», все профили подготовки. Дисциплина реализуется на Механико-математическом факультете Новосибирского государственного университета кафедрой Механики твердого тела ММФ НГУ.

Содержание дисциплины охватывает широкий круг вопросов, связанных с постановками задач механики деформируемого твердого тела с учетом больших деформаций, контактных взаимодействий и устойчивости движений деформируемых тел, а также начальных сведений о применении метода конечных элементов к численному решению этих задач.

Дисциплина нацелена на формирование общекультурных компетенций ОК-6, ОК-8, ОК-10, профессиональных компетенций ПК-1 – ПК-4, ПК-7 – ПК-11, ПК-13, ПК-14.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента, экзамены.

Программой дисциплины предусмотрен контроль в виде сдачи экзамена.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 академических часов (из них 32 – аудиторная работа), 3 зачетных единицы; 1 экзамен и подготовка к нему 36 академических часов, остальное время (40 академических часов) – самостоятельная работа студентов.

1. Цели освоения дисциплины

Курс «Нелинейные задачи механики твердого тела» предназначен для магистрантов первого курса механико-математического факультета университета. Основной целью освоения дисциплины является изучение студентами механики деформируемого твердого тела и начальных сведений о методе конечных элементов решения задач механики деформируемого твердого тела.

Для достижения поставленной цели выделяются следующие задачи курса:

- Закон движения сплошной среды; лагранжева и эйлера системы координат; материальное (лагранжево), пространственное (эйлерово) и двойное представление тензоров.
- Объективные лагранжевы и эйлеровы тензоры, а также объективные конвективные (включая и ротационные) скорости изменения тензоров.
- Тензоры больших, малых и бесконечно малых деформаций.
- Тензоры напряжений.
- Уравнения движения в сильной и слабой формах.
- Определяющие соотношения гиперупругого, упругого и гипопругого материалов.
- Вариационный принцип Хилла.
- Устойчивость и контактные взаимодействия деформируемых тел.
- Вариационные принципы механики.
- Начальные сведения о методе конечных элементов для численного решения задач механики деформируемого твердого тела.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Нелинейные задачи механики твердого тела» входит в Базовую часть Естественнонаучного цикла ООП по направлению подготовки «010800 – Механика и математическое моделирование», все профили подготовки.

Нелинейная механика деформируемого твердого тела является частью естествознания, широко использующей математические методы. Эта дисциплина имеет дедуктивный характер: опираясь на ограниченное число законов, играющих роль аксиом, как на фундамент, она выводит свое здание при помощи строгих математических выводов.

Дисциплина «Нелинейные задачи механики твердого тела» опирается на следующие математические дисциплины данной ООП:

- Математический анализ (пределы, дифференцирование, интегрирование, экстремумы функций, ряды, векторный анализ, функционалы).
- Высшая алгебра (многочлены, определители, матрицы, алгебраические уравнения, системы уравнений, векторная алгебра, квадратичные формы).
- Обыкновенные дифференциальные уравнения (уравнения первого и второго порядков, системы уравнений, существование решений начальной задачи, устойчивость решений, линейные и нелинейные, однородные и неоднородные уравнения).
- Уравнения в частных производных.
- Тензорное исчисление (алгебра тензоров и тензорный анализ).
- Численные методы решения задач математической физики.

Результаты освоения дисциплины «Нелинейные задачи механики твердого тела» используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Математическое моделирование;
- Механика сплошной среды;
- Физика.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Ошибка! Источник ссылки не найден.»:

- общекультурные компетенции: ОК-6, ОК-8, ОК-10,;
- профессиональные компетенции: ПК-1 – ПК-4, ПК-7 – ПК-11, ПК-13, ПК-14.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **формулировать** уравнения механики деформируемого твердого тела в отсчетной и текущей конфигурациях;
- **изучить** технику построения объективных конвективных производных;
- **формулировать** определяющие соотношения упругих, гиперупругих и гипопругих материалов;
- **уметь** правильно поставить задачу о деформировании тела в геометрически нелинейной постановке и **использовать** современные численные методы для ее решения.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 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)
				Лекция	Практич. работа	Самост. работа	Контр. работа	Экзамен	
1.	Введение. Кинематика деформирования.								
1.1	Предмет нелинейной механики деформируемого твердого тела, место в ряду наук, структура, область применения. Система отсчета. Движение сплошной среды. Лагранжевы и эйлеровы координаты.	2	1	2		2			
1.2	Лагранжев (общий и текущий) и эйлеров подходы к описанию движения сплошной среды. Пространственный, материальный отсчетный и материальный текущий базисы. Вектор перемещений.	2	2	2		3			
1.3	Закон движения. Тензоры градиентов деформаций и перемещений.	2	3	2		2			
1.4	Формулы преобразования элементарных отрезков, площадок и объемов из отсчетной в актуальную конфигурацию. Объективные (инвариантные и индифферентные) тензоры.	2	4	2		3			
1.5	Дифференцирование тензоров по времени. Конвективные и коротационные производные тензоров. Объективные производные тензоров.	2	5	2		3			
2.	Тензоры деформаций.								
2.1	Полярное (мультипликативное) разложение тензора градиента деформации. Правые и левые тензоры деформаций; тензоры деформаций Коши - Грина и Пиолы.	2	6	2		2			
2.2	Тензоры деформаций семейства Хилла. Тензоры деформаций Грина – Лагранжа и Альманзи. Малые деформации и линейный тензор деформаций. Объективные производные тензоров деформаций. Тензор скорости деформаций.	2	7	2		3			
3.	Тензоры напряжений. Уравнения движения.								
3.1	Определение тензора напряжений Коши. Тензоры напряжений Коши, Кирхгофа, Пиолы – Кирхгофа. Объективные скорости изменения тензоров во времени. Сопряжен-	2	8	2		3			

	ные тензоры напряжений и деформаций.								
3.2	Уравнения движения/равновесия в текущей и отсчетной конфигурациях. Уравнения движения/равновесия, записанные относительно скоростей, в текущей и отсчетной конфигурациях	2	9	2		2			
4.	Определяющие соотношения упругости.								
	Три формы записи определяющих соотношений упругого материала в случае бесконечно малых деформаций. Гиперупругость, упругость и гипоупругость. Теорема Нолла.	2	10	2	2	3			
5.	Слабые формы уравнений движения и вариационные принципы.					2			
5.1	Слабые формы уравнений движения (равновесия) в текущей и отсчетной конфигурациях.	2	11	2		3			
5.2	Вариационный принцип Хилла в отсчетной и текущей конфигурациях. Варианты принципа в текущей конфигурации: с использованием производных Трусделла и Хилла в определяющих соотношениях.	2	12	2		2			
6	Потеря устойчивости и контактные взаимодействия деформируемых тел.								
6.1	Бифуркация решений краевой задачи и собственные состояния. Потеря устойчивости равновесных состояний. Критерии единственности и устойчивости решений краевых задач.	2	13	2		2			
6.2	Постановка контактной задачи. Формулировка контактной задачи с помощью методов множителей Лагранжа и штрафных функций.	2	14	2		2			
7.	Применение метода конечных элементов к решению нелинейных задач.								
7.1	Векторно-матричная запись слабых форм уравнений и функционалов вариационных принципов для общей лагранжевой и текущей лагранжевой формулировок уравнений.	2	15	2		2			
7.2	Конечно-элементная дискретизация геометрии и вектора перемещений. Изопараметрические конечные элементы. Дискретизованные уравнения движения/равновесия и методы их решения.	2	16	2		3			
		2	17					36	Экзамен
	Итого			32		40		108	

5. Образовательные технологии

Образовательная методика изучения курса «Нелинейные задачи механики твердого тела» основана на лекционном изложении. На лекциях студенты получают знания по основам механики сплошной среды, знакомятся с особенностями формулировок нелинейных уравнений механики деформируемого твердого тела, получают представление об устойчивости равновесных конфигураций и контактных взаимодействиях деформируемых тел, получают сведения о математическом моделировании движения упругих тел и развивают творческий подход в понимании и описании механических процессов.

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

Самостоятельная работа студентов предусматривает изучение теоретического материала. Теоретический материал изучается в форме проработки прочитанных лекций, а также в изучении рекомендованной литературы. При этом студенты имеют возможность пользоваться методическими разработками и учебными пособиями, представленными в библиотеке и в читальных залах. Аттестация по итогам освоения дисциплины

плины согласно учебному плану осуществляется в форме экзамена в конце семестра. Экзаменационный билет по итогам освоения дисциплины включает два теоретических вопроса и задачу по теме, отличающейся от вопросов.

6.1. Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы:

- Тензоры напряжений Коши, Кирхгоффа, Нолла, первый и второй Пиолы – Кирхгоффа.
- Объективные производные тензоров напряжений.
- Сопряженные тензоры напряжений и деформаций.
- Уравнения движения (в сильной и слабой формах), записанные в отсчетной и актуальной конфигурациях.
- Три формы представления закона Гука для линейной деформации тела.
- Определяющие соотношения гиперупругого, упругого и гипоупругого материалов.

6.2. Пример экзаменационного билета

1. Формулы преобразования элементарных отрезков, площадок и объемов из отсчетной в актуальную конфигурацию.

2. Уравнения движения, записанные в отсчетной и актуальной конфигурациях.

Задача: Используя представление тензора в лагранжевой (вмороженной в тело) системы координат, показать, что материальная производная тензора напряжений Коши необъективна.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Коробейников С.Н. *Нелинейное деформирование твердых тел*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000.
2. Димитриенко Ю.И. *Универсальные законы механики и электродинамики сплошных сред. Учебное пособие для вузов*. М.: Изд-во МГТУ, 2011.
3. Седов Л.И. *Введение в механику сплошной среды*. М.: Физматгиз, 1962.
4. Бондарь В.Д. *Основы теории упругости Учебное пособие для вузов*. Новосибирск: Изд-во НГУ, 2004.

б) дополнительная литература

1. Бате К, Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. М.: Стройиздат, 1982.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Доска, мел.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО по направлению «010800 – Механика и математическое моделирование», все профили подготовки.

Автор: _____ Коробейников Сергей Николаевич
д.ф.м-н., профессор ММФ НГУ

Рецензент (ы) _____

Программа одобрена на заседании _____
(Наименование уполномоченного органа вуза (УМК, НМС, Ученый совет))
от _____ года, протокол № _____