МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной деятельности КФУ
Проф. Д.К.Нургалиев
_____
«_23_» _сентября_ 2015 г.

Программа дисциплины

Б1.В.ДВ.1.1 Вычислительные методы нелинейной механики

Направление подготовки: 01.06.01 Математика и механика

Направленность (профиль) подготовки: 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела

Квалификация выпускника «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения: очная

Язык обучения: русский

Казань
2015

Аннотация

Настоящий курс ориентирован на аспирантов, обладающих фундаментальной подготовкой по математике и механике, которую дают на механико-математических факультетах (или аналогичных) ведущих университетах страны. Дисциплина основывается на знаниях, полученных при освоении дисциплин: Математический анализ; Алгебра; Дифференциальные уравнения; Уравнения математической физики; Общая физика; Теоретическая и прикладная механика; Основы МСС.

Знания и навыки, полученные при изучении курса МДТТ, используются аспирантами при написании диссертации.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) "Вычислительные методы нелинейной механики" являются освоение современного изложения в безындексной тензорной форме основных положений МСС. Даются сведения о кинематике конечных деформаций и произвольных течений. Излагается построение балансовых уравнений в дифференциальной и вариационной формах. Дается классификация тензоров на классы инвариантных и индифферентных тензоров (материальных и пространственных тензоров), вводятся обобщенные производные Яуманна, Трусделла, Грина-Нагди, Ли. На примере одномерных моделей даются основы реологии и техники построения сложных моделей. Рассматриваются способы обобщения этих моделей на трехмерное НДС и конечные деформации. Рассматривается класс гиперупругих материалов. Описываются несжимаемые материалы. Много внимания уделяется упругопластическим материалам. В рамках теории течения даются сведения о построении определяющих соотношений в скоростях напряжений и деформаций. Приводятся основы мультипликативного разложения градиента деформаций на упругую и пластическую составляющие. Заключительная часть посвящена материалам, обладающим упругими и вязкими свойствами, свойствами ползучести и пластичности. Строятся новые модели для различных сред в условиях больших деформаций. изучаются методы последовательного нагружения и пошагового интегрирования по времени, используемые в настоящее время в современных информационных системах для решения существенно нелинейных задач. Рассматриваются три группы методов: первый основан на уравнении виртуальных перемещений в отсчетной конфигурации (глобальная лагранжевая постановка), второй предполагает использование того же вариационного принципа, но определенного в текущей конфигурации (модернизированная лагранжевая постановка), третий основан на уравнении виртуальных мощностей в актуальной конфигурации.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.1". Осваивается на 2 курсе, 2 семестр.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) в соответствии с ФГОС ВО программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

Знать:

основы тензорного исчисления;

сущность различных тензорных мер деформаций и связи между ними;

знать различные постановки задач;

знать основные реологичес ие модели простых и сложных сред;

понятие объективных производных тензоров напряжений;

физические основы построения определяющих соотношений;

теорию пластического течения;

метод последовательных нагружений при различных постановках.

Уметь:

составлять балансовые уравнения в исходной, актуальной и подвижной системах координат;

получать определяющие соотношения с учетом различных свойств материалов;

ориентироваться в различных формах вариационных уравнений виртуальных перемещений и виртуальных мощностей.

Владеть:

навыками тензорного исчисления;

навыками получения вариационных уравнений в различных постановках;

навыками получения определяющих соотношения.

навыками построения физических соотношений;

навыками лине ризации определяющих соотношений и разрешающих уравнений.

Демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания на практике

В результате освоения дисциплины формируются компетенции:

Универсальные:

способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

Общепрофессиональные:

способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

Профессиональные:

способность к организации и проведению научно-исследовательской деятельности в профессиональной области, в том числе руководству научно-исследовательской работой студентов (ПК-1);

способность подготавливать научные работы для публикации в ведущих российских и международных изданиях, а также выступления на российских и международных научно-практических конференциях (ПК-2).

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 часов.

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	
1.	Тема 1. Объективные производные.	2	1-3	4	2	4	презентация
2.	Тема 2. Реологические модели.	2	3-6	2	4	10	презентация
3.	Тема 3. Нелинейная упругость.	2	7-10	4	4	8	презентация
4.	Тема 4. Упругопластическое деформирование.	2	11-12	2	2	2	контрольная работа презентация
5.	Тема 5. Метод последовательных нагружений в отсчетной конфигурации.	2	13-14	2	2	6	презентация
6.	Тема 6. Метод последовательных нагружений в текущей конфигурации.	2	15-16	2	2	12	презентация
7.	Тема 7. Пошаговое интегрирование уравнений движения в актуальной конфигурации.	2	17-18	2	2	12	контрольная работа презентация
8.	Итоговая форма контроля	2		0	0	0	зачет
	Итого			18	18	72	

5. Образовательные технологии

Курсы лекций и семинарских занятий, организованные по стандартной технологии.

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

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО КУРСУ

Тема 1. Объективные производные.

презентация , примерные вопросы:

Презентации на темы: Классификация введенных тензоров для описания деформации и течения среды (градиенты деформации, меры деформации, их материальные производные, деформации скорости, скорости вращения и т.д.). Классификация тензоров напряжений. Введение индифферентных (объективных, коротационных, конститутивных) производных тензора напряжений Коши-Эйлера в форме Яуманна, Труследла и Грина-Нагди. Вывод соотношений, связывающих различные виды производных напряжений.

Тема 2. Реологические модели.

презентация , примерные вопросы:

Презентации на темы: Простейшие реологические модели: упругая среда, жесткопластическое тело Мизеса, вязкая среда, температурное расширение, односторонний контакт. Сложные модели: упруго-вязкая среда Кельвина-Фойхта, релаксирующая среда Максвелла, упругопластическое тело Прандля, упругопластическая и жесткопластическая среды с подкреплением, вязкопластическая среда Бингама, сыпучая среда, разномодульный материал, вязко-упругопластическая сыпучая среда, модели термо-вязко-упруго-пластических материалов с различным соединением простейших элементов.

Тема 3. Нелинейная упругость.

презентация , примерные вопросы:

Презентации на темы: Изотропные материалы, общий вид определяющих соотношений, стандартный материал первого и второго порядков, материал Джона, материал Блейцо и Ко, тело Сетха, малосжимаемые эластомеры и др. Несжимаемые материалы, условие несжимаемости, обобщенный потенциал упругой деформации, гидростатической давление, обобщенное уравнение виртуальных перемещений. Примеры несжимаемых материалов: Трилора, Муни, Клоснера-Сегала, Бидермана и др. Определяющие соотношения.

Тема 4. Упругопластическое деформирование.

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Вывести определяющие соотношения для следующих сред: а) Упруговязкая среда Кельвина-Фойхта б) Релаксирующая среда Максвелла в) Упругопластическое тело Прандля г) Упругопластическая среда с подкреплением 2. Вывести определяющие соотношения для следующих материалов а) материал Трилора б) материал Муни в) материал Клоснера-Сегала г) материал Бидермана

презентация , примерные вопросы:

Презентации на темы: Идеально пластическая среда, алгоритмы решения: снос напряжений на поверхность текучести, метод Ньютона, учет геометрической нелинейности, шаговое нагружение, соотношения Прандля-Рейсса. Пластическая среда с подкреплением, параметры упрочнения, касательная жесткость, метод дополнительных напряжений, метод Ньютона и его модификации, учет больших деформаций.

Тема 5. Метод последовательных нагружений в отсчетной конфигурации.

презентация , примерные вопросы:

Презентации на тему: Построение линеаризованных физических соотношений. Гиперупругий материал. Итерационное уточнение на шаге нагружения.

Тема 6. Метод последовательных нагружений в текущей конфигурации.

презентация , примерные вопросы:

Презентации на тему: Упругопластический материал при малых деформациях, при конечных поворотах, при конечных деформациях с мультипликативным разложением. Алгоритм расчета.

Тема 7. Пошаговое интегрирование уравнений движения в актуальной конфигурации.

контрольная работа , примерные вопросы:

Получить следующие соотношения: 1. Линеаризированное вариационное уравнение принципа виртуальных перемещений для задач статики и динамики 2. Вариационное уравнение принципа виртуальных перемещений в актуальной конфигурации 3. Линеаризированное вариационное уравнение принципа виртуальных скоростей

презентация , примерные вопросы:

Презентации на тему: Метод проецирования напряжений на поверхность текучести. Алгоритм расчета. Динамические задачи. Явная схема интегрирования по времени. Метод дробных шагов.

Упругопластический материал.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА АСПИРАНТОВ (СРА) включает следующие виды работ:

Презентации и подготовка к контрольной работе.

Примерные вопросы к зачету:

1. Объективные производные напряжений.
2. Реологические модели. Простейшие реологические модели. Сложные модели.
3. Пути обобщения сформулированных моделей для случая больших поворотов, больших перемещений и конечных деформаций.
4. Выражение тензоров напряжений Коши-Эйлера и Пиолы-Кирхгофа, производные потенциала по мерам деформации Коши-Грина и Фингера.
5. Изотропные материалы, общий вид определяющих соотношений, малосжимаемые эластомеры и др. Несжимаемые материалы. Примеры несжимаемых материалов: Трилора, Муни, Клоснера-Сегала, Бидермана и др. Определяющие соотношения
6. Упругопластическое деформирование. Теория пластического течения, поверхность пластичности, условие пластического деформирования.
7. Примеры различных упругопластических сред.
8. Метод последовательных нагружений в отсчетной конфигурации.
9. Алгоритмы расчета. Упругопластический материал при малых и конечных деформациях (деформационная теория и теория пластического течения).
10. Метод последовательных нагружений в текущей конфигурации.
11. Упругопластический материал при малых деформациях, при конечных поворотах, при конечных деформациях с мультипликативным разложением. Алгоритм расчета.
12. Пошаговое интегрирование уравнений движения в актуальной конфигурации.
13. Динамические задачи.

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

основная литература:

Николаенко В.Л. Механика - М: ИНФРА- М, 2011. - 636 с.

// http://e.lanbook.com/view/book/2911/

Абакумов М. В. Гулин А. В. Лекции по численным методам математической физики: Учебное пособие. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 158 с.

// http://znanium.com/bookread.php?book=364601

дополнительная литература:

Покровский В.В. Механика. Методы решения задач : учебное пособие Издательство: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 - 253 с.

// http://e.lanbook.com/view/book/8713/

Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. - Издательство: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 634 с.

// http://e.lanbook.com/view/book/4397/

Андреев В. И, Горшков А. А. Варданян Г. С., Атаров Н. М. Сопротивление материалов с осн. теории упругости и пластич.: Учеб. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 638 с.

// http://znanium.com/bookread.php?book=256769

8. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Интернет-портал систем автоматизации инженерных расчетов - http://www.cadfem-cis.ru/

Поисковая система - www.google.ru

Форум САПР-2000 - http://fsapr2000.ru/

Электронная библиотека - http://mech.math.msu.su

Электронная библиотека - www.elibrary.ru

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Мультимедийная аудитория. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB,audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудованием имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен аспирантам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО аспирантуры
(Приказ Минобрнауки РФ от 30.07.2014 № 866)

Автор(ы): Султанов Л.У.

Рецензенты: Бережной Д.В.

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии Института математики и механики КФУ от 29 августа 2015 года, протокол № 11.