НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

_____ Драгунов В.К.

«16» июня 2015 г.

Программа аспирантуры

Направление 01.06.01 Математика и механика

Направленность (специальность) 01.02.06 Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Нелинейные задачи механики деформируемого твердого тела»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.2.2

Всего: 108 часов

Семестр 3, в том числе 6 часов – контактная работа,
84 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика», утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 866, и паспорта специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является изучение положений, моделей и методов нелинейной механики сплошной среды, необходимых для выполнения диссертационной работы.

Задачами дисциплины являются

- изучение основных моделей нелинейной механики сплошной среды;
- обоснованное применение нелинейных моделей и методов нелинейной механики сплошной среды в прикладных задачах статики и динамики;
- решение прикладных задач механики сплошной среды с учетом физической и/или геометрической нелинейности в соответствии с нормативными документами и с применением современных конечно-элементных программных комплексов.

В процессе освоения дисциплины формируются следующие **компетенции**:

– Способность выявлять сущность научно-технических проблем динамики, прочности, надежности и безопасности машин, устройств и конструкций и привлекать, модернизировать и разрабатывать для их решения теоретические и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования (ПК-1);

– Способность самостоятельно осваивать и применять современные математические концепции и вычислительные методы, системы компьютерной математики, компьютерного проектирования и инжиниринга для эффективного решения проблем динамики,

прочности, надежности и безопасности машин, устройств и конструкций (ПК-3);

– Готовность самостоятельно планировать и осуществлять прикладную научно-техническую деятельность в области динамики, прочности, надежности и безопасности машин, устройств и конструкций в интересах удовлетворения потребностей различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства (ПК-4).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- нелинейные модели и состояния сплошной среды (нелинейная упругость, пластичность, упрочнение, ползучесть металлов и сплавов, нелинейные модели бетона, железобетона, грунта) (ПК-4);
- математическую постановку задач механики сплошной среды с учетом физической и геометрической нелинейностей (ПК-1);
- основы теории прочности физически-нелинейных сред (металлы в стадии пластического деформирования, вязкие среды, бетон, железобетон, грунт) (ПК-4);

уметь

- определять параметры НДС элементов конструкций в состоянии нелинейного деформирования и оценивать их прочность (ПК-4);

владеть:

- методикой прикладных расчетов, отраженных в нормативных документах (ПК-4);
- навыками создания компьютерных моделей элементов конструкций с учетом физической и/или геометрической нелинейностей (ПК-3);
- опытом численного решения нелинейных прикладных задач механики методом конечных элементов в специализированных программных комплексах (ПК-3).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Основные положения механики сплошной среды. Напряжения. Деформации. Тензоры напряжений и деформаций и их инварианты. Интенсивности напряжений и деформаций. Скорости деформаций.

Модели и уравнения состояния сплошной среды

Упругость и классификация упругих материалов. Пластичность. Идеальная пластичность. Условие текучести. Упрочнение. Закон Баушингера. Изотропное и кинематическое упрочнение. Соотношения между напряжениями и деформациями при теории пластичности. Теория пластического течения. Ассоциированный закон течения. Деформационная теория. Разгрузка. Постановка задач теории пластичности. Физически-нелинейные модели в ANSYS. Вязкие среды. Ползучесть. Установившаяся ползучесть лопаток паровых и газовых турбин. Бетон и железобетон. Основные физико-механические свойства бетона и арматуры. Теории прочности бетона. Расчет бетонных и железобетонных элементов конструкций по СП 52-101-2003. Модель бетона и железобетона в ANSYS. Механика грунтов. Основные понятия и определения. Механические характеристики грунтов. Закон Кулона для грунтов. Прочность грунтов. Критерии Мора-Кулона и Друккера-Прагера.

Геометрически-нелинейные задачи

Тензор Коши-Грина. Тензор Грина-Лагранжа. Градиент деформаций. Тензор напряжений Пиолы-Кирхгофа. Уравнение равновесия с учетом конечных перемещений.

Постановка нелинейных задач механики сплошной среды

Классификация нелинейных задач. Постановка задачи нелинейного деформирования. Общая схема решения нелинейных задач. Методы решения нелинейных краевых задач. Нелинейные задачи и МКЭ. Два подхода к физически- и геометрически нелинейному анализу: формулировки Лагранжа

и Эйлера. Основные положения. Классификация вариантов нелинейного анализа.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 4 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета

1. Инварианты тензора напряжений. Разложение тензора напряжений на девиатор и шаровой тензор. Интенсивность касательных напряжений.
2. Тензор деформаций Грина-Лагранжа. Инженерные деформации, логарифмические деформации.
3. Инварианты тензора деформаций. Разложение тензора деформаций на девиатор и шаровой тензор. Интенсивность сдвиговых деформаций.
4. Классификация упругих материалов. Теорема Нолла. Линейно- и нелинейно-упругий материал.
5. Идеальная пластичность. Поверхность текучести. Примеры.
6. Понятие упрочнения. Эффект Баушингера. Изотропное и кинематическое упрочнение.
7. Основные положения теории пластического течения и деформационной теории.
8. Определение ползучести, кривые ползучести. Описание стадий ползучести. Характеристики прочности при ползучести. Диаграмма напряжения – температура.
9. Система разрешающих уравнений при ползучести. Степенной закон для скорости деформации при установившейся ползучести.
10. Радиальные усилия, напряжения и перемещения при установившейся ползучести лопаток ПГТ.
11. Прямой поперечный изгиб стержня в условиях установившейся ползучести.
12. Бетон. Основные качественные особенности бетона, обнаруженные в ходе эксперимента. Прочностные характеристики бетона. Основные физико-механические факторы, обеспечивающие совместную работу бетона и арматуры. Основные предположения при расчете железобетона на прочность.
13. Два различных подхода к изучению прочностных свойств материала. Теории прочности. Примеры.

14. Виды расчетов на прочность в СП 52-101-2003. Диаграммы состояния бетона и арматуры.
15. Основные механические характеристики грунтов.
16. Предельное состояние грунта. Механизмы разрушения.
17. Критерии прочности грунтов Мора-Кулона и Друккера-Прагера.
18. Тензор Коши-Грина. Геометрических смысл компонент тензора.
19. Тензор Грина-Лагранжа.
20. Градиент деформаций. Связь градиента деформаций с тензорами Коши-Грина и Грина-Лагранжа.
21. Второй тензор напряжений Пиолы-Кирхгофа.
22. Классификация нелинейных задач. Постановка задачи нелинейного деформирования.
23. Решение нелинейных задач в методе конечных элементов.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. Численные методы : учебное пособие для физико-математических специальностей вузов. – 4-е изд . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006 . – 636 с. – (Классический университетский учебник) . - 250-лет МГУ им. М.В. Ломоносова . - ISBN 5-947743-96-5 (доступно 100 экз.).
2. Алдошин, Г. Т. Теория линейных и нелинейных колебаний: учебное пособие для физико-технических вузов. Серия: Учебники для вузов. Специальная литература. Лань, 2013 г. ISBN 978-5-8114-1460-4. (доступно 28 экз.).

Дополнительная литература:

3. Бакушев, С. В. Геометрически и физически нелинейная механика сплошной среды. Плоская задача. Эдиториал УРСС, 2013 г. ISBN 978-5-397-03328-2.(доступен 1 экз.).