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.2.1 Решение нелинейных задач механики в прикладных программах

Направление подготовки:
01.06.01 Математика и механика

Профиль подготовки:
01.02.04 Механика деформируемого твердого тела

Квалификация выпускника: «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Казань 2015

1. КРАТКАЯ 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 «Решение нелинейных задач механики в прикладных программах», используются аспирантами при написании диссертации.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

Данная дисциплина относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 2 курсе (4 семестр).

Для успешного освоения данной дисциплины нужно освоение в качестве предшествующих следующих дисциплин: Теоретическая и прикладная механика; Сопротивление материалов; Основы МСС; Механика деформируемого твердого тела; Теория пластичности; Контактные задачи.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Обучающийся, завершивший изучение дисциплины, должен

знать:

область применения нелинейных прикладных задач механики деформируемого твердого тела и теории оболочек;

принципы работы ППП «ANSYS».

уметь:

формулировать постановку задачи;

моделировать задачу в ППП «ANSYS»;

решать задачу в ППП «ANSYS»;

анализировать результаты, полученные в ходе решения задачи.

владеть:

пакетами прикладных программ для компьютерного моделирования задачи

демонстрировать способность и готовность:

применять результаты освоения дисциплины в профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	**Расшифровка приобретаемой компетенции**
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и

	информационно-коммуникационных технологий;
ПК-1	способность к организации и проведению научно-исследовательской деятельности в профессиональной области, в том числе руководству научно-исследовательской работой студентов;
ПК- 2	способность подготавливать научные работы для публикации в ведущих российских и международных изданиях, а также выступления на российских и международных научно-практических конференциях;

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины (в часах) по видам нагрузки обучающегося и по разделам дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: зачет в 4 семестре.

	Раздел дисциплины	**Семестр**	**Лекции**	**Практические занятия**	**Лабораторные работы**	**Самостоятельная работа**
1.	Структура CAE-интерфейса Ansys. Моделирование геометрии.	4	2	2		4
2.	Построение сетки конечных элементов.	4	2	2		10
3.	Моделирование различных типов материалов. Приложение нагрузок, проведение вычислений и операции с результатами.	4	2	2		8
4.	Моделирование статической и динамической линейной задачи.	4	2	2		2
5.	Моделирование контактной задачи.	4	2	2		6
6.	Моделирование геометрически нелинейной задачи.	4	2	2		12
7.	Моделирование физически нелинейной задачи.	4	2	2		12
8.	Моделирование предельного состояния грунтов.	4	2	2		12
9.	Моделирование геометрически нелинейного деформирования упругопластического деформирования грунта, взаимодействующего с расположенными в нем деформируемыми конструкциями, с учетом контакта.	4	2	2		12
10.	Итоговая форма контроля	4				зачет
	Итого			18	18	72

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Структура CAE-интерфейса Ansys. Моделирование геометрии.

лекционное занятие (2 часа):

Обзор существующих программных средств, на основе которых можно проводить расчеты нелинейных задач механики деформируемого твердого тела в полуавтоматическом режиме. Место пакета ANSYS среди существующих пакетов прикладных программ. Возможности пакета ANSYS. Меню утилит. Графическое окно. Работа с HELP. Программирование в интерактивном режиме. Работа с LOG файлом. Основы языка программирования APDL. Создание текстовых запускаемых файлов.

практическое занятие (2 часа):

Работа под командой Modeling. Создание геометрических объектов. Моделирование геометрии «сверху вниз». Моделирование геометрии «снизу вверх». Операции копирования, отражения, переноса, искажения, удаления различных геометрических объектов. Булевы операции с объектами. Измерение геометрических параметров по рисунку. Построение симметричных и циклически симметричных объектов.

Тема 2. Построение сетки конечных элементов.

лекционное занятие (2 часа):

Автоматическое построение сетки. Начальные параметры дискретизации геометрических объектов. Максимальное число элементов по линии, поверхности, объему. Максимальный размер элементов. Структурированные конечно-элементные сетки. Свободные конечно-элементные сетки. Операции конкатенации.

практическое занятие (2 часа):

Вырожденные элементы. Линейные элементы. Квадратичные элементы. Выбор элементов для расчета. Общие сведения о MeshTool. Локальное уточнение сетки. Экстренное прерывание разбиения. Проверка формы элемента. Дополнительные возможности разбиения. Назначение атрибутов различным геометрическим объектам. Установка атрибутов различным геометрическим объектам по умолчанию.

Тема 3. Моделирование различных типов материалов. Приложение нагрузок, проведение вычислений и операции с результатами.

лекционное занятие (2 часа):

Общая характеристика физических свойств материалов. Выбор типа решаемой задачи. Выбор физической модели. Задание типов элемента. Определение вещественных констант элемента. Создание сечений. Определение свойств материалов. Линейные свойства материала. Нелинейные свойства материала. Анизотропные упругие свойства материала. Интерфейс модели материала. Доступ к интерфейсу. Выбор поведения материала. Ввод данных материала. Изменение значений свойств материала Пример: задание модели материала. Пример: изменение данных модели материала.

практическое занятие (2 часа):

Нагружения. Обзор нагружений. Нагрузки на твердую модель: преимущества и недостатки. Нагрузки на конечно элементную модель: преимущества и недостатки. Ограничивающие условия. Установка симметричных или антисимметричных граничных условий. Передача сил. Поверхностные нагрузки. Объемные нагрузки. Задание объемных нагрузок на элементы. Задание объемных нагрузок на ключевые точки. Задание объемных нагрузок на линии, площади и объемы. Задание общей объемной нагрузки. Повторное задание объемной нагрузки. Передача объемных нагрузок. Масштабирование значений объемной нагрузки. Разрешение конфликтных ситуаций, возникающих при задании объемных нагрузок. Инерционные нагрузки.

Тема 4. Моделирование статической и динамической линейной задачи.

лекционное занятие (2 часа):

Основные команды пакетного и интерактивного режимов статической задачи. Постановка задачи. Построение модели. Ввод имени задачи. Ввод заголовка и системы единиц. Ввод заголовка и системы единиц. Ввод типов элементов. Ввод констант элементов. Задание свойств

материала. Построение модели. Моделирование «сверху-вниз». Моделирование «снизу-вверх. Моделирование с применением булевых операций. Выбор метода построения сетки. Построение произвольной (free) сетки. Построение упорядоченной (mapped) сетки. Приложение нагрузок и получение решения. Граничные условия. Сосредоточенные нагрузки (силы и моменты сил). Поверхностные нагрузки.

практическое занятие (2 часа):

Основные команды пакетного и интерактивного режимов статической задачи. Постановка задачи. Построение модели. Задание начальных условий. Выбор метода интегрирования матричных уравнений движения. Выбор параметров для метода Ньюмарка. Приложение распределенной нагрузки к балкам. Установление связи величины поверхностной нагрузки с номерами узлов. Задание градиента поверхностной нагрузки. Инициализация решения. Обработка, печать и сохранение результатов (постпроцессорная обработка). Сохранение и восстановление результатов.

Тема 5. Моделирование контактной задачи.

лекционное занятие (2 часа):

Обзор контактных проблем. Средства для расчета явного динамического контакта. Общая классификация контактов. Возможности программы. ANSYS при расчете контактных задач. Контактные элементы "поверхность-поверхность". Контактные элементы "узел-поверхность". Контактные элементы "узел-узел". Выполнение контактного анализа "поверхность-поверхность". Использование контактных элементов "поверхность-поверхность". Шаги при выполнении контактного анализа.

практическое занятие (2 часа):

Управление движением жесткой целевой поверхности. Моделирование теплового контакта. Приложение граничных условий к деформируемым элементам. Задание опций решения и шагов нагружения. Решение задачи. Просмотр результатов. Выполнение контактного анализа "узел-поверхность". Использование контактных элементов "узел-поверхность". Шаги при выполнении контактного анализа "узел-поверхность". Выполнение контактного анализа "узел-узел".

Тема 6. Моделирование геометрически нелинейной задачи.

лекционное занятие (2 часа):

Варианты нелинейного поведения конструкций. Нелинейное изменение геометрии. Нелинейное поведение материала. Нелинейное изменение условий нагружения и взаимодействия конструкций, включая условия контакта. Консервативное и неконсервативное поведение конструкций. Задание опций нелинейного деформирования. Структурно-трансформирующиеся расчетные схемы. «Рождение» и «смерть» элементов. Метод Ньютона-Рафсона. Опции метода Ньютона-Рафсона. Расчет предварительно-напряженных конструкций.

практическое занятие (2 часа):

Задание первичных параметров. Определение независимых переменных. Выполнение операций с табличными параметрами. Проверка граничных условий. Задание функциональных граничных условий. Function Editor. Function Loader. Построение графика или вывод в список значений функционального граничного условия. Установка опций шага нагружения. Основные опции. Диалоговое окно Solution Controls. Опция Time. Количество шагов нагружения и величина временного шага. Автоматический выбор временного шага. Пошаговые или линейные нагрузки.

Тема 7. Моделирование физически нелинейной задачи.

лекционное занятие (2 часа):

Моделирование пластической деформации и деформационного упрочнения материала. Билинейная модель кривой деформирования материала. Мультилинейная модель кривой деформирования материала. Нелинейная модель кривой деформирования материала. Изотропное нагружение. Анизотропное нагружение материала. Пластичность по Мизесу. Пластичность по Хиллу. Изотропное упрочнение материала. Кинематическое нагружение материала. Вязкопластическое деформирование.

практическое занятие (2 часа):

Шаги нагружения, приращения и равновесные итерации. Роль времени в качестве параметра слежения. Пошаговые и линейные нагрузки. Формат файла начального напряжения. Пример импорта начальных напряжений в ANSYS. Задача, использующая ISTRESS. Файл выходных данных, записываемый командой ISWRITE. Задание нагрузок, используя параметры массива (тип TABLE).

Тема 8. Моделирование предельного состояния грунтов.

лекционное занятие (2 часа):

Пластические модели для не конструкционных материалов. Пластическое деформирование бетона. Пластическое деформирование железобетона. Модели пластического деформирования грунтов. Библиотека моделей пластического поведения грунтов. Модель Друккера-Прагера. Реологические модели. Параметры реологических моделей. Закон сухого трения. Критерий пластичности Кулона-Мора. Критерий пластичности Сен-Венана-Треска. Критерий пластичности Мизеса-Боткина.

практическое занятие (2 часа):

Решение модельных задач упругопластического деформирования грунтов. Двумерный случай. Развитие пластических деформаций в грунтовой насыпи под воздействием собственного веса. Моделирование осадки грунта в процессе прокладки тоннеля метрополитена. Решение трехмерных задач.

Тема 9. Моделирование геометрически нелинейного деформирования упругопластического деформирования грунта, взаимодействующего с расположенными в нем деформируемыми конструкциями, с учетом контакта.

лекционное занятие (2 часа):

Создание модели и сеточное разбиение. Определение контактных пар. Назначение целевой и контактной поверхностей. Асимметричный и симметричный контакт. Задание целевой поверхности. Задание деформируемой контактной поверхности. Задание реальных постоянных и ключевых опций элементов. Пример: задание комбинации моделей материала. Интерфейс модели материала. Использование файлов библиотеки материалов. Формат файлов библиотеки материала. Установка пути чтения/записи для файлов библиотеки материала. Создание (запись) фала библиотеки материала.

практическое занятие (2 часа):

Создание геометрии и сеточное разбиение. Создание контактных элементов. Задание контактной нормали. Задание начального перекрытия или зазора. Выбор контактного алгоритма. Приложение граничных условий. Решение задачи. Просмотр результатов. Передача ограничивающих условий. Переустановка ограничивающих условий. Масштабирование значений ограничивающих условий. Конфликт ограничивающих условий. Силы (Концентрированные нагрузки). Повторное задание силы. Масштабирование значений силы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курсы лекций и семинарских занятий, организованные по стандартной технологии.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Вопросы к практическим занятиям

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО КУРСУ

Тема 1. Структура CAE-интерфейса Ansys. Моделирование геометрии.

Команда Modeling. Создание геометрических объектов. Моделирование геометрии «сверху вниз». Моделирование геометрии «снизу вверх». Операции копирования, отражения, переноса, искажения, удаления различных геометрических объектов. Булевы операции с

объектами. Измерение геометрических параметров по рисунку. Построение симметричных и циклически симметричных объектов.

Тема 2. Построение сетки конечных элементов.

Вырожденные элементы. Линейные элементы. Квадратичные элементы. Выбор элементов для расчета. Общие сведения о MeshTool. Локальное уточнение сетки. Экстренное прерывание разбиения. Проверка формы элемента. Дополнительные возможности разбиения. Назначение атрибутов различным геометрическим объектам. Установка атрибутов различным геометрическим объектам по умолчанию.

Тема 3. Моделирование различных типов материалов. Приложение нагрузок, проведение вычислений и операции с результатами.

Нагружения. Обзор нагружений. Нагрузки на твердую модель: преимущества и недостатки. Нагрузки на конечно элементную модель: преимущества и недостатки. Ограничивающие условия. Установка симметричных или антисимметричных граничных условий. Передача сил. Поверхностные нагрузки. Объемные нагрузки. Задание объемных нагрузок на элементы. Задание объемных нагрузок на ключевые точки. Задание объемных нагрузок на линии, площади и объемы. Задание общей объемной нагрузки. Повторное задание объемной нагрузки. Передача объемных нагрузок. Масштабирование значений объемной нагрузки. Разрешение конфликтных ситуаций, возникающих при задании объемных нагрузок. Инерционные нагрузки.

Тема 4. Моделирование статической и динамической линейной задачи.

Основные команды пакетного и интерактивного режимов статической задачи. Постановка задачи. Построение модели. Задание начальных условий. Выбор метода интегрирования матричных уравнений движения. Выбор параметров для метода Ньюмарка. Приложение распределенной нагрузки к балкам. Установление связи величины поверхностной нагрузки с номерами узлов. Задание градиента поверхностной нагрузки. Инициализация решения. Обработка, печать и сохранение результатов (постпроцессорная обработка). Сохранение и восстановление результатов.

Тема 5. Моделирование контактной задачи.

Управление движением жесткой целевой поверхности. Моделирование теплового контакта. Приложение граничных условий к деформируемым элементам. Задание опций решения и шагов нагружения. Решение задачи. Просмотр результатов. Выполнение контактного анализа "узел-поверхность". Использование контактных элементов "узел-поверхность". Шаги при выполнении контактного анализа "узел-поверхность". Выполнение контактного анализа "узел-узел".

Тема 6. Моделирование геометрически нелинейной задачи.

Задание первичных параметров. Определение независимых переменных. Выполнение операций с табличными параметрами. Проверка граничных условий. Задание функциональных граничных условий. Function Editor. Function Loader. Построение графика или вывод в список значений функционального граничного условия. Установка опций шага нагружения. Основные опции. Диалоговое окно Solution Controls. Опция Time. Количество шагов нагружения и величина временного шага. Автоматический выбор временного шага. Пошаговые или линейные нагрузки.

Тема 7. Моделирование физически нелинейной задачи.

Шаги нагружения, приращения и равновесные итерации. Роль времени в качестве параметра слежения. Пошаговые и линейные нагрузки. Формат файла начального напряжения. Пример импорта начальных напряжений в ANSYS. Задача, использующая ISTRESS. Файл выходных данных, записываемый командой ISWRITE. Задание нагрузок, используя параметры массива (тип TABLE).

Тема 8. Моделирование предельного состояния грунтов.

Решение модельных задач упругопластического деформирования грунтов. Двумерный случай. Развитие пластических деформаций в грунтовой насыпи под воздействием

собственного веса. Моделирование осадки грунта в процессе прокладки тоннеля метрополитена. Решение трехмерных задач.

Тема 9. Моделирование геометрически нелинейного деформирования упругопластического деформирования грунта, взаимодействующего с расположенными в нем деформируемыми конструкциями, с учетом контакта.

Создание геометрии и сеточное разбиение. Создание контактных элементов. Задание контактной нормали. Задание начального перекрытия или зазора. Выбор контактного алгоритма. Приложение граничных условий. Решение задачи. Просмотр результатов. Передача ограничивающих условий. Переустановка ограничивающих условий. Масштабирование значений ограничивающих условий. Конфликт ограничивающих условий. Силы (Концентрированные нагрузки). Повторное задание силы. Масштабирование значений силы.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

7.1. Регламент дисциплины

Зачет ставится аспирантам, которые при ответе:

- обнаруживают твёрдое знание программного материала;
- способны применять знание теории к решению задач профессионального характера;
- допускают отдельные погрешности и неточности при ответе.

Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Соблюдаются нормы литературной речи.

7.2. Оценочные средства текущего контроля

Тестирование по темам 1-9.

1. Моделирование геометрии «сверху вниз».
2. Моделирование геометрии «снизу вверх».
3. Операции копирования, отражения, переноса, искажения, удаления различных геометрических объектов.
4. Булевы операции с объектами.
5. Элементы сплошных сред, оболочек и балок.
6. Линейные элементы. Квадратичные элементы.
7. Установка симметричных или антисимметричных граничных условий.
8. Поверхностные нагрузки. Объемные нагрузки.
9. Инерционные нагрузки.
10. Основные команды пакетного и интерактивного режимов динамической задачи.
11. Выбор параметров для метода Ньюмарка.
12. Задание градиента поверхностной нагрузки. Инициализация решения.
13. Управление движением жесткой целевой поверхности.
14. Моделирование теплового контакта.
15. Использование контактных элементов "узел-поверхность".
16. Моделирование геометрически нелинейной задачи. Задание функциональных граничных условий.
17. Установка опций шага нагружения.
18. Автоматический выбор временного шага. Пошаговые или линейные нагрузки.
19. Моделирование физически нелинейной задачи. Шаги нагружения, приращения и равновесные итерации.
20. Импорт начальных напряжений в ANSYS.
21. Задание нагрузок, используя параметры массива (тип TABLE).
22. Выбор модели грунта.
23. Моделирование осадки грунта в процессей прокладки тоннеля.

24. Развитие пластических деформаций в грунтовой насыпи под воздействием собственного веса.
25. Создание контактных элементов. Задание контактной нормали. Задание начального перекрытия или зазора.
26. Выбор контактного алгоритма. Приложение граничных условий.
27. Просмотр результатов контактной задачи. Передача ограничивающих условий. Масштабирование значений силы.

контрольная работа

Решить в пакете ANSYS задачу о выемке грунта из котлована: построить геометрическую модель, построить конечно-элементную сетку, задать граничные условия, решить задачу, исследовать влияние сцепления и угла внутреннего трения на величину максимальной пластической деформации.

7.3. Вопросы к зачету

1. Обзор существующих программных средств, на основе которых можно проводить расчеты нелинейных задач механики деформируемого твердого тела в полуавтоматическом режиме.
2. Место пакета ANSYS среди существующих пакетов прикладных программ.
3. Возможности пакета ANSYS.
4. Программирование в интерактивном режиме. Работа с LOG файлом.
5. Основы языка программирования APDL. Создание текстовых запускаемых файлов.
6. Автоматическое построение сетки.
7. Начальные параметры дискретизации геометрических объектов.
8. Максимальное число элементов по линии, поверхности, объему. Максимальный размер элементов.
9. Структурированные конечно-элементные сетки. Свободные конечно-элементные сетки.
10. Выбор типа решаемой задачи. Выбор физической модели.
11. Задание типов элемента. Определение вещественных констант элемента. Создание сечений.
12. Определение свойств материалов. Линейные свойства материала. Нелинейные свойства материала. Анизотропные упругие свойства материала.
13. Интерфейс модели материала. Доступ к интерфейсу.
14. Основные команды пакетного и интерактивного режимов статической задачи.
15. Моделирование с применением булевых операций.
16. Граничные условия. Сосредоточенные нагрузки (силы и моменты сил). Поверхностные нагрузки.
17. Обзор контактных проблем.
18. Средства для расчета явного динамического контакта. Общая классификация контактов.
19. Возможности программы. ANSYS при расчете контактных задач.
20. Контактные элементы "поверхность-поверхность".
21. Контактные элементы "узел-поверхность".
22. Контактные элементы "узел-узел".
23. Шаги при выполнении контактного анализа.
24. Варианты нелинейного поведения конструкций. Нелинейное изменение геометрии. Нелинейное поведение материала. Нелинейное изменение условий нагружения и взаимодействия конструкций, включая условия контакта.
25. Консервативное и неконсервативное поведение конструкций.
26. Задание опций нелинейного деформирования.
27. Структурно-трансформирующиеся расчетные схемы.
28. «Рождение» и «смерть» элементов.
29. Метод Ньютона-Рафсона. Опции метода Ньютона-Рафсона.
30. Расчет предварительно-напряженных конструкций.

31. Билинейная модель кривой деформирования материала. Мультилинейная модель кривой деформирования материала. Нелинейная модель кривой деформирования материала.
32. Изотропное нагружение. Анизотропное нагружение материала.
33. Пластичность по Мизесу. Пластичность по Хиллу.
34. Изотропное упрочнение материала. Кинематическое упрочнение материала.
35. Пластическое деформирование бетона.
36. Модель Друккера-Прагера.
37. Определение контактных пар. Назначение целевой и контактной поверхностей. Асимметричный и симметричный контакт.
38. Задание целевой поверхности. Задание деформируемой контактной поверхности. Задание реальных постоянных и ключевых опций элементов.
39. Интерфейс модели материала. Использование файлов библиотеки материалов.
40. Формат файлов библиотеки материала. Установка пути чтения/записи для файлов библиотеки материала. Создание (запись) фала библиотеки материала.

7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

Индекс компетенции	**Расшифровка компетенции**	**Показатель формирования компетенции для данной дисциплины**	**Оценочное средство**
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;	Способность к анализу литературы, посвященной современным методам расчетов, ориентироваться в современных методах решения нелинейных проблем	Вопросы теста 1-14 Вопросы к зачету 1-14
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач;	Умение формулировать задачу, выбор методов и алгоритмов решения	Вопросы теста 1-14 Вопросы к зачету 15-28
ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов	Способность к формулировке исследуемой задачи, построения стратегии решения, знание продуктов численной реализации методов исследования	Вопросы теста 15-25 Контрольная работа Вопросы к зачету 29-40

	исследования и информационно-коммуникационных технологий;		
ПК-1	способность к организации и проведению научно-исследовательской деятельности в профессиональной области, в том числе руководству научно-исследовательской работой студентов;	Способность к формулировке исследуемой задачи, построения стратегии решения	Вопросы теста 15-25 Вопросы к зачету 29-40
ПК- 2	способность подготавливать научные работы для публикации в ведущих российских и международных изданиях, а также выступления на российских и международных научно-практических конференциях;	Умение четко формулировать проблему исследования, анализировать и делать выводы	Вопросы теста 26-37 Вопросы к зачету 29-40

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Очень важным при изучении курса является систематическое и последовательное изучение предмета.

Для этого необходимо:

1. регулярно посещать лекционные и семинарские занятия;
2. записывать конспект каждой лекции и каждого семинарского занятия, чтобы к концу семестра иметь полный курс лекций;
3. перед очередной лекцией повторить содержание предыдущих лекций и семинарских занятий;
4. при подготовке к докладу на семинарском занятии подробно изучить учебный вопрос по рекомендуемой литературе, придерживаясь тех обозначений, которые приняты на лекциях;
5. при выступлении на семинарском занятии увязывать изложение материала с содержанием предыдущих занятий;
6. с целью более глубокого изучения курса и его применения к решению практических задач в рамках самостоятельного изучения учебного курса рекомендуется обращаться к книгам, приведенным в списке литературы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Основная литература

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

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

9.2. Дополнительная литература

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

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

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.

9.3. 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

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ 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 и с учетом рекомендаций по направлению подготовки.

Автор(ы): Бережной Д.В.

Рецензент(ы): Султанов Л.У.

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