

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Филиал г. Миасс
Машиностроительный

_____ Д. В. Чебоксаров
25.06.2018

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
к ОП ВО от 27.06.2018 №007-03-1897**

**дисциплины В.1.05 Метод конечных элементов
для направления 08.03.01 Строительство
уровень бакалавр тип программы Бакалавриат
профиль подготовки
форма обучения заочная
кафедра-разработчик Строительство**

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, утверждённым приказом Минобрнауки от 12.03.2015 № 201

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.
(ученая степень, ученое звание)

_____ 25.06.2018 _____
(подпись)

А. П. Мельчаков

Разработчик программы,
к.техн.н., заведующий кафедрой
(ученая степень, ученое звание,
должность)

_____ 25.06.2018 _____
(подпись)

Д. В. Чебоксаров

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: Обучение теоретическим и практическим основам метода конечных элементов (МКЭ) и использованию в строительном проектировании современных программных комплексов, реализующих МКЭ (владение основными идеями, приёмами их алгоритмизации; практическими навыками выполнения и контроля правильности расчётов, сочетания МКЭ с проектирующими модулями современных программных комплексов). Обучение учащихся навыкам самостоятельного совершенствования своих знаний и практических навыков в области применения метода конечных элементов в строительном проектировании. **Задачи:** В результате обучения учащиеся должны получить следующие знания и представления: 1. о теоретических и практических вопросах метода конечных элементов и программного обеспечения; 2. об алгоритмизации и компьютерной реализации версии метода конечных элементов в форме метода перемещений; 3. о современном программном обеспечении МКЭ (на примере программного комплекса SCAD Office).

Краткое содержание дисциплины

Введение. Понятие и структура расчётной модели МКЭ. Глубина моделирования. Основные понятия МКЭ. Понятие о конечных элементах(КЭ), типы и атрибуты КЭ. Теоретические основы МКЭ. Матрицы жёсткости КЭ. Локальна и глобальна система координат. Формирование глобальной матрицы жёсткости. Учёт кинематических граничных условий. Теория и расчёт непрерывных (континуальных) систем средствами МКЭ. Программные комплексы на основе МКЭ для расчёта объектов строительства. Практические вопросы построения и реализации конечно-элементных моделей.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ОПК-1 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знать:
	Уметь:
	Владеть: способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин при проектировании зданий, применять методы математического анализа и компьютерного моделирования при прочностном расчете зданий
ПК-14 владением методами и средствами физического и математического (компьютерного) моделирования в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированных проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, владение методами испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам	Знать:
	Уметь:
	Владеть: методами и средствами компьютерного моделирования в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов: SCAD Office

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.05.01 Алгебра и геометрия	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Б.1.05.01 Алгебра и геометрия	Студент должен владеть математическим аппаратом дифференциального исчисления, матричного исчисления

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		9
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72
<i>Аудиторные занятия</i>	8	8
Лекции (Л)	4	4
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	0	0
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	64	64
внеаудиторная СРС	64	64
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение. Понятие и структура расчётной модели МКЭ. Основные понятия МКЭ. Понятие о конечных элементах. Теоретические основы МКЭ. Матрицы жёсткости КЭ. Локальна и глобальна система координат. Учет кинематических граничных условий.	4	2	2	0
2	Теория и расчёт непрерывных систем средствами МКЭ. Программные комплексы на основе МКЭ для расчета зданий. Практические вопросы построения и реализации конечно-элементных моделей.	4	2	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение. Понятие и структура расчётной модели МКЭ. Основные понятия МКЭ. Понятие о конечных элементах. Основные понятия вариационного исчисления. Уравнения теории упругости в векторно-матричной форме. Принцип возможных перемещений для идеального линейно-упругого тела. Вариационный принцип Лагранжа. Матрица жёсткости стержневого конечного элемента на примере стержня с двумя степенями свободы в узле (вывод записей всех членов матрицы). Способ получения членов матрицы при помощи функции перемещений в форме степенных полиномов. Записи матриц жёсткости для стержневых конечных элементов с тремя, пятью степенями свободы. Формирование глобальной системы уравнений на примере плоской стержневой системы: общие положения, общая и местная системы координат, формирование уравнений равновесия узлов, заполнение глобальной матрицы жёсткости. Понятие о МКЭ как о матричной форме метода перемещений. Универсальная схема решения задач МКЭ: матрица жёсткости конечного элемента – переход от местных к общей системе координат – формирование глобальной матрицы жёсткости. О ленточной структуре глобальной матрицы жёсткости.	2
2	2	Конечные элементы континуальных систем: понятие, определение, классификация. Членение расчётных схем на конечные элементы. Связь МКЭ континуальных систем с методом перемещений. Аппроксимация функций перемещений степенными полиномами. Построение матриц жёсткости треугольного и прямоугольных, четырёх - и восьмиугольного плоских конечных элементов. Формирование глобальной матрицы жёсткости: общий подход, практическая реализация на примерах. Характеристика современных континуальных конечных элементов (таблица, пояснения). Теория и практика конечноэлементной схематизации проектируемых объектов. Примеры решения научных и практических задач. Общие принципы построения. Программный комплекс «SCAD Office»: технические возможности, библиотеки конечных элементов, функциональные модули. Входная и выходная информация. Проектные (аналитические и конструкторские) программы. Работа пользователя. Источники погрешностей и ошибок МКЭ. Методы решения линейных алгебраических уравнений с разреженными матрицами коэффициентов.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Основы теории матриц. Пример ручного расчёта плоской стержневой системы МКЭ	2
2	2	Расчёты примеров стержневых систем МКЭ с использованием программы SCAD Office	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС

Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Решение задач с применением теории матриц	Золотов А.Б., Численные и аналитические методы расчета строительных конструкций // А.Б. Золотов, П.А. Акимов, В.Н. Сидоров, М.Л. Мозгалева / М.: Изд. АСВ – 2009г. – 336 с.	16
"Ручной" расчет плоской стержневой системы методом КЭ	Тамогин, Ю.Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов. [Электронный ресурс] / Ю.Н. Самогин, В.Е. Хроматов, В.П. Чирков. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2012. — 200 с.	16
Моделирование различных вариантов стержневых систем в программном комплексе SCAD	Габитов А.И., Железобетонные конструкции. Курсовое и дипломное проектирование с использованием программного комплекса SCAD: Учебное пособие // А.И. Габитов, А.А. Семенов / М.: СКАД СОФТ, 2012 г. – 280 с. главы 2-5, стр. 67-211; Семенов А.А., Металлические конструкции. Расчет элементов и соединений с использованием программного комплекса SCAD Office: Учебное пособие // А.А. Семенов и др. / М.: СКАД СОФТ, 2012 г. – 338 с. Глава 2, стр. 23-90	32

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Разбор конкретных ситуаций	Практические занятия и семинары	Преподаватель разбирает различные варианты моделирования реальных конструкций	4

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ОПК-1 способностью использовать основные законы	Зачет	

	естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования		
Практические вопросы построения и реализации конечно-элементных моделей.	ПК-14 владением методами и средствами физического и математического (компьютерного) моделирования в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, владение методами испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам	Семестровое задание	

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
Зачет	Преподаватель анализирует работу студента за семестр. Если студент выполнил семестровое задание на оценку "зачтено", то преподаватель допускает студента к зачету, который сдается в письменной форме в виде ответов на вопросы	Зачтено: Студент ответил на поставленный вопрос, при этом допускаются незначительные неточности Не зачтено: Студент не получил допуск к зачету или не ответил на вопрос
Семестровое задание	В течение семестра студент выполняет семестровое задание. Задание состоит из 3-х задач. При правильном и полном решении всех задач студент получает допуск к зачету	Зачтено: решение всех задач Не зачтено: отсутствие решения хоть одной задачи

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
Зачет	<ol style="list-style-type: none"> 1. Расчётная модель конструкции. Аналитические и численные методы расчёта. 2. Идея метода конечных элементов (МКЭ). Основные понятия: конечный элемент (КЭ), узел, функция формы (базисная функция), локальная и глобальная системы координат. 3. Основные типы конечных элементов. 4. Современные программные комплексы МКЭ. Понятия: препроцессор, процессор, постпроцессор. 5. Структура расчётной модели. Глубина моделирования. 6. Основные понятия вариационного исчисления: вариация функции, функционал, вариация функционала. Уравнение Эйлера. Метод Релея-Рица. 7. Основные уравнения теории упругости в операторно-матричном виде. Уравнения метода перемещений. 8. Принцип возможных перемещений. Вариационный принцип Лагранжа. 9. Метод конечных элементов в форме метода перемещений. Понятие матрицы жёсткости конечного элемента. 10. Матрица жёсткости простейшего стержневого КЭ. 11. Преобразование матриц жесткостей КЭ при переходе от локальной к глобальной системе координат. 12. Матрица жёсткости треугольного КЭ для плоской задачи теории упругости. 13. Формирование глобальной матрицы жёсткости, её свойства. Учёт граничных условий.

	14. Точность МКЭ. Ошибки решения. Понятия о h-методе и p-методе МКЭ.
Семестровое задание	Задача 1: смоделировать в ПК SCAD office плоскую статически-неопределимую балку из курса Строительной механики и получить усилия от всех видов воздействия (силовое, температурное, смещение опоры) Задача 2: смоделировать в ПК SCAD office плоскую статически-неопределимую раму из курса Строительной механики и получить усилия от всех видов воздействия (силовое, температурное, смещение опоры) Задача 3: смоделировать в ПК SCAD office несущие конструкции здания, выбранного в качестве задания на ВКР, получить усилия в конструкциях и, в зависимости от типа несущих конструкций, назначить сечения элементов (для МК) или назначить систему армирования (для ЖБК)

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Трушин, С. И. Метод конечных элементов. Теория и задачи : учебное пособие / С. И. Трушин. - М. : Асв, 2008
2. Агапов, В.И. Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости конструкций: учебное пособие /В.П.Агапов. - 2-е изд., испр. и доп. - М. Издательство АСВ, 2004. - 248 с.:ил., табл.

б) дополнительная литература:

1. Золотов, А.Б. Численные и аналитические методы расчета строительных конструкций: монография / А.Б. Золотов, П.А. Акимов, В.Н.Сидоров, М.Л.Мозгалева. - М.: Изд-во АСВ, 2009. - 336 с.
2. Габитов А.И. Железобетонные конструкции. Курсовое и дипломное проектирование с использованием программного комплекса SCAD: учебное пособие / А.И. Габитов, А.А. Семенов. - М.: Издательство СКАД СОФТ, Издательство АСВ, 2012. -280 с.
3. Семенов, А.А. Металлические конструкции. Расчет элементов и соединений с использованием программного комплекса SCAD Office: учебное пособие/ А.А.Семенов и др.- М.: Издательство СКАД СОФТ, Издательство АСВ, 2014. — 338 с.: ил.
4. Семенов, А.А. Металлические конструкции. Спецкурс. Расчет усиления элементов и соединений с использованием ВК SCAD Office: учебное пособие / А.А.Семенов, А.А.Малеренко. - М.: Изд-во СКАД СОФТ, Издательский Дом АСВ, 2014. - 218 с.: ил.
5. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич ; пер. с англ. - М. : Мир, 1975. - 541 с.
6. Чернявский, А. О. Практическое применение метода конечных элементов в задачах расчета на прочность : учебное пособие / А. О. Чернявский. - Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2001. - 89 с.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Самогин, Ю.Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов. [Электронный ресурс] / Ю.Н. Самогин, В.Е. Хроматов, В.П. Чирков. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2012. — 200 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

2. Самогин, Ю.Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов. [Электронный ресурс] / Ю.Н. Самогин, В.Е. Хроматов, В.П. Чирков. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2012. — 200 с.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Самогин, Ю.Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов. [Электронный ресурс] / Ю.Н. Самогин, В.Е. Хроматов, В.П. Чирков. — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2012. — 200 с.	Электронно-библиотечная система Издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Дополнительная литература	Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. [Электронный ресурс] / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. — Электрон. дан. — М. : ДМК Пресс, 2009. — 596 с.	Электронно-библиотечная система Издательства Лань	Интернет / Авторизованный

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Autodesk-Educational Master Suite (AutoCAD, AutoCAD Architecture, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Inventor Professional Suite, AutoCAD Raster Design, MEP, Map 3D, Electrical, 3ds Max Design, Revit Architecture, Revit Structure, Revit(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	304 (4)	Системный блок Системный блок Intel Core i5-6400 Skylake OEM, Dimm DDR Crucial 8Gb, 500Gb Seagate Barracuda, Gigabite GA-H110M-S2 RTL, ASUS GT730-SL-2GD5-BRK RTL – 10 шт., Монитор LCD Samsung 24' FullHD LED – 10 шт.
Самостоятельная	306	Системный блок Amd Athlon X2 250, RAM 2 Gb, HDD 250 Gb, Geforce

работа студента	(4)	7600 - 9 шт., МониторLg W1942S - 9 шт.
Лекции	309 (4)	Мультимедиа-проектор, персональный компьютер с установленным программным комплексом SCAD Office