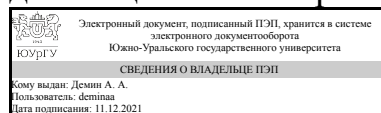


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Институт открытого и
дистанционного образования



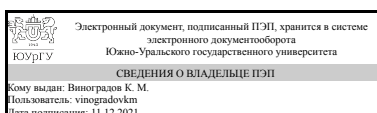
А. А. Демин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П1.07 Метод конечных элементов для решения задач в строительстве
для направления 08.03.01 Строительство
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Промышленное и гражданское строительство
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техника, технологии и строительство

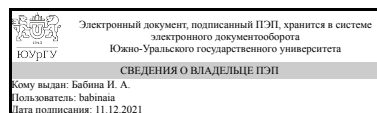
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, утверждённым приказом Минобрнауки от 31.05.2017 № 481

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.



К. М. Виноградов

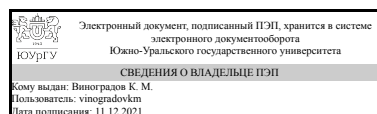
Разработчик программы,
к.физ.-мат.н., доц., доцент



И. А. Бабина

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной
программы
к.техн.н., доц.



К. М. Виноградов

1. Цели и задачи дисциплины

Обучение теоретическим и практическим основам метода конечных элементов (МКЭ) и использованию в строительном проектировании современных программных комплексов, реализующих МКЭ (владение основными идеями, приемами 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 |
|--|---|
| ПК-13 Способен применять средства автоматизированного проектирования | Знает: теорию метода конечных элементов (МКЭ), который является основой большинства современных вычислительных комплексов, предназначенных для расчета строительных конструкций и их элементов Умеет: правильно формулировать расчетные задачи, готовить расчетные схемы строительных конструкций, проводить компьютерные расчеты, анализировать полученные результаты и формировать отчеты по выполненным расчетам Имеет практический опыт: в использовании современных программных комплексов автоматизированного расчета конструкций, оценивать и контролировать правильность полученных результатов |

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Перечень предшествующих дисциплин, | Перечень последующих дисциплин, |
|------------------------------------|---------------------------------|

| видов работ учебного плана | видов работ |
|--|------------------|
| Автоматизированные системы разработки проектной документации, Цифровые методы обработки геодезических работ, Численные методы расчета строительных конструкций | Не предусмотрены |

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

| Дисциплина | Требования |
|--|---|
| Цифровые методы обработки геодезических работ | Знает: общую классификацию геоинформационных программных комплексов; основные современные виды геодезического и картографического программного обеспечения; возможные направления использования ГИС в качестве источников открытой к использованию информации. Умеет: осуществлять основные виды геодезических измерений с использованием электронных тахеометров, геодезических спутниковых приемников, лазерных дальномеров в области строительства. Имеет практический опыт: в обработке данных геодезических измерений с использованием общего универсального и специального инструментального программного обеспечения; выполнять отдельные виды имитационного моделирования средствами ГИС-программных пакетов. |
| Автоматизированные системы разработки проектной документации | Знает: нормативные документы связанные с разработкой проектной документации; нормы ЕСКД; правила выполнения архитектурных и строительных чертежей; состав проектной документации; состав рабочей документации; приблизительный перечень чертежей, входящих в комплекты АР и КР Умеет: выполнять чертежи относящиеся к рабочей и проектной документации с использованием современных методов компьютерного формирования; выполнять чертежи узлов и конструкций в среде AutoCAD Имеет практический опыт: необходимый для выполнения чертежей различного назначения с учетом требований инженерной грамотности и высокого качества графического оформления средствами автоматизированного проектирования по работе в среде проектирования AutoCAD; в использовании нормативной и технической литературой в процессе проектирования |
| Численные методы расчета строительных конструкций | Знает: базовые математические зависимости, основные положения математического анализа и моделирования строительных конструкций |

| | |
|--|--|
| | <p>посредством вычислительного аппарата высшей математики; основы физического и математического (компьютерного) моделирования Умеет: производить расчёт элементов строительных конструкций с применением принципов и методов строительной механики; использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы, системы автоматизированного проектирования, стандартные пакеты автоматизации исследований Имеет практический опыт: в использовании способов алгоритмизации технических задач, базовых основ языков программирования на компьютере и методов автоматизированных расчётов строительных конструкций на базе пакетов прикладных программ, навыков применения методов вычислительной математики для решения задач строительства на ЭВМ</p> |
|--|--|

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|--|-------------|------------------------------------|
| | | Номер семестра |
| | | 6 |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 72 | 72 |
| <i>Аудиторные занятия:</i> | 32 | 32 |
| Лекции (Л) | 16 | 16 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 16 | 16 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 0 | 0 |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i> | 35,75 | 35,75 |
| с применением дистанционных образовательных технологий | 0 | |
| "Ручной" расчет плоской стержневой системы методом КЭ | 13,75 | 13.75 |
| Моделирование различных вариантов стержневых систем в программном комплексе SCAD | 12 | 12 |
| Решение задач с применением теории матриц | 10 | 10 |
| Консультации и промежуточная аттестация | 4,25 | 4,25 |
| Вид 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. | 16 | 8 | 8 | 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. | 16 | 8 | 8 | 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. | 2 |
| 2 | 1 | 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. | 2 |
| 3 | 1 | 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. | 2 |
| 4 | 1 | 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 |
| 5 | 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. | 2 |
| 6 | 2 | Построение матриц жёсткости треугольного и прямоугольных. четырёх - и восьмиузловых плоских конечных элементов. Формирование глобальной матрицы жёсткости: общий подход, практическая реализация на примерах. Характеристика современных континуальных конечных элементов (таблица, пояснения). | 2 |
| 7 | 2 | 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. | 2 |
| 8 | 2 | 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 | 1 | Основы теории матриц. Пример ручного расчёта плоской стержневой системы МКЭ. Решение задач | 2 |
| 3 | 1 | Основы теории матриц. Пример ручного расчёта плоской стержневой системы МКЭ. Самостоятельная работа | 2 |
| 4 | 1 | Основы теории матриц. Пример ручного расчёта плоской стержневой системы МКЭ. Контрольная работа | 2 |
| 5 | 2 | Расчёты примеров стержневых систем МКЭ с использованием программы SCAD Office | 2 |
| 6 | 2 | Расчёты примеров стержневых систем МКЭ с использованием программы SCAD Office. Решения задач | 2 |
| 7 | 2 | Расчёты примеров стержневых систем МКЭ с использованием программы SCAD Office. Самостоятельная работа | 2 |
| 8 | 2 | Расчёты примеров стержневых систем МКЭ с использованием программы SCAD Office. Контрольная работа | 2 |

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС | | | |
|--|---|---------|--------------|
| Подвид СРС | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс | Семестр | Кол-во часов |
| "Ручной" расчет плоской стержневой системы методом КЭ | Гамогин, 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. | 6 | 13,75 |
| 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 | 6 | 12 |
| 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 / | 6 | 10 |

6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов | Учи-тыва-ется в ПА |
|------|----------|---------------------------|-----------------------------------|-----|------------|--|--------------------|
| 1 | 6 | Проме-жуточная аттестация | тестовое задание №1 | - | 1 | Итоговая оценка по дисциплине выставляется по накоплению результатов текущих контрольных мероприятий, при условии выполнения всех контрольных мероприятий. Для получения оценки "Зачтено" необходимо набрать от 60% до 100%. | зачет |
| 2 | 6 | Проме-жуточная аттестация | итоговый тест по дисциплине | - | 0 | Итоговая оценка по дисциплине выставляется по накоплению результатов текущих контрольных мероприятий, при условии выполнения всех контрольных мероприятий. Для получения оценки "Зачтено" необходимо набрать от 60% до 100%. | зачет |

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|------------------------------|--|---|
| зачет | <p>ИНФОРМАЦИЯ О ПРОЦЕДУРЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАЧЕТА В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ Зачет проводится строго по расписанию, студент должен обязательно быть на связи с преподавателем и иметь студенческий билет.</p> <p>Форма проведения промежуточной аттестации (видеоконференция/форум) включает следующий порядок: 1) у студента должен быть подготовлен микрофон и вэб-камера (в случае видеоконференции); 2) студент заявляет о своем присутствии на экзамене лично (видеоконференция) или текстом в форуме; 3) студенты уведомляются об итоговой оценке преподавателем путем озвучивания и/или размещения на страничке курса ведомости с оценками и явкой/(неявкой) студентов; 4) студент должен лично (видеоконференция) или письменно (форум) подтвердить факт ознакомления о результатах зачета и сказать/написать фразу с «результатами ознакомлен, согласен с оценкой». После этого зачет для студента завершен, и он может покинуть страничку дисциплины. 5) Если оценка не подтверждена студентом (т.е. студент вышел из видеоконференции/форума), то она не</p> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

| | | |
|--|--|--|
| | выставляется в электронную ведомость и студент считается не присутствующим на зачете. б) Если студент выбирает вариант «иное» (не согласен с оценкой), то вопрос с данным студентом рассматривается в индивидуальном порядке в текущий момент времени после того, как все, кто согласен подтвердят согласие. | |
|--|--|--|

6.3. Оценочные материалы

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | |
|-------------|--|------|---|
| | | 1 | 2 |
| ПК-13 | Знает: теорию метода конечных элементов (МКЭ), который является основой большинства современных вычислительных комплексов, предназначенных для расчета строительных конструкций и их элементов | + | + |
| ПК-13 | Умеет: правильно формулировать расчетные задачи, готовить расчетные схемы строительных конструкций, проводить компьютерные расчеты, анализировать полученные результаты и формировать отчеты по выполненным расчетам | | + |
| ПК-13 | Имеет практический опыт: в использовании современных программных комплексов автоматизированного расчета конструкций, оценивать и контролировать правильность полученных результатов | + | + |

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Морозов, Е. М. Метод конечных элементов в механике разрушения. - М.: Наука, 1980. - 254 с. ил.
2. Сахаров, А. С. Метод конечных элементов в механике твердых тел Под ред. А. С. Сахарова, И. Альтенбаха. - Киев: Вища школа, 1982. - 480 с.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

Не предусмотрены

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. метод конечных элементов

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. метод конечных элементов

Электронная учебно-методическая документация

Нет

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 профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---------------------------------|-----------|--|
| Самостоятельная работа студента | ДОТ (ДОТ) | 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. |