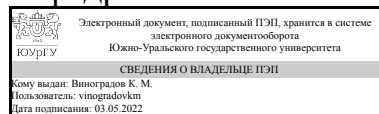


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



К. М. Виноградов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.П1.07 Метод конечных элементов для решения задач в строительстве**

**для направления 08.03.01 Строительство**

**уровень Бакалавриат**

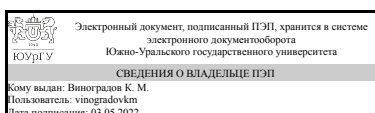
**профиль подготовки Промышленное и гражданское строительство**

**форма обучения очно-заочная**

**кафедра-разработчик Техника, технологии и строительство**

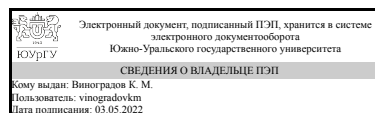
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, утверждённым приказом Минобрнауки от 31.05.2017 № 481

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



К. М. Виноградов

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., заведующий  
кафедрой



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, 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-10 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<br>Умеет: правильно формулировать расчетные задачи, готовить расчетные схемы строительных конструкций, проводить компьютерные расчеты, анализировать полученные результаты и формировать отчеты по выполненным расчетам<br>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,<br>Программные комплексы проектирования зданий,<br>Цифровые методы обработки геодезических работ | Не предусмотрены |

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

| Дисциплина                                                   | Требования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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 |
| 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.                                                                                                           |
| Программные комплексы проектирования зданий                  | Знает: методы расчета и моделирования зданий и сооружений, , методы расчета и моделирования зданий и сооружений Умеет: использовать                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | ANSYS для проектирования и моделирования зданий и сооружений, анализировать результаты расчета , использовать ANSYS для проектирования и моделирования зданий и сооружений, анализировать результаты расчета<br>Имеет практический опыт: в расчетах элементов строительных конструкций на прочность, жесткость и устойчивость , в умении вести расчеты элементов строительных конструкций на прочность, жесткость и устойчивость |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 16,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы                                                               | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------|
|                                                                                  |             | Номер семестра                     |
|                                                                                  |             | 7                                  |
| Общая трудоёмкость дисциплины                                                    | 72          | 72                                 |
| <i>Аудиторные занятия:</i>                                                       | 16          | 16                                 |
| Лекции (Л)                                                                       | 8           | 8                                  |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)       | 8           | 8                                  |
| Лабораторные работы (ЛР)                                                         | 0           | 0                                  |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>                                              | 51,75       | 51,75                              |
| с применением дистанционных образовательных технологий                           | 0           |                                    |
| Моделирование различных вариантов стержневых систем в программном комплексе SCAD | 12          | 12                                 |
| "Ручной" расчет плоской стержневой системы методом КЭ                            | 29,75       | 29.75                              |
| 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. | 8                                         | 4 | 4  | 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.                                                    | 8                                         | 4 | 4  | 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. | 4            |
| 2        | 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            |

## 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   | 4            |
| 2         | 2         | Расчёты примеров стержневых систем МКЭ с использованием программы SCAD Office | 4            |

## 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 |
| 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 | 7       | 12           |
| "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.                                                                                                                                                                                                                                                               | 7       | 29,75        |
| Решение задач с применением теории матриц                                        | Золотов А.Б., Численные и аналитические методы расчета строительных                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 7       | 10           |

|  |                                                                                                         |  |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  | конструкций // А.Б. Золотов, П.А. Акимов, В.Н. Сидоров, М.Л. Мозгалева / М.: Изд. АСВ – 2009г. – 336 с. |  |  |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

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    | 7        | 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    | 7        | Проме-жуточная аттестация | итоговый тест по дисциплине       | -   | 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              |

### 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| зачет                        | <p><b>ИНФОРМАЦИЯ О ПРОЦЕДУРЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАЧЕТА В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ</b> 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</p> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | студента завершен, и он может покинуть страничку дисциплины. 5) Если оценка не подтверждена студентом (т.е. студент вышел из видеоконференции/форума), то она не выставляется в электронную ведомость и студент считается не присутствующим на зачете. 6) 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. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения                                                                                                                                                                                                  | № КМ |   |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|
|             |                                                                                                                                                                                                                      | 1    | 2 |
| ПК-10       | Знает: теорию метода конечных элементов (МКЭ), который является основой большинства современных вычислительных комплексов, предназначенных для расчета строительных конструкций и их элементов                       | +    | + |
| ПК-10       | Умеет: правильно формулировать расчетные задачи, готовить расчетные схемы строительных конструкций, проводить компьютерные расчеты, анализировать полученные результаты и формировать отчеты по выполненным расчетам |      | + |
| ПК-10       | Имеет практический опыт: в использовании современных программных комплексов автоматизированного расчета конструкций, оценивать и контролировать правильность полученных результатов                                  | +    | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Ермакова, А. В. Метод дополнительных конечных элементов для расчета железобетонных конструкций по предельным состояниям [Текст] монография А. В. Ермакова ; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - М. ; Челябинск: Издательство Ассоциации строительных вузов : Издатель, 2007

#### 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

| № | Вид литературы | Наименование ресурса в | Библиографическое описание |
|---|----------------|------------------------|----------------------------|
|---|----------------|------------------------|----------------------------|

|   |                           |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---|---------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |                           | электронной<br>форме                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 1 | Основная литература       | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Князьков, В. В. SolidWorks/COSMOSWorks. Компьютерное моделирование и инженерный анализ методом конечных элементов : учебное пособие / В. В. Князьков. — Нижний Новгород : НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2010. — 216 с. — ISBN 978-5-93272-827-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/151380">https://e.lanbook.com/book/151380</a> (дата обращения: 03.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. |
| 2 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Даутов, Р. З. Программная реализация метода конечных элементов в MATLAB : учебное пособие / Р. З. Даутов. — Казань : КФУ, 2014. — 106 с. — ISBN 978-5-00019-313-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/72805">https://e.lanbook.com/book/72805</a> (дата обращения: 03.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                                                                             |
| 3 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Солдаткин, А. В. Введение в метод конечных элементов : учебное пособие / А. В. Солдаткин, Е. С. Баранова. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2020. — 123 с. — ISBN 978-5-907324-05-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/172238">https://e.lanbook.com/book/172238</a> (дата обращения: 03.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                                     |
| 4 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Макаров, Е. Г. Метод конечных элементов в прочностных расчётах : учебное пособие / Е. Г. Макаров. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. — 136 с. — ISBN 978-5-906920-49-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/121830">https://e.lanbook.com/book/121830</a> (дата обращения: 03.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.                                             |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
2. 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                                                                                                       |
|-------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекции      | 108 (ПЛК) | Компьютер 15 шт.(Intel(R) Celeron(R) CPU J1800 @ 2.41 GHz, 4,00 ГБ ОЗУ с выходом в Интернет и доступом в портал «Электронный ЮУрГУ»; Компьютер 1 шт. (Intel(R) Core(TM) i7-7700 CPU @ 3.60 GHz, 8,00 ГБ ОЗУ); Интерактивная доска IQBoard PS, Проектор |



|                                 |           |                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |           | EPSON, наушники с микрофоном Logitech, Монитор-15 шт.                                                                                                                                                                   |
| 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. |