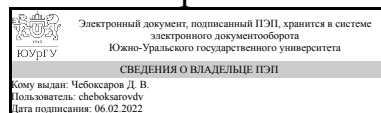


УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Филиал г. Миасс  
Машиностроительный



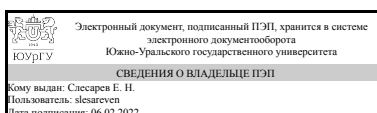
Д. В. Чебоксаров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.П1.08 Метод конечных элементов для решения задач в строительстве  
**для направления** 08.03.01 Строительство  
**уровень** Бакалавриат  
**профиль подготовки** Строительство и реконструкция зданий  
**форма обучения** заочная  
**кафедра-разработчик** Техническая механика и естественные науки

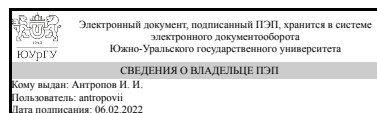
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, утверждённым приказом Минобрнауки от 31.05.2017 № 481

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



Е. Н. Слесарев

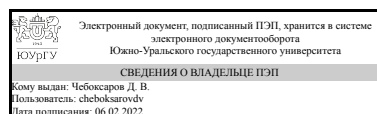
Разработчик программы,  
к.техн.н., доцент



И. И. Антропов

СОГЛАСОВАНО

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



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, 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.

## 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-9 Способность проводить расчетное обоснование и конструирование строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения	Знает: расчетного анализа и оценки технических решений реконструируемых объектов капитального строительства на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности подготовки исходных данных для проектирования объекта капитального строительства (реконструкция) анализа вариантов современных технических и технологических решений для проектирования объекта капитального строительства (реконструкция) Умеет: расчетного анализа и оценки технических решений реконструируемых объектов капитального строительства на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной

	<p>деятельности подготовки исходных данных для проектирования объекта капитального строительства (реконструкция) анализа вариантов современных технических и технологических решений для проектирования объекта капитального строительства (реконструкция)</p> <p>Имеет практический опыт: – Определения критериев анализа сведений об объекте инженерно-технического проектирования объектов градостроительной деятельности для выполнения моделирования и расчетного анализа</p>
--	--

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Нет	<p>Железобетонные и каменные конструкции, Металлические конструкции, Реконструкция и усиление зданий и сооружений, Основания и фундаменты, Конструкции из дерева и пластмасс, Практикум по виду профессиональной деятельности, Строительная механика, Производственная практика, проектная практика (8 семестр), Производственная практика, преддипломная практика (10 семестр)</p>

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

Нет

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 12,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		5
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
Самостоятельная работа (СРС)	59,75	59,75
с применением дистанционных образовательных технологий	0	
Решение задач с применением теории матриц	16	16
Подготовка к зачету	27,75	27.75
Выполнение контрольной работы. "Ручной" расчет плоской стержневой системы методом МКЭ	16	16
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.	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 восьмиузловых плоских	2

		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.	
--	--	---	--

## 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	Расчет систем элементов. Составление матриц жесткости для системы, определение перемещений и напряжений матричным способом	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
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.	5	16
Подготовка к зачету	Основная и дополнительная литература	5	27,75
Выполнение контрольной работы. "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.	5	16

## 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	5	Текущий контроль	Семестровое задание	1	100	В течение семестра студент выполняет семестровое задание. Задание состоит из 2-х задач: 1. Расчет плоских ферм - 0..50 баллов в зависимости от степени завершенности решения задачи 2. Расчет плоских балок - 0..50 баллов в зависимости от степени завершенности решения задачи	зачет
2	5	Проме-жуточная аттестация	Зачет	-	100	Преподаватель анализирует работу студента за семестр. Если студент выполнил семестровое задание с рейтингом 60% и выше, то преподаватель допускает студента к зачету, который сдается в письменной форме в виде ответов на вопросы. Билет содержит 2 вопроса, ответ на каждый из которых оценивается от 0 до 40 баллов в зависимости от полноты ответа За ответы на дополнительные вопросы студент может набрать от 0 до 20 баллов Оценка "зачтено" выставляется при рейтинге по дисциплине 60..100% Оценка "не зачтено" выставляется при рейтинге по дисциплине 0..59%	зачет

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Зачет проводится в форме письменного ответа на теоретические вопросы с последующим собеседованием по вопросам билета и дополнительным вопросам	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Оценочные материалы

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ	
		1	2
ПК-9	Знает: расчетного анализа и оценки технических решений реконструируемых объектов капитального строительства на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности подготовки исходных данных для проектирования объекта капитального строительства (реконструкция) анализа вариантов современных технических и технологических решений для проектирования объекта капитального строительства (реконструкция)	+	+
ПК-9	Умеет: расчетного анализа и оценки технических решений реконструируемых объектов капитального строительства на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной	+	+

	деятельности подготовки исходных данных для проектирования объекта капитального строительства (реконструкция) анализа вариантов современных технических и технологических решений для проектирования объекта капитального строительства (реконструкция)		
ПК-9	Имеет практический опыт: – Определения критериев анализа сведений об объекте инженерно-технического проектирования объектов градостроительной деятельности для выполнения моделирования и расчетного анализа	+	+

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. Трушин, С.Н. Метод конечных элементов. Теория и задачи : учебное пособие / С.И.Трушин. - М. Издательство АСВ, 2008. - 256 с.: ил.
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. Вычислительный комплекс SCAD в учебном процессе. Статический расчет : учебное пособие /А.И.Габитов, А.А.Семенов - М.: Издательство АСВ ; Издательство СКАД СОФТ, 2013. - 248 с.:ил.
3. 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.
4. Семенов, А.А. Металлические конструкции. Расчет элементов и соединений с использованием программного комплекса SCAD: учебное пособие/ А.А.Семенов и др.- М.: Издательство СКАД СОФТ, Издательство АСВ, 2012. - 338 с.
5. 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:

Не предусмотрены

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Тухфатуллин, Б. А. Смешанная форма метода конечных элементов для расчёта плоских стержневых систем : учебное пособие / Б. А. Тухфатуллин. — Томск : ТГАСУ, 2020. — 104 с. — ISBN 978-5-93057-949-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170447> (дата обращения: 05.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Тухфатуллин, Б. А. Смешанная форма метода конечных элементов для расчёта плоских стержневых систем : учебное пособие / Б. А. Тухфатуллин. — Томск : ТГАСУ, 2020. — 104 с. — ISBN 978-5-93057-949-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170447> (дата обращения: 05.02.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **Электронная учебно-методическая документация**

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Не предусмотрено