

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 09 » декабря 20 19 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ Метод конечных элементов в строительстве  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 08.04.01 Строительство  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Компьютерные технологии в проектировании и оценке  
безопасности зданий и сооружений  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цели: формирование общих представлений о численных методах анализа напряженно-деформированного состояния конструкций различного класса и назначения; хорошо понимать суть метода конечных элементов, его механико-математические основы, позволяющие осознанно анализировать результаты вычислений и принимать грамотные инженерные решения.

Задачи: изучение основ метода конечных элементов (МКЭ) для численного анализа строительных конструкций;

формирование у магистров целостных теоретических представлений об этапах и особенностях программной реализации метода конечных элементов (МКЭ);

формирование умения построения интерполяционных полиномов для одномерных, двумерных и трехмерных конечных элементов;

формирование навыков построения расчетных моделей строительных конструкций для расчета в промышленных программных комплексах, обработки полученных результатов и подготовки отчетов как завершающей стадии численного конечно-элементного анализа.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- краевые задачи,
- вариационные принципы, метод конечных элементов,
- интерполяционные полиномы, перемещения, деформации, внутренние усилия.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.10	ИД-1ПК-2.10	Знает основные положения метода конечных элементов (МКЭ) для численного анализа строительных конструкций	Знает требования нормативных правовых актов, нормативно-технических и нормативно-методических документов по проектированию и строительству; процесс проектирования и строительства объекта капитального строительства, реконструкции, технического перевооружения и модернизации; методы и методики выполнения расчётного обоснования проектного решения зданий и сооружений, в т.ч. составление расчётной схемы;	Зачет
ПК-2.10	ИД-2ПК-2.10	Умеет использовать навыки построения конечно-элементных моделей и работы с программными комплексами для исследования прочности, жесткости и устойчивости строительных конструкций	Умеет осуществлять сбор, обработку и анализ актуальной справочной и нормативной документации по проектированию объекта капитального строительства (строительство, реконструкция, капитальный ремонт); обобщать полученную информацию на основании анализа и составлять задания на проектирование объекта капитального строительства; организовывать работы по инженерно-техническому проектированию объектов строительной деятельности; осуществлять, выполнять расчеты конструкций зданий и сооружений; формировать конструктивные системы и расчетные схемы зданий и сооружений и их элементов, определять	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			параметры численного анализа для производства работ по расчетному обоснованию проектирования строительных конструкций зданий и сооружений;	
ПК-2.10	ИД-3ПК-2.10	Владеет навыками практического применения метода конечных элементов для расчета элементов конструкций, обработки полученных результатов и подготовки отчетов как завершающей стадии численного конечно-элементного анализа	Владеет навыками подготовки исходных данных для проектирования объекта капитального строительства (строительство, реконструкция, капитальный ремонт); подготовки и утверждения заданий на выполнение работ на подготовку проектной документации объекта капитального строительства; контроля разработки проектной документации объектов промышленного и гражданского строительства; навыками выполнения расчетов для составления проектной и рабочей документации в сфере инженерно-технического проектирования объектов градостроительной деятельности; разработки технического предложения, эскизного и технического проекта, расчетного анализа и оценки технических решений объектов капитального строительства.	Индивидуальное задание
ПК-5.3	ИД-1ПК-5.3	Знает основы построения расчетных моделей с использованием метода конечных элементов	Знает системы и методы проектирования; методы математического и компьютерного моделирования и средства численного анализа для производства работ по инженерно-техническому	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			проектированию	
ПК-5.3	ИД-2ПК-5.3	Умеет находить, анализировать и исследовать информацию, необходимую для моделирования и расчетного анализа для инженерно-технического проектирования строительных объектов	Умеет находить, анализировать и исследовать информацию, необходимую для моделирования и расчетного анализа для инженерно-технического проектирования строительных объектов; определять параметры имитационного информационного моделирования, численного анализа для производства работ по инженерно-техническому проектированию;	Индивидуальное задание
ПК-5.3	ИД-3ПК-5.3	Владеет навыками построения расчетных моделей строительных конструкций для расчета в промышленных программных комплексах, обработки полученных результатов и подготовки отчетов как завершающей стадии численного конечно-элементного анализа	Владеет навыками постановки и реализации вычислительных экспериментов по заданным методикам, моделирования расчетных схем, действующих нагрузок, иные свойства элементов проектируемого объекта, разработки моделей процессов, явлений и объектов, оценки и интерпретации результатов исследований, способен использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности	Индивидуальное задание

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	9	9	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	25	25	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
1-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Раздел 1. Математические модели в основе расчетов несущих конструкций.	7	0	10	30
Тема 1. Некоторые сведения из механики деформируемого твердого тела. Краевая задача. Вариационные принципы строительной механики. Тема 2. Элементы теории напряжений и деформаций. Тензор напряжений, тензор деформаций. Определяющие соотношения. Тема 3. Основные положения метода конечных элементов. Метод конечных элементов. Основные теоретические положения МКЭ, понятие конечного элемента. Общая схема решения задач МКЭ. Интерполяционные полиномы. Разрешающие уравнения МКЭ. Тема 4. Метод конечных элементов в задачах строительной механики. Стержневые элементы. Стандартные конечные элементы плоской задачи. Стандартные пространственные конечные элементы. Основные соотношения теории плит. Конечные элементы для плит средней толщины. Тонкие оболочки. Практическая реализация МКЭ на примерах расчета плоской рамы на статические нагрузки и железобетонной плиты перекрытия.				
Раздел 2. Конечно-элементные программные комплексы.	2	0	15	42
Тема 5. Современные программные комплексы анализа НДС, прочности и устойчивости зданий и сооружений. Технология работы в программных комплексах LIRA-SAPR, LIRA-Soft, SCAD, MicroFE, STARK. Интерфейс и возможности программ. Автоматизация подготовки исходных данных. Визуализация результатов расчета. Решение задач строительной механики методом конечных элементов с использованием программных комплексов.				
ИТОГО по 1-му семестру	9	0	25	72
ИТОГО по дисциплине	9	0	25	72

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Постановка и решение краевой задачи деформирования железобетонной балки.
2	Расчет плоской фермы.
3	Расчет балки с затяжкой; жесткой балки на подвесках.
4	Расчет стержня на упругом основании; стержня под действием растяжения и равномерно распределенной нагрузки.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
5	Расчет чистого изгиба призматического бруса.
6	Расчет пространственной рамы.
7	Расчет прямоугольной плиты; толстой плиты; тонкой плиты; железобетонной плиты перекрытия под распределенной нагрузкой.
8	Расчет устойчивости консоли.
9	Решение динамической задачи при импульсном воздействии.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		

1	Кашеварова Г. Г. Ч. 2 / Г. Г. Кашеварова, Т. Б. Пермякова. - Пермь: , Изд-во ПНИПУ, 2015. - (Численные методы решения задач строительства : учебное пособие : в 2 ч.; Ч. 2).	50
2	Сидоров В. Н. Метод конечных элементов в расчете сооружений. Теория, алгоритм, примеры расчетов в программном комплексе SIMULIA Abaqus : учебное пособие / В. Н. Сидоров, В. В. Вершинин. - Москва: Изд-во АСВ, 2015.	2
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Агапов В.П. Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости конструкций : учеб. пособие для вузов / В.П. Агапов. - М.: Изд-во АСВ, 2004.	5
2	Иосилевич Г. Б. Прикладная механика : учебник для втузов / Г. Б. Иосилевич, П. А. Лебедев, В. С. Стреляев. - Москва: Альянс, 2017.	11
3	Серпик И. Н. Метод конечных элементов в решении задач механики несущих систем : учебное пособие для вузов / И. Н. Серпик. - Москва: Изд-во АСВ, 2015.	5
4	Трушин С. И. Строительная механика: метод конечных элементов : учебное пособие / С. И. Трушин. - Москва: ИНФРА-М, 2016.	4
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Г.А. Маковкин Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела. Часть 1 : учебное пособие / С.Ю. Лихачева Г.А. Маковкин. - Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUBC77043">http://elib.pstu.ru/Record/RUBC77043</a>	локальная сеть; свободный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Ноутбук, проектор, экран	1
Практическое занятие	Компьютер	8

### 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
------------------------------