

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о подписывающем:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 28.06.2022 13:19:56  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»**

*Инженерная академия*

---

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Applications of Finite Element Method for Civil Engineering problems /  
Применение метода конечных элементов в строительных задачах

---

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МСЧН для направления подготовки/специальности:**

08.04.01 Строительство

---

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

Built Environment of Smart City /Городская среда Умного города (англ.)  
Civil Engineering and Built Environment / Строительная инженерия и  
построенная среда (англ.)

---

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2022 г.

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Applications of Finite Element Method for Civil Engineering problems / Применение метода конечных элементов в строительных задачах» заключается в приобретении знаний, умений, навыков и опыта в области расчета конструкций и конструкций, которые характеризуют этапы формирования компетенции и обеспечивают достижение запланированных результатов освоения образовательной программы.

Основными целями дисциплины "Применение метода конечных элементов для решения задач гражданского строительства" являются следующие. МКЭ в расчетах строительных конструкций - это экспериментальная и теоретическая наука, где широко используются экспериментальные данные и теоретические исследования. Различные конструкции и сооружения, проектированием и строительством которых занимается инженер, должны быть рассчитаны на прочность, жесткость, устойчивость. Эта дисциплина учит студента правильному выбору конечных элементов и их размеров для решения конкретных строительных задач с использованием метода сил или перемещений.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Applications of Finite Element Method for Civil Engineering problems / Применение метода конечных элементов в строительных задачах» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины «Applications of Finite Element Method for Civil Engineering problems / Применение метода конечных элементов в строительных задачах»)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ПК-1	Проведение прикладных исследований в сфере инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности	ПК-1.2 Умеет осуществлять, контролировать, получать результаты прикладных исследований в сфере инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности
		ПК-1.3 Способен анализировать и обрабатывать результаты прикладных исследований в сфере инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности
		ПК-1.4 Умеет оформлять, согласовывать, представлять результаты выполненных прикладных исследований в сфере инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности
ПК-2	Разработка проектной продукции по результатам инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности	ПК-2.1 Способен выполнять инженерно-техническое проектирование и разрабатывать проектную продукцию на строительные конструкции, основания и фундаменты

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Applications of Finite Element Method for Civil Engineering problems / Применение метода конечных элементов в строительных задачах» относится к *части, формируемой участниками образовательных отношений* блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Applications of Finite Element Method for Civil Engineering problems / Применение метода конечных элементов в строительных задачах».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики	Последующие дисциплины/модули, практики
ПК-1	Проведение прикладных исследований в сфере инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности	Numerical methods for Civil Engineering / Численные и численно-аналитические методы в строительных задачах; Mathematical Modelling /	ГИА
ПК-2	Разработка проектной продукции по результатам инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности	Математическое моделирование	

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Applications of Finite Element Method for Civil Engineering problems / Применение метода конечных элементов в строительных задачах» составляет 3 зачетных единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для **ОЧНОЙ** формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		3
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	54	54
в том числе:		
Лекции (ЛК)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Практические/семинарские занятия (СЗ)	36	36
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	27	27
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	27	27
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	ак.ч.	108
	зач.ед.	3
<b>Курсовой проект, зач.ед.</b>	2	2

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Раздел 1. Теория плоских напряжений и плоских деформаций	Приближения плоских напряжений и плоских деформаций. Системы координат. Смещение материальных точек. Состояние напряжения. Равновесие напряжений в точке. Тема 1.2. Основные уравнения. Граничные условия.	ЛК, СЗ

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	Дифференциальная форма основных уравнений. Метод взвешенных остатков. Интегральная форма основных уравнений.	
Раздел 2. Введение в метод конечных элементов	<p>Концепция конечных элементов. Описание формы конечного элемента. Четырехугольные элементы. Треугольные элементы. Интерполяция переменных в конечных элементах.</p> <p>- Дифференцирование функций в конечных элементах: Дифференцирование функций формы. Дифференциация поведенческих переменных</p> <p>-Интегрирование функций в конечных элементах: Интегрирование по четырехугольным элементам; Интегрирование по треугольным элементам.</p> <p>- Численное интегрирование. Одномерное интегрирование по Гауссу: интегрирование по Гауссу в четырехугольниках; Интегрирование по Гауссу в треугольниках.</p>	ЛК, СЗ
Раздел 3. Потенциальная энергия и приближенный анализ.	<p>Этот раздел позволит учащемуся:</p> <p>а) Разработать выражения для энергии деформации, проделанной работы и потенциальной энергии для задач с балками и стержнями</p> <p>б) Понимать и применять концепцию минимальной потенциальной энергии.</p> <p>в) Понимать метод Рэлея-Ритца как введение в метод конечных элементов</p>	ЛК, СЗ
Раздел 4. Разработка конечных элементов и применение стержневых элементов	<p>Этот раздел позволит учащемуся:</p> <p>а) Распознать поле смещения и функции формы, используемые при формулировке стержневого конечного элемента.</p> <p>б) Вывести матрицу жесткости, а также вектор нагрузки из-за различных условий нагрузки, действующих на стержневой элемент.</p> <p>с) Выполнить анализ методом конечных элементов для задачи о стержне, чтобы вычислить</p>	ЛК, СЗ

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
	<p>перемещения и напряжения по длине стержня.</p> <p>d) Судить о точности конкретной сетки элементов стержня, используемой для решения определенной задачи.</p>	
<p>Раздел 5. Введение в теорию упругости.</p>	<p>Этот раздел позволит учащемуся понять основные уравнения равновесия и кинематические уравнения, определяющие соотношения, а также выражение потенциальной энергии для двумерных задач упругости плоских напряжений и плоских деформаций</p>	<p>ЛК, СЗ</p>
<p>Раздел 6. Функции формы для двумерных задач</p>	<p>Этот раздел позволит учащемуся:</p> <p>а) Распознавать различные типы элементов, используемых для решения задач на двумерной плоскости.</p> <p>б) Распознавать естественные системы координат, функции формы, используемые в различных элементах 2-D плоскости.</p> <p>в) Вычислить выражение Якобиана для различных элементов двумерной плоскости</p>	<p>ЛК, СЗ</p>
<p>Раздел 7. Формулировка и применение конечных элементов с помощью треугольного элемента с постоянным напряжением (CST)</p>	<p>Этот раздел позволит учащемуся:</p> <p>а) Вывести матрицу жесткости, а также вектор нагрузки для различных условий нагрузки, действующих на элемент CST.</p> <p>б) Узнать, как справиться с эффектом наклонных границ.</p> <p>с) Выполнить конечно-элементный анализ двумерных задач с использованием элементов CST.</p>	<p>ЛК, СЗ</p>
<p>Раздел 8. Полезные соображения при моделировании.</p>	<p>Этот раздел позволит учащемуся:</p> <p>а) Учитывать некоторые основные соображения при построении сетки конечных элементов, включая размер элемента и сортировку.</p> <p>б) Знать, как пронумеровать сетку конечных элементов, чтобы оптимизировать память компьютера и время выполнения</p>	<p>ЛК, СЗ</p>

\* - заполняется только по ОЧНОЙ форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается ОБЯЗАТЕЛЬНО!

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

*Основная литература:*

1. Advanced Finite Element Method in Structural Engineering. 2009. Publisher: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-642-00316-5
2. Norrie, D.H. A first course in the finite element method. 3(2)1987. 162–163 p. ISBN:0534552986.
3. Cook, R.D., Malkus, D.S., Plesha, M.E., Witt, R.J. Cook, Malkus, Plesha, Witt - Concepts and Application of Finite Element Analysis - 4a. ed. - J. Wiley - 2002 – 733 2002.

*Дополнительная литература:*

1. Algorithms for Solving the Parametric Self-Adjoint 2D Elliptic Boundary-Value Problem Using High-Accuracy Finite Element Method [Text] = Algorithms for solving the Parametric Self-Adjoint elliptic boundary value problem in a two-dimensional domain by the high-order finite element method // Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia: Mathematics. Computer science. Physics. - 2017. - no. T. 25 (1). - С. 36-55. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-9735-2017-25-1>
2. Gusev Alexander Alexandrovich. Finite Element Method of High-Order Accuracy for solving Two-Dimensional Elliptic Boundary-Value Problems of Two and Three Identical Atoms in a Line : article in English / A. A. Gusev // Bulletin of the Russian University of Friendship of Peoples: Mathematics. Computer science. Physics. - 2018. - no. t. 26 (3). - p. 226-243. <http://journals.rudn.ru/miph/article/view/18988/16003>
3. Solution of the Boundary-Value Problem for a Systems of ODEs of Large Dimension: Bench-mark Calculations in the Framework of Kantorovich Method [Text] = Solution of boundary-value problems

for systems of ODES of large dimension: reference calculations within the framework of the Kantorovich method. Computer science. Physics. - 2016. - No. 3. - p. 31-37.

<http://journals.rudn.ru/miph/article/view/13387/12817>

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>

2. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации <http://docs.cntd.ru/>
- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS <http://www.elsevier.com/locate/scopus/>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Applications of Finite Element Method for Civil Engineering problems / Применение метода конечных элементов в строительных задачах»

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

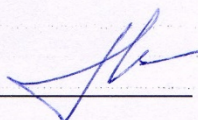
Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Applications of Finite Element Method for Civil Engineering problems / Применение метода конечных элементов в строительных задачах» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - Ом и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

**Разработчики:**

директор департамента строительства  
должность, БУП

подпись

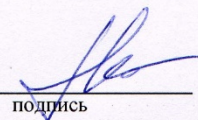


М.И. Рынковская  
Фамилия И.О.

**Руководитель БУП**

директор департамента строительства  
Наименование БУП

подпись

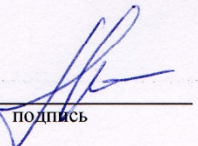


М.И. Рынковская  
Фамилия И.О.

**Руководитель ОП**

директор департамента строительства  
Наименование БУП

подпись



М.И. Рынковская  
Фамилия И.О.