

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

Инженерная академия

Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Метод конечных элементов в расчетах сооружений

Рекомендуется для направления подготовки/специальности 08.04.01 Строительство

Направленность программы (профиль):

Теория и проектирование зданий и сооружений

Гидротехническое строительство и технологии водопользования

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью освоения дисциплины «Метод конечных элементов в расчетах сооружений» является получение знаний, умений, навыков и опыта деятельности в области расчета конструкций и сооружений, необходимых для формирования компетенций и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Основными задачами дисциплины являются:

- формирование общего понимания о расчетах методом конечных элементов;
- приобретение студентами навыков самостоятельного решения инженерных задач в строительстве с использованием метода конечных элементов.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Метод конечных элементов в расчетах сооружений» относится к *элективной* части блока 1 учебного плана.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Общепрофессиональные компетенции			
1	ОПК-1	Численные и численно-аналитические методы в строительных задачах; Математическое моделирование; Цифровые технологии в строительстве	Надежность и безопасность сооружений; Стержневые пространственные структуры (геометрия, прочность, устойчивость); Проектирование зданий и сооружений, подверженных особым нагрузкам и воздействиям; Компьютерное моделирование несущих систем
Профессиональные компетенции (все виды профессиональной деятельности)			
2	ПК-1	Численные и численно-аналитические методы в строительных задачах; Математическое моделирование	Надежность и безопасность сооружений; Динамика сооружений; Стержневые пространственные структуры (геометрия, прочность, устойчивость); Проектирование зданий и сооружений, подверженных особым нагрузкам и воздействиям; Компьютерное моделирование несущих систем
3	ПК-2	Строительные конструкции	Проектирование деревянных и композитных конструкций;

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
		(железобетонные); Линейная теория тонких оболочек; Проектирование пространственных конструкций;	Технологии ВМ в проектировании; Проектирование большепролетных зданий и сооружений; Динамика сооружений; Проектирование металлических конструкций зданий и сооружений
4	ПК-11	Строительные конструкции (железобетонные); Линейная теория тонких оболочек; Проектирование пространственных конструкций;	Проектирование деревянных и композитных конструкций; Программные комплексы расчета оболочек; Технологии ВМ в проектировании; Проектирование большепролетных зданий и сооружений; Динамика сооружений; Проектирование металлических конструкций зданий и сооружений; Стержневые пространственные структуры (геометрия, прочность, устойчивость); Проектирование зданий и сооружений, подверженных особым нагрузкам и воздействиям; Компьютерное моделирование несущих систем

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ, математического аппарата фундаментальных наук»;

ПК-1 «Проведение прикладных исследований в сфере инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности»;

ПК-2 «Разработка проектной продукции по результатам инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности»;

ПК-11 «Подготовка раздела проектной документации на металлические конструкции зданий и сооружений».

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- теоретические и практические основы метода конечных элементов;
- методы проведения прикладных исследований с использованием метода конечных элементов в сфере инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности;

- порядок составления отчетов в составе проектной документации, выполненных по результатам инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности с использованием метода конечных элементов, в т.ч. разделов проектной документации на металлические конструкции зданий и сооружений;

Уметь:

- решать задачи профессиональной деятельности с использованием теоретических и практических основ метода конечных элементов;
 - проводить прикладные исследования с использованием метода конечных элементов в сфере инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности;
 - оформлять отчеты в составе проектной документации по результатам инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности с использованием метода конечных элементов, в т.ч. в составе разделов проектной документации на металлические конструкции зданий и сооружений;

Владеть:

- методом конечных элементов для решения задачи профессиональной деятельности;
 - методами проведения прикладных исследований с использованием метода конечных элементов в сфере инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности;
 - методами составления отчетов в составе проектной документации, выполненных по результатам инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности с использованием метода конечных элементов, в т.ч. разделов проектной документации на металлические конструкции зданий и сооружений;

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		4
Аудиторные занятия (всего)	48	48
В том числе:		
<i>Лекции</i>	16	16
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	32	32
<i>Семинары (С)</i>	-	-
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	-	-
Самостоятельная работа (всего)	24	24
Общая трудоемкость	час	108
	зач. ед.	3

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	Теоретические основы метода конечных элементов	Математическая модель сооружения. Этапы математического моделирования. Использование фундаментальных законов природы. Принцип минимума в механике. Вариационный принцип и вариационная модель. Описание напряжённо-деформированного состояния упругого тела. Матричное представление компонент перемещений, деформаций, напряжений. Основные уравнения Механики деформируемого твердого тела и граничные условия. Типы краевых задач.
2.	Математические модели сооружений	Изменение потенциальной энергии твёрдого тела при его деформировании. Условия минимума изменения энергии конструкции при её деформировании. Подход к нахождению минимума функции. Условие

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
		экстремума функционала. Условия минимума энергии деформирования твёрдого тела. Условия минимума в вариационном исчислении. Простейшая задача вариационного исчисления. Вариационный подход к выявлению условий минимума изменения энергии
3	Численный расчёт конструкций	Метод Рунге. Дискретный вариант метода Рунге. Идея метода конечных элементов. Дискретизация задачи. Конечно-элементная расчётная схема. Понятие функций формы. Математическая формулировка. Переход к дискретному аналогу. Условие минимума дискретного функционала. Метод конечных элементов как развитие метода Рунге. Конечно-элементная расчётная схема конструкции. Сетка конечных элементов. Узлы расчётной схемы Степени свободы. Конечные элементы. Типы конечных элементов. Конечные элементы для построения трёхмерных расчётных схем. Конечные элементы для построения двумерных расчётных схем. Конечный элемент для построения одномерных расчётных схем.
4	Алгоритм метода конечных элементов в расчетах строительных конструкций	Формулировка задачи. Аппроксимация математической формулировки в МКЭ. Переход от континуальной формулировки задачи к дискретной. Восполнение узловых перемещений по конечному элементу. Функция формы. Глобальная система координат расчётной схемы. Локальная система координат конечного элемента. Перемещения узлов и внутренних точек элементов в локальных и глобальных системах координат. Способы закрепления расчётной схемы конструкции. Задание внешней нагрузки. Узловые силы. Энергия деформирования множества (ансамбля) конечных элементов в локальных системах координат. Энергия деформирования расчётной схемы, как энергия деформирования ансамбля конечных элементов в общей глобальной системе координат. Решение задачи из условий минимума энергии деформирования расчётной схемы. Формирование глобальной матрицы жёсткости расчётной схемы конструкции. Учёт граничных условий. Решение системы линейных уравнений. Вычисление перемещений и напряжений.

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины/темы занятия	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семинар	СРС	Всего час.
1.	Раздел №1. Теоретические основы метода конечных элементов	4	8	-	-	6	18
2.	Раздел №2. Математическая модель сооружения в виде выражения изменения энергии	4	8			6	18
3.	Раздел №3. Численный расчёт конструкций	4	8			6	18
4.	Раздел №4. Алгоритм метода конечных элементов в расчетах	4	8			6	18

№ п/п	Наименование раздела дисциплины/темы занятия	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего час.
	строительных конструкций						
	Экзамен						36
	Всего	16	32			24	108

6. Лабораторный практикум

Отсутствует

7. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудо-емкость (час.)
1.	Раздел №1. Теоретические основы метода конечных элементов	Знакомство с расчетными комплексами, основанными на методе конечных элементов. Основные принципы формирования математических моделей сооружений. Работа с графическим интерфейсом	8
2.	Раздел №2. Математическая модель сооружения в виде выражения изменения энергии	Создание узлов и элементов. Типы конечных элементов. Их назначение и применение. Создание конечных элементов. Назначение элементам типа, свойств поперечного сечения, свойств материала. Создание абсолютно жестких элементов и жестких вставок стержней.	8
3.	Раздел №3. Численный расчёт конструкций	Степени свободы. Общие принципы описания граничных условий задачи. Описание нагрузок на конечные элементы. Создание сочетаний нагрузок	8
4.	Раздел №4. Алгоритм метода конечных элементов в расчетах строительных конструкций	Формирование системы уравнений метода конечных элементов. Выполнение расчетов и анализ характерных ошибок, возникающих в процессе вычислений. Отображение результатов (перемещений, усилий) и их анализ в табличной форме и графическом виде. Оформление отчетов по выполненному расчету методом конечных элементов	8

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Аудитория с перечнем материально-технического обеспечения	Местонахождение
<p>Компьютерный класс №303</p> <p>Комплект специализированной мебели: доска меловая, интерактивная доска, системный блок P430.0/i945/2G10/ 160Gb SATA11/256Mb/FDD/KB+M- 14 шт., монитор Samsung 19”TFT SP2x1.5W - 14 шт., плоттер DesignJet430 (струйный плоттер A1.4 Mb).</p> <p>MS-office корпоративная , Код Регистрация : 86626883</p> <p>Родительская программа: 86493330</p> <p>Статус: Active .</p>	<p>г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3</p>

9. Информационное обеспечение дисциплины

а) программное обеспечение

Специализированное программное обеспечение проведения лекционных и практических занятий и самостоятельной работы студентов

Специализированное программное обеспечение: Lira-САПР, SCAD-Office, MathCAD.

б) базы данных, информационно-справочные 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.elsevierscience.ru/products/scopus/>

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Б.Е. Победри ; пер. с англ. А.А. Шестакова. - Москва : Мир, 1979. - 392 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457056> (17.09.2018).
2. Присекин, В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : учебник / В.Л. Присекин, Г.И. Расторгуев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск : НГТУ, 2009. - 240 с. : табл., ил. - (Учебники НГТУ). - Библиогр.: с. 232. - ISBN 978-5-7782-1287-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436040> (17.09.2018).
3. Яманин А. И. Компьютерно-информационные технологии в двигателестроении : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 140500-"Энергомашиностроение" и специальности 140501-"Двигатели внутрен. сгорания / А. И. Яманин [и др.] ; под ред. А. И. Яманина [Электронный ресурс]. - М. : Машиностроение, 2005. 479 с. ISBN 5-217-03301-0 (в пер.) URL: <http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rs101002757000/rs101002757370/rs101002757370.pdf>

б) дополнительная литература

1. Треногин, В.А. Функциональный анализ : учебник / В.А. Треногин. - 3-е изд., испр. - Москва : Физматлит, 2002. - 488 с. - ISBN 5-9221-0272-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82613> (17.09.2018).
2. Нелинейная строительная механика стержневых систем: Основы теории. Примеры расчета : учебное пособие / В.А. Игнатъев, А.В. Игнатъев, В.В. Галишникова, Е.В. Онищенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. - Волгоград : Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. - 98 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. - ISBN 987-5-98276-724-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=434821> (17.09.2018).
3. Маковкин, Г.А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела : учебное пособие / Г.А. Маковкин, С.Ю. Лихачева ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ФГБОУ ВПО ННГАСУ). - Нижний Новгород : ННГАСУ, 2012. - Ч. 1. - 72 с. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427425> (17.09.2018).
4. Коновалов, В.Д. Расчёт напряжённо-деформированного состояния в плоской прямоугольной пластине методом конечных разностей : выпускная квалификационная работа / В.Д. Коновалов ; Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина, Математический факультет, Кафедра математического моделирования и кибернетики. - Сыктывкар : , 2018. - 29 с. : граф., ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=492088> (17.09.2018).

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Лекционные занятия проводится в поточной аудитории, в том числе с применением мультимедийного проектора в виде учебной презентации. Основные моменты лекционных занятий конспектируются студентами, отдельные темы (части тем и разделов) предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением конспекта (проверяется преподавателем в процессе текущего контроля).

Целью практических занятий является получение студентами знаний и выработка практических навыков работы в области расчета строительных конструкций и сооружений. Для достижения этих целей используются как традиционные формы работы – решение задач, со специализированным программным обеспечением при выполнении расчетно-графических работ и т.п., так и интерактивные методы – групповая работа, анализ конкретных методов расчета и т.п.

Групповая работа при анализе конкретной задачи, развивает способности проведения анализа и диагностики проблем. С помощью метода анализа конкретной задачи у обучающихся развиваются такие квалификационные качества, как умение четко формулировать и аргументированно отстаивать свою точку зрения, умение коммуницировать, дискутировать, воспринимать и оценивать информацию, поступающую в вербальной форме. Практические занятия проводятся в специальных аудиториях, оборудованных необходимыми наглядными материалами.

Самостоятельная работа охватывает проработку обучающимися отдельных вопросов теоретического курса и выполнение курсовой работы.

Самостоятельная работа осуществляется в индивидуальном формате на основе учебно-методических материалов дисциплины. Уровень освоения материала по самостоятельно изучаемым вопросам курса проверяется при проведении текущего контроля и аттестационных испытаний (экзамен и/или зачет) по дисциплине.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Метод конечных элементов в расчетах сооружений» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Разработчики:

доцент департамента строительства
должность, название кафедры


подпись

К.Е. Никитин
инициалы, фамилия

Руководитель программы

директор департамента строительства
должность, название кафедры


подпись

М.И. Рынковская
инициалы, фамилия

Директор

департамента строительства
название кафедры


подпись

М.И. Рынковская
инициалы, фамилия