

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства  
Кафедра высшей математики и естественных наук



УТВЕРЖДАЮ  
И. о. проректора  
по учебной работе  
Д.В. Мулов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Метод конечных элементов и автоматизированные  
системы расчета на прочность  
(шифр, наименование дисциплины)

08.03.01 Строительство  
(код, наименование направления подготовки /специальности)

Строительство зданий и сооружений  
(профиль /магистерская программа /специализация/)

Квалификация бакалавр  
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, очно-заочная  
(очная/заочная)

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### *Цели дисциплины:*

- дать теоретические основы расчета конструкций методом конечных элементов (МКЭ) и его реализации с использованием современных компьютерных технологий (владения основными приёмами алгоритмизации численных методов, практическими навыками выполнения и контроля правильности расчётов, сочетания МКЭ с проектирующими модулями современных программных комплексов);

- обучить навыкам самостоятельного совершенствования своих знаний в области применения метода конечных элементов при проектировании строительных конструкций.

### *Задачи учебной дисциплины:*

изучение роли и места метода конечных элементов в определении прочности, жесткости элементов строительных конструкций;

- изучение типов конечных элементов для создания расчетных моделей;

- изучение основ построения расчетных моделей с использованием метода конечных элементов;

- получение навыков компьютерного решения конечно элементных моделей;

- изучение методики работы с ПК «ЛИРА» при построении конечно элементных моделей для исследования напряженно - деформированного состояния элементов строительных конструкций.

### *Дисциплина направлена на формирование:*

- общепрофессиональных компетенций (ОПК-1; ОПК-6; ПК-7;) выпускника.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Логико-структурный анализ - дисциплина входит в БЛОК 1 «Дисциплины (модули)», часть, формируемую участниками образовательного процесса подготовки бакалавров по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, бакалаврская программа Строительство зданий и сооружений.

Дисциплина реализуется кафедрой высшей математики и естественных наук. Основывается на базе дисциплин: «Высшая математика», «Информатика».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Основы теории упругости и пластичности», «Строительная механика», «Строительные конструкции», научно-исследовательской работы.

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента для решения задач профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ, математического аппарата фундаментальных наук.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 72 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены по очной форме обучения лекционные (18 ак.ч.), практические (18 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (36 ак.ч.).

Программой дисциплины по заочной форме обучения предусмотрены лекционные (8 ак.ч.), практические (8 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (56 ак.ч.).

Данная дисциплина осваивается для очной формы обучения на третьем курсе в 6-м семестре, для очно-заочной на четвертом курсе в 7-м семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет.

### 3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Метод конечных элементов и автоматизированные системы расчета на прочность» направлен на формирование компетенции, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

| Содержание компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Код компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ, естественных и технических наук, а также математического аппарата                                                                                                                                                         | ОПК-1           | ОПК-1.6 Решает инженерные задачи с помощью математического аппарата векторной алгебры, аналитической геометрии<br>ОПК-1.8 Обработывает расчетные и экспериментальные данные вероятностно-статистическими методами                                                                                              |
| Способен участвовать в проектировании объектов строительства и жилищно-коммунального хозяйства, в подготовке расчетного и технико-экономического обоснований их проектов, участвовать в подготовке проектной документации, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и вычислительных программных комплексов | ОПК-6           | ОПК-6.11 Составляет расчётную схему здания (сооружения), определяет условия работы элемента строительных конструкций при восприятии внешних нагрузок<br>ОПК-6.12 Оценивает прочность, жёсткость и устойчивость элемента строительных конструкций, в т.ч. с использованием прикладного программного обеспечения |
| ПК-7 Способен выполнять расчетные обоснование и конструирование строительных конструкций с использованием универсальных и специализированных программных вычислительных комплексов, и систем автоматизированного проектирования (проектный)                                                                                                | ПК-7            | ПК-7.3 Выполняет расчеты строительной конструкции, здания (сооружения), основания с использованием универсальных и специализированных программных вычислительных комплексов, и систем автоматизированного проектирования                                                                                       |

#### 4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 2 зачётных единицы, 72 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, выполнение индивидуального задания, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

| Вид учебной работы                                      | Всего ак.ч. | Ак. ч. по семестрам |
|---------------------------------------------------------|-------------|---------------------|
|                                                         |             | Очная форма         |
| Аудиторная работа, в том числе:                         | 36          | 36                  |
| Лекции (Л)                                              | 18          | 18                  |
| Практические занятия (ПЗ)                               | 18          | 18                  |
| Лабораторные работы (ЛР)                                | -           | -                   |
| Курсовая работа/курсовой проект                         | -           | -                   |
| Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:    | 36          | 36                  |
| Подготовка к лекциям                                    | 6           | 6                   |
| Подготовка к лабораторным работам                       | -           | -                   |
| Подготовка к практическим занятиям / семинарам          | 6           | 6                   |
| Выполнение курсовой работы / проекта                    | -           | -                   |
| Расчетно-графическая работа (РГР)                       | -           | -                   |
| Индивидуальное задание                                  | 16          | 16                  |
| Домашнее задание                                        | -           | -                   |
| Подготовка к контрольным работам                        | -           | -                   |
| Подготовка к коллоквиуму                                | 4           | 4                   |
| Аналитический информационный поиск                      | -           | -                   |
| Работа в библиотеке                                     | 4           | 4                   |
| Подготовка к экзамену (диф. зачету)                     | 0           | 0                   |
| Промежуточная аттестация – экзамен (Э), диф. зачет (ДЗ) | 3           | 3                   |
| Общая трудоемкость дисциплины                           |             |                     |
| ак.ч.                                                   | 72          | 72                  |
| з.е.                                                    | 2           | 2                   |

Самостоятельная работа студента (СРС) для очно-заочной формы обучения включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, выполнение индивидуального задания, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

## 5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенции, приведенной в п.3 дисциплина разбита на 8 тем:

- тема 1 (введение. Основные понятия и операции методом конечных элементов (далее МКЭ));
- тема 2 (расчет плоских стержневых систем МКЭ);
- тема 3 (решение плоской задачи теории упругости МКЭ);
- тема 4 (расчет плит и оболочек, подпертых ребрами жесткости МКЭ);
- тема 5 (основные сведения о программном комплексе «ЛИРА» - автоматизированном расчете напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов строительных конструкций);
- тема 6 (рекомендации по подготовке расчетных моделей);
- тема 7 (использование суперэлементов для решения строительных конструкций);
- тема 8 (примеры подготовки конечно-элементных расчетных схем и выполнение расчетов на прочность);

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной формы приведены в таблице 3.

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очно-заочной формы приведены в таблице 4.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

| №<br>п/п | Наименование темы<br>(раздела) дисциплины                        | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Трудоемкость<br>в ак.ч. | Темы практических занятий                                                                                                          | Трудоемкость<br>в ак.ч. |
|----------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1        | Введение. Основные понятия и операции методом конечных элементов | Место метода конечных элементов (далее МКЭ) в современной практике проектирования. Сущность МКЭ. Основные операции. Выбор основных неизвестных. Основные понятия: число степеней свободы конечного элемента, матрица усилий, матрица узловых перемещений, матрица жесткости стержневых элементов. Алгоритм расчета МКЭ                                                                 | 2                       | Расчет плоских стержневых систем МКЭ. Расчет плит, подпертых ребрами жесткости МКЭ                                                 | 2                       |
| 2        | Расчет плоских стержневых систем МКЭ                             | Переход от заданной расчетной схемы плоской системы к дискретной модели. Определение основных неизвестных (узловые перемещения) МКЭ. Вычисление физико-геометрических характеристик конечных элементов. Построение вектора узловых нагрузок. Матрица жесткости дискретной модели. Система уравнений равновесия узлов. Вычисление внутренних усилий и построение эпюр внутренних усилий | 2                       | Расчет тонкостенных пространственных конструкций – оболочек вращения с ребрами жесткости (цилиндрические, конические, сферические) | 2                       |

| Продолжение таблицы 3 |                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |                                                                                                           |   |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1                     | 2                                                                                         | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 3 | 5                                                                                                         | 6 |
| 3                     | Решение плоской задачи теории упругости МКЭ                                               | Конечно - элементная модель плоской задачи теории упругости. Матрица жесткости четырехугольного КЭ. Свойства прямоугольного конечного элемента. Способы разбивки расчетной схемы на конечные элементы, густота сетки, точность решения задач. Учет симметрии.                                                                                                                         | 2 | Расчет тонкостенных пространственных конструкций – призматических складок                                 | 2 |
| 4                     | Расчет плит и оболочек, подпертых ребрами жесткости МКЭ                                   | Статический расчет методом конечных элементов пластин и оболочек. Идея метода конечных элементов для расчёта пластин. Типы конечных элементов. Матрица жесткости плоского четырехугольного КЭ. Аппроксимация перемещений по области КЭ. Учет граничных условий. Объединение перемещений. Формирование вектора узловых сил. Анализ результатов расчета. Моделирование рёбер жесткости. | 2 | Расчет тонкостенных пространственных конструкций – оболочек, описанных уравнением поверхности $Z=F(x, y)$ | 2 |
| 5                     | Основные сведения о программном комплексе «ЛИРА» - автоматизированном расчете напряженно- | Программный комплекс ЛИРА – это многофункциональный программный комплекс для расчета, исследования и проектирования конструкций различного назначения.                                                                                                                                                                                                                                | 2 | Расчет строительных конструкций с применением суперэлементов – панельного многоэтажного здания            | 2 |

| Продолжение таблицы 3 |                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |                                                                                              |   |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1                     | 2                                                                   | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 4 | 5                                                                                            | 6 |
|                       | деформированного состояния (НДС) элементов строительных конструкций | Система Лир - ВИЗОР. Система СЕЧЕНИЕ. РАСЧЕТНЫЙ ПРОЦЕССОР. Система УСТОЙЧИВОСТЬ. Система ЛИТЕРА. Система ФРАГМЕНТ. Конструирующая система ЛИР - АРМ. Конструирующая система ЛИР - СТК. Система ДОКУМЕНТАТОР                                                                                                                                      |   |                                                                                              |   |
| 6                     | Рекомендации по подготовке расчетных моделей МКЭ                    | Библиотека конечных элементов программного комплекса «ЛИРА». Густота сетки и точность решения задач. Фрагментация и суперэлементы. Моделирование шарниров в стержневых и пластинчатых элементах. Моделирование податливости узлов сопряжения элементов. Учёт прямой и косой симметрии. Расчет на заданные перемещения, температурные воздействия | 2 | Расчет строительных конструкций с применением суперэлементов–панельного многоэтажного здания | 2 |
| 7                     | Использование суперэлементов для решения строительных конструкций   | Выбор разбивки схемы на суперэлементы. Целесообразность использования суперэлементов. Назначение суперузлов, базисных суперузлов. Геометрия основной схемы. Установление суперэлементов в основную схему. Назначение супернагрузок. Алгоритм решения задачи с применением метода суперэлементов (МСЭ).                                           | 2 | Расчет строительных конструкций с применением суперэлементов–панельного многоэтажного здания | 2 |

| Завершение таблицы 3   |                                                                                         |                                                                                                                |    |                                                                                  |    |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1                      | 2                                                                                       | 3                                                                                                              | 3  | 5                                                                                | 6  |
| 8                      | Примеры подготовки конечно-элементных расчетных схем и выполнение расчетов на прочность | Расчет тонкостенных пространственных конструкций. Расчет строительных конструкций с применением суперэлементов | 4  | Анализ результатов расчета строительных конструкций с применением суперэлементов | 4  |
| Всего аудиторных часов |                                                                                         |                                                                                                                | 18 |                                                                                  | 18 |

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины                                                                 | Содержание лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Трудоемкость в ак.ч. | Темы практических занятий                                                          | Трудоемкость в ак.ч. |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1     | 2                                                                                                      | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4                    | 5                                                                                  | 6                    |
| 1     | Введение. Основные понятия и операции методом конечных элементов. Расчет плоских стержневых систем МКЭ | Место метода конечных элементов (далее МКЭ) в современной практике проектирования. Сущность МКЭ. Основные операции. Выбор основных неизвестных. Основные понятия: число степеней свободы конечного элемента, матрица усилий, матрица узловых перемещений, матрица жесткости стержневых элементов. Алгоритм расчета МКЭ. | 2                    | Расчет плоских стержневых систем МКЭ. Расчет плит, подпертых ребрами жесткости МКЭ | 2                    |

| Продолжение таблицы 4 |                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |                                                                                                                                    |   |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 1                     | 2                                                                                       | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4 | 5                                                                                                                                  | 6 |
| 2                     | Решение плоской задачи теории упругости МКЭ                                             | Конечно - элементная модель плоской задачи теории упругости. Матрица жесткости треугольного конечного элемента. Свойства треугольного конечного элемента. Матрица жесткости прямоугольного элемента. Свойства прямоугольного конечного элемента. Способы разбивки расчетной схемы на конечные элементы, густота сетки, точность решения задач.         | 2 | Расчет тонкостенных пространственных конструкций – оболочек вращения с ребрами жесткости (цилиндрические, конические, сферические) | 2 |
| 3                     | Расчет плит и оболочек, подпертых ребрами жесткости МКЭ                                 | Статический расчет методом конечных элементов пластин и оболочек. Идея метода конечных элементов для расчёта пластин. Типы конечных элементов. Матрица жесткости плоского четырехугольного КЭ. Аппроксимация перемещений по области КЭ. Учет граничных условий. Объединение перемещений. Формирование вектора узловых сил. Анализ результатов расчета. | 2 | Расчет тонкостенных пространственных конструкций – призматических складок                                                          | 2 |
| 4                     | Основные сведения о программном комплексе «ЛИРА» автоматизированном расчете напряженно- | Выбор разбивки схемы на суперэлементы. Целесообразность использования суперэлементов. Назначение суперузлов, базисных суперузлов. Геометрия основной схемы. Установление                                                                                                                                                                               | 2 | Расчет строительных конструкций с применением суперэлементов – панельного многоэтажного здания                                     | 2 |

| Завершение таблицы 4   |                                                  |                                                                                                                                          |   |   |   |
|------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| 1                      | 2                                                | 3                                                                                                                                        | 4 | 5 | 6 |
|                        | деформированного<br>состояния (НДС)<br>элементов | суперэлементов в основную схему.<br>Назначение супернагрузок.<br>Алгоритм решения задачи с<br>применением метода<br>суперэлементов (МСЭ) |   |   |   |
| Всего аудиторных часов |                                                  |                                                                                                                                          | 8 |   | 8 |

## 6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов по дисциплине

### 6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» ([https://www.dontu.ru/images/structure/license\\_certificate/polog\\_kred\\_modul.pdf](https://www.dontu.ru/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf)) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала. Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

| Код и наименование компетенции | Способ оценивания | Оценочное средство                            |
|--------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| ОПК-1; ОПК-6;<br>ПК-7          | Зачет             | Комплект контролирующих материалов для зачета |

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- коллоквиумы – 30-50 баллов;
- практические работы (индивидуальные задания) – 30-50 баллов.

Зачет проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждый элемент дисциплины. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

| Сумма баллов за все виды учебной деятельности | Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 0-59                                          | Не зачтено/неудовлетворительно             |
| 60-73                                         | Зачтено/удовлетворительно                  |
| 74-89                                         | Зачтено/хорошо                             |
| 90-100                                        | Зачтено/отлично                            |

## 6.2 Тематика и содержание индивидуальных заданий

Индивидуальным заданием для каждого обучающегося является выполнение заданий по текущим практическим работам. В семестре предусмотрены выполнение и защита двух индивидуальных заданий (ИЗ № 1, ИЗ № 2).

Индивидуальные задания (ИЗ) выполняются по следующим темам:

### **ИЗ № 1 «Расчет тонкостенных пространственных конструкций».**

- выполнить расчет тонкостенной пространственной конструкции на заданную нагрузку с помощью ВК «Лира»;
- построить эпюры прогибов  $W$ , изгибающих моментов, крутящих моментов, поперечных сил для характерных сечений;
- найти наибольшие значения нормальных и касательных напряжений по наибольшему значению соответствующих усилий;
- проверить прочность и жесткость.

### **ИЗ № 2 «Расчет панельного многоэтажного здания с применением суперэлементов»:**

- составить расчетную схему панельного многоэтажного здания;
- показать моделирование панельного многоэтажного здания с применением суперэлементов;
- проверить прочность и жесткость.

## 6.3 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Текущая аттестация по дисциплине осуществляется в форме проведения контрольного опроса, коллоквиумов, индивидуальных заданий. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости включают результаты контрольных опросов, коллоквиумов, решения индивидуальных заданий. Индивидуальные задания выполняются студентами во время практических занятий и дорабатываются в процессе самостоятельной работы.

## 6.4 Вопросы для подготовки к зачету (коллоквиуму)

- 1) Как производится дискретизация стержневой системы по МКЭ?
- 2) Сколько степеней свободы имеют узлы плоской шарнирно-стержневой системы?
- 3) Каким требованиям должен отвечать конечный элемент стержня?
- 4) Какие типы конечных элементов используются при расчете плоской стержневой системы?
- 5) Какие конечные элементы используются при расчете пластин, оболочек, массивных тел?
- 6) Что представляют собой местная и общая системы координат в МКЭ?
- 7) Для чего нужна матрица направляющих косинусов?
- 8) Каким образом получена матрица жесткости стержня в местной системе

координат?

- 9) Что представляют собой элементы матрицы жесткости?
- 10) Как перевести матрицу жесткости стержня из местной системы координат в общую систему?
- 11) Как перевести матрицу жесткости стержня из общей в местную систему координат?
- 12) Что представляет собой вектор узловых нагрузок?
- 13) Каким образом учитываются опорные связи?
- 14) В каком порядке вычисляются внутренние усилия?
- 15) Какая нумерация узлов является оптимальной?
- 16) Перечислите основные этапы расчета по МКЭ.
- 17) Каким образом осуществляется проверка результатов расчета в МКЭ В чем заключается основная идея метода конечных элементов?
- 18) Перечислите основные шаги общего алгоритма статического расчета по МКЭ?
- 19) Назовите способы разбивки расчетной схемы на конечные элементы.
- 20) Какие типы конечных элементов используются для решения плоской задачи теории упругости?
- 21) Какие типы конечных элементов используются для решения объемной задачи теории упругости?
- 22) Какие типы конечных элементов используются для расчета пластин и оболочек?
- 23) Какие современные программные комплексы используются для расчета строительных конструкций?
- 24) Определение внутренних усилий в стержневых конечных элементах после нахождения узловых перемещений в конечно-элементной схеме.
- 25) Учет связей и заданных узловых перемещений в системе разрешающих уравнений метода конечных элементов.
- 26) Общая процедура расчета стержневых систем методом конечных элементов в форме метода перемещений. Реализация алгоритма МКЭ в современных программных комплексах.
- 27) Препроцессор, процессор, постпроцессор, библиотеки конечных элементов.
- 28) В каких случаях используются суперэлементы для решения строительных конструкций.
- 29) Опишите назначение суперузлов, базисных суперузлов, геометрии основной схемы.
- 30) Опишите порядок установления суперэлементов в основную схему и порядок назначения супернагрузок.
- 31) Опишите алгоритм решения задачи с применением суперэлементов.
- 32) Какова основная идея МКЭ?
- 33) Каковы основные преимущества МКЭ при расчетах конструкций?

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Рекомендуемая литература

#### *Основная литература*

- 1) Шейн, А.И. Курс строительной механики: Учебное издание / А.И. Шейн - М.: Издательство АСВ, 2017. - 352 с. - ISBN 978-5-4323-0218-2 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432302182.html> (дата обращения 21.08.2024).
- 2) Программный комплекс ЛИРА-САПР. Руководство пользователя. Обучающие примеры/ Ромашкина М.А., Титок В.П. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С. Электронное издание, 2018. – 254 с.  
[https://rflira.ru/files/lira-sapr/Book\\_LIRA\\_SAPR\\_2018.pdf](https://rflira.ru/files/lira-sapr/Book_LIRA_SAPR_2018.pdf) (дата обращения 21.08.2024).
- 3) Карпунин, В.Г. Компьютерное моделирование строительных конструкций в программном комплексе ЛИРА-САПР: учебное пособие/ В.Г. Карпунин. – Екатеринбург: Архитектон, 2018 – 323 с.  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=boo> (дата обращения 21.08.2024).
- 4) Кондратьева, Л.Е. Численные методы решения инженерно-технических задач в строительстве: учеб. пособие / Л. Е. Кондратьева; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2018. – 159 с. – ISBN 978-5-9984-1012-3.  
<https://dspace.www1.vlsu.ru/bitstream/123456789/7749/1/01814.pdf> (дата обращения 21.08.2024).

#### *Дополнительная литература*

- 1) Анохин, Н.Н. Строительная механика в примерах и задачах. Ч. III. Динамика сооружений: Учебное пособие. / Анохин Н.Н. - М.: Издательство АСВ, 2018. - 344 с. - ISBN 978-5-4323-0174-1 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301741.html> (дата обращения 21.08.2024).
- 2) Городецкий, А.С. Компьютерные модели конструкций / Городецкий А.С., Евзеров И.Д. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2009. – 360 с.  
<https://your-lib.ru/5801/your-lib-content-17044179.html> (дата обращения 21.08.2024).
- 5) Старцева, Л.В. Строительная механика в примерах и задачах: Учебное пособие / Старцева Л.В., Архипов В.Г., Семенов А.А. - М.: Издательство АСВ, 2014. - 224 с. - ISBN 978-5-93093-985-9 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939859.html> (дата обращения 21.08.2024).

## 7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно - справочные и поисковые системы

- 1) Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт. — Алчевск. — URL: [library.dstu.education](http://library.dstu.education).—Текст : электронный.
- 2) Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова: официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>.—Текст: электронный.
- 3) Консультант студента: электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>.—Текст: электронный.
- 4) Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система.— URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red).—Текст : электронный

## 7.3 Интернет-ресурсы

- 1) Министерство науки и образования Российской Федерации — <http://минобрнауки.пф/>
- 2) Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки — <http://obrnadzor.gov.ru/>
- 3) Министерство образования и науки Луганской Народной Республики — <https://minobr.su>
- 4) Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования — <http://fgosvo.ru>
- 5) Федеральный портал «Российское образование» — <http://www.edu.ru/>
- 6) Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» — <http://window.edu.ru/>
- 7) Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов — <http://fcior.edu.ru/>
- 8) Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства ЛНР - <https://minstroylnr.su/>
- 9) Министерство природных ресурсов и экологической безопасности ЛНР - <https://mprlnr.su/>

## 8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО. При реализации дисциплины используется Программный комплекс (ПК) Лира; Лицензия № 1д / 546; лицензионный номер № 9У057027.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

| Наименование оборудованных учебных кабинетов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Адрес<br>(местоположение)<br>учебных<br>кабинетов                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Специальные помещения:</p> <p><i>Мультимедийная аудитория. (60 посадочных мест), оборудованная специализированной (учебной) мебелью (скамья учебная – 20 шт., стол – 1 шт., доска аудиторная – 1 шт.), учебное ПК (монитор + системный блок), мультимедийная стойка с оборудованием – 1 шт., широкоформатный экран.</i></p> <p>Аудитории для проведения лекций:</p> <p><i>Компьютерный класс (22 посадочных места), оборудованный учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет:</i></p> <p>ПК Intel Core 2 DUO 2) 5 Ghz, 1024, 160 – 11 шт.;</p> <p>ПК Intel Celeron 2) 0, 256, 40- 1 шт. Доска – 1 шт.</p> | <p>ауд. <u>201</u> корп. <u>главный</u></p> <p>ауд. 205 корп. <u>главный</u></p> |

## Лист согласования рабочей программы

Разработал

доцент кафедры ВМиЕН  
(должность)

  
(подпись)

О.С. Балашова  
(Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой ВМ ЕН

  
(подпись)

Д.А. Мельничук  
(Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры ВМиЕН от 26. 08 2024 г.

И.о. декана факультета ГМПС

  
(подпись)

О.В. Князьков  
(Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической комиссии  
по направлению подготовки 08.03.01  
Строительство

  
(подпись)

В.В. Псюк  
(Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра

  
(подпись)

О.А. Коваленко  
(Ф.И.О.)

## Лист изменений и дополнений

|                                                                                 |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений |                  |
| ДО ИЗМЕНЕНИЙ:                                                                   | ПОСЛЕ ИЗМЕНЕНИЙ: |
| Основание:                                                                      |                  |
| Подпись лица, ответственного за внесение изменений                              |                  |