

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«МКЭ и МГЭ в расчётах строительных конструкций»

Направление подготовки 08.04.01 Строительство

Программа Теория и проектирование зданий и сооружений

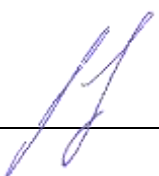
Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2021

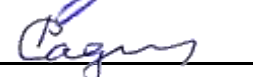
Автор программы

 /Агарков А.В./

**Заведующий кафедрой
Строительной механики**

 /Козлов В.А./

Руководитель ОПОП

 /Сафронов В.С./

Воронеж 2021

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Обучение теоретическим основам МКЭ и МГЭ и использованию в строительном проектировании современных программных комплексов, реализующих МКЭ (владение основными идеями, приёмами их алгоритмизации; практическими навыками выполнения и контроля правильности расчётов, сочетания МКЭ с проектирующими модулями современных программных комплексов).

Обучение учащихся навыкам самостоятельного совершенствования своих знаний в области МКЭ и МГЭ с помощью научно-технической литературы.

1.2. Задачи освоения дисциплины

В результате обучения учащиеся должны получить следующие знания и представления:

- 1) о теоретических и инженерных основах МКЭ и МГЭ и программного обеспечения МКЭ;
- 2) об алгоритмизации и компьютерной реализации линейной (классической) версии МКЭ в форме метода перемещений;
- 3) о способах решения нелинейных задач средствами МКЭ;
- 4) о современном программном обеспечении МКЭ (программы *ЛИРА-САПР*, *SCAD Office*, *Midas Civil* и др.);
- 5) об идее, общей процедуре и практическом значении метода граничных элементов (МГЭ).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «МКЭ и МГЭ в расчётах строительных конструкций» относится к дисциплинам блока ФТД.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «МКЭ и МГЭ в расчётах строительных конструкций» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Владение знаниями методов проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования

ПК-2 - Способностью вести разработку эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования

ПК-3 - Способностью разрабатывать методики, планы и программы проведения научных исследований и разработок, готовить задания для исполнителей, организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализировать и обобщать их результаты

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать теоретические основы современных методов проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования
	уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования
	владеть современными методами проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования
ПК-2	знать современные методики разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования
	уметь применять современные методики разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования
	владеть практическими приемами разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования
ПК-3	знать современные методики подготовки планов и программ проведения научных исследований и разработок
	уметь организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализировать и обобщать их результаты готовить задания для исполнителей,
	владеть практическими приемами проведения научных исследований и разработок, а также проведения анализа и обобщения их результатов

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «МКЭ и МГЭ в расчётах строительных конструкций» составляет 2 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
Аудиторные занятия (всего)	36	36
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Самостоятельная работа	36	36
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	72	72
зач.ед.	2	2

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Исходные представления. Теоретические основы расчётов объектов строительства по предельным состояниям	Краткая характеристика содержания лекционного материала. О значении системных знаний для управления работой программ, выполняющих инженерные расчёты для объектов строительства. Общие сведения о МКЭ. О роли МКЭ в современном проектировании. О других численных методах (МКР, МГЭ). Углубление понятия о расчётной схеме. Схематизация нагрузок, геометрической формы. Граничные условия. Расчётное моделирование строительных материалов и грунтов. Метод предельных состояний. ГОСТ 27751-2014 «Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения». Группы и виды предельных состояний. Система коэффициентов надёжности и условий работы. Расчётные ситуации.	4	2	6	12
2	Теория и расчёт стержневых систем	Матрица жёсткости стержневого конечного элемента на примере стержня с	4	2	6	12

	средствами МКЭ	тремя степенями свободы в узле (вывод записей всех членов матрицы). Способ получения членов матрицы при помощи функции перемещений в форме степенных полиномов. Записи матриц жёсткости для стержневых конечных элементов с двумя, пятью степенями свободы. Формирование глобальной системы уравнений на примере плоской стержневой системы: общие положения, общая и местная системы координат, формирование уравнений равновесия узлов, заполнение глобальной матрицы жёсткости. Понятие о МКЭ как о матричной форме метода перемещений. Универсальная схема решения задач МКЭ: матрица жёсткости конечного элемента – переход от местных к общей системе координат – формирование глобальной матрицы жёсткости. О ленточной структуре глобальной матрицы жёсткости.				
3	Теория и расчёт непрерывных (континуальных) систем средствами МКЭ	Конечные элементы континуальных систем: понятие, определение, классификация. Членение расчётных схем на конечные элементы на примерах реальных объектов: полосовая нагрузка на линейно деформируемом основании, буронабивная свая, металлическая балка, плитно-ребристые системы. Связь МКЭ континуальных систем с теорией упругости и методом перемещений. Аппроксимация функций перемещений степенными полиномами. Построение матриц жёсткости треугольного и прямоугольных четырёх- и восьми узловых плоских конечных элементов. Формирование глобальной матрицы жёсткости: общий подход, практическая реализация на примерах. Характеристика современных континуальных конечных элементов (таблица, пояснения). Теория и практика конечно-элементной схематизации проектируемых объектов. Примеры решения научных и практических задач	4	2	6	12

4	Обоснование принципа Лагранжа при построении матриц жёсткости конечных элементов.	Экстремальные свойства потенциальной энергии. Принцип Лагранжа (общая формулировка). Примеры реализации принципа Лагранжа при решении простейших задач: задачи о балке (стержне), нагруженной продольной силой, поперечной силой, полосовой нагрузкой; задача о треугольном конечном элементе.	2	4	6	12
5	Программные комплексы на основе МКЭ для расчёта объектов строительства	Общие принципы построения. Программные комплексы <i>ЛИРА-САПР</i> , <i>SCAD Office</i> : технические возможности, библиотеки конечных элементов, функциональные модули. Входная и выходная информация. Проектные (аналитические и конструкторские) программы. Работа пользователя.	2	4	6	12
6	Метод граничных элементов и его практические приложения	Идея и общая процедура МГЭ. Задача о ленточном фундаменте (штампе на полуплоскости) и другие примеры решения прикладных задач.	2	4	6	12
Итого			18	18	36	72

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение расчетно-графической работы в 1 семестре для очной формы обучения.

Тема работы: «Расчет плоской стержневой системы МКЭ»

Каждому студенту выдается плоская статически неопределимая рама с указанием геометрии, жесткостных характеристик элементов рамы и нагрузок.

Задачи, решаемые при выполнении расчетно-графической работы:

- Необходимо сформировать расчетную схему МКЭ, матрицу жесткости конечных элементов, глобальную матрицу жесткости (одним из трех способов), решить систему уравнений. В результате расчета необходимо получить перемещения, усилия во всех элементах рамы, реакции опор в узлах, где наложены связи.

- Для оценки правильности выполнения работы необходимо получить перемещения и усилия в элементах рамы в любом современном вычислительных комплексах MicroFE, ЛИРА, SCAD или Midas Civil

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать теоретические основы современных методов проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования	знание теоретических основ современных методов проектирования и мониторинга	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования	умение использовать специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть современными методами проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования	владение современными методами проектирования и мониторинга	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	знать современные методики разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования	знание современных методик разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять современные методики разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования	умение применять современные методики разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть практическими приемами разработки эскизных, технических и	Владение практическими приемами разработки эскизных, технических и	Выполнение работ в срок, предусмотренный в	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в

	рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования	рабочих проектов сложных объектов	рабочих программах	й в рабочих программах
ПК-3	знать современные методики подготовки планов и программ проведения научных исследований и разработок	знание современных методик проведения научных исследований	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализировать и обобщать их результаты готовить задания для исполнителей,	умение анализировать результаты научных исследований	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть практическими приемами проведения научных исследований и разработок, а также проведения анализа и обобщения их результатов	владение практическими приемами проведения научных исследований	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-1	знать теоретические основы современных методов проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть современными методами проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-2	знать современные методики разработки эскизных,	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%

	технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования			
	уметь применять современные методики разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования	Решение стандартных практических задач	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть практическими приемами разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	знать современные методики подготовки планов и программ проведения научных исследований и разработок	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализировать и обобщать их результаты готовить задания для исполнителей,	Решение стандартных практических задач	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть практическими приемами проведения научных исследований и разработок, а также проведения анализа и обобщения их результатов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Общая и глобальная системы координат и их место в схеме решения задач МКЭ
2. Матрица жёсткости стержневого конечного элемента (КЭ) на примере стержня с тремя степенями свободы в узле
3. Понятие о континууме, континуальных конечных элементах, функциях перемещений
4. Построение матрицы жёсткости треугольного плоского КЭ
5. Построение матрицы жёсткости прямоугольного плоского КЭ
6. Формирование глобальной системы уравнений на примере плоской стержневой системы. Правила нумерации узлов и конечных элементов
7. Формирование глобальной матрицы жёсткости на примере построения двух уравнений равновесия одного узла континуальной системы из

прямоугольных КЭ

8. Компоненты напряжений в континуальных КЭ. Уравнения закона Гука.
9. Компоненты напряжений в континуальных КЭ. Соотношения Коши.
10. Описание и характеристика статического расчёта упругих систем с использованием МКЭ
11. Вариационный способ решения задач теории упругости. Минимум потенциальной энергии для МКЭ
12. Метод Ритца
13. Теоретические основы расчетов объектов строительства по предельным состояниям. Углубленное понятие о расчетной схеме.
14. Теоретические основы расчетов объектов строительства по предельным состояниям. Характеристика составных частей (основных этапов) технических расчётов
15. Теоретические основы расчетов объектов строительства по предельным состояниям. Предельные состояния (ПС):
16. Объяснить формирование глобальной системы уравнений на примере плоской стержневой системы. Правила нумерации узлов и конечных элементов
17. Объяснить формирование глобальной матрицы жёсткости на примере построения двух уравнений равновесия одного узла континуальной системы из прямоугольных КЭ
18. Объяснить вариационный способ решения задач теории упругости.
19. Объяснить понятие о расчетной схеме. Пояснить какие при этом какие имеются группы допущений (направлений инженерной схематизации) при формировании расчётных схем.
20. Объяснить составные части (основных этапов) технических расчётов
21. Объяснить основные положения расчетного моделирования строительных материалов и грунтов

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Число степеней свободы для плоского ферменного стержневого КЭ в локальной системе координат?
 - А. 2
 - Б. 3
 - В. 4
 - Г. 6
2. Число степеней свободы для плоского рамного стержневого КЭ в локальной системе координат?
 - А. 2
 - Б. 3
 - В. 4
 - Г. 6
3. Число степеней свободы в узле для континуального КЭ балки - стенки в локальной системе координат?
 - А. 2

- Б. 4
- В. 6
- Г. 8

4. Число степеней свободы для плоского ферменного стержневого КЭ в глобальной системе координат?
- А. 2
 - Б. 3
 - В. 4**
 - Г. 6
5. Число степеней свободы для плоского рамного стержневого КЭ в глобальной системе координат?
- А. 2
 - Б. 3
 - В. 4
 - Г. 6**
6. Число степеней свободы для пространственного ферменного стержневого КЭ в глобальной системе координат?
- А. 2
 - Б. 3
 - В. 4
 - Г. 6**
7. Число степеней свободы для пространственного рамного стержневого КЭ в глобальной системе координат?
- А. 2
 - Б. 4
 - В. 8
 - Г. 12**
8. Число степеней свободы в узле для континуального КЭ плиты в глобальной системе координат?
- А. 2
 - Б. 3**
 - В. 6
 - Г. 8
9. Число степеней свободы в узле для континуального КЭ «оболочки» в локальной системе координат?
- А. 2
 - Б. 3
 - В. 6**
 - Г. 8
10. Число степеней свободы в узле для континуального КЭ «оболочки» в глобальной системе координат?
- А. 2
 - Б. 3
 - В. 6**
 - Г. 8

- 11.Размерность матрицы жесткости для пространственного ферменного стержневого КЭ в глобальной системе координат?
А. 2×2
Б. 3×3
В. 4×4
Г. 6×6
- 12.Размерность матрицы жесткости для пространственного рамного стержневого КЭ в глобальной системе координат?
А. 2×2
Б. 3×3
В. 4×4
Г. 6×6
- 13.Размерность матрицы жесткости для четырехугольного континуального КЭ плиты в глобальной системе координат?
А. 2×2
В. 6×6
Г. 12×12
- 14.Размерность матрицы жесткости для треугольного континуального КЭ «оболочки» в локальной системе координат?
А. 9×9
Б. 12×12
В. 15×15
Г. 18×18
- 15.Размерность матрицы жесткости для треугольного континуального КЭ «оболочки» в глобальной системе координат?
А. 9×9
Б. 12×12
В. 15×15
Г. 18×18

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. При нарушении соосности стыковки стержней в узле в МКЭ используют?
А. специальные КЭ
Б. изменение жесткостных параметров
В. объединение перемещений
Г. жесткие вставки
2. По какой формуле определяются неизвестные перемещения в МКЭ ?
А. $K \cdot F$
Б. $K^{-1} \cdot F$
В. $F \cdot K$
Г. $F^{-1} \cdot K$
3. По какой формуле вычисляется центральный момент инерции прямоугольной фигуры высотой h и шириной b ?:
А. $bh^2/6$
Б. $bh^3/12$
В. $bh^3/8$

Г. $\pi r^3/4$

4. По какой формуле вычисляется центральный момент инерции круглой фигуры радиусом r ?

А. $\pi r^3/2$

Б. $\pi r^4/4$

В. $\pi r^3/2$

Г. $\pi r^4/2$

5. По какой формуле определяются усилия в КЭ ?

А. $K \cdot U$

Б. $K-1 \cdot U$

В. $U \cdot K$

Г. $U-1 \cdot K$

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Матрица жёсткости стержневого конечного элемента (КЭ) на примере стержня с тремя степенями свободы в узле (понимание физического содержания, вывод записей членов матрицы).
2. Общая и глобальная системы координат и их место в схеме решения задач МКЭ.
3. Формирование глобальной системы уравнений на примере плоской стержневой системы. Правила нумерации узлов и конечных элементов.
4. Понятие о континууме, континуальных конечных элементах, функциях перемещений.
5. Построение матрицы жёсткости треугольного плоского КЭ.
6. Построение матрицы жёсткости прямоугольного плоского КЭ.
7. Формирование глобальной матрицы жёсткости на примере построения двух уравнений равновесия одного узла континуальной системы из прямоугольных КЭ.
8. Описание и характеристика статического расчёта упругих систем с использованием МКЭ.
9. Понятие о допущениях. Три группы допущений (направлений инженерной схематизации) при формировании расчётных схем.
10. Предельные состояния (ПС): понятие, определение; группы и виды ПС согласно ГОСТ 27751-88.
11. Состав и характеристика коэффициентов надёжности и условий работы.
12. Расчётные ситуации: определение, характеристика.
13. Расчётная модель материала (грунта): общее понятие, определение.
14. Закон Гука (матричная форма). Соотношения Коши.
15. Принцип Лагранжа: формулировка и примеры реализации при решении простейших задач.
16. Учитываемые проявления нелинейности главных строительных материалов.
17. Понятие о теории пластического течения и деформационной теории пластичности (малых пластических деформаций) и их реализации средствами МКЭ.

- 18.Расчётное описание ползучести и усадки бетона средствами МКЭ (в матричной форме).
- 19.Метод граничных элементов: граничные элементы, система линейных уравнений. Решение прикладных задач.

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит три вопроса из числа включенных в перечень, представленных в разделе 7.2.4 настоящей программы, и контрольную задачу по составлению строчки из глобальной матрицы жесткости для плоской статически неопределимой рамы. Правильное решение задачи оценивается в четыре балла, правильный ответ на теоретической вопрос оценивается в два балла. Максимальное количество набранных баллов – 8.

1. Зачет не ставится в случае, если студент набрал менее 4 баллов.
2. Зачет ставится в случае, если студент набрал от 4 до 8 баллов

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемо й компетенции	Наименование оценочного средства
1	Исходные представления. Теоретические основы расчётов объектов строительства по предельным состояниям	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Тестирование, РГР, зачёт
2	Теория и расчёт стержневых систем средствами МКЭ	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Тестирование, РГР, зачёт
3	Теория и расчёт непрерывных (континуальных) систем средствами МКЭ	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Тестирование, РГР, зачёт
4	Обоснование принципа Лагранжа при построении матриц жёсткости конечных элементов.	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Тестирование, РГР, зачёт
5	Программные комплексы на основе МКЭ для расчёта объектов строительства	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Тестирование, РГР, зачёт
6	Метод граничных элементов и его практические приложения	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Тестирование, РГР, зачёт

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1.1 Основная литература:

1. **Дарков Анатолий Владимирович.** Строительная механика [Текст] : учебник. - 12-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010 (Архангельск : ОАО "Издат.-полиграф. предприятие "Правда Севера", 2008). - 655 с. : ил. - Библиогр.: с. 650 (12 назв.). - ISBN 978-5-8114-0576-3 : 750-20.
3. **Шапиро, Давид Моисеевич.** Метод конечных элементов в строительном проектировании [Текст] : учебное пособие. - Москва : АСВ, 2015 (М. : Паблит, 2015). - 172 с. : ил. - Библиогр.: с. 165-167 (39 назв.). - ISBN 978-5-4323-0084-3 : 425-00.
4. **Шеин, Александр Иванович.** Краткий курс строительной механики [Текст] : учебник : рекомендовано УМО. - Москва : Бастет, 2011 (Ярославль : ОАО "Ярославский полиграфкомбинат", 2011). - 270 с. - Библиогр.: с. 267-268 (17 назв.). - ISBN 978-5-903178-27-8 : 275-00.
5. **Сидоров, Владимир Николаевич.** Расчетные методы в статике сооружений. Примеры расчетов методом конечных элементов в среде Mathcad [Текст] : учебное пособие. - Москва : Издательство АСВ, 2018. - 231 с. : ил. - Библиогр.: с. 230-231 (21 назв.). - ISBN 978-5-4323-0264-9 : 858-00.

8.1.2 Дополнительная литература:

1. **Шапиро, Давид Моисеевич.** Метод конечных элементов в строительном проектировании [Текст] : монография. - Воронеж : Научная книга, 2013 (Воронеж : Тип. ООО ИПЦ "Научная книга", 2013). - 181 с. : ил. - Библиогр.: с. 173-176. - ISBN 978-5-4446-0259-1 : 493-00.
2. **Константинов, Игорь Алексеевич.** Строительная механика [Текст] : учебник / СПб. гос. политехн. ун-т. - Москва : Проспект, 2011 (Ульяновск : ОАО "ИПК "Ульянов. Дом печати", 2010). - 425 с. : ил. - ISBN 978-5-392-01474-3 : 272-00.
3. **Прокопьев, В. И.** Решение строительных задач в SCAD OFFICE : Учебное пособие / Прокопьев В. И. - Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. - 63 с. - ISBN 978-5-7264-1022-7.
URL: <http://www.iprbookshop.ru/30788.html>.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. Консультирование посредством электронной почты, Skype, WhatsApp, Viber.
2. Использование презентаций при проведении лекционных занятий.
3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы по строительству.
4. Базы данных, информационно-справочная и нормативная документация по разделам «Строительство» и «Расчёт строительных конструкций».
5. Программные продукты MS Office Word, MS Office Excel.
6. Программные комплексы ЛИРА-САПР-2016, MathCad, Midas Civil;
7. Вычислительный пакет MatLab.
8. Информационно-поисковая система «СтройКонсультант»: доступ в локальной сети ВГТУ (библиотечный корпус).
9. <http://www.cchgeu.ru>. Учебный портал ВГТУ.
10. <http://cchgeu.ru/university/library/elektronnyy-katalog/> Электронный каталог Научной Библиотеки ВГТУ.
11. <http://cchgeu.ru/education/cafedras/kafsm/> Учебно-методические разработки кафедры строительной механики.
12. ELIBRARY.ru;
13. <https://картанауки.рф/>;
14. dwg.ru.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

№ п/п	Вид аудиторного фонда	Требования
1.	Лекционная аудитория	Аудитория должна быть оборудована, как обычной доской, так и техническими средствами для реализации мультимедийной технологии проведения лекции (проектор, экран или интерактивная доска, Notebook или другой ПК).
2.	Компьютерные классы	Оснащение специализированной учебной мебелью. Оснащение техническими средствами обучения: ПК с возможностью подключения к локальным сетям и Интернету. Наличие вычислительной техники из расчёта один ПК на одного студента.
3.	Аудитория для практических занятий	Аудитория должна быть оборудована как обычной доской, так и техническими средствами для реализации мультимедийной технологии проведения практических занятий (проектор, экран, или интерактивная доска, ноутбук или другой ПК с процессором не ниже 1,2 ГГц).

Перечень материально-технического обеспечения дисциплины:

В наличии имеется специализированная аудитория (Лаборатория вычислительной техники кафедры строительной механики [ауд. 2121]), оборудованная интерактивными технологиями представления видеоматериала при проведении лекционных и практических занятий, а также для выполнения расчетно-графических работ и проведения всех видов контрольных мероприятий с помощью компьютерного тестирования.

Лаборатория вычислительной техники оснащена: видеопроектором, интерактивной доской, 12 персональными компьютерами, лазерным принтером, специализированной учебной мебелью.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «МКЭ и МГЭ в расчётах строительных конструкций» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета различных строительных конструкций и их отдельных элементов с помощью МКЭ и МГЭ и использованию в строительном проектировании современных программных комплексов. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.