

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

Декан строительного факультета

Д.В. Панфилов

2018 г.

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 2018

Автор программы

/Агарков А.В./

Заведующий кафедрой
Строительной механики

/Ефремушин С.В./

Руководитель ОПОП

/Сафронов В.С./

Воронеж 2018

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 статике сооружений» изучается на 1 курсе в первом семестре магистратуры обучения и базируется на следующих дисциплинах: высшая математика, сопротивление материалов и теория упругости, строительная механика, информатика; металлические конструкции, железобетонные конструкции, основания фундаменты и механика грунтов.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

ПК-1 - Овладение 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

ПК-4 - Умением на основе знания педагогических приёмов принимать непосредственное участие в образовательной деятельности структурных подразделений образовательной организации по профилю направления подготовки

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
ПК-4	знать современные педагогические приёмы проведения образовательной деятельности в структурных подразделениях образовательной организации по профилю направления подготовки
	уметь использовать современные педагогические приёмы проведения образовательной деятельности в структурных подразделениях образовательной организации по профилю направления подготовки
	владеть современными педагогическими приёмами проведения образовательной деятельности в структурных подразделениях образовательной организации по профилю направления подготовки

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	Лек ц	Пра к зан.	СР С	Всег о, 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.	4	2	6	12

		Расчётные ситуации.				
2	Теория и расчёт стержневых систем средствами МКЭ	Матрица жёсткости стержневого конечного элемента на примере стержня с 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.	4	2	6	12

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 курсовой работы в 1 семестре для очной формы

обучения.

Тема курсовой 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 курсовой работы:

- Необходимо сформировать расчетную схему МКЭ, матрицу жесткости конечных элементов, глобальную матрицу жесткости, 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

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	владение современными методами проектирования и	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих

	мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования	мониторинга	программах	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 рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования	владение практическими приемами разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный 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	умение анализировать результаты научных исследований	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	готовить задания для исполнителей,			
	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
ПК-4	знать современные педагогические приёмы проведения образовательной деятельности в структурных подразделениях образовательной организации по профилю направления подготовки	знать современные педагогические приёмы образовательной деятельности	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать современные педагогические приёмы проведения образовательной деятельности в структурных подразделениях образовательной организации по профилю направления подготовки	укажите критерий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть современными педагогическими приемами проведения образовательной деятельности в структурных подразделениях образовательной организации по профилю направления подготовки	владение современными педагогическими приемами проведения образовательной деятельности	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	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%

	сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования			
	уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования	Решение стандартных практических задач	Продемонстрировать 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	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-2	знать современные методики разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	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	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	систем автоматизированного проектирования			
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
ПК-4	знать современные педагогические приёмы проведения образовательной деятельности в структурных подразделениях образовательной организации по профилю направления подготовки	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь использовать современные педагогические приёмы проведения образовательной деятельности в структурных подразделениях образовательной организации по профилю направления подготовки	Решение стандартных практических задач	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть современными педагогическими приёмами проведения образовательной деятельности в структурных подразделениях	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

образовательной организации по профилю направления подготовки			
---	--	--	--

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
(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач
(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач
(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

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 – 10.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 3 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 3 до 6 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 8 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 8 до 10 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Исходные представления. Теоретические основы расчётов объектов строительства по предельным состояниям	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Теория и расчёт стержневых систем средствами МКЭ	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Теория и расчёт непрерывных (континуальных) систем средствами МКЭ	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Обоснование принципа Лагранжа	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита

	при построении матриц жёсткости конечных элементов.		лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Программные комплексы на основе МКЭ для расчёта объектов строительства	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Метод граничных элементов и его практические приложения	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

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 А. В., Шапошников Н. Н. Строительная механика. Учебник. – СПб.: Изд-во «Лань», 2004. – 656 с.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. – М.: «Мир», 1975. – 541 с.
3. Шапиро Д. М. Расчёт конструкций и оснований методом конечных элементов: Учебное пособие/ ВГАСА, Воронеж, 1996. – 80 с.
4. Шапиро Д. М. Математическое и информационное обеспечение САПР

- объектов строительства: Учебное пособие/ ВГАСА, Воронеж, 1999. – 82с.
5. Городецкий А. С., Евзеров И. Д. Компьютерные модели конструкций. – Киев: Факт, 2005. – 343 с.
6. Шапиро Д.М. Теория и расчетные модели оснований и объектов геотехники: монография./ Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2012 – 164с.

8.1.2. Дополнительная литература:

1. Розин Л. А. Метод конечных элементов в применении к упругим системам. – М.: Стройиздат, 1977. – 128 с.
2. Перельмутер А. В., Сливкер В. И. Расчётные модели сооружений и возможность их анализа. – Киев, изд-во «Сталь», 2002. – 600 с.
3. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004. – 590 с.
4. Программный комплекс «ЛИРА-Windows». Руководство пользователя в 8-ми томах. НИИ автоматизированных систем в строительстве. Госкомградостроительства Украины, 1997.
5. Расчёт стержневых и континуальных систем методом конечных элементов: Метод. указания к выполнению лабораторной работы / ВГАСА; Д. М. Шапиро. Воронеж, 1993. – 28 с.
6. Кашеварова Г. Г., Пермякова, Т. Б. Численные методы решения задач строительства на ЭВМ/ Учебное пособие; 2-е изд., перераб. и доп.; Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2003. – 352 с.
7. Крауч С., Старфильд А. Методы граничных элементов в механике твёрдого тела. – М.: Мир, 1979. – 328 с

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. Проведение лекционных и практических занятий с использованием мультимедийного оборудования (проектор, интерактивная доска, компьютер (или ноутбук)).
2. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.
3. Программные комплексы ЛИРА-САПР, SCAD Office, MathCad, Midas Civil.
4. <http://www.cchgeu.ru>. Учебный портал ВГТУ.
5. <http://cchgeu.ru/university/library/elektronnyy-katalog/> Электронный каталог Научной Библиотеки ВГТУ.
6. <http://cchgeu.ru/education/cafedras/kafsm/> Учебно-методические разработки кафедры строительной механики.
7. elibrary.ru.
8. <https://картанауки.рф/>.
9. dwg.ru.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

В наличии имеется специализированная учебная аудитория (компьютерный класс, ауд. № 2121).

Она оснащена специализированной учебной мебелью и техническими средствами обучения: ПК с возможностью подключения к локальным сетям и Интернету. Наличие вычислительной техники из расчёта один ПК на одного студента.

Также, аудитория оборудована, как обычной доской, так и техническими средствами для реализации мультимедийной технологии проведения лекционных и практических занятий, а также проведения конференций (проектор, интерактивная доска, персональный компьютер или ноутбук).

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 строительных конструкций с помощью метода конечных элементов и метода граничных элементов. 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; пометать 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 усвоения 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.