



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Информационных систем и технологий

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Теория конечных элементов

направление подготовки/специальность 01.03.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Прикладная математика и информатика

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются:

- приобретение студентами теоретических знаний по методу конечных элементов;
- приобретение студентами практических навыков работы с методом конечных элементов, его адаптацией под конкретные инженерные задачи;
- приобретение студентами практических навыков работы с пакетами прикладных программ Matlab и Maple.

Задачами освоения дисциплины являются:

- ознакомление студентов с основными понятиями теории конечных элементов;
- изучение основных подходов, достоинств и недостатков метода конечных элементов;
- применение метода конечных элементов на практических примерах.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ОПК-2 Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	ОПК-2.1 Осуществляет выбор математического метода для решения сформулированной задачи профессиональной деятельности	знает основные идеи, на которых основан метод конечных элементов; умеет применять теорию для конкретных задач владеет навыками программирования для реализации алгоритмов решения поставленных задач
ОПК-2 Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	ОПК-2.2 Адаптирует математический метод для разработки алгоритма решения прикладной задачи	знает особенности теории конечных элементов умеет применять и адаптировать метод под конкретную задачу владеет навыками аппаратом метода конечных элементов

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.35 основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 Прикладная математика и информатика и относится к обязательной части учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Численные методы	ОПК-2.1, ОПК-2.2
2	Вариационное исчисление	ОПК-3.2, ОПК-1.2
3	Основы архитектурно-строительных конструкций	ОПК-1.3
4	Уравнения математической физики	ОПК-3.1, ОПК-1.1
5	Дифференциальные уравнения	ОПК-2.1
6	Компьютерное моделирование в математических средах	ОПК-2.3, ОПК-1.2
7	Математический анализ	УК-2.1, УК-2.3, УК-2.4, ОПК-1.2

8	Техническая механика	ОПК-1.3
9	Численные методы	ОПК-2.1, ОПК-2.2
10	Вариационное исчисление	ОПК-3.2, ОПК-1.2
11	Основы архитектурно-строительных конструкций	ОПК-1.3
12	Уравнения математической физики	ОПК-3.1, ОПК-1.1
13	Дифференциальные уравнения	ОПК-2.1
14	Компьютерное моделирование в математических средах	ОПК-2.3, ОПК-1.2
15	Математический анализ	УК-2.1, УК-2.3, УК-2.4, ОПК-1.2
16	Техническая механика	ОПК-1.3

Численные методы
Вариационное исчисление
Основы архитектурно-строительных конструкций
Уравнения математической физики
Дифференциальные уравнения
Компьютерное моделирование в математических средах
Математический анализ
Техническая механика

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Компьютерное моделирование процесса деформирования элементов строительных конструкций	ОПК-2.2, ОПК-3.2, ПК-4.3
2	Конечноэлементные программные комплексы	ОПК-4.1
3	Компьютерное моделирование процесса деформирования элементов строительных конструкций	ОПК-2.2, ОПК-3.2, ПК-4.3
4	Конечноэлементные программные комплексы	ОПК-4.1

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			6
Контактная работа	48		48
Лекционные занятия (Лек)	16	0	16
Практические занятия (Пр)	32	0	32
Иная контактная работа, в том числе:	0,25		0,25
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)			
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))			
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача экзамена)	0,25		0,25
Часы на контроль	8,75		8,75
Самостоятельная работа (СР)	51		51
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)			
часы:	108		108

зачетные единицы:

3

3

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Теория конечных элементов										
1.1.	Введение в теорию конечных элементов	6	8		8			17	33	ОПК-2.1, ОПК-2.2	
1.2.	Использование метода конечных элементов для решения одномерных задач строительной механики	6	4		12			17	33	ОПК-2.1, ОПК-2.2	
1.3.	Использование метода конечных элементов для решения двумерных задач строительной механики	6	4		12			17	33	ОПК-2.1, ОПК-2.2	
2.	2 раздел. Контроль										
2.1.	Зачёт	6							9	ОПК-2.1, ОПК-2.2	

5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Введение в теорию конечных элементов	Метод конечных элементов как обобщение метода Ритца Основная идея метода конечных элементов. Повторение метода Ритца. Вывод метода конечных элементов через обобщение метода Ритца
1	Введение в теорию конечных элементов	Метод конечных элементов в форме метода перемещений Повторение метода перемещений. Вывод метода конечных элементов через метод перемещений
1	Введение в теорию конечных элементов	Сравнение метода конечных элементов с другими методами: методом конечных разностей, методом Бубнова-Галёркина, Вариационно-разностным методом, методом Ритца Классификация приближённых методов. Повторение идей методов конечных разностей, Бубнова-Галёркина и Вариационно-разностного метода. Обсуждение принадлежности методов к пунктам классификации. Схожести и различия метода конечных элементов с представленными методами
1	Введение в теорию конечных элементов	Достоинства и недостатки МКЭ. Устойчивость и сходимость метода. Основные проблемы, возникающие при реализации метода Обсуждение основных достоинств и недостатков метода конечных элементов. Вопросы условий устойчивости и сходимости метода. Основные этапы реализации метода и возникающие проблемы при реализации (создание разбивочной сетки и её влияние на сходимость)

		и устойчивость решения, методы создания сетки; получение системы разрешающих уравнений, возможности точного и приближённого решения системы, методы разреживания системы)
2	Использование метода конечных элементов для решения одномерных задач строительной механики	Общая постановка задачи в одномерном случае Особенности применения метода конечных элементов в одномерном случае: разбивка отрезка на конечные интервалы, нумерация узлов, требования, накладываемые на функции формы в зависимости от задачи, получение системы разрешающих уравнений
2	Использование метода конечных элементов для решения одномерных задач строительной механики	Применение МКЭ на примере стержня: формулировка математической модели, обсуждение алгоритма Математическая модель изгиба балки: функционал полной энергии деформации. Граничные условия. Обсуждение алгоритма для решения поставленной задачи
3	Использование метода конечных элементов для решения двумерных задач строительной механики	Общая постановка задачи в двумерном случае Особенности применения метода конечных элементов в двумерном случае: разбивка области на конечные интервалы, нумерация узлов, требования, накладываемые на функции формы в зависимости от задачи, получение системы разрешающих уравнений
3	Использование метода конечных элементов для решения двумерных задач строительной механики	Применение МКЭ на примере плиты: формулировка математической модели, обсуждение алгоритма Математическая модель изгиба плиты: функционал полной энергии деформации. Граничные условия. Обсуждение алгоритма для решения поставленной задачи

5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Введение в теорию конечных элементов	Вывод основного матричного уравнения движения конечного элемента из уравнений Лагранжа второго рода Повторение основ вариационного исчисления. Уравнение Лагранжа второго рода. Использование метода конечных элементов для приближённого решения уравнения Лагранжа и получение уравнения движения конечного элемента.
2	Использование метода конечных элементов для решения одномерных задач строительной механики	Вывод линейных и кубических функций формы Получение выражений функций формы в одномерном случае
2	Использование метода конечных элементов для решения одномерных задач строительной механики	Реализация алгоритма: написание расчётной программы. Обсуждение результатов Реализация алгоритма, представленного на лекции
2	Использование метода конечных элементов для решения одномерных задач строительной	Анализ сходимости и устойчивости Проведение серии вычислительных экспериментов с различным количеством конечных элементов. Анализ устойчивости решения к малому изменению начальных параметров

	механики	
3	Использование метода конечных элементов для решения двумерных задач строительной механики	Вывод функций формы Получение выражений функций формы в двумерном случае
3	Использование метода конечных элементов для решения двумерных задач строительной механики	Реализация алгоритма: написание расчётной программы. Обсуждение результатов Реализация алгоритма, представленного на лекции
3	Использование метода конечных элементов для решения двумерных задач строительной механики	Анализ сходимости и устойчивости Проведение серии вычислительных экспериментов с различным количеством конечных элементов. Анализ устойчивости решения к малому изменению начальных параметров

5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Введение в теорию конечных элементов	Изучение пройденного материала. Подготовка вопросов по теме Изучение теоретического материала. Подготовка вопросов по пройденному материалу
1	Введение в теорию конечных элементов	Изучение пройденного материала. Подготовка вопросов по теме Изучение теоретического материала. Подготовка вопросов по пройденному материалу
1	Введение в теорию конечных элементов	Изучение пройденного материала. Подготовка вопросов по теме Изучение теоретического материала. Подготовка вопросов по пройденному материалу
1	Введение в теорию конечных элементов	Изучение пройденного материала. Подготовка вопросов по теме Изучение теоретического материала. Подготовка вопросов по пройденному материалу
2	Использование метода конечных элементов для решения одномерных задач строительной механики	Изучение пройденного материала. Подготовка вопросов по теме Изучение теоретического материала. Подготовка вопросов по пройденному материалу
2	Использование метода конечных элементов для решения одномерных задач строительной механики	Изучение пройденного материала. Подготовка вопросов по теме Изучение теоретического материала. Подготовка вопросов по пройденному материалу
2	Использование метода конечных элементов для решения одномерных задач строительной механики	Составление отчёта по полученным результатам Оформление результатов вычислительных экспериментов в виде отчёта: постановка задачи, описание вычислительного эксперимента, результаты экспериментов, выводы

3	Использование метода конечных элементов для решения двумерных задач строительной механики	Изучение пройденного материала. Подготовка вопросов по теме Изучение теоретического материала. Подготовка вопросов по пройденному материалу
3	Использование метода конечных элементов для решения двумерных задач строительной механики	Изучение пройденного материала. Подготовка вопросов по теме Изучение теоретического материала. Подготовка вопросов по пройденному материалу
3	Использование метода конечных элементов для решения двумерных задач строительной механики	Составление отчёта по полученным результатам Оформление результатов вычислительных экспериментов в виде отчёта: постановка задачи, описание вычислительного эксперимента, результаты экспериментов, выводы

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрены лекционные и практические занятия, направленные на полное раскрытие темы дисциплины и формирование необходимых знаний, умений и навыков.

При подготовке к лекционным занятиям студенту необходимо:

- ознакомиться с соответствующей темой лекции;
- повторить материал предшествующих занятий;
- изучить материал из литературных источников, рекомендованных в данной РПД;
- подготовить вопросы по пройденному материалу.

При подготовке к практическим занятиям студенту необходимо:

- повторить пройденный теоретический материал;
- выполнить задание, выданное преподавателем;
- закончить задание (если не было завершено), выполняемое на прошедшем практическом занятии.

Для выполнения самостоятельных работ будут необходимы знания и навыки, приобретенные на практических занятиях.

В рамках дисциплины предусмотрены две контрольные точки: отчёты по реализации алгоритмов рассматриваемых задач строительной механики.

Итогом изучения дисциплины является зачёт с оценкой. Оценка выставляется по совокупности оценок, выставленных за защиту отчётов (контрольных точек).

Студенты, не прошедшие аттестацию, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Введение в теорию конечных элементов	ОПК-2.1, ОПК-2.2	Устный опрос студентов
2	Использование метода конечных элементов для решения одномерных задач строительной механики	ОПК-2.1, ОПК-2.2	Защита отчёта по результатам проведения серии вычислительных экспериментов
3	Использование метода конечных элементов для решения двумерных задач строительной механики	ОПК-2.1, ОПК-2.2	Защита отчёта по результатам проведения серии вычислительных экспериментов
4	Зачёт	ОПК-2.1, ОПК-2.2	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения

			промежуточной аттестации.
--	--	--	---------------------------

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для проверки индикатора достижения компетенции ОПК-2.1, ОПК-2.2. Типовые контрольные задания и иные материалы текущего контроля успеваемости размещены по адресу ЭИОС Moodle <https://moodle.spbgasu.ru/> Кафедры / Информационные технологии / Теория конечных элементов

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
---------------------------------------	---

<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки: - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений</p>
<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи</p> <p>навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;</p> <p>умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок</p> <p>навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Идея метода конечных элементов.
2. Виды конечных элементов.
3. Функции формы: выбор и вывод.
4. Вывод метода конечных элементов из метода Ритца.
5. Вывод метода конечных элементов из метода перемещений.
6. Основные достоинства метода конечных элементов.
7. Основные недостатки метода конечных элементов.
8. Сходимость метода конечных элементов.
9. Устойчивость метода конечных элементов.
10. Проблемы, возникающие при реализации метода конечных элементов.
11. Этапы реализации метода конечных элементов.
12. Матрица жёсткости.
13. Разбивочная сетка. Алгоритмы триангуляции.
14. Методы размеживания матрицы разрешающей системы.
15. Применение метода конечных элементов в задачах строительной механики.

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся размещены по адресу ЭИОС Moodle

<https://moodle.spbgasu.ru/> Кафедры / Информационные технологии / Теория конечных элементов

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовая работа (проект) не предусмотрен в рамках дисциплины.

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания, формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания и иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой (6 семестр).

Зачет с оценкой выставляется по результатам выполнения практических работ и защиты отчётов об их выполнении.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		

	<p>Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p>	<p>Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «продвинутой». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p>
знания	<p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; -знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p>

<p>умения</p>	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>
<p>владение навыками</p>	<p>Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p>	<p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p>	<p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p>	<p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.</p>

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
Основная литература		
1	Карпов В. В., Панин А. Н., Математическое моделирование и расчет элементов строительных конструкций, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013	http://www.iprbookshop.ru/19335.html
2	Ильин В. П., Карпов В. В., Масленников А. М., Численные методы решения задач строительной механики, М.: АСВ, 2005	50
3	Карпов В. В., Рябикова Т. В., Комплексный расчет элементов строительных конструкций в среде MATLAB, СПб., 2009	http://ntb.spbgasu.ru/elib/00151/
4	Бренерман М. Х., Жихарев В. А., Вариационное исчисление, Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017	https://www.iprbooks hop.ru/79275.html

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Сайт компании MathWorks, выпускающей математический пакет MATLAB	https://www.mathworks.com/products/matlab.html
Сайт компании Maplesoft, выпускающей математический пакет Maple	https://www.maplesoft.com/products/maple/

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	www.spbgasu.ru
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	http://www.iprbookshop.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	https://www.biblio-online.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Maple версия 2017	Договор №б/н от 21.06.2017 с АО "СофтЛайн Трейд". Лицензия бессрочная

Matlab версия R2019a	Договор №Д31908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты". Лицензия до 31.12.2025
LibreOffice	Свободно распространяемое
Microsoft Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
47. Компьютерный класс	Рабочие места с ПК (стол компьютерный, системный блок, монитор, клавиатура, мышь), стол рабочий, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Internet.
47. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10
47. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска маркерная белая эмалевая, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.
47. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Учебная аудитория для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска маркерная белая эмалевая, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.