



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Строительной механики

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Методы расчетного анализа

направление подготовки/специальность 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Строительство высотных и
большепролетных зданий и сооружений

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются получение знаний в области численных методов, в частности метода конечных элементов и методов расчета сооружений при действии случайных нагрузок и определения коэффициента запаса прочности и ресурса элементов с учетом случайного распределения параметров жесткости и геометрии. А также, ознакомить студентов с основными принципами и методами анализа, применяемыми в современных программных комплексах. В результате изучения этой дисциплины приобретаются умения в разработке расчетных моделей строительных конструкций для численного эксперимента в программных комплексах, а также умения анализировать полученные результаты в соответствии с известными теориями.

Задачи дисциплины

1. Получение знаний в области численных методов расчета на прочность строительных конструкций.
2. Получение знаний и практических навыков проведения численных расчетов на прочность строительных конструкций.
3. Получение знаний, необходимых для анализа результатов расчета конструкций на прочность.
4. Формирование у студентов навыков использования математических моделей и компьютерных программ.

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
ПКС-1 Контроль хода организации выполнения проектных работ, соблюдения графика прохождения документации, взаимного согласования проектных решений инженерно-техническими работниками различных подразделений	ПКС-1.4 Владение основными вероятностными методами строительной механики и теории надежности строительных конструкций, необходимыми для проектирования и расчета высотных и большепролетных зданий и сооружений	знает Метод предельных состояний. Основные понятия теории надежности и математический аппарат, используемый в вероятностных методах умеет Оценивать резерв прочности сооружений владеет Методологией анализа надежности и долговечности сооружений

<p>ПКС-1 Контроль хода организации выполнения проектных работ, соблюдения графика прохождения документации, взаимного согласования проектных решений инженерно-техническими работниками различных подразделений</p>	<p>ПКС-1.6 Владение методами математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам</p>	<p>знает Основные принципы построения физических и математических моделей работы элементов конструкций и явлений, постановки и основные методы решения статических и динамических задач расчета конструкций и сооружений с применением программных комплексов.</p> <p>умеет строить математические модели физических явлений на основе фундаментальных законов, выбирать рациональные методы расчёта деформируемых систем, соответствующие типу и содержанию решаемых задач.</p> <p>владеет Навыками проведения инженерных расчетов с применением компьютерных средств и современных программно-вычислительных комплексов</p>
---	--	--

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.09 основной профессиональной образовательной программы 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Строительная механика	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-1.7, ОПК-1.10, ОПК-2.6, ОПК-3.1, ОПК-6.17, ОПК-6.18, ОПК-6.19, ОПК-11.1, ОПК-11.6, ОПК-11.7, ОПК-11.13, ОПК-11.14
2	Сопротивление материалов. Основы теории упругости и пластичности	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.7, ОПК-2.1, ОПК-3.1, ОПК-6.17, ОПК-6.18, ОПК-11.1, ОПК-11.6, ОПК-11.13
3	Основы архитектурно-строительных конструкций	ОПК-3.1, ОПК-4.1, ОПК-4.3, ОПК-4.5, ОПК-4.7, ОПК-6.2, ОПК-6.5, ОПК-6.6, ОПК-6.9, ОПК-6.12, ОПК-6.24, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4

Для изучения дисциплины обучающиеся должны:
знать:

- теорию упругости;
- основные принципы строительной механики;
- классические методы расчета конструкций;

уметь:

- создавать расчетную схему;
- составлять системы уравнений для определения реакций;
- строить эпюры внутренних усилий и моментов;

владеть:

- навыками расчета строительных конструкций на прочность;
- методами практического использования современных компьютеров для обработки информации.

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Нелинейные задачи строительной механики	ПКС-1.4, ПКС-1.6
2	Методы проектирования зданий и сооружений	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-1.3, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3, ПК(Ц)-1.1
3	Конструирование несущих железобетонных систем	ПКС-1.3, ПКС-1.6, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5

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
			8
Контактная работа	64		64
Лекционные занятия (Лек)	16	0	16
Лабораторные занятия (Лаб)	8	0	8
Практические занятия (Пр)	40	0	40
Иная контактная работа, в том числе:	0,8		0,8
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	0,4		0,4
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,4		0,4
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача			
Часы на контроль	4		4
Самостоятельная работа (СР)	39,2		39,2
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. 1. Численные методы расчета в строительной механике										
1.1.	Введение в численный анализ конструкций	8	2		4			6	12	ПКС-1.6	
2.	2 раздел. 2. Теория метода конечных элементов										
2.1.	Метод конечных элементов для расчета стержневых систем	8	2		3		4	6	15	ПКС-1.6	
2.2.	Метод конечных элементов для расчета континуальных систем	8	2		3		4	6	15	ПКС-1.6	
2.3.	Решение задач динамики методом конечных элементов	8	4		5			6	15	ПКС-1.6	
3.	3 раздел. 3. Программные комплексы основанные на методе конечных элементов										
3.1.	Современные программные комплексы для расчета строительных конструкций	8	2		7			2,2	11,2	ПКС-1.6	
3.2.	Конструктивные системы и расчетные схемы зданий и сооружений	8	2		14			4	20	ПКС-1.4, ПКС-1.6	
4.	4 раздел. 4. Методы и технология расчетов несущих конструкций зданий и сооружений										
4.1.	Вероятностные методы строительной механики. Основные понятия теории надежности	8	2		4			9	15	ПКС-1.4, ПКС-1.6	
5.	5 раздел. Иная контактная работа										
5.1.	Иная контактная работа	8							0,8	ПКС-1.4, ПКС-1.6	
6.	6 раздел. Контроль										
6.1.	Зачет	8							4	ПКС-1.4, ПКС-1.6	

5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Введение в численный	Введение в численный анализ конструкций

	анализ конструкций	Обзор классических и современных подходов к решению инженерных задач.
1	Введение в численный анализ конструкций	Приближенные методы расчета конструкций. Вариационный принцип Лагранжа Краткий обзор численных методов расчета. Принципы построения систем разрешающих уравнений.
2	Метод конечных элементов для расчета стержневых систем	Метод конечных элементов для расчета стержневых систем Плоский и пространственный стержневой элемент. Матрица жесткости стержневого элемента. Основное уравнение МКЭ. Матрица жесткости системы. Вектор внешних сил.
3	Метод конечных элементов для расчета континуальных систем	Метод конечных элементов для расчета континуальных систем Физические уравнения. Геометрические уравнения. Уравнения равновесия. Работа внешних сил. Функционал полной потенциальной энергии. Порядок формирования расчетной схемы. Нумерация узлов. Формирование матрицы жесткости системы.
4	Решение задач динамики методом конечных элементов	Краткие сведения из теории колебаний. Определение собственных частот колебаний методом конечных элементов Уравнение движения. Частота, период. Коэффициент динамичности. Демпфирование системы.
4	Решение задач динамики методом конечных элементов	Расчет стержневой системы методом конечных элементов на вынужденные колебания Определение собственных частот и форм колебаний МКЭ. Определение перемещений.
5	Современные программные комплексы для расчета строительных конструкций	Современные программные комплексы для расчета строительных конструкций Типы решаемых задач. Последовательность расчета в программном комплексе. Типы конечных элементов. Нагрузки и граничные условия.
6	Конструктивные системы и расчетные схемы зданий и сооружений	Конструктивные системы и расчетные схемы зданий и сооружений Определение типа задачи. Выбор и оптимизация расчетной модели. Построение конечно-элементной сетки. Анализ результатов расчета.
7	Вероятностные методы строительной механики. Основные понятия теории надежности	Вероятностные методы строительной механики. Основные понятия теории надежности Основные понятия вероятностных методов. Случайные распределения. Понятие надежности, коэффициент запаса, резерв прочности. Метод предельных состояний.

5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Введение в численный анализ конструкций	Основы работы в программных комплексах Изучение интерфейса и обзор инструментов математических программ.
2	Метод конечных элементов для расчета стержневых систем	Расчет плоской стержневой системы МКЭ Построение расчетной модели. Выбор граничных условий. Задание нагрузок.
3	Метод конечных элементов для расчета континуальных систем	Расчет континуальных систем в программных комплексах Построение расчетной модели. Генерация конечно-элементной сетки. Выбор граничных условий. Задание нагрузок. Определение напряжений.
4	Решение задач	Определение вынужденных колебаний стержневой системы МКЭ

	динамики методом конечных элементов	Определение собственных частот. Матрица масс. Матрица жесткости. Решение матричного уравнения колебаний.
5	Современные программные комплексы для расчета строительных конструкций	Расчет пространственной рамы в программном комплексе Определение типа расчета. Создание конечно-элементной модели. Задание нагрузок и граничных условий. Расчет.
5	Современные программные комплексы для расчета строительных конструкций	Определение свободных колебаний каркасного здания Построение расчетной модели. Учет комбинаций нагрузжений. Определение собственных частот и форм колебаний.
6	Конструктивные системы и расчетные схемы зданий и сооружений	Расчет на прочность пространственного сооружения в программном комплексе Построение расчетной модели сооружения. Задание комбинаций нагрузжений. Выбор граничных условий. Анализ результатов расчета. Решение задачи 7.
6	Конструктивные системы и расчетные схемы зданий и сооружений	Определение исходной сейсмологической информации Определение сейсмичности района и площадки строительства. Определение коэффициентов для расчетной сейсмической нагрузки.
6	Конструктивные системы и расчетные схемы зданий и сооружений	Сейсмический расчет пространственного сооружения в программном комплексе Задание комбинаций нагрузжений. Задание акселерограммы по разным направлениям. Выполнение сейсмического расчета. Определение инерционных сейсмических сил.
7	Вероятностные методы строительной механики. Основные понятия теории надежности	Оценка прочности конструкций Определение коэффициента надежности. Оценка прочности.

5.3. Лабораторные работы

№ разд	Наименование раздела и темы лабораторных работ	Наименование и содержание лабораторных работ
2	Метод конечных элементов для расчета стержневых систем	Расчет простейшей фермовой системы в программах Определение степени свободы системы. Выбор граничных условий. Локальная и глобальная система координат. Преобразование матрицы жесткости стержневого элемента. Решение задачи 1.
3	Метод конечных элементов для расчета континуальных систем	Расчет плоской пластинки в программах Построение конечно-элементной сетки. Нумерация узлов. Определение матрицы жесткости системы. Решение матричного уравнения. Решение задачи 2.

5.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Введение в численный анализ конструкций	Основы работы в программных комплексах Изучение теоретического материала по теме.
2	Метод конечных элементов для расчета стержневых систем	Расчет плоских стержневых систем Изучение теоретического материала по теме. Решение практических задач в программных комплексах. Решение задачи 3.

3	Метод конечных элементов для расчета континуальных систем	Расчет континуальных систем в программных комплексах Изучение теоретического материала по теме. Решение практических задач в программных комплексах.
4	Решение задач динамики методом конечных элементов	Определение вынужденных колебаний стержневой системы МКЭ Изучение теоретического материала по теме. Решение практических задач на определение собственных частот и форм колебаний. Решение задачи 4.
5	Современные программные комплексы для расчета строительных конструкций	Статический и динамический расчет стержневых систем. Определение собственных колебаний каркасного здания Изучение теоретического материала по теме. Решение практических задач на определение собственных частот и форм колебаний. Решение задач 5 и 6.
6	Конструктивные системы и расчетные схемы зданий и сооружений	Сейсмический расчет пространственного сооружения в программном комплексе Изучение теоретического материала по теме. Решение практических задач на определение собственных частот и форм колебаний. Решение задачи 8 и 9.
7	Вероятностные методы строительной механики. Основные понятия теории надежности	Вероятностные методы строительной механики Изучение теоретического материала по теме.

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

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- решение домашних задач и выполнение РГР;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к зачету.

Выбор задания на выполнение расчетно-графической (контрольной) работы производится по шифру на основе последних цифр зачетной книжки согласно методическим указаниям по выполнению данных работ.

Выполнению контрольных (расчетно-графических) работ должно предшествовать изучение соответствующих тем теоретического курса по материалам лекций, учебникам, электронным ресурсам. Прежде чем начинать решение задачи, необходимо вычертить в масштабе заданную расчетную схему и указать на ней все исходные числовые данные. Приступая к решению каждой задачи, необходимо уяснить себе исходные данные, содержание каждого из пунктов задания и определить те методы строительной механики и способы решения, которые планируется применить. При проведении расчетов необходимо строго придерживаться принятой системы единиц измерения физических величин (СИ) и согласовывать между собой размерности этих величин.

Все расчетные формулы должны записываться в общепринятых обозначениях, расчетные схемы должны выполняться аккуратно, с включением всех необходимых элементов и обозначений согласно стандартам ЕСКД.

Решение задач необходимо сопровождать краткими пояснениями, всеми необходимыми расчетами и четкими схемами с указанием в необходимых случаях масштабов длин и сил.

Расчетно-графические работы должны быть оформлены на стандартных листах белой бумаги формата А3 (297 x 420) с соблюдением ГОСТ. При оформлении работы в компьютерном варианте допускается использование стандартных листов белой бумаги формата А4 (210x297), если она полностью выполнена на компьютере. На титульном листе обязательно указываются номер и наименование работы, фамилия и инициалы студента и шифр. Образцы оформления стандартных листов даны в приложении к методическим указаниям. Оформление работ на бумаге других форматов не допускается.

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 численный анализ конструкций	ПКС-1.6	Устный опрос
2	Метод конечных элементов для расчета стержневых систем	ПКС-1.6	Устный опрос, решение задач
3	Метод конечных элементов для расчета континуальных систем	ПКС-1.6	Устный опрос, решение задач
4	Решение задач динамики методом конечных элементов	ПКС-1.6	Устный опрос, решение задач
5	Современные программные комплексы для расчета строительных конструкций	ПКС-1.6	Устный опрос, решение задач
6	Конструктивные системы и расчетные схемы зданий и сооружений	ПКС-1.4, ПКС-1.6	Устный опрос, решение задач
7	Вероятностные методы строительной механики. Основные понятия теории надежности	ПКС-1.4, ПКС-1.6	Устный опрос

8	Иная контактная работа	ПКС-1.4, ПКС-1.6	Устный опрос
9	Зачет	ПКС-1.4, ПКС-1.6	

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

Комплект задач

(Для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ПКС-1.4, ПКС-1.6)

Комплект задач размещен в приложениях и по адресу:

<https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=8>

Примеры решаемых задач:

1. Определение конечных элементов и возможных перемещений в стержневой системе
2. Определение матрицы индексов
3. Определение матрицы преобразования координат
4. Определение вектора внешних сил для стержневой системы
5. Определение матрицы жесткости стержневой системы
6. Определение конечных и степеней свободы в узлах для плоской пластинки
7. Определение матрицы сопоставления индексов узлов
8. Построение конечно-элементной модели различных систем в программном комплексе
9. Определение граничных условий
10. Создание комбинаций нагружений
11. Определение свойств материалов

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

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания: - 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> <p>умения: - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</p> <p>навыки: - 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>
---------------------------------------	--

<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. Основные идеи метода конечных элементов.
2. Вывод матрицы жесткости для произвольного элемента.
3. Вывод матрицы жесткости для отдельных стержней.
4. Получение дискретных расчетных схем.
5. Типы конечных элементов.
6. Общий ход расчета методом конечных элементов.
7. Учет граничных условий.
8. Матрица жесткости объемного элемента.
9. Ход расчета МКЭ и его реализация на ЭВМ.
10. Матрицы жесткости треугольного и прямоугольного плоских элементов.
11. Постановка задачи в перемещениях, усилиях и напряжениях.
12. Какие Вам известны российские и зарубежные комплексы программ для МКЭ?
13. В чем особенность применения программного обеспечения инженерных расчетов на современном этапе?
14. С каким из известных методов строительной механики тесно связан метод конечных элементов?
15. С каким из известных методов теории упругости тесно связан метод конечных элементов?
16. Какие типы конечных элементов находят применение в практических расчетах?
17. Какой вид имеет система разрешающих алгебраических уравнений метода конечных элементов в перемещениях?
18. Какой физический смысл имеют разрешающие уравнения метода конечных элементов в перемещениях?
19. Какой физический смысл имеют коэффициенты матрицы жесткостей конечного элемента?
20. Какой физический смысл имеют коэффициенты грузового вектора конечного элемента?
21. Каким условиям должны удовлетворять базисные функции плоского стержневого изгибаемого конечного элемента?
22. Каким условиям должны удовлетворять базисные функции конечных элементов в условиях плоской и объемной задач теории упругости?
23. Какие преимущества и недостатки имеют сложные конечные элементы с большим количеством узлов?
24. Какие Вам известны основные особенности применения комплексов?
25. Какие типовые задачи из раздела строительной механики, как правило, могут решаться современными комплексами?
26. В чем заключается понятие «тип конечного элемента» и какие типы конечных элементов, как правило, присутствуют в составе комплекса?
27. В чем заключаются понятия: расчетная схема, геометрическая модель, твердотельная модель и какова взаимосвязь между ними?
28. Почему так важен этап разработки расчетной схемы для всего расчета?
29. В чем заключаются понятия: дискретная схема, конечно-элементная модель и какова взаимосвязь между ними?
30. В чем заключаются понятия: тип модели материала, тип физических характеристик, тип геометрических характеристик, тип свойств и какова взаимосвязь между ними?
31. В чем заключаются понятия: тип связей, тип воздействия?
32. Уравнение свободных линейных колебаний для системы с одной степенью свободы.
33. Логарифмический декремент колебаний, коэффициент затухания и демпфирование.
34. Понятие резонанса. Динамический коэффициент.
35. Виды динамических воздействий
36. Матричное уравнение метода конечных элементов в перемещениях задачи свободных колебаний.
37. Матрица масс стержневого элемента в местной и глобальной системе координат.
38. Последовательность расчета стержневой системы на собственные колебания МКЭ
39. Матричное уравнение МКЭ для определения свободных колебаний
40. Матричное уравнение вынужденных колебаний для системы конечных элементов.
41. Основное отличие между методом прямого интегрирования и методом главных

координат.

42. Метод главных координат. Определение обобщенных матриц масс и жесткости. Дифференциальное уравнение относительно обобщенных координат.

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Практические задания размещены по адресу ЭИОС Moodle
<https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=8>

Примеры решаемых задач:

1. Определить матрицу жесткости плоской стержневой системы. Записать основное уравнение МКЭ
2. Показать степени свободы плоского и пространственного стержневого элемента и для стержневой системы
3. Определить матрицу жесткости плоского треугольного элемента, используя координатные параметры
4. Записать функционал полной потенциальной энергии для стержневой системы
5. Определить матрицу мас для стержневой системы

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

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены.

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 или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости. (для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции ПКС-1.4, ПКС-1.6)

1. Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля.
1.1. Самостоятельная работа на практических занятиях и удаленно по решению контрольных задач.

Перечень контрольных задач приведен в разделе приложения.

Перечень контрольных работ:
8 семестр. (Приложения)

- Задача 1. Расчет простейшей фермы МКЭ
- Задача 2. Расчет плоской пластинки МКЭ
- Задача 3. Расчет плоской стержневой системы МКЭ
- Задача 4. Определение вынужденных колебаний стержневой системы МКЭ
- Задача 5. Расчет пространственной рамы в программном комплексе
- Задача 6. Определение собственных колебаний каркасного здания в программном комплексе
- Задача 7. Расчёт на прочность пространственного сооружения в программном комплексе
- Задача 8. Определение исходной сейсмологической информации
- Задача 9. Сейсмический расчет пространственного сооружения в программном комплексе

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»		
	Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	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
знания	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.	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.	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.	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>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
<u>Основная литература</u>		
1	Лукашенко В. И., Курс лекций по дисциплине «Вероятностные методы строительной механики и теория надежности строительных конструкций», Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016	http://www.iprbookshop.ru/73303.html
2	Лебедев А. В., Численные методы расчета строительных конструкций, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012	http://www.iprbookshop.ru/19055.html
<u>Дополнительная литература</u>		
1	Лукашевич А. А., Нелинейные задачи строительной механики, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016	http://www.iprbookshop.ru/74385.html
2	Масленников А. М., Основы динамики и устойчивости стержневых систем, М., 2000	226

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
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
Российская государственная библиотека	www.rsl.ru
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	www.spbgasu.ru

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/
Электронная библиотека Иrbис 64	http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	https://www.biblio-online.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	http://www.iprbookshop.ru/
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	https://www.elibrary.ru/
Российская государственная библиотека	www.rsl.ru
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	www.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)
Math Cad версия 15	Сублицензионное соглашение на использование продуктов "РТС" с ООО"Софт Лоджистик" договор №20716/SPB9 2010 г. Лицензия бессрочная

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
59. 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.
59. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.
59. 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, аудиосистема), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.
59. Межкафедральная лаборатория: Секция В 2-я Красноармейская ул. д. 4 Ауд. № 15	Установка для испытаний на ударную вязкость TIME XJ-50Z; Копер маятниковый TIME JB-W300; Малый маятник к копру 150Дж; Прибор для измерения твердости по методу микро-виккерса; Прибор для измерения твердости по методам Роквелла, Бринелля и Виккерса; Учебный стенд «Устойчивость продольно сжатого стержня»; Учебный стенд «Косой изгиб балки»; Учебный стенд «Кручение балки»; Учебный стенд «Определение перемещений в плоских рамах»; Учебный стенд «Определение перемещений в прямой балке»; Учебный стенд «Напряжения в плоских фермах»

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