



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Железобетонных и каменных конструкций

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Комплексы программ расчета строительных конструкций зданий и сооружений

направление подготовки/специальность 08.04.01 Строительство

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Проектирование  
железобетонных и каменных конструкций

Форма обучения очно-заочная

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, применительно к расчету строительных конструкций в программных комплексах. Ознакомить студентов с основными принципами и методами инженерного анализа пространственных конструкций, элементов и узлов, применяемыми в современных программных комплексах. В результате изучения этой дисциплины приобретаются умения в разработке рациональных расчетных схем для численного эксперимента и математических моделей, описывающих поведение конструкций.

Задачами освоения дисциплины являются:

- получение знаний и практических навыков проведения численных расчетов на прочность строительных конструкций в программных комплексах;
- формирование у студентов навыков использования математических моделей и компьютерных программ для инженерного анализа.

## 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
ПК-5 Способен организовывать работу проектного подразделения по подготовке раздела проектной документации на строительные конструкции для зданий и сооружений	ПК-5.4 Выполняет расчеты строительных конструкций	<b>знает</b> основные понятия и принципы расчета строительных конструкций на заданные нагрузки, а также с учетом физической, геометрической и конструктивной нелинейности <b>умеет</b> выбрать рациональные схемы и методы расчёта строительных конструкций <b>владеет</b> навыками использования численных методов расчёта строительных конструкций

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.ДВ.02.01 основной профессиональной образовательной программы 08.04.01 Строительство и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Теория расчета и проектирования строительных конструкций	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-5.2, ПК-5.4, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5

Теория расчета и проектирования строительных конструкций

Знать: основы построения геометрически изменяемых (механизмы) и не изменяемых конструкций;

Уметь: упрощать конструкцию пренебрегая второстепенными факторами для получения надежных инженерных результатов расчетов ;

Владеть: методами разработки расчетных схем геометрически изменяемых и не изменяемых

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
-------	------------------------	--

1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, ОПК-3.5, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-5.4, ОПК-5.5, ОПК-5.6, ОПК-5.7, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4, ОПК-6.5, ОПК-6.6, ОПК-6.7, ОПК-7.1, ОПК-7.2, ОПК-7.3, ОПК-7.4, ОПК-7.5, ОПК-7.6, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-2.5, ПК-2.6, ПК-2.7, ПК-2.8, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5, ПК-3.6, ПК-3.7, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК-5.8, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-6.5, ПК-6.6, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, 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
			3
<b>Контактная работа</b>	32		32
Лекционные занятия (Лек)	8	0	8
Практические занятия (Пр)	12	0	12
Практические занятия в сессию (ПЗэ)	12	0	12
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>	1,5		1,5
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	1		1
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,25		0,25
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25		0,25
<b>Часы на контроль</b>	8,75		8,75
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	173,75		173,75
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	216		216
<b>зачетные единицы:</b>	6		6

**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. Расчет строительных конструкций зданий и сооружений										
1.1.	Ведение в численный анализ конструкций в программных комплексах	3	2		5				34	41	ПК-5.4
1.2.	Обзор возможностей программирования в среде Mathcad	3	1		5				36	42	ПК-5.4
1.3.	Конечно-элементный анализ конструкций в программном комплексе на основе МКЭ	3	2		5				35	42	ПК-5.4
1.4.	Нелинейный анализ конструкций	3	2		5				34	41	ПК-5.4
1.5.	Динамический расчет конструкций в программных комплексах	3	1		4				34,75	39,75	ПК-5.4
2.	2 раздел. Иная контактная работа										
2.1.	Иная контактная работа	3								1,25	ПК-5.4
3.	3 раздел. Контроль										
3.1.	Экзамен	3								9	ПК-5.4

**5.1. Лекции**

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Ведение в численный анализ конструкций в программных комплексах	<p>Возможности программных комплексов. Типы инженерных анализов. Последовательность расчета в программных комплексах (общий подход). Основные соотношения МКЭ. Виды конечных элементов. Стержневой элемент. Степени свободы для плоского и пространственного элемента. Матрица преобразования координат и матрица жесткости. Основное уравнение МКЭ. Формирование вектора внешних сил. Учет граничных условий. Порядок расчета стержневой системы МКЭ.</p> <p>Возможности программных комплексов. Типы инженерных анализов. Последовательность расчета в программных комплексах (общий подход). Основные соотношения МКЭ. Виды конечных элементов.</p>

		Стержневой элемент. Степени свободы для плоского и пространственного элемента. Матрица преобразования координат и матрица жесткости. Основное уравнение МКЭ. Формирование вектора внешних сил. Учет граничных условий. Порядок расчета стержневой системы МКЭ.
2	Обзор возможностей программирования в среде Mathcad	Программные операторы. Векторные и матричные функции. Операторы и логические переменные. Модульное программирование. Численное решение задач прочности. Программные операторы. Векторные и матричные функции. Операторы и логические переменные. Модульное программирование. Численное решение задач прочности.
3	Конечно-элементный анализ конструкций в программном комплексе на основе МКЭ	<p>Специфика работы в программе ANSYS. Структура программы, обзор интерфейса. Препроцессор, солвер, постпроцессор. Основные модули программы. Статический, динамический, линейный, нелинейный анализы.</p> <p>Принципы построения расчетной модели в программе ANSYS Workbench. Построение геометрии. Конечно-элементная модель. Нагрузки и граничные условия. Создание конечно-элементной модели. Структура конечно-элементной сетки. Виды конечных элементов. Стержневой, плоский, объемный элемент. Основные виды нагрузок и граничных условий. Модели материалов. Линейные, билинейные, нелинейные. Особенности расчета. Визуализация результатов расчета. Анализ результатов расчета. Оценка прочности. Внутренний язык программирования.</p> <p>Моделирование и расчет сборочных конструкций в программных комплексах. Определение и назначение связей между телами. Кинематические и контактные пары. Автоматическая установка контактных пар.</p> <p>Специфика работы в программе ANSYS. Структура программы, обзор интерфейса. Препроцессор, солвер, постпроцессор. Основные модули программы. Статический, динамический, линейный, нелинейный анализы.</p> <p>Принципы построения расчетной модели в программе ANSYS Workbench. Построение геометрии. Конечно-элементная модель. Нагрузки и граничные условия. Создание конечно-элементной модели. Структура конечно-элементной сетки. Виды конечных элементов. Стержневой, плоский, объемный элемент. Основные виды нагрузок и граничных условий. Модели материалов. Линейные, билинейные, нелинейные. Особенности расчета. Визуализация результатов расчета. Анализ результатов расчета. Оценка прочности. Внутренний язык программирования.</p> <p>Моделирование и расчет сборочных конструкций в программных комплексах. Определение и назначение связей между телами. Кинематические и контактные пары. Автоматическая установка контактных пар.</p>
4	Нелинейный анализ конструкций	<p>Нелинейные модели материалов. Расчет конструкций с учетом физической и геометрической нелинейности. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Настройки перезапуска расчета.</p> <p>Нелинейные модели материалов. Расчет конструкций с учетом физической и геометрической нелинейности. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Настройки перезапуска расчета.</p>

5	Динамический расчет конструкций в программных комплексах	<p>Введение в динамику. Основные уравнения для свободных и вынужденных колебаний. Виды динамических воздействий. Методы решения системы дифференциальных уравнений. Этапы расчета в</p> <p>Определение свободных и вынужденных колебаний. Примеры расчета динамических систем МКЭ. Модальный, гармонический и переходный анализы.</p> <p>Введение в динамику. Основные уравнения для свободных и вынужденных колебаний. Виды динамических воздействий. Методы решения системы дифференциальных уравнений. Этапы расчета в ANSYS.</p> <p>Определение свободных и вынужденных колебаний в ANSYS Workbench. Примеры расчета динамических систем МКЭ. Модальный, гармонический и переходный анализы.</p>
---	--	--

### 5.2. Практические занятия в сессию

№ п/п	Наименование раздела и темы семинарских занятий	Наименование и содержание практических занятий
3	Конечно-элементный анализ конструкций в программном комплексе на основе МКЭ	<p>Конечно-элементный анализ конструкций в программном комплексе ANSYS</p> <p>Конечно-элементный анализ конструкций в программном комплексе ANSYS</p>
4	Нелинейный анализ конструкций	<p>Нелинейный анализ конструкций</p> <p>Нелинейный анализ конструкций в ANSYS Workbench</p>
5	Динамический расчет конструкций в программных комплексах	<p>Примеры решения задач по кр</p> <p>Примеры решения задач по кр</p>

### 5.3. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Ведение в численный анализ конструкций в программных комплексах	<p>Знакомство с программными комплексами.</p> <p>Примеры решения задач по кр № 1</p> <p>Знакомство с программными комплексами.</p> <p>Примеры решения задач по кр № 1</p>
1	Ведение в численный анализ конструкций в программных комплексах	<p>Ведение в численный анализ конструкций в программных комплексах</p> <p>Ведение в численный анализ конструкций в программных комплексах</p>
2	Обзор возможностей программирования в среде Mathcad	<p>Примеры решения задач по кр № 2</p> <p>Примеры решения задач по кр № 2</p>
2	Обзор возможностей программирования в среде Mathcad	<p>Обзор возможностей программирования в среде Mathcad</p> <p>Обзор возможностей программирования в среде Mathcad</p>
3	Конечно-элементный анализ конструкций в программном комплексе на основе МКЭ	<p>Примеры решения задач по кр</p> <p>Примеры решения задач по кр</p>
4	Нелинейный анализ	Примеры решения задач по кр

	конструкций	Примеры решения задач по кр
--	-------------	-----------------------------

#### 5.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Ведение в численный анализ конструкций в программных комплексах	Изучение материала по теме. Решение задач по кр. Изучение материала по теме. Решение задач по кр.
2	Обзор возможностей программирования в среде Mathcad	Изучение материала по теме. Решение задач по КР Изучение материала по теме. Решение задач по КР
3	Конечно-элементный анализ конструкций в программном комплексе на основе МКЭ	Изучение материала по теме. Решение задач по КР Изучение материала по теме. Решение задач по КР
4	Нелинейный анализ конструкций	Изучение материала по теме. Решение задач по КР Изучение материала по теме. Решение задач по КР
5	Динамический расчет конструкций в программных комплексах	Изучение материала по теме. Решение задач по КР Изучение материала по теме. Решение задач по КР

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

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, практических и лабораторных занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков.

Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к экзамену.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса.

На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется по темам дисциплины согласно РПД.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД для студентов очной формы обучения, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим и лабораторным занятиям. При подготовке к практическим и лабораторным занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо: - повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы; - при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники; - выполнить практические задания в рамках изучаемой темы; - ознакомиться с методическими рекомендациями к выполнению лабораторных работ; - подготовить отчеты по выполненным лабораторным работам; - подготовиться к промежуточной аттестации. Итогом изучения дисциплины является экзамен. Экзамен проводится по расписанию сессии. Форма проведения занятия – письменная. Студенты, не прошедшие аттестацию по графику сессии, 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	Ведение в численный анализ конструкций в программных комплексах	ПК-5.4	Устный опрос или тестирование в Moodle
2	Обзор возможностей программирования в среде Mathcad	ПК-5.4	Устный опрос или тестирование в Moodle
3	Конечно-элементный анализ конструкций в программном комплексе на основе МКЭ	ПК-5.4	Устный опрос или тестирование в Moodle
4	Нелинейный анализ конструкций	ПК-5.4	Устный опрос или тестирование в Moodle
5	Динамический расчет конструкций в программных комплексах	ПК-5.4	Устный опрос или тестирование в Moodle
6	Иная контактная работа	ПК-5.4	Устный опрос или



			тестирование в Moodle
7	Экзамен	ПК-5.4	Устный опрос или тестирование в Moodle

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 ПК-5.4)

Комплект задач размещен по адресу: <https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=3610>

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

<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

Понятие матрицы жесткости.

3. Получение дискретных расчетных схем.

4. Типы конечных элементов.

5. Общий ход расчета методом конечных элементов и его реализация на ЭВМ.

6. Учет граничных условий.

7. Постановка задачи в перемещениях, усилиях и напряжениях.

8. Какие Вам известны российские и зарубежные комплексы программ для МКЭ?

9. Особенность применения программного обеспечения инженерных расчетов на современном этапе.

10. С каким из известных методов строительной механики тесно связан метод конечных элементов?

11. Какие типы конечных элементов находят применение в практических расчетах?

12. Какой вид имеет система разрешающих алгебраических уравнений метода конечных элементов в перемещениях?

13. Какой физический смысл имеют коэффициенты матрицы жесткостей конечного элемента?

14. Какой физический смысл имеют коэффициенты грузового вектора конечного элемента?

15. Какие преимущества и недостатки имеют сложные конечные элементы с большим количеством узлов?

16. Какие типовые задачи из раздела строительной механики, как правило, могут решаться современными комплексами?

17. В чем заключается понятие «тип конечного элемента» и какие типы конечных элементов, как правило, присутствуют в составе комплекса?

18. В чем заключаются понятия: расчетная схема, геометрическая модель, твердотельная модель и какова взаимосвязь между ними?

19. Почему так важен этап разработки расчетной схемы для всего расчета?

20. В чем заключаются понятия: дискретная схема, конечно-элементная модель и какова взаимосвязь между ними?

21. В чем заключаются понятия: тип модели материала, тип физических характеристик, тип геометрических характеристик, тип свойств и какова взаимосвязь между ними?

22. В чем заключаются понятия: тип связей, тип воздействия?

23. Уравнение свободных линейных колебаний для системы с одной степенью свободы.

24. Логарифмический декремент колебаний, коэффициент затухания и демпфирование.

25. Понятие резонанса. Динамический коэффициент.

26. Виды динамических воздействий.

27. Последовательность расчета стержневой системы на собственные колебания МКЭ.

28. Матричное уравнение МКЭ для определения свободных колебаний.

29. Матричное уравнение вынужденных колебаний для системы конечных элементов.

30. Основное отличие между методом прямого интегрирования и методом главных координат.

31. Метод главных координат. Определение обобщенных матриц масс и жесткости.

Дифференциальное уравнение относительно обобщенных координат.

32. Последовательность расчетов в программном комплексе.

33. Структура программного комплекса ANSYS

34. Основные модули программного комплекса для статического и динамического расчета.

35. Ход решения динамической задачи в программном комплексе

#### 7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Практические задания размещены по адресу ЭИОС Moodle

<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=3610>

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

Расчет на прочность плоской балки в Mathcad.

Определение перемещений, внутренних усилий и изгибающих моментов методом конечных

элементов.

Определить внутренние усилия, перемещения и напряжения в стержнях шарнирной и жесткой плоской фермы. Выполнить проверку на устойчивость сжатых стержней. По результатам расчета подобрать сечения стержней фермы

Определить перемещения и напряжения стальной двутавровой балки переменного сечения (поверхностная модель). По результатам расчета подобрать высоту сечения в середине балки.

Определить перемещения и напряжения составной железобетонной балки (объемная модель). Задать натяжение арматуры, используя билинейную схему материала с механическими свойствами  $E = 2e12$ ,  $E_k = 1e11$ ,  $\sigma_t = 100$  МПа. По результатам расчета построить графики изменения напряжений и перемещений по длине балки.

Определить перемещения и напряжения стальной изогнутой пластинки с учетом физической и геометрической нелинейности (изотропный материал, билинейная модель). По результатам расчета построить графики изменения напряжений и перемещений.

Определить собственные частоты колебаний конструкции. Задать акселерограмму «время-ускорение» в виде частотного спектра. Определить спектр ответа ускорений и перемещений в заданном направлении. По результатам расчета построить графики спектров.

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. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. В экзаменационный билет включено два теоретических вопроса, соответствующие содержанию формируемых компетенций. Экзамен проводится в письменной форме. Для подготовки по экзаменационному билету отводится 60 минут.

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 «продвинутый». 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
<b><u>Основная литература</u></b>		
1	Ганджунцев М. И., А.А. Петраков, Нелинейные задачи строительной механики, Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/64535.html">http://www.iprbookshop.ru/64535.html</a>
2	Рябикова Т. В., Семенов А. А., Вариационные методы в задачах статики и динамики строительных конструкций, СПб., 2016	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/elib/00750/">http://ntb.spbgasu.ru/elib/00750/</a>
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		
1	Ильин В. П., Карпов В. В., Масленников А. М., Численные методы решения задач строительной механики, М.: АСВ, 2005	50
1	Лукашевич А. А., Нелинейные задачи строительной механики, СПб., 2016	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/elib/00722/">http://ntb.spbgasu.ru/elib/00722/</a>

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 для проектировщиков, инженеров, конструкторов	<a href="http://www.dwg.ru">www.dwg.ru</a>
Сайт справочной правовой системы «Консультант Плюс»	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### 8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Информационно-правовая система Консультант	<a href="http://law.lan.spbgasu.ru/ConsultantPlusADM">\\law.lan.spbgasu.ru\Consultant Plus ADM</a>
Информационно-правовая база данных Кодекс	<a href="http://gasudata.lan.spbgasu.ru/docs/">http://gasudata.lan.spbgasu.ru/docs/</a>
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.ru/</a>
Электронная библиотека Ирбис 64	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/">http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	<a href="http://www.spbgasu.ru">www.spbgasu.ru</a>
Тех.Лит.Ру - техническая литература	<a href="http://www.tehlit.ru/">http://www.tehlit.ru/</a>

### 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)
--------------	---

Microsoft Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г
Ansys	Сублицензионный договор №1976-ПО/2017-СЗФО от 16.10.2017 г. с ЗАО "КАДФЕМ Си-Ай-Эс". Лицензия бессрочная
Scad Office версия 21	SCAD Office договор №113 от 13.03.2015 с ООО "Автоматизация Проектных работ". Лицензия бессрочная
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
14. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет
14. Учебные аудитории 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, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет
14. 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
14. Межкафедральная лаборатория: Секция Б Ул. Егорова д. 5/8 Ауд. № 011 Е	Испытательная машина ГМС-50; Пресс 2ПГ-50; Пресс ПММ-250; Насосная станция НСР-400; Домкрат ДГ-20; Индикатор ИЧ-0,01; Тензометр Аистова; Микросткоп МПБ-2; Манометр 400 атм.; Экспериментальная уста-новка; Штангенциркуль; Виброплощадка ла-бораторная СМЖ-539/380В; Вибросито ВС-3 380В; Вибростол ЭВС-6 380В



<p>14. Межкафедральная лаборатория: Секция А 2-я Красноармей-ская ул. д.4 Ауд. № 40, № 15, № 226</p>	<p>Гидравлическая машина 30тс; Испытательная машина 140тс; Пресс гидравлический 50тс; Машина испытательная 50тс; Пресс гидравлический 500тс; Универсальная напольная испытательная электромеханическая машина до 100 кН; Универсальная настольная испытательная электромеханическая машина до 10 кН; Универсальная настольная испытательная электромеханическая машина до 50кН; Универсальная электромеханическая испытательная машина 600кН; Серво-гидравлическая испытательная система UTM на 100кН; Сервогидравлическая высокочастотная испытательная система MaKron на 25кН; Сервогидравлическая испытательная система - Magnum - 2000кН; A1220 MONOLITH ультразвуковой дефектоскоп для контроля бетона; Детектор стержней арматуры и определение толщины защитного слоя; Молоток для испытаний бетона SilverSchmidt PC; Прибор для определения прочности материалов методом отрыва ПОС 50МГ4.У; Твердомер Equotip 3; Ультразвуковой прибор Pundit Lab; TDS-150 - Комплекс измеритель-ный 40-канальный; TDS-530-30 - Комплекс измерительный 30-канальный; Ноутбук ASUS X450LB-WX0; Портативный многоосновной оптико-эмиссионный анализатор химическо-го состава металлов и сплавов PMI-MASTER UVR Pro; Портативный рентгено-флуоресцентный спектрометр для анализа металлов с возможностью определения "легких элементов" X-MET 8000 Expert</p>
<p>14. Межкафедральная лаборатория: Секция В 2-я Красноармей-ская ул. д. 4 Ауд. № 15</p>	<p>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 изме-рения 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»</p>
<p>14. Компьютерный класс</p>	<p>Компьютерный класс - рабочие места с ПК (стол компьютерный, системный блок, монитор, клавиатура, мышь), стол рабочий, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Internet.</p>

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