



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)**

Компьютерное и математическое моделирование

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)

Целью освоения дисциплины является ознакомление с основными методами и приемами построения математических и компьютерных моделей, описывающих объекты и процессы, на примере задач строительства.

Задачи дисциплины:

- научить разрабатывать математические модели различных процессов;
- научить разрабатывать вычислительные алгоритмы и применять их к моделям;
- научить пользоваться прикладными пакетами программ для построения математических моделей, алгоритмизации процесса расчета и визуализации получаемых результатов.

## 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-2.2 Адаптирует математический метод для разработки алгоритма решения прикладной задачи	<b>знает</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– численные методы решения линейных и нелинейных систем уравнений;</li><li>– общие принципы построения вычислительных алгоритмов;</li><li>– методы аппроксимации и интерполирования;</li></ul> <b>умеет</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– определять применимость численного метода к сформулированной задаче;</li><li>– переходить от общих математических формулировок, используемых в численных методах, к частным формулировкам, используемым при решении задач;</li></ul> <b>владеет</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– способностью выбирать конкретные методы для решения прикладной задачи;</li></ul>

<p>ОПК-3 Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-3.1 Демонстрирует применение математической модели для решения задачи профессиональной деятельности</p>	<p><b>знает</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методы аппроксимации и интерполирования;</li> <li>– общие принципы построения вычислительных алгоритмов;</li> <li>– численные методы решения линейных и нелинейных систем уравнений;</li> <li>– основные положения нелинейной теории элементов строительных конструкций;</li> </ul> <p><b>умеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– строить математические модели деформирования элементов строительных конструкций;</li> <li>– анализировать полученные результаты;</li> <li>– составлять алгоритмы с учетом специфики машинных вычислений и программировать на языке пакета Maple;</li> </ul> <p><b>владеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– способностью выбирать конкретные методы анализа и синтеза для её решения;</li> <li>– методами формирования компьютерной модели объектов;</li> </ul>
<p>ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-4.2 Предлагает способ и средство решения задачи профессиональной деятельности с учетом возможностей информационных технологий</p>	<p><b>знает</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– общие принципы построения вычислительных алгоритмов;</li> <li>– возможности программных комплексов, предназначенных для математических вычислений;</li> </ul> <p><b>умеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– осуществлять компьютерное моделирование при решении задач различной природы;</li> <li>– составлять алгоритмы с учетом специфики машинных вычислений и программировать на языке пакета Maple;</li> </ul> <p><b>владеет</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками формализации прикладных задач;</li> <li>– способностью выбирать конкретные методы анализа и синтеза для решения прикладной задачи;</li> <li>– методами формирования компьютерной модели объектов;</li> </ul>

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.34 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	Вариационное исчисление	ОПК-3.2, ОПК-1.2

2	Численные методы	ОПК-2.1, ОПК-2.2
3	Дифференциальные уравнения	ОПК-2.1
4	Техническая механика	ОПК-1.3

Вариационное исчисление

- знать: вариационные методы и вариационные принципы механики;
- уметь: делать вариационные преобразования;
- владеть: навыками работы с функционалами энергии.

Численные методы

- знать: численные методы решения систем уравнений и численного интегрирования, их погрешности;

- уметь: применять численные методы к поставленным задачам;
- владеть: навыками реализации численных методов на ЭВМ.

Дифференциальные уравнения

- знать: методы решения дифференциальных уравнений;
- уметь: решать задачи Коши для систем уравнений;
- владеть: навыками математических преобразований дифференциальных уравнений.

Техническая механика

- знать: основные характеристики напряженно-деформированного состояния элементов конструкций;

- уметь: строить эпюры напряжений;
- владеть: пониманием того, как деформируются элементы строительных конструкций.

№ 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	Выполнение 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-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-3.5, УК-3.6, 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, УК-6.4, УК-6.5, УК-7.1, УК-7.2, УК-7.3, УК-7.4, УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, УК-9.1, УК-9.2, УК-9.3, УК-9.4, УК-9.5, УК-10.1, УК-10.2, УК-10.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-4.4, 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
			6
<b>Контактная работа</b>	64		64
Практические занятия (Пр)	64	0	64
<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>	26,75		26,75
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	51,75		51,75
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	144		144
<b>зачетные единицы:</b>	4		4

**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. Компьютерное и математическое моделирование										
1.1.	Основные методы и приемы построения математической модели	6			2				2	4	ОПК-3.1
1.2.	Построение математической модели на основе фундаментальных законов природы	6			2				2	4	ОПК-3.1
1.3.	Математическая модель на основе вариационных принципов	6			2				2	4	ОПК-3.1
1.4.	Основные характеристики напряженно-деформированного состояния	6			2				2	4	ОПК-3.1, ОПК-2.2
1.5.	Математические модели деформирования балки	6			6				4	10	ОПК-3.1, ОПК-2.2
1.6.	Математические модели деформирования плиты	6			4				2	6	ОПК-3.1, ОПК-2.2
1.7.	Математическая модель деформирования оболочки	6			6				3	9	ОПК-3.1, ОПК-2.2
1.8.	Алгоритмизация и численные методы задач механики	6			4				4	8	ОПК-2.2, ОПК-4.2
1.9.	Аппроксимирующие функции	6			2				2	4	ОПК-2.2
1.10.	Особенности разработки программного обеспечения для решения прикладных задач	6			2				6	8	ОПК-4.2
1.11.	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния балки	6			6				2	8	ОПК-3.1, ОПК-4.2
1.12.	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния плиты	6			6				2	8	ОПК-3.1, ОПК-4.2

1.13	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния оболочки	6			12				12,7 5	24,75	ОПК-3.1, ОПК-4.2
1.14	Анализ прочности балки, плиты, оболочки	6			4				2	6	ОПК-3.1
1.15	Компьютерная модель и визуализация результатов расчетов	6			4				4	8	ОПК-4.2
2.	2 раздел. Иная контактная работа										
2.1.	Иная контактная работа	6								1,25	ОПК-3.1, ОПК-2.2, ОПК-4.2
3.	3 раздел. Контроль										
3.1.	Экзамен	6								27	ОПК-3.1, ОПК-2.2, ОПК-4.2

### 5.1. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Основные методы и приемы построения математической модели	Основные методы и приемы построения математической модели Моделирование. Физическое и математическое моделирование. Математическая модель. Этапы построения математических моделей объектов. Математические модели задач оптимизации. Линейное программирование. Математические модели при проведении эксперимента. Статистическая обработка результатов эксперимента.
2	Построение математической модели на основе фундаментальных законов природы	Построение математической модели на основе фундаментальных законов природы Получение математических моделей на основе фундаментальных законов природы, вариационных принципах, принципе аналогий, иерархического подхода и др. Нелинейность математических моделей. Математическая модель, получаемая применением нескольких фундаментальных законов природы.
3	Математическая модель на основе вариационных принципов	Математическая модель на основе вариационных принципов Вариационные принципы Лагранжа, Гамильтона – Остроградского.
4	Основные характеристики напряженно-деформированного состояния	Основные характеристики напряженно-деформированного состояния Перемещения точек твердого тела. Деформации. Напряжения. Нагрузки. Параметры материала. Связь характеристик между собой.
5	Математические модели деформирования балки	Математические модели деформирования балки Линейно-упругая модель (геометрические соотношения, физические соотношения, функционал полной потенциальной энергии деформации, уравнения равновесия). Нелинейно-упругая модель (геометрические соотношения, физические соотношения, функционал полной потенциальной энергии деформации, уравнения равновесия). Модель с учетом ползучести материала (геометрические соотношения, физические соотношения, функционал полной

		потенциальной энергии деформации, уравнения равновесия).
6	Математические модели деформирования плиты	Математические модели деформирования плиты Линейно-упругая модель (геометрические соотношения, физические соотношения, функционал полной потенциальной энергии деформации, уравнения равновесия). Нелинейно-упругая модель (геометрические соотношения, физические соотношения, функционал полной потенциальной энергии деформации, уравнения равновесия). Модель с учетом ползучести материала (геометрические соотношения, физические соотношения, функционал полной потенциальной энергии деформации, уравнения равновесия).
7	Математическая модель деформирования оболочки	Математическая модель деформирования оболочки Линейно-упругая модель (геометрические соотношения, физические соотношения, функционал полной потенциальной энергии деформации, уравнения равновесия). Параметры Ляме.
8	Алгоритмизация и численные методы задач механики	Алгоритмизация и численные методы задач механики Исследование математической модели. Алгоритм. Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам при решении прикладных задач. Метод Рунге. Метод Бундса – Галеркина. Метод итераций. Метод Ньютона. Численное интегрирование. Алгоритмы на основе метода Рунге. Алгоритмы на основе метода Бундса – Галеркина.
9	Аппроксимирующие функции	Аппроксимирующие функции Аппроксимация. Метод наименьших квадратов. Интерполяция. Аппроксимирующие функции в задачах механики.
10	Особенности разработки программного обеспечения для решения прикладных задач	Особенности разработки программного обеспечения для решения прикладных задач Программы для математических вычислений. Вычислительный эксперимент. Проверка адекватности математической модели.
11	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния балки	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния балки Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния балки
12	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния плиты	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния плиты Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния плиты
13	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния оболочки	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния оболочки Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния оболочки
14	Анализ прочности балки, плиты, оболочки	Анализ прочности балки, плиты, оболочки Критерии прочности. Изотропные и ортотропные материалы. Интенсивность напряжений.
15	Компьютерная модель и визуализация результатов расчетов	Компьютерная модель и визуализация результатов расчетов Современные технологии визуализации. 2D- и 3D-графики. Поля перемещений и напряжений. Локальная и глобальная система координат. Создание анимации.



## 5.2. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Основные методы и приемы построения математической модели	Основные методы и приемы построения математической модели Изучение теоретического материала.
2	Построение математической модели на основе фундаментальных законов природы	Построение математической модели на основе фундаментальных законов природы Изучение теоретического материала.
3	Математическая модель на основе вариационных принципов	Математическая модель на основе вариационных принципов Изучение теоретического материала.
4	Основные характеристики напряженно-деформированного состояния	Основные характеристики напряженно-деформированного состояния Изучение теоретического материала.
5	Математические модели деформирования балки	Математические модели деформирования балки Преобразования математических моделей деформирования балки.
6	Математические модели деформирования плиты	Математические модели деформирования плиты Преобразования математических моделей деформирования плиты.
7	Математическая модель деформирования оболочки	Математическая модель деформирования оболочки Преобразование математической модели деформирования оболочки. Выполнение курсовой работы.
8	Алгоритмизация и численные методы задач механики	Алгоритмизация и численные методы задач механики Выполнение курсовой работы: Алгоритмизация задачи.
9	Аппроксимирующие функции	Аппроксимирующие функции Выполнение курсовой работы: Работа с аппроксимирующими функциями.
10	Особенности разработки программного обеспечения для решения прикладных задач	Особенности разработки программного обеспечения для решения прикладных задач Выполнение курсовой работы: разработка и отладка расчетной программы.
11	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния балки	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния балки Разработка и отладка расчетной программы.
12	Компьютерное моделирование напряженно-	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния плиты Разработка и отладка расчетной программы.

	деформированного состояния плиты	
13	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния оболочки	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния оболочки Выполнение курсовой работы: проведение вычислительных экспериментов, анализ и обработка результатов.
14	Анализ прочности балки, плиты, оболочки	Анализ прочности балки, плиты, оболочки Выполнение курсовой работы: анализ прочности оболочки.
15	Компьютерная модель и визуализация результатов расчетов	Компьютерная модель и визуализация результатов расчетов Выполнение курсовой работы: оформление визуализированных результатов.

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

Программой дисциплины предусмотрено проведение практических занятий, предполагающих 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 текущему контролю успеваемости студентов;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к экзамену.

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

Приступая к изучению дисциплины, обучающемуся необходимо в первую очередь ознакомиться с содержанием РПД, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим занятиям.

При подготовке к занятиям студенту необходимо:

- ознакомиться с соответствующей темой занятия;
- осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;
- изучить рекомендуемую рабочей программой литературу по данной теме.

В рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на практическом 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;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя материалы ФОС, либо групповые индивидуальные задания, подготовленные преподавателем;
- выполнить курсовую работу;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является экзамен и курсовая работа.

Экзамен проводится по расписанию. Форма проведения занятия может быть устная, письменная и в электронном виде. 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	Основные методы и приемы построения математической модели	ОПК-3.1	Устный опрос студентов
2	Построение математической модели на основе фундаментальных законов природы	ОПК-3.1	Устный опрос студентов
3	Математическая модель на основе вариационных принципов	ОПК-3.1	Тест. Устный опрос студентов
4	Основные характеристики напряженно-деформированного состояния	ОПК-3.1, ОПК-2.2	Тест. Устный опрос студентов
5	Математические модели деформирования балки	ОПК-3.1, ОПК-2.2	Индивидуальные задания. Контроль

			выполнения практических работ.
6	Математические модели деформирования плиты	ОПК-3.1, ОПК-2.2	Индивидуальные задания. Контроль выполнения практических работ.
7	Математическая модель деформирования оболочки	ОПК-3.1, ОПК-2.2	Контроль выполнения практических работ и поэтапного выполнения курсовой работы
8	Алгоритмизация и численные методы задач механики	ОПК-2.2, ОПК-4.2	Контроль выполнения практических работ и поэтапного выполнения курсовой работы
9	Аппроксимирующие функции	ОПК-2.2	Устный опрос студентов и контроль поэтапного выполнения курсовой работы
10	Особенности разработки программного обеспечения для решения прикладных задач	ОПК-4.2	Устный опрос студентов
11	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния балки	ОПК-3.1, ОПК-4.2	Контроль выполнения практических работ и поэтапного выполнения курсовой работы
12	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния плиты	ОПК-3.1, ОПК-4.2	Контроль выполнения практических работ и поэтапного выполнения курсовой работы
13	Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния оболочки	ОПК-3.1, ОПК-4.2	Контроль выполнения практических работ и поэтапного выполнения курсовой работы
14	Анализ прочности балки, плиты, оболочки	ОПК-3.1	Контроль выполнения практических работ и поэтапного выполнения курсовой работы
15	Компьютерная модель и визуализация результатов расчетов	ОПК-4.2	Контроль выполнения практических работ и курсовой работы. Устный опрос студентов
16	Иная контактная работа	ОПК-3.1, ОПК-2.2, ОПК-4.2	
17	Экзамен	ОПК-3.1, ОПК-2.2, ОПК-4.2	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-2.2, ОПК-3.1, ОПК-4.2. Типовые контрольные задания и иные материалы текущего контроля успеваемости размещены по адресу ЭИОС Moodle по адресу: <https://moodle.spbgasu.ru/enrol/index.php?id=381>

Кафедры / Информационных систем и технологий / Компьютерное и математическое моделирование

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

Примерные вопросы к экзамену:

1. Основные методы и приемы построения математической модели.
2. Физическое и математическое моделирование.
3. Этапы построения математических моделей объектов.
4. Математические модели задач оптимизации.
5. Математические модели при проведении эксперимента. Статистическая обработка результатов эксперимента.
6. Построение математической модели на основе фундаментальных законов природы.
7. Нелинейность математических моделей.
8. Математическая модель на основе вариационных принципов.
9. Основные характеристики напряженно-деформированного состояния.
10. Математическая модель деформирования балки (линейно-упругая).
11. Математическая модель деформирования балки (нелинейно-упругая).
12. Математическая модель деформирования балки (с учетом ползучести).
13. Математическая модель деформирования плиты (линейно-упругая).
14. Математическая модель деформирования плиты (нелинейно-упругая).
15. Математическая модель деформирования оболочки.
16. Геометрические соотношения. Физические соотношения. Функционал полной потенциальной энергии деформации.
17. Уравнения равновесия.
18. Численные методы задач механики.
19. Вычислительный эксперимент.
20. Исследование математической модели. Алгоритм.
21. Аппроксимация. Метод наименьших квадратов. Интерполяция.
22. Алгоритмы на основе метода Рунге.
23. Алгоритмы на основе метода Бунднова-Галеркина.
24. Особенности разработки ПО для решения прикладных задач.
25. Проверка адекватности математической модели.
26. Расчет напряженно-деформированного состояния балки.
27. Расчет напряженно-деформированного состояния плиты.
28. Расчет напряженно-деформированного состояния оболочки.
29. Анализ прочности балки, плиты, оболочки.
30. Критерии прочности. Изотропные и ортотропные материалы.
31. Компьютерная модель и визуализация результатов расчетов.

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

Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся размещены по адресу ЭИОС Moodle по адресу: <https://moodle.spbgasu.ru/enrol/index.php?id=381>

Кафедры / Информационных систем и технологий / Компьютерное и математическое моделирование

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

Примерная тематика курсовой работы (ОПК-2.2, ОПК-3.1, ОПК-4.2)

Каждый студент получает индивидуальное задание по проведению расчетов напряженно-деформированного состояния (НДС) определенных видов оболочек или с применением метода Рунге к функционалу полной потенциальной энергии деформации оболочки, или метода Бунднова – Галеркина к уравнениям равновесия.

Рассматриваются шесть видов оболочек:

- пологие оболочки прямоугольного плана (I);
- цилиндрические панели (II);
- панели конических оболочек (III);
- сферические купола (IV);
- панели торообразных оболочек (V);
- панели торообразных оболочек со смещенной осью вращения (VI).

У каждого из рассматриваемых видов оболочек могут проявиться различные свойства материала, приложены различные виды нагрузок.

#### Варианты задач исследования

Рассматриваются следующие варианты задач:

- 1) линейно-упругое решение (дискретное введение ребер);
- 2) линейно-упругое решение (жесткость ребер «размазана»);
- 3) нелинейно-упругое (упругопластическое) решение (без ребер);
- 4) решение с учетом ползучести материала (без ребер);
- 5) решение уравнений равновесия (линейно-упругое решение, без ребер).

#### Последовательность выполнения

Курсовая работа должна содержать:

- 1) постановку задачи исследования для конкретного вида оболочки;
- 2) запись основных соотношений:
  - геометрических;
  - физических;
  - усилий и моментов;
- 3) формулировку математической модели, включающей:
  - функционал полной потенциальной энергии деформации;
  - уравнения равновесия или уравнения в смешанной форме (вывод);
- 4) запись функционала полной потенциальной энергии деформации относительно функций перемещений или уравнения в смешанной форме относительно функций  $W(x, y)$  и  $\Phi(x, y)$ ;
- 5) описание краевых условий;
- 6) описание входных данных задачи;
- 7) описание выходных данных (перемещений  $W(x, y)$ , напряжений, интенсивности напряжений).

Для курсовой работы в продолжение перечисленного необходимо выполнить следующее:

- 8) разработать вычислительный алгоритм;
- 9) составить программу на ЭВМ;
- 10) провести отладку программы;
- 11) провести расчеты НДС при различных значениях входных параметров (кривизны, материал, размеры оболочки);
- 12) реализовать вывод всех необходимых графических данных.

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 курсовой работы и экзамена. Курсовая работа защищается студентом.

Экзамен проводится в форме собеседования и выполнения практического задания. В экзаменационный билет включено два теоретических вопроса и практическое задание, соответствующие содержанию формируемых компетенций.

Экзамен проводится в устной форме. Для подготовки по экзаменационному билету отводится 40 минут.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации



Критерии оценивания	Оценка «неудовлетворитель но»	Оценка «удовлетворительн о»	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 «продвинутой». 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	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-существенные пробелы в знаниях учебного материала;</li> <li>-допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий;</li> <li>-непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знания теоретического материала;</li> <li>-неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;</li> <li>-неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала;</li> <li>- знания теоретического материала</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития;</li> <li>-правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала;</li> <li>-полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий;</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории,</li> <li>-логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</li> </ul>
умения	<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>

владение навыками	<p>Не может выбрать методику выполнения заданий.</p> <p>Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач.</p> <p>Делает некорректные выводы.</p> <p>Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p>	<p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий.</p> <p>Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач.</p> <p>Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов.</p> <p>Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p>	<p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий.</p> <p>Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач</p> <p>Делает корректные выводы по результатам решения задачи.</p> <p>Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p>	<p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий.</p> <p>Не допускает ошибок при выполнении заданий.</p> <p>Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий.</p> <p>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	Карпов В. В., Панин А. Н., Математическое моделирование и расчет элементов строительных конструкций, СПб., 2013	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/elib/00463/">http://ntb.spbgasu.ru/elib/00463/</a>
2	Рябикова Т. В., Семенов А. А., Вариационные методы в задачах статики и динамики строительных конструкций, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/74323.html">http://www.iprbookshop.ru/74323.html</a>
3	Карпов В. В., Кобелев Е. А., Панин А. Н., Семенов А. А., Петров В.В., Лалин В.В., Модели деформирования строительных конструкций и методы их расчета, Москва: Издат. дом АСВ, 2022	100
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		

1	Атисков А. Ю., Баранова Д. А., Карпов В. В., Москаленко Л. П., Семенов А. А., Компьютерные технологии расчета оболочек, СПб., 2012	23
2	Карпов В. В., Математическое моделирование, алгоритмы исследования модели, вычислительный эксперимент в теории оболочек, СПб., 2006	362
1	Карпов В. В., Сальников А. Ю., Семенов А. А., Математическое моделирование, Санкт-Петербург, 2019	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/elib/01123/">http://ntb.spbgasu.ru/elib/01123/</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
Курс "Компьютерное и математическое моделирование" в ЭИОС Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/enrol/index.php?id=381">https://moodle.spbgasu.ru/enrol/index.php?id=381</a>

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

Наименование	Электронный адрес ресурса
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	<a href="http://www.spbgasu.ru">www.spbgasu.ru</a>
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</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>
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.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
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
Python версия 3.7.6386.10	Свободно распространяемое
LibreOffice	Свободно распространяемое
PyCharm Community	Свободно распространяемое

#### 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. 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. Компьютерный класс	Рабочие места с ПК (стол компьютерный, системный блок, монитор, клавиатура, мышь), стол рабочий, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Internet.
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, аудиосистема), 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.