



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Математики

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2021 г.

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

Вариационные методы и вариационные принципы в механике

направление подготовки/специальность 01.04.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Информационные технологии и математическое моделирование в строительстве

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2021

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является

- формирование фундаментальных знаний в области решения экстремальных задач вариационного исчисления;
- приобретение навыков использования аппарата вариационного исчисления в процессе математического моделирования прикладных задач механики.

Задачами освоения дисциплины являются:

- освоение базовых понятий вариационного исчисления.
- изучение основных методов решения прямых и обратных вариационных задач.
- использование вариационных принципов механики для решения задач механики и расчета конструкций.

## 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-1 Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.2 Предлагает и обосновывает способ решения задачи профессиональной деятельности средствами фундаментальной и(или) прикладной математики	<b>знает</b> базовые понятия вариационного исчисления; основные типы экстремальных задач <b>умеет</b> решать задачи вариационного исчисления на экстремум функционалов различной степени сложности <b>владеет навыками</b> стандартными методами вариационного исчисления и их применением к решению задач
ОПК-2 Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1 Выполняет модификацию математического метода для решения прикладной задачи	<b>знает</b> основные вариационные принципы механики; <b>умеет</b> разрабатывать программные приложения, ориентированные на реализацию алгоритмов методов вариационного исчисления <b>владеет навыками</b> навыками математической формализации прикладных задач

ОПК-2 совершенствовать и реализовывать математические методы решения задач	Способен и реализовать новые методы прикладных задач	ОПК-2.2 Выполняет реализацию математического метода на ЭВМ для решения прикладной задачи	<b>знает</b> методологию сведения прикладных задач к вариационным задачам <b>умеет</b> применять аппарат вариационного исчисления для решения задач из других областей науки <b>владеет навыками</b> способностью и готовностью к изучению дальнейших понятий вариационного исчисления, а также к оценке степени адекватности предлагаемого аппарата к решению прикладных задач
---	--	---	--

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.07 основной профессиональной образовательной программы 01.04.02 Прикладная математика и информатика и относится к обязательной части учебного плана.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении образовательных программ предшествующего уровня образования (бакалавриат)

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	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-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-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6
2	Проектная практика	ПК-1.1, ПК-2.2, ПК-3.3
3	Научно-исследовательская практика	ОПК-4.3, ОПК-2.2, ПК-3.1

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

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			1
<b>Контактная работа</b>	32		32
Практические занятия (Пр)	32	0	32
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>	0,25		0,25
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)			

контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))			
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25		0,25
<b>Часы на контроль</b>	8,75		8,75
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	103		103
<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. Экстремум функционала										
1.1.	Экстремум функционала	1			2			6	8	ОПК-2.1	
1.2.	Проекционные методы	1			20			53	73	ОПК-1.2	
2.	2 раздел. Вариационные принципы механики										
2.1.	Вариационные принципы механики	1			4			8	12	ОПК-2.2	
2.2.	Отдельные классы задач строительной механики	1			6			36	42	ОПК-2.2	
3.	3 раздел. Контроль										
3.1.	Зачет с оценкой	1							9	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2	

### 5.1. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Экстремум функционала	Экстремум функционала Основная задача вариационного исчисления. Вариационные задачи с производными высших порядков и несколькими функциями. Вариационные задачи с частными производными. Уравнение Эйлера и его обобщения
2	Проекционные методы	Энергетический метод Ритца Квадратичный функционал. Функционал энергии. Связь вариационной задачи с краевой задачей для дифференциального уравнения. Процедура метода Ритца. Программа. Расчет.
2	Проекционные методы	Двумерный метод Ритца Применение метода Ритца для решения вариационных задач с

		частными производными в прямоугольной области. Применение R-функций для решения задач в сложных областях. Задача Дирихле
2	Проекционные методы	Вариационный метод конечных элементов Построение базисных сплайнов. Построение Эрмитовых (локальных) сплайнов. Процедура МКЭ для решения вариационных задач с производными высших порядков и несколькими функциями. Особенности МКЭ решения двумерных краевых задач
2	Проекционные методы	Метод Канторовича Процедура метода приведения вариационной задачи к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Задача о температурном распределении внутри прямоугольного бруса. Применение метода Канторовича для определения собственных значений и собственных функций
2	Проекционные методы	Метод Треффца Особенности выбора аппроксимирующих функций. Процедура метода на примере эллиптического уравнения
2	Проекционные методы	Метод наискорейшего спуска Теоретическое обоснование метода. Применение метода наискорейшего спуска к решению интегральных уравнений
2	Проекционные методы	Метод наименьших квадратов Обоснование теоретических основ метода на примере операторного уравнения
2	Проекционные методы	Метод Галеркина (метод, близкий к вариационному) Теоретическое обоснование метода Галеркина. Метод Галеркина для систем дифференциальных уравнений. Применение метода Галеркина в решении краевых задач для уравнений в частных производных
3	Вариационные принципы механики	Вариационный принцип Гамильтона уравнения движения механической системы в форме Ньютона. Уравнения Движения в форме Лагранжа. Принцип наименьшего действия. Примеры механических систем: «шарик - пружина», маятник на свободной подвеске, малые колебания струны
3	Вариационные принципы механики	Вариационные принципы строительной механики Модель упруго твердого тела. Потенциальная энергия деформации. Вариационный принцип Лагранжа. Функционал Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно
4	Отдельные классы задач строительной механики	Продольная деформация прямолинейного стержня Математическая модель. Функционал Лагранжа для стержня. Вывод уравнения равновесия в перемещениях. Естественные краевые условия
4	Отдельные классы задач строительной механики	Балка Бернулли на упругом основании Гипотезы теории Бернулли-Эйлера. Математическая модель изгиба балки. Функционал Лагранжа для балки. Вывод уравнения равновесия в перемещениях. Естественные краевые условия
4	Отдельные классы задач строительной механики	Балка Тимошенко на упругом основании Математическая модель изгиба балки с учетом деформаций сдвига. Функционал Лагранжа для балки. Вывод системы уравнения равновесия для балки Тимошенко. Естественные краевые условия

## 5.2. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Экстремум функционала	Экстремум функционала Изучение теоретического материала. Задание 1.
2	Проекционные методы	Энергетический метод Ритца Изучение теоретического материала Задание 2.
2	Проекционные методы	Двумерный метод Ритца Изучение теоретического материала. Задание 3.
2	Проекционные методы	Вариационный метод конечных элементов Изучение теоретического материала. Задание 4
2	Проекционные методы	Метод Канторовича Изучение теоретического материала по теме
2	Проекционные методы	Метод Треффца Изучения теоретического материала по теме
2	Проекционные методы	Метод наискорейшего спуска Изучение теоретического материала по теме
2	Проекционные методы	Метод наименьших квадратов Изучение теоретического материала по теме
2	Проекционные методы	Метод Галеркина Изучение теоретического материала. Задание 5
3	Вариационные принципы механики	Вариационный принцип Гамильтона Изучение теоретического материала
3	Вариационные принципы механики	Вариационные принципы строительной механики Изучение теоретического материала по теме
4	Отдельные классы задач строительной механики	Продольная деформация прямолинейного стержня Изучение теоретического материала. Задание 6 (контрольное)
4	Отдельные классы задач строительной механики	Балка Бернулли на упругом основании Изучение теоретического материала. Задание 7 (контрольное)
4	Отдельные классы задач строительной механики	Балка Тимошенко на упругом основании Изучение теоретического материала. Задание 8. (контрольное)

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

При подготовке к практическим занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

1 изучить конспект практического задания, выложенный в МУДЛ (<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=2065>)

2 повторить материал по теме с учетом рекомендованной по данной теме литературы;

3 выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;

4 ответить на контрольные вопросы по теме;

5 подготовить отчет по результатам выполненного задания;

6 подготовить доклад или сообщение, по теме занятия;

7 решить задачи домашней контрольной работы, защитить результаты контрольной работы;

8 подготовиться к промежуточной аттестации.

## 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	Экстремум функционала	ОПК-2.1	Теоретические обоснования. Решение задач.
2	Проекционные методы	ОПК-1.2	Процедуры методов. Программы. Решения задач
3	Вариационные принципы механики	ОПК-2.2	Теоретический материал. Решение практических задач
4	Отдельные классы задач строительной механики	ОПК-2.2	Решение прикладных задач
5	Зачет с оценкой	ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2	Ответы на вопросы к контрольным заданиям.

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

Задание 1.

для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ОПК-2.1, ОПК-2.2

Найти экстремали функционалов а), б), в), используя возможности Toolbox Symbolic Matlab.

Задание 2.

для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ОПК-1.2

Метод Рунге. Для функционалов из задания 1 найти приближенное решение по методу Рунге.

Алгоритм метода реализовать в Matlab.

Задание 3.

для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ОПК-1.2

Реализовать в Matlab алгоритм метода Рунге для решения вариационной задачи с частными производными

а) в прямоугольнике

б) в области, ограниченной сложным контуром.

Задание 4.

для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ОПК-1.2

Реализовать в Matlab процедуру МКЕ для функционалов из Задания 1, зависящих от нескольких функций, от производных высших порядков

Задание 5.

для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ОПК-1.2

Реализовать в Matlab процедуру метода Галеркина для функционалов из Задания 1

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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;</li> <li>- 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 основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;</li> <li>- использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы;</li> <li>- владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</li> </ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;</li> <li>- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li> <li>- без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий;</li> <li>- обосновывает ход решения задач без затруднений</li> </ul>

<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 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 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; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок 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. Основная задача вариационного исчисления.
2. Уравнение Эйлера.
3. Функционалы, зависящие от нескольких функций, система дифференциальных уравнений Эйлера
4. Функционалы, зависящие от производных высших порядков, дифференциальное уравнение Эйлера-Пуассона.
5. Функционалы, зависящие от функций нескольких переменных. Уравнение Эйлера-Остроградского.
6. Процедура метода Ритца для одномерных задач.
7. Двумерный метод Ритца.
8. Процедура метода Канторовича.
9. Функционал энергии.
10. Вариационные формулировки краевых условий для уравнения Пуассона.
11. Вариационные формулировки краевых задач для уравнения Лапласа с неоднородными граничными условиями.
12. Метод Треффца.
13. Метод наискорейшего спуска.

14. Метод наименьших квадратов
15. Метод Галеркина.
16. Вариационные принципы механики. Принцип наименьшего действия.
17. вариационный принцип Лагранжа.

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

Задание 6 (зачет с оценкой).

Продольная деформация прямолинейного стержня

Рассматривается простой призматический прямой стержень, заданной длины, произвольного поперечного сечения. Стержень испытывает воздействие собственного веса, а также, возможно, сосредоточенной нагрузки, приложенной в точке с заданной координатой. Будем считать, что продольные деформации стержня стеснены упругим основанием с коэффициентом  $k$ . На границах стержня заданы либо сосредоточенные силовые воздействия (статические краевые условия), либо перемещения (кинематические граничные условия).

Требуется:

1. Нарисовать схему стержня и нагрузки.
2. Составить математическую модель задачи.
3. Построить алгоритм расчета, на основании подходящего вариационного метода.
4. Реализовать алгоритм в MatLab.
5. Построить эпюры перемещений и внутренних усилий.

Задание 6 (зачет с оценкой).

Балка Бернулли на упругом основании

Рассмотрим задачу изгиба балки Бернулли прямоугольного сечения, лежащей на упругом основании и находящейся под действием распределенной нагрузки. Будем считать, что балка изгибается в плоскости, совпадающей с силовой нагрузкой.

Рассмотрим два варианта граничных условий:

- (I). Балка шарнирно закреплена на концах .
- (II). Балка жестко заделана на концах.

Требуется:

1. Составить математическую модель задачи в виде вариационной задачи на минимум функционала полной потенциальной энергии балки Бернулли с граничными условиями, отражающими способ закрепления концов балки. Сделать рисунок.
2. Если требуется, то в функционале полной потенциальной энергии и граничных условиях перейти к безразмерным переменным и решить вариационную задачу наиболее подходящим методом.
3. Построить графики функции прогибов, изгибающих моментов и поперечной силы

Задание 7 (зачет с оценкой).

Балка Тимошенко на упругом основании

Рассмотрим задачу изгиба балки Тимошенко прямоугольного сечения, лежащей на упругом основании и находящейся под действием распределенной нагрузки. Будем считать, что балка изгибается в плоскости, совпадающей с силовой нагрузкой.

Рассмотрим два варианта граничных условий:

- (I). Балка шарнирно закреплена на концах .
- (II). Балка жестко заделана на концах.

Требуется:

1. Составить математическую модель задачи в виде вариационной задачи на минимум функционала полной потенциальной энергии балки Тимошенко с граничными условиями, отражающими способ закрепления концов балки. Сделать рисунок.
2. Если требуется, то в функционале полной потенциальной энергии и граничных условиях перейти к безразмерным переменным и решить вариационную задачу наиболее подходящим методом.
3. Построить графики функции прогибов, изгибающих моментов и поперечной силы

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)  
 Курсовой проект (работа) учебным планом не предусмотрена

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 формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой.

Зачет с оценкой включает защиту контрольных заданий из п. 7.3. и собеседование по теоретическим вопросам.

Зачет с оценкой проводится в устной форме. Задания должны быть сделаны и представлены для предварительной оценки заранее.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
Критерии оценивания	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	<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	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.	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.	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.	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.
-------------------	---	--	--	---

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	Перельмутер А. В., Сливкер В. И., Расчетные модели сооружений и возможность их анализа, М.: СКАД СОФТ, 2011	ЭБС
2	Самарский А. А., Михайлов А. П., Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры, М.: Наука, 1997	ЭБС
3	Рябикова Т. В., Семенов А. А., Вариационные методы в задачах статики и динамики строительных конструкций, СПб., 2016	ЭБС
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		
1	Рябикова Т. В., Вагер Б. Г., Вариационное исчисление, СПб., 2018	ЭБС
2	Вагер Б. Г., Игнатъев О. В., Карпов В. В., Сальников А. Ю., Вариационное исчисление, вариационные методы и вариационные принципы в задачах строительного профиля, М.: АСВ, 2003	ЭБС

3	Карпов В. В., Рябикова Т. В., Комплексный расчет элементов строительных конструкций в среде MATLAB, СПб., 2009	ЭБС
1	Ильин В. П., Карпов В. В., Масленников А. М., Численные методы решения задач строительной механики, М.: АСВ, 2005	ЭБС
2	Блисс Г. А., Солнцев Ю. К., Эльсгольц Л. Э., Лекции по вариационному исчислению, М.: Издательство иностранной литературы, 1950	ЭБС
3	Турчак Л. И., Щенников В. В., Основы численных методов, М.: Наука, 1987	ЭБС
4	Нигматулин Р. И., Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика, М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014	ЭБС

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
moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=2065">https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=2065</a>

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "IPRbooks"	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Федеральный образовательный портал "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.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)
Matlab версия R2019a	MATLAB договор №Д31908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты"

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
07. 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, Microsoft Office 2016

07. 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
--	--

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