



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Наземных транспортно-технологических машин

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

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

Вычислительная механика

направление подготовки/специальность 15.03.03 Прикладная механика

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

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

Целью освоения дисциплины «Вычислительная механика» являются приобретение знаний и умений в области методов математического и компьютерного моделирования при решении задач расчетного проектирования

Задачами освоения дисциплины являются

- изучение вопросов связанных с получением математических моделей механических систем и их исследованием при помощи прикладных алгоритмов численного анализа;
- овладение важнейшими методами решения прикладных задач в области вычислительной механики;
- формирование устойчивых навыков по применению арсенала методов вычислительной механики при научном анализе ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться в ходе создания новой техники и новых технологий;
- ознакомление с историей и логикой развития вычислительной механики.

## 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-2 Способен разрабатывать сертификационную документацию на проектируемую наземную транспортно-технологическую машину и (или) ее компоненты	ПК-2.2 Осуществляет разработку проекта и оформление сертификационной документации	<b>знает</b> современные вычислительные методы <b>умеет</b> корректно применять современные вычислительные методы, высокопроизводительные вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии <b>владеет</b> навыками анализа корректности, достоверности и точности получаемых решений
ПК-3 Способен разрабатывать эксплуатационно-техническую документацию на наземную транспортно-технологическую машину и (или) ее компоненты	ПК-3.2 Проводит оценку результатов эксплуатационных испытаний наземной транспортно-технологической машины и (или) ее компонентов	<b>знает</b> основные принципы анализа и математический аппарат <b>умеет</b> анализировать результаты <b>владеет</b> навыками анализа научно-технических проблем

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.13 основной профессиональной образовательной программы 15.03.03 Прикладная механика и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Основы теории разрушения	ОПК-2.3, ОПК-11.4, ОПК-14.3
2	Основы теории пластичности и ползучести	ПК-3.2, ПК-4.4
3	Теория упругости	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.6, ОПК-2.3, ОПК-11.4, ОПК-14.3

4	Мехатроника и робототехника	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-9.1, ОПК-11.2, ОПК-11.3, ОПК-11.4, ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-12.3
5	Программные системы инженерного анализа	ПК-4.5, ПК(Ц)-1.1
6	Системы автоматизированного проектирования наземных транспортно-технологических машин	ПК-4.5, ПК(Ц)-1.1

Дисциплина основывается на знаниях, полученных при освоении дисциплин:

Б1.О.22 Теория упругости

Б1.О.23 Основы теории разрушения

Б1.О.24 Мехатроника и робототехника

Б1.В.10 Программные системы инженерного анализа

Б1.В.07 Системы автоматизированного проектирования наземных транспортно-технологических машин

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

1	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	<p>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-10.1, УК-10.2, УК-10.3, УК-10.4, УК-10.5, УК-11.1, УК-11.2, УК-11.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, 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-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-5.4, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-7.1, ОПК-7.2, ОПК-7.3, ОПК-7.4, ОПК-7.5, ОПК-8.1, ОПК-8.2, ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3, ОПК-9.4, ОПК-10.1, ОПК-10.2, ОПК-10.3, ОПК-11.1, ОПК-11.2, ОПК-11.3, ОПК-11.4, ОПК-12.1, ОПК-12.2, ОПК-12.3, ОПК-13.1, ОПК-13.2, ОПК-13.3, ОПК-14.1, ОПК-14.2, ОПК-14.3, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-1.5, ПК-1.6, ПК-1.7, ПК-1.8, ПК-1.9, ПК-1.10, ПК-1.11, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-4.4, ПК-4.5, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3, ПК-6.4, ПК-6.5, ПК-6.6, ПК-6.7, ПК-7.1, ПК-7.2, ПК-7.3, ПК-7.4, ПК-7.5, ПК-8.1, ПК-8.2, ПК-8.3, ПК-8.4, ПК-8.5, ПК-8.6, ПК-8.7, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6, ПК(Ц)-2.1, ПК(Ц)-2.2, ПК(Ц)-2.3, ПК(Ц)-2.4</p>
2	Прикладные задачи вычислительной механики	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3

**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
			7
<b>Контактная работа</b>	64		64
Лекционные занятия (Лек)	32	0	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>	71		71
<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. Вычислительная механика										
1.1.	Обзор задач вычислительной механики	7	4		4			8	16	ПК-2.2, ПК-3.2	
1.2.	Вариационный принцип Лагранжа	7	4		4			9	17	ПК-2.2, ПК-3.2	
1.3.	Алгоритм преобразования матрицы жесткости стержня	7	4		4			9	17	ПК-2.2, ПК-3.2	
1.4.	Представление общего решения краевой задачи (1 вариант)	7	4		4			9	17	ПК-2.2, ПК-3.2	
1.5.	Представление общего решения краевой задачи (2 вариант)	7	4		4			9	17	ПК-2.2, ПК-3.2	
1.6.	Решение краевой задачи для системы уравнений	7	4		4			9	17	ПК-2.2, ПК-3.2	
1.7.	Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского	7	4		4			9	17	ПК-2.2, ПК-3.2	
1.8.	Использование метода прогонки	7	4		4			9	17	ПК-2.2, ПК-3.2	
2.	2 раздел. Контроль										
2.1.	Зачет с оценкой	7							9	ПК-2.2, ПК-3.2	

**5.1. Лекции**

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Обзор задач вычислительной механики	Обзор задач вычислительной механики Кинематические и статические соотношения деформирования стержня. Постановки задач. Расчетные схемы. Уравнения деформирования стержня с учетом геометрической нелинейности по Новожилову В.В
2	Вариационный принцип Лагранжа	Вариационный принцип Лагранжа Связь вариационного принципа Лагранжа с системой дифференциальных уравнений 1-го порядка равновесия стержня и краевыми условиями. Вариационный принцип. Вывод системы дифференциальных уравнений 1-го порядка равновесия стержня и краевых условий
3	Алгоритм преобразования	Алгоритм преобразования матрицы жесткости стержня Алгоритм преобразования матрицы жесткости стержня из локальной

	матрицы жесткости стержня	системы координат в глобальную. Вывод матрицы преобразования
4	Представление общего решения краевой задачи (1 вариант)	Представление общего решения краевой задачи Представление общего решения краевой задачи для дифференциального уравнения равновесия стержня в матричной форме. Матричное представление решения краевой задачи для дифференциального уравнения равновесия стержня
5	Представление общего решения краевой задачи (2 вариант)	Представление общего решения краевой задачи Представление общего решения краевой задачи для дифференциального уравнения равновесия стержня в матричной форме. Анализ формы представления решения
6	Решение краевой задачи для системы уравнений	Решение краевой задачи для системы уравнений Решение краевой задачи для системы дифференциальных уравнений 1-го порядка равновесия стержня методом прогонки с ортогонализацией по Годунову. Алгоритм решения
7	Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского	Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского Связь вариационного принципа Гамильтона - Остроградского с системой дифференциальных уравнений 1-го порядка колебаний стержня и краевыми условиями. Вывод уравнений колебания
8	Использование метода прогонки	Использование метода прогонки Использование метода прогонки с ортогонализацией по Годунову для расчета вынужденных колебаний стержневой структуры. Составление алгоритма

## 5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Обзор задач вычислительной механики	Обзор задач вычислительной механики Кинематические и статические соотношения деформирования стержня. Постановки задач. Расчетные схемы. Уравнения деформирования стержня с учетом геометрической нелинейности по Новожилову В.В
2	Вариационный принцип Лагранжа	Вариационный принцип Лагранжа Связь вариационного принципа Лагранжа с системой дифференциальных уравнений 1-го порядка равновесия стержня и краевыми условиями. Вариационный принцип. Вывод системы дифференциальных уравнений 1-го порядка равновесия стержня и краевых условий
3	Алгоритм преобразования матрицы жесткости стержня	Алгоритм преобразования матрицы жесткости стержня Алгоритм преобразования матрицы жесткости стержня из локальной системы координат в глобальную. Вывод матрицы преобразования
4	Представление общего решения краевой задачи (1 вариант)	Представление общего решения краевой задачи Представление общего решения краевой задачи для дифференциального уравнения равновесия стержня в матричной форме. Матричное представление решения краевой задачи для дифференциального уравнения равновесия стержня
5	Представление общего решения краевой задачи (2 вариант)	Представление общего решения краевой задачи Представление общего решения краевой задачи для дифференциального уравнения равновесия стержня в матричной форме. Анализ формы представления решения
6	Решение краевой задачи для системы	Решение краевой задачи для системы уравнений

	уравнений	Решение краевой задачи для системы дифференциальных уравнений 1-го порядка равновесия стержня методом прогонки с ортогонализацией по Годунову. Алгоритм решения
7	Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского	Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского Связь вариационного принципа Гамильтона - Остроградского с системой дифференциальных уравнений 1-го порядка колебаний стержня и краевыми условиями. Вывод уравнений колебания
8	Использование метода прогонки	Использование метода прогонки Использование метода прогонки с ортогонализацией по Годунову для расчета вынужденных колебаний стержневой структуры. Составление алгоритма

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Обзор задач вычислительной механики	Обзор задач вычислительной механики Кинематические и статические соотношения деформирования стержня. Постановки задач. Расчетные схемы. Уравнения деформирования стержня с учетом геометрической нелинейности по Новожилову В.В
2	Вариационный принцип Лагранжа	Вариационный принцип Лагранжа Связь вариационного принципа Лагранжа с системой дифференциальных уравнений 1-го порядка равновесия стержня и краевыми условиями. Вариационный принцип. Вывод системы дифференциальных уравнений 1-го порядка равновесия стержня и краевых условий
3	Алгоритм преобразования матрицы жесткости стержня	Алгоритм преобразования матрицы жесткости стержня Алгоритм преобразования матрицы жесткости стержня из локальной системы координат в глобальную. Вывод матрицы преобразования
4	Представление общего решения краевой задачи (1 вариант)	Представление общего решения краевой задачи Представление общего решения краевой задачи для дифференциального уравнения равновесия стержня в матричной форме. Матричное представление решения краевой задачи для дифференциального уравнения равновесия стержня
5	Представление общего решения краевой задачи (2 вариант)	Представление общего решения краевой задачи Представление общего решения краевой задачи для дифференциального уравнения равновесия стержня в матричной форме. Анализ формы представления решения
6	Решение краевой задачи для системы уравнений	Решение краевой задачи для системы уравнений Решение краевой задачи для системы дифференциальных уравнений 1-го порядка равновесия стержня методом прогонки с ортогонализацией по Годунову. Алгоритм решения
7	Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского	Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского Связь вариационного принципа Гамильтона - Остроградского с системой дифференциальных уравнений 1-го порядка колебаний стержня и краевыми условиями. Вывод уравнений колебания
8	Использование метода прогонки	Использование метода прогонки Использование метода прогонки с ортогонализацией по Годунову для расчета вынужденных колебаний стержневой структуры. Составление алгоритма

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

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, и практических 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 текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к зачету с оценкой;

Залогом успешного освоения дисциплины является обязательное посещение лекционных, практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется при выполнении практических заданий.

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

При подготовке к лекционным занятиям студенту необходимо:

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

При подготовке к практическим 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;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя материалы ФОС;
- подготовиться к проверочной работе, предусмотренной в контрольных точках;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Работы, выполняемые на практических занятиях, сдаются только лично на занятиях преподавателю, который ведет группу.

Итогом изучения дисциплины является зачет с оценкой. Зачет с оценкой 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	Обзор задач вычислительной механики	ПК-2.2, ПК-3.2	Устный опрос, тест
2	Вариационный принцип Лагранжа	ПК-2.2, ПК-3.2	Устный опрос, тест
3	Алгоритм преобразования матрицы жесткости стержня	ПК-2.2, ПК-3.2	Устный опрос, тест
4	Представление общего решения краевой задачи (1 вариант)	ПК-2.2, ПК-3.2	Устный опрос, тест

5	Представление общего решения краевой задачи (2 вариант)	ПК-2.2, ПК-3.2	Устный опрос, тест
6	Решение краевой задачи для системы уравнений	ПК-2.2, ПК-3.2	Устный опрос, тест
7	Вариационный принцип Гамильтона - Остроградского	ПК-2.2, ПК-3.2	Устный опрос, тест
8	Использование метода прогонки	ПК-2.2, ПК-3.2	Устный опрос, тест
9	Зачет с оценкой	ПК-2.2, ПК-3.2	Устный опрос или тест

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

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ПК-3.2, ПК-2.2, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины.

1. Вывод уравнений равновесия стержня из вариационного принципа Лагранжа.
2. Вывод КЭ – уравнений равновесия стержня из вариационного принципа Лагранжа.
3. Линеаризация уравнений деформации стержня.
4. Учет пластических деформаций стержня.
5. Вычисление геометрических характеристик поперечного сечения стержня.
6. Вычисление МЖ стержня в локальной системе координат.
7. Вычисление МЖ стержня в глобальной системе координат.
8. Вычисление интегралов по формулам Гаусса-Лежандра.
9. Решение краевой задачи методом ортогональной прогонки по Годунову.
10. Решение задачи Коши для системы ОДУ методом Кутты-Мерсона.
11. Ортогонализация системы векторов.
12. Пример построения точного решения краевой задачи по Годунову для системы дифференциальных уравнений изгибаемого в плоскости стержня.
13. Дискретно континуальная схема расчета стержня.
14. Вычисление МЖ в дискретно континуальной схеме.

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>- безусловно 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. Идея метода конечных элементов.
2. Основная гипотеза при вычислении матрицы жесткости конечного элемента.
3. Вариационный принцип Лагранжа для вывода уравнений равновесия стержня.
4. Вариационный принцип Гамильтона для вывода уравнений движения стержня.
5. Вывод матрицы жесткости стержня в локальной системе координат.
6. Дискретно-континуальная схема вычисления матрицы жесткости стержня в локальной системе координат.
7. Формулирование краевой задачи для стержня в матричной форме.
8. Сведение решения краевой задачи для стержня к решению последовательности задач Коши.
9. Метод ортогональной прогонки по Годунову.
10. Ортогонализация системы векторов.
11. Формирование матрицы жесткости стержня в глобальной системе координат.
12. Формирование матрицы жесткости стержневой структуры.
13. Учет граничных условий в методе конечных элементов.
14. Формирование нагрузок в методе конечных элементов.
15. Структура конечноэлементной системы линейных алгебраических уравнений.

## 16. Вычисление усилий и моментов в стержнях.

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

1. Вывод КЭ – уравнений равновесия стержня из вариационного принципа Лагранжа с учетом сдвига.
2. Принцип Гамильтона.
3. Расчетные схемы МКЭ для высотных зданий.
4. Расчет распределения сил, моментов и перемещений в стержнях легкого структурного покрытия для разных видов нагрузок методом конечных элементов.
5. Оценка точности решения краевой задачи для дифференциального уравнения изгиба стержня в плоскости методом конечных элементов.
6. Решения краевой задачи для дифференциального уравнения изгиба стержня в плоскости с использованием дискретно-континуальной схемы.
7. Расчет распределения сил, моментов и перемещений в стержнях легкого структурного покрытия для разных видов нагрузок с использованием дискретно-континуальной схемы.
8. Расчет распределения сил, моментов и перемещений в стержнях тонкостенной пространственной системы для разных видов нагрузок с использованием дискретно-континуальной схемы.
9. Решения краевой задачи для дифференциального уравнения пространственного деформирования стержня с использованием дискретно-континуальной схемы.
10. Расчет распределения сил, моментов и перемещений в стержнях тонкостенной пространственной системы при действии динамических нагрузок с использованием дискретно-континуальной схемы.
11. Расчет распределения сил, моментов и перемещений в стержнях легкого структурного покрытия при действии динамических нагрузок с использованием дискретно-континуальной схемы.
12. Расчет распределения сил, моментов и перемещений в стержнях легкого структурного покрытия при действии сейсмической нагрузки с использованием дискретно-континуальной схемы.
13. Вывод конечноэлементных уравнений равновесия стержня из вариационного принципа Лагранжа.
14. Вычисление геометрических характеристик поперечных сечений стержней.

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

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены.

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

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

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в разделе «Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся». Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой. Зачет с оценкой проводится в форме собеседования.

### 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	Копченова Н. В., Марон И. А., Вычислительная математика в примерах и задачах, Санкт-Петербург: Лань, 2021	<a href="https://e.lanbook.com/book/171859">https://e.lanbook.com/book/171859</a>
2	Мкртычев О. В., Дорожинский В. Б., Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг, Москва: МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2021	<a href="https://www.iprbookshop.ru/110332.html">https://www.iprbookshop.ru/110332.html</a>
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		
1	Прокопьев В. И., Вычислительная механика. Часть 1. Статика стержневых структур, 2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/63071.html">http://www.iprbookshop.ru/63071.html</a>
2	Варапаев В. Н., Осипов Ю. В., Сафина Г. Л., Рогачева Н. Н., Вычислительная математика. Часть 1, 2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/60773.html">http://www.iprbookshop.ru/60773.html</a>
3	Блатов И. А., Старожилова О. В., Вычислительная математика, Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/75371.html">http://www.iprbookshop.ru/75371.html</a>
1	Веретенников В. Н., Учебно-методическое пособие для выполнения контрольной работы по дисциплине "Математика". Раздел "Вычислительная математика", Санкт-Петербург: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2013	<a href="http://www.iprbookshop.ru/17929.html">http://www.iprbookshop.ru/17929.html</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
Джакупов Кенес Бажкенович Вычислительная механика- Алматы: 2010.-291с	<a href="http://www.math.tsu.ru/sites/default/files/mmf2/e-resources/comp_phys.pdf">http://www.math.tsu.ru/sites/default/files/mmf2/e-resources/comp_phys.pdf</a>
Н.Г.Бураго Вычислительная механика Москва 2012	<a href="http://gidropraktikum.narod.ru/Burago.pdf">http://gidropraktikum.narod.ru/Burago.pdf</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>
Федеральный образовательный портал "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронная библиотека Ирбис 64	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/">http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/</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)
Agisoft Metashape	Договор № 2018.52901 от 08.05.2018 г. Лицензия бессрочная
Комплект электронных дидактических модулей «Дорожно-строительные машины»	Контракт № 44-01/2021-ЭА от 19.04.2021 г. с ООО "Лабстенд". Лицензия бессрочная
Math Cad версия 15	Сублицензионное соглашение на использование продуктов "РТС" с ООО"Софт Лоджистик" договор №20716/SPB9 2010 г. Лицензия бессрочная
Matlab версия R2019a	Договор №Д31908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты". Лицензия до 31.12.2025
SciLab версия 6.0.1	Свободно распространяемое
Solid Works версия 2019	Договор №Tr000660287 от 27.09.2021 г. с АО "СофтЛайн Трейд". Лицензия до 30.11.2024
КОМПАС-3D APM FEM	Сублицензионный договор №АСЗ-17-00534 от 13.06.2017 на 50лиц+ сублицензионный договор №АСЗ-20-00218 от 20.04.2020 еще на 50лиц с ООО "АСКОН-Северо-Запад". Лицензия бессрочная
КОМПАС-3D KompasFlow	Договор № АСЗ-23-00025 от 30.01.2023 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
32. 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, аудиосистема), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет
32. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет

32. 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.
32. 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, аудиосистема), 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.