



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Наземных транспортно-технологических машин

УТВЕРЖДАЮ

Начальник учебно-методического управления

\_\_\_\_\_ А.О. Михайлова

«29» июня 2022 г.

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

Прикладные задачи вычислительной механики

направление подготовки/специальность 15.03.03 Прикладная механика

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

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2022

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

формирование у обучающихся компетенций в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами по направлению «Прикладная механика», а также познакомить слушателей с современными проблемами и задачами механики, с актуальными направлениями развития современной механики деформируемого твердого тела и механики жидкости и газа; дать представление о положении механики в современной науке, о приложениях результатов фундаментальной механики в современной технике и инновационных технологиях, дать представление слушателям о междисциплинарных связях механики и других областях естествознания.

Задачами освоения дисциплины является охват круга вопросов, связанных с приобретением знаний, умений и навыков, реализуемых в процессе решения прикладных задач на стадии проектирования с использованием современных методов 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
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Выявляет и классифицирует физические и химические процессы, протекающие на объекте профессиональной деятельности	<b>знает</b> общие представления о естественнонаучных законах, методах моделирования <b>умеет</b> применять методы математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях <b>владеет навыками</b> методами организации математического и компьютерного моделирования
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Определяет основные характеристики физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности, на основе теоретического (экспериментального) исследования	<b>знает</b> правила и условия эксплуатации современных средств вычислительной техники, оборудования и приборов на базе компьютеров <b>умеет</b> определять основные параметры и технологические характеристики вычислительных систем, оборудования и приборов на базе вычислительных устройств <b>владеет навыками</b> методами анализа параметров и эксплуатационных характеристик вычислительных систем, оборудования и приборов на базе вычислительных устройств

<p>ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.4 Представляет физический (химический) процесс протекающий на объекте профессиональной деятельности в виде уравнения(й)</p>	<p><b>знает</b> базовые принципы построения вычислительных систем и их применение для решения профессиональных задач <b>умеет</b> определять параметры и характеристики различных вычислительных и управляющих систем <b>владеет навыками</b> навыками подготовки обзорных научно-технических отчетов в области вычислительных систем</p>
<p>ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.6 Осуществляет решение математического уравнения</p>	<p><b>знает</b> методы организации параллельной обработки информации <b>умеет</b> определить эффективность применения векторных вычислительных систем для решения конкретной задачи <b>владеет навыками</b> методами оценки предельных характеристик параллельных вычислительных систем</p>
<p>ОПК-2 Способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации</p>	<p>ОПК-2.1 Демонстрирует понимание принципов функционирования информационных систем в сфере профессиональной деятельности</p>	<p><b>знает</b> типовые методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов <b>умеет</b> применять современные специализированные вычислительные устройства цифровой обработки сигналов <b>владеет навыками</b> методикой применения современных средств цифровой обработки сигналов в прикладных задачах</p>
<p>ОПК-2 Способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации</p>	<p>ОПК-2.2 Демонстрирует понимание области применения специализированных информационных технологий и прикладного программного обеспечения</p>	<p><b>знает</b> основные направления развития архитектуры параллельных вычислительных систем для эффективного решения задач обработки информации и управления <b>умеет</b> производить разработку критериев и осуществлять сравнительный анализ вычислительных и управляющих систем <b>владеет навыками</b> навыками подготовки аналитических научно-технических отчетов в области вычислительных систем</p>

<p>ОПК-2 Способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации</p>	<p>ОПК-2.3 Демонстрирует применение специализированного программного обеспечения в соответствии с заданием</p>	<p><b>знает</b> программные и аппаратные средства для эффективной реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов <b>умеет</b> использовать современные программные пакеты для моделирования алгоритмов цифровой обработки сигналов <b>владеет навыками</b> методикой проектирования программно-аппаратных средств цифровой обработки сигналов</p>
<p>ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-4.1 Определяет перечень задач для достижения поставленной цели с применением информационных технологий</p>	<p><b>знает</b> последние достижения в области прикладной механики <b>умеет</b> ставить задачи и использовать физико-математический аппарат для решения поставленных задач <b>владеет навыками</b> способами решения поставленных прикладных и экспериментальных задач, методами интерпретации полученных результатов</p>
<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> методы построения дискретных схем задач, в том числе – метод взвешенных невязок, метод Галеркина, вариационные принципы механики сплошных сред, интегро-интерполяционный метод, методы граничных интегральных уравнений и др. <b>умеет</b> реализовывать дискретные модели задач механики средствами CAD/CAM/CAE-систем <b>владеет навыками</b> навыками постановки и решения мультидисциплинарных связанных задач</p>

<p>ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-4.3 Составляет алгоритм решения сформулированной задачи</p>	<p><b>знает</b>          принципы построения дискретных математических моделей физико-механических процессов с использованием численных методов механики  <b>умеет</b>          проектировать и разрабатывать программные продукты и модули в известных программных САД/САМ/САЕ-системах, осуществлять передачу моделей и данных между САД/САМ/САЕ-системами  <b>владеет навыками</b>          навыками работы в инженерном пакете ANSYS Workbench: проведение типовых механических расчетов на прочность, оптимизационных расчетов, взаимодействия абсолютно жестких тел, контактных взаимодействий</p>
--	--	--

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.29 основной профессиональной образовательной программы 15.03.03 Прикладная механика и относится к обязательной части учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Вычислительная механика	ПК-2.2, ПК-3.2
2	Проектирование наземных транспортно-технологических машин и их компонентов	ОПК-2.3, ОПК-3.4, ОПК-3.5, ОПК-5.1, ОПК-9.1, ОПК-11.1, ОПК-11.2, ОПК-11.3, ОПК-11.4, ОПК-13.1, ОПК-13.2, ОПК-13.3, 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
3	Программные системы инженерного анализа	ПК-4.5, ПК(Ц)-1.1

Для изучения дисциплины обучающиеся должны обладать знаниями, умениями и навыками, полученными при изучении следующих дисциплин:

Вычислительная механика

Проектирование наземных транспортно-технологических машин и их компонентов

Программные системы инженерного анализа

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

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			8
<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>	0,5		0,5

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>	87,75		87,75
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	180		180
<b>зачетные единицы:</b>	5		5

**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. Численное моделирование в науке и технике										
1.1.	Численное моделирование прикладных задач	8	10		10			28	48	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4	
2.	2 раздел. Пакеты прикладных программ										
2.1.	Компьютерное моделирование задач механики с использованием пакетов прикладных программ	8	10		10			28	48	ОПК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2	
2.2.	Использование языков программирования высокого уровня, при решении задач механики деформируемого твердого тела	8	12		12			31,75	55,75	ОПК-2.3, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3	
3.	3 раздел. Иная контактная работа										
3.1.	Иная контактная работа	8							1,25	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.	4 раздел. Контроль										
4.1.	Экзамен	8							27		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

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Численное моделирование прикладных задач	Численное моделирование прикладных задач Уравнения с частными производными как основа прикладных математических моделей. Характерные особенности математических моделей реальных сложных задач: многомерность, нелинейность, нерегулярность области, неизвестная граница. Исследование математических моделей с помощью вычислительных средств (ЭВМ и вычислительные методы). Применение разностных методов решения задач математической физики для изучения математических моделей. Требования к разностным схемам: аппроксимация, устойчивость, асимптотическая устойчивость, эффективность, однородность, консервативность, возможность достаточно простого обобщения на многомерный случай, возможность распараллеливания алгоритма для реализации на параллельных ЭВМ, технологичность.
2	Компьютерное моделирование задач механики с использованием пакетов прикладных программ	Компьютерное моделирование задач механики с использованием пакетов прикладных программ Общая характеристика пакетов прикладных программ для моделирования задач механики. Устройство пакета программ. Правило проведения вычислений. Визуализация результатов расчетов. Обзор пакетов программ для задач механики сплошных сред. Назначение и возможности пакетов ABAQUS, ADINA, ANSYS, DYNA2D/3D, JAS3D, NASTRAN, NIKE2D/3D, PRONTO3D. Обзор пакетов программ для задач гидродинамики. Назначение и возможности пакетов ANSYS, CFX-5, COYOTE, FIDAP, FLUENT, LINFLOW, NASTRAN, STAR-CD. Использование пакета ANSYS для решения задач механики разрушения. Упругая задач: расчет коэффициентов интенсивности напряжений методом аппроксимации перемещений берегов трещины. Прямой метод вычисления J-интеграла и расчет коэффициентов интенсивности напряжений. Упругопластическая задача. Термоупругая задача. Основы языка APDL. Использование APDL для создания макросов. Шифрование макросов. Перечень команд APDL
3	Использование языков программирования высокого уровня, при решении задач механики деформируемого твердого тела	Использование языков программирования высокого уровня, при решении задач механики деформируемого твердого тела Использование языков программирования высокого уровня при решении задач механики деформируемого твердого тела. Решение задач в среде Microsoft QuickBasic. Решение задач в среде Turbo Pascal 7.0. Основные сведения о Turbo Pascal 7.0. Примеры решения задач в среде Turbo Pascal 7.0

## 5.2. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Численное моделирование прикладных задач	<p>Численное моделирование прикладных задач</p> <p>Уравнения с частными производными как основа прикладных математических моделей. Характерные особенности математических моделей реальных сложных задач: многомерность, нелинейность, нерегулярность области, неизвестная граница. Исследование математических моделей с помощью вычислительных средств (ЭВМ и вычислительные методы). Применение разностных методов решения задач математической физики для изучения математических моделей. Требования к разностным схемам: аппроксимация, устойчивость, асимптотическая устойчивость, эффективность, однородность, консервативность, возможность достаточно простого обобщения на многомерный случай, возможность распараллеливания алгоритма для реализации на параллельных ЭВМ, технологичность.</p>
2	Компьютерное моделирование задач механики с использованием пакетов прикладных программ	<p>Компьютерное моделирование задач механики с использованием пакетов прикладных программ</p> <p>Общая характеристика пакетов прикладных программ для моделирования задач механики. Устройство пакета программ. Правило проведения вычислений. Визуализация результатов расчетов.</p> <p>Обзор пакетов программ для задач механики сплошных сред. Назначение и возможности пакетов ABAQUS, ADINA, ANSYS, DYNA2D/3D, JAS3D, NASTRAN, NIKE2D/3D, PRONTO3D.</p> <p>Обзор пакетов программ для задач гидродинамики. Назначение и возможности пакетов ANSYS, CFX-5, COYOTE, FIDAP, FLUENT, LINFLOW, NASTRAN, STAR-CD.</p> <p>Использование пакета ANSYS для решения задач механики разрушения. Упругая задач: расчет коэффициентов интенсивности напряжений методом аппроксимации перемещений берегов трещины. Прямой метод вычисления J-интеграла и расчет коэффициентов интенсивности напряжений. Упругопластическая задача. Термоупругая задача. Основы языка APDL. Использование APDL для создания макросов. Шифрование макросов. Перечень команд APDL</p>
3	Использование языков программирования высокого уровня, при решении задач механики деформируемого твердого тела	<p>Использование языков программирования высокого уровня, при решении задач механики деформируемого твердого тела</p> <p>Использование языков программирования высокого уровня при решении задач механики деформируемого твердого тела. Решение задач в среде Microsoft QuickBasic. Решение задач в среде Turbo Pascal 7.0. Основные сведения о Turbo Pascal 7.0. Примеры решения задач в среде Turbo Pascal 7.0</p>

## 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Численное моделирование прикладных задач	<p>Численное моделирование прикладных задач</p> <p>Уравнения с частными производными как основа прикладных математических моделей. Характерные особенности математических моделей реальных сложных задач: многомерность, нелинейность, нерегулярность области, неизвестная граница. Исследование математических моделей с помощью вычислительных средств (ЭВМ</p>



		и вычислительные методы). Применение разностных методов решения задач математической физики для изучения математических моделей. Требования к разностным схемам: аппроксимация, устойчивость, асимптотическая устойчивость, эффективность, однородность, консервативность, возможность достаточно простого обобщения на многомерный случай, возможность распараллеливания алгоритма для реализации на параллельных ЭВМ, технологичность.
2	Компьютерное моделирование задач механики с использованием пакетов прикладных программ	<p>Компьютерное моделирование задач механики с использованием пакетов прикладных программ</p> <p>Общая характеристика пакетов прикладных программ для моделирования задач механики. Устройство пакета программ. Правило проведения вычислений. Визуализация результатов расчетов.</p> <p>Обзор пакетов программ для задач механики сплошных сред. Назначение и возможности пакетов ABAQUS, ADINA, ANSYS, DYNA2D/3D, JAS3D, NASTRAN, NIKE2D/3D, PRONTO3D.</p> <p>Обзор пакетов программ для задач гидродинамики. Назначение и возможности пакетов ANSYS, CFX-5, COYOTE, FIDAP, FLUENT, LINFLOW, NASTRAN, STAR-CD.</p> <p>Использование пакета ANSYS для решения задач механики разрушения. Упругая задач: расчет коэффициентов интенсивности напряжений методом аппроксимации перемещений берегов трещины. Прямой метод вычисления J-интеграла и расчет коэффициентов интенсивности напряжений. Упругопластическая задача. Термоупругая задача. Основы языка APDL. Использование APDL для создания макросов. Шифрование макросов. Перечень команд APDL</p>
3	Использование языков программирования высокого уровня, при решении задач механики деформируемого твердого тела	<p>Использование языков программирования высокого уровня, при решении задач механики деформируемого твердого тела</p> <p>Использование языков программирования высокого уровня при решении задач механики деформируемого твердого тела. Решение задач в среде Microsoft QuickBasic. Решение задач в среде Turbo Pascal 7.0. Основные сведения о Turbo Pascal 7.0. Примеры решения задач в среде Turbo Pascal 7.0</p>

## 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	Численное моделирование прикладных задач	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4	Устный опрос или тест
2	Компьютерное моделирование задач механики с использованием пакетов прикладных программ	ОПК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2	Устный опрос или тест
3	Использование языков программирования высокого уровня, при решении задач механики	ОПК-2.3, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3	Устный опрос или тест

	деформируемого твердого тела		
4	Иная контактная работа	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	Консультирование и прием курсовой работы с оценкой
5	Экзамен	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	Прием экзамена с оценкой

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 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, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины.

Пример творческого задания:

Разработать схему расчета напряженно-деформированного состояния «большой» конструкции (планер самолета, кузов автомобиля, корпус корабля – по заданию научного руководителя) методом подконструкций и суперэлементов, обосновать выбор декомпозиции, типов конечных элементов для каждой подконструкции, сформулировать условия совместности подконструкций, предложить подходящие программные среды для реализации всех этапов исследования.

Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:

1. Вывести уравнения слабой формулировки метода Галеркина для системы дифференциальных уравнений плоской задачи теории упругости.
2. Получить функции формы треугольного конечного элемента с нелинейной лагранжевой аппроксимацией.
3. Вывести граничные интегральные уравнения прямого МГЭ и построить их дискретный аналог.
4. Технология организации параллельных вычислений MPI.
5. Принципы и методы генерации конечно-элементной сетки в пакете ANSYS Workbench.

Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:

1. Реализовать средствами пакета MATLAB процедуру построения конечно-элементной сетки для заданной двумерной области.
2. Построить 3D модель заданной конструкции с использованием графического модуля Design Modeler пакета ANSYS Workbench.
3. Написать программный модуль, реализующий процедуру формирования глобальных матриц жесткости и векторов узловых сил симплекс-элемента на основе известных матричных характеристик элемента.

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

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:  - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;  - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;  - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения:  - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</p> <p>навыки:  - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;  - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;  - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий;  - грамотно обосновывает ход решения задач;  - безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;  - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</p>
<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:  - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;  - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения:  - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;  - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы;  - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки:  - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;  - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;  - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий;  - обосновывает ход решения задач без затруднений</p>

<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок 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. Какова цель испытаний материалов на растяжение? Что такое предел пропорциональности, предел текучести, предел прочности?
2. Опытное изучение растяжения материалов. Диаграмма растяжения и ее характерные точки.
3. Классификация внешних сил. Основные виды деформаций.
4. В чем состоит отличие пластичных материалов от хрупких? Что такое наклеп материала? Как ведет себя материал при разгрузке и повторном нагружении?
5. Что такое расчетное, предельное и допускаемое напряжения? От каких факторов они зависят?
6. Что такое напряжение? Каков его физический смысл? Какова размерность напряжения? Какие бывают напряжения?
7. С какими внутренними силовыми факторами связано возникновение в поперечном сечении бруса нормальных напряжений и с какими - касательных напряжений?
8. Какова цель метода сечений? В чем заключается его сущность?
9. Как выбирается допускаемое напряжение в зависимости от механических свойств материала?
10. Типы опор балок. Определение опорных реакций.

11. Задачи и допущения в курсе “Сопротивление материалов”
12. Основные виды деформаций. Метод сечений. Напряжение.
13. Деформация растяжения. Определение напряжения. Закон Гука.
14. Напряжения в наклонных сечениях при растяжении в одном направлении.
15. Расчеты на прочность при растяжении/сжатии. Допускаемые напряжения.
16. Влияние собственного веса при растяжении/сжатии. Ступенчатый брус.
17. Напряжения, вызванные изменением температуры.
18. Определение внутренних усилий при растяжении/сжатии.
19. Сдвиг. Напряжения и закон Гука при сдвиге. Допускаемые напряжения при сдвиге.
20. Деформация смятия. Практические расчеты.
21. Расчет валов на статическую прочность.
22. Сварные соединения. Практические расчеты.
23. Как изменится масса стержня, если при подборе его сечения уменьшить коэффициент запаса прочности?
24. Какими перемещениями сопровождается кручение? Напишите формулу для определения перемещений при кручении.
25. Расчеты на прочность и жесткость при кручении.
26. Основные понятия при кручении. Построение эпюр крутящих моментов.
27. Какие напряжения возникают в поперечных сечениях вала при кручении? Каков закон их изменения? По каким формулам определяются напряжения в произвольной точке и максимально нагруженной?
28. Моменты инерции плоских фигур.
29. Моменты инерции относительно параллельных осей.
30. Статические моменты плоских фигур.
31. Сравните моменты инерции двух сечений одинаковой площади, но разной формы относительно оси X. Для какой из них он больше и почему?
32. Относительно какой оси X или Y момент инерции швеллера будет больше и почему?
33. Что такое полярный момент инерции  $J_p$  и полярный момент сопротивления  $W_p$  сечения? Напишите формулы для определения  $J_p$  и  $W_p$  для круга и кольца.
34. Изменится ли величина максимальных касательных напряжений и максимальный угол поворота сечения, если заменить материал бруса, например, сделать его из сплава алюминия, а не из стали?
35. Какие напряжения возникают в поперечных сечениях бруса при чистом изгибе?
36. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.
37. Условие прочности при изгибе.
38. Основные понятия о деформации изгиба.
39. Определение внутренних усилий при изгибе. Правила знаков для поперечной силы и изгибающего момента.
40. Зависимость между интенсивностью распределенной нагрузки, поперечной силой и изгибающим моментом.
41. Нормальные напряжения при изгибе.
42. Касательные напряжения при изгибе балки прямоугольного сечения.
43. Понятие о главных напряжениях. Гипотезы прочности.
44. Косой изгиб (изгиб в двух плоскостях).
45. Совместное действие изгиба и кручения.
46. Сочетание изгиба с растяжением/сжатием.
47. Совместное действие кручения и растяжения/сжатия.
48. При каких условиях в деталях машин возникает концентрация напряжений? Что называется коэффициентом концентрации напряжений?
49. Основные понятия об усталостном разрушении.
50. В каком случае делается расчет деталей на выносливость? Что такое предел выносливости? Как строится кривая выносливости?
51. Какие факторы и каким образом влияют на величину предела выносливости? Практические меры повышения усталостной прочности.
52. Определение запаса прочности при переменных напряжениях.
53. Кривая усталости при симметричном цикле. Предел выносливости.

54. Концентрация напряжений. Контактные напряжения.

55. Основные требования и критерии работоспособности, предъявляемые к механизмам и их деталям.

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

##### Раздел 1

1. Многомерность, нелинейность моделей
2. Исследование математических моделей с помощью вычислительных средств.
3. Применение разностных методов решения задач математической физики.
4. Требования к разностным схемам.

##### Раздел 2

1. Обзор пакетов программ для задач механики сплошных сред
2. Термоупругая задача
3. Обзор пакетов программ для задач гидродинамики
4. Использование пакета ANSYS для решения задач механики разрушения
5. Упругопластическая задача. Термоупругая задача

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

В течение семестра студенты выполняют курсовую работу по теме «Подготовка алгоритма проведения эксперимента», охватывающей 1,2 разделы курса. Задания на курсовой проект представлены в ФОС.

По заданной кинематической схеме и исходным данным спроектировать механизмы поворота стола контрольно-измерительного автомата (КИА), рис.1.. .5.

Кинематическая схема включает планетарную зубчатую передачу, коническую зубчатую пару, мальтийский и кривошипно-ползунный механизмы.

Каждый студент выполняет курсовой проект (курсовую работу) по индивидуальному заданию, вариант которого определяется двумя последними цифрами шифра.

Производительность автомата, схема планетарной передачи, число сателлитов и некоторые параметры механизмов выбираются по предпоследней цифре шифра студента по табл.1. Моменты сил сопротивления, моменты инерции, а также другие данные определяются последней цифрой шифра по табл.2. В содержание курсовой работы студентов специальности 210200 не входят расчеты по разделам и подразделам: 6.1.3, 6.2.3, 8, 9, а также сокращается соответствующая им графическая часть.

Допускается выбор темы задания, имеющей практическое значение для организации, в которой работает студент. В этом случае студент должен предварительно согласовать содержание и получить разрешение руководителя на выполнение курсового проекта (курсовой работы) по выбранной теме.

#### 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

	Уровень освоения и оценка
--	---------------------------

Критерии оценивания	Оценка «неудовлетворитель но»	Оценка «удовлетворитель но»	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 «продвинутой». 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:</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, 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. 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	Пегин П. А., Сизиков В. С., Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг, СПб., 2019	ЭБС
2	Пегин П. А., Сизиков В. С., Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг, СПб., 2019	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/elib/00999/">http://ntb.spbgasu.ru/elib/00999/</a>
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		
1	Серебрякова Т. Г., Спрышкова Р. А., Уфимцев М. В., Уфимцев М. В., Лозникова Н. М., Матвеева О. А., Плискин С. Ю., Шагдаров В. Б., Шагиров Э. А., Тихонов А. Н., Самарский А. А., Вычислительная математика и математическое обеспечение ЭВМ, М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985	ЭБС
2	Мкртычев О. В., Дорожинский В. Б., Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг, Москва: МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2021	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/110332.html">https://www.iprbooks.hop.ru/110332.html</a>

1	Копченова Н. В., Марон И. А., Вычислительная математика в примерах и задачах, Санкт-Петербург: Лань, 2021	<a href="https://e.lanbook.com/book/167466">https://e.lanbook.com/book/167466</a>
2	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>
3	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>
4	Русина Л. Г., Вычислительная математика. Численные методы интегрирования и решения дифференциальных уравнений и систем, Санкт-Петербург: Лань, 2021	<a href="https://e.lanbook.com/book/156403">https://e.lanbook.com/book/156403</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
Зенков, А. В. Численные методы : учеб. пособие	<a href="https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/40678/1/978-5-7996-1781-3_2016.pdf">https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/40678/1/978-5-7996-1781-3_2016.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
Периодические издания СПбГАСУ	<a href="https://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Periodicheskie_izdaniya/">https://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Periodicheskie_izdaniya/</a>
Образовательные интернет-ресурсы СПбГАСУ	<a href="https://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Obrazovatelnye_internet-resursy/">https://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Obrazovatelnye_internet-resursy/</a>
Российская государственная библиотека	<a href="http://www.rsl.ru">www.rsl.ru</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Консультант студента"	<a href="https://www.studentlibrary.ru/">https://www.studentlibrary.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "IPRbooks"	<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>
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>
Интернет-тренажеры в сфере образования	<a href="http://www.i-exam.ru">http://www.i-exam.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 Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
Microsoft Office 2016	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
Autodesk AutoCAD Architecture 2020	Письмо о возможности бесплатной загрузки образовательных лицензий полнофункциональных версий программных продуктов Autodesk от 15.05.2012
Ansys	Ansys сублицензионный договор №1976-ПО/2017-СЗФО от 16.10.2017 с ЗАО "КАДФЕМ Си-Ай-Эс" бессрочный

#### 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, аудио-система), 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, аудио-система), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет
32. Учебная лаборатория	Дробилка щековая, Дробилка вибрационная конусная ЗКМД-6, Истиратель вибрационный ИВ- 1, Мельница ножевая РМ 120 Анализатор ситозой А 20, Вибропитатель лабораторный 111 -1, Смеситель турбулентный С 2.0, Блок пылеулавливания БПУ Вентилятор вытяжной, Весы электронные, Конвейер вибрационный, Механоактиватор, Виброплощадка

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. ПО Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016
--	--

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

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.03 Прикладная механика (приказ Минобрнауки России от 09.08.2021 № 729).

Программу составил:  
доцент, к.т.н. Беляев А.И.

Программа обсуждена и рекомендована на заседании кафедры Наземных транспортно-технологических машин 31.03.2022, протокол № 16

Заведующий кафедрой Евтюков Сергей Аркадьевич

Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии факультета 21.04.2022, протокол № 5.

Председатель УМК к.т.н., доцент А.В. Зазыкин