



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Строительной механики

УТВЕРЖДАЮ

Начальник учебно-методического управления

\_\_\_\_\_ А.О. Михайлова

«29» июня 2022 г.

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

Основы теории пластичности и ползучести

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)

Целями освоения дисциплины являются:

формирование базовых общекультурных и профессиональных компетенций, необходимых для решения задач, соответствующих профессиональной деятельности специалиста, работающего по специальности "Наземные транспортно-технологические средства", в области обеспечения прочности, жесткости и устойчивости при проектировании и эксплуатации элементов конструкций транспортно-технологических машин и механизмов.

Задачами освоения дисциплины являются:

Изучение основных положений и разновидностей теорий пластичности и ползучести, способов и методов решения задач пластичности и ползучести;

достижение умения решать простые задачи определения напряженно-деформированного состояния твердого тела в условиях упругопластических и вязкоупругих деформаций;

формирование навыков решения практических задач обеспечения прочности элементов конструкций с использованием решений теории пластичности и ползучести.

## 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-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 методы и результаты теорий пластичности и ползучести, необходимые для оценки напряженного состояния элементов конструкций машин и оборудования <b>умеет</b> определять влияние пластических и вязкоупругих деформаций элементов конструкции на состояние машин и механизмов в процессе их эксплуатации <b>владеет навыками</b> умением определять параметры технического состояния машин и оборудования, связанные с пластическими и вязкоупругими деформациями
ПК-4 Способен проводить оценку технологичности проектируемой наземной транспортно-технологической машины и (или) ее компонентов и согласование ее конструкторской документации	ПК-4.4 Осуществляет разработку проекта предложений по повышению технологичности конструкций наземной транспортно-технологической машины и (или) ее компонентов	<b>знает</b> определяющие уравнения основных разновидностей теорий пластичности и ползучести <b>умеет</b> осуществлять решение математических уравнений теорий пластичности и ползучести с использованием аналитических и численных методов <b>владеет навыками</b> навыками решения математических уравнений теорий пластичности и ползучести на основе программного обеспечения и электронной вычислительной техники

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.04 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	Высшая математика	УК-2.1, УК-2.3, УК-2.4
2	Сопротивление материалов	ОПК-1.2, ОПК-1.6, ОПК-2.3
3	Физика	УК-1.1, УК-1.2, УК-2.4, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5

Высшая математика

знать фундаментальные основы математического анализа и линейной алгебры, теории дифференциального и интегрального исчисления функций нескольких переменных

уметь использовать методы математического анализа и линейной алгебры для решения задач механики твердого тела в объеме сопротивления материалов

владеть методами математического моделирования простых процессов в физике и механике.

Сопротивление материалов

знать основные понятия, методы и результаты науки о сопротивлении материалов

уметь использовать методы и результаты сопротивления материалов для анализа НДС твердого тела и решения задач прочности элементов конструкций

владеть навыками расчета стержневых элементов на прочность при различных видах деформации

Физика

знать физические явления и законы, относящиеся к механике деформируемого твердого тела

уметь использовать законы физики при решении задач механики твердого тела

владеть основами научного подхода к явлениям и процессам материального мира

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Основы теории разрушения	ОПК-2.3, ОПК-11.4, ОПК-14.3

2	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-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,
---	--------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**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
			5
<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>	0,65		0,65

консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	0,4		0,4
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,4		0,4
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>	52,2		52,2
<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. Основы теории пластичности										
1.1.	Основные положения теории пластичности.	5	3					2	5	ПК-3.2	
1.2.	Теория малых упругопластических	5	3					6	9	ПК-3.2	
1.3.	Постановка задачи теории пластичности.	5	3						3	ПК-3.2	
1.4.	Простейшие задачи теории пластичности. Упругопластический изгиб стержня.	5	3		4			8	15	ПК-3.2	
1.5.	Простейшие задачи теории пластичности. Упругопластическое кручение стержня.	5	3		4			4	11	ПК-3.2	
1.6.	Осесимметричное упругопластическое состояние толстостенной	5	2		4			6	12	ПК-3.2	
1.7.	Расчет статически неопределимых систем по предельному пластическому состоянию.	5	4		8			8	20	ПК-3.2	
2.	2 раздел. Основы теории ползучести										
2.1.	Основные понятия теории ползучести.	5	3					6	9	ПК-3.2	
2.2.	Реологические модели вязкоупругих тел.	5	2					4	6	ПК-3.2	

2.3.	Линейные теории ползучести.	5	3		6				4,2	13,2	ПК-3.2
2.4.	Простейшие задачи теории ползучести.	5	3		6				4	13	ПК-3.2
3.	3 раздел. Иная контактная работа										
3.1.	Контрольная работа	5								1,05	ПК-3.2
4.	4 раздел. Контроль										
4.1.	Зачет.	5								26,75	ПК-3.2

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций									
1	Основные положения теории пластичности.	Основные положения теории пластичности Основные понятия: виды деформирования и нагружения. Простое нагружение. Группы уравнений теории пластичности. Виды теорий пластичности. Условия пластичности.									
2	Теория малых упругопластических деформаций	Теория малых упругопластических деформаций. Законы теории малых упругопластических деформаций. Закон изменения объема. Закон изменения формы. Теорема о простом нагружении. Теорема о разгрузке. Модели упругопластических тел. Понятие о теории пластического течения.									
3	Постановка задачи теории пластичности.	Постановка задачи теории пластичности. Система уравнений теории пластичности при активной деформации и простом нагружении. Использование диаграмм идеальных упругопластического и жесткопластического тел. Способы и методы решения. Метод последовательных упругих решений.									
4	Простейшие задачи теории пластичности. Упругопластический изгиб стержня.	Упругопластический изгиб стержня. Чистый изгиб в упругопластической стадии. Усилия, воспринимаемые упругой и пластической зонами сечения. Выражение для кривизны изогнутой оси стержня. Расчет по ограниченной пластической деформации. Остаточные напряжения. Расчет изгибаемого стержня по предельному пластическому состоянию.									
5	Простейшие задачи теории пластичности. Упругопластическое кручение стержня.	Упругопластическое кручение стержня. Упругопластическое кручение стержня круглого сечения. Определение предельного упругого и предельного пластического крутящего момента. Пластический полярный момент сопротивления. Пластическое состояние при свободном кручении некруглых сечений.									
6	Осесимметричное упругопластическое состояние толстостенной трубы.	Осесимметричное упругопластическое состояние толстостенной трубы. Упругопластическое состояние толстостенной трубы под действием внешнего и внутреннего давления. Определение напряжений в упругой и в пластической зоне сечения. Условия пластичности. Граничные условия. Предел упругого и предел пластического деформирования. Учет упрочнения материала при внутреннем давлении.									
7	Расчет статически неопределимых систем по предельному	Расчет статически неопределимых систем по предельному пластическому состоянию. Расчет стержневых систем, работающих на растяжение-сжатие по упругопластической стадии и по предельному пластическому									

	пластическому состоянию.	состоянию. Сравнение величин предельных нагрузок. Разгрузка из упругопластической зоны. Определение остаточных напряжений в стержнях системы. Расчет статически неопределимых балок и рам по предельному состоянию. Предельное пластическое состояние простых статически неопределимых балок. Образование пластических шарниров. Определение предельной грузоподъемности. понятие о предельной грузоподъемности многопролетных балок и простейших рам.
8	Основные понятия теории ползучести.	Основные понятия теории ползучести. Ползучесть, последствие и релаксация напряжений. Зависимость ползучести от температуры и уровня напряжений. Линейная и нелинейная ползучесть. Явление старения материала. Теории ползучести и их основные допущения.
9	Реологические модели вязкоупругих тел.	Реологические модели вязкоупругих тел. Элементарные модели вязкого и упругого элемента и их математическое описание. Параллельное соединение упругого и вязкого элементов (модель Фойхта) и основные свойства этой модели. Модель Максвелла (последовательное соединение упругого и вязкого элементов) и ее свойства. Модель вязкоупругого тела Кельвина-Фойхта и ее уравнение. Описание основных свойств ползучести посредством модели Кельвина Фойхта.
10	Линейные теории ползучести.	Линейные теории ползучести. Наследственная теория ползучести. Принцип суперпозиции. Теория наследственного старения. Теория старения. принцип Вольтерра.
11	Простейшие задачи теории ползучести.	Простейшие задачи теории ползучести. Изгиб вязкоупругого стержня. Кручение упруго-вязкого стержня. Устойчивость прямолинейного сжатого стержня из вязкоупругого материала. Использование дифференциального уравнения модели Кельвина-Фойхта.

## 5.2. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
4	Простейшие задачи теории пластичности. Упругопластический изгиб стержня.	Упругопластический изгиб стержня. Определение предельного упругого и предельного пластического момента для изгибаемой балки. Подбор допускаемой нагрузки по предельному пластическому состоянию. Определение глубины упругой зоны деформаций по заданному отношению момента и предельного пластического момента. Определение максимальной пластической деформации. Расчет по ограниченной пластической деформации. Определение кривизны изогнутой оси стержня в упруго-пластической стадии.
5	Простейшие задачи теории пластичности. Упругопластическое кручение стержня.	Упругопластическое кручение стержня. Определение предельного упругого и предельного пластического крутящего момента в стержне круглого сечения. Подбор круглого сечения стержня по упругому и по предельному пластическому состоянию.
6	Осесимметричное упругопластическое состояние толстостенной трубы.	Упругопластическое состояние толстостенной трубы при внутреннем давлении. Определение напряжений в сечении толстостенной трубы при внутреннем давлении в упругой стадии деформирования. Определение границы упругой и пластической зоны сечения. Определение радиального давления на границе упругой и

		пластической зон. Пределы упругого и пластического деформирования. Построение эпюр напряжений в упруго- пластической стадии.
7	Расчет статически неопределимых систем по предельному пластическому состоянию.	Расчет систем из растянуто-сжатых стержней по упругопластической стадии Определение грузоподъемности статически неопределимой стержневой системы по упругой стадии деформирования, по упругопластической стадии. Расчет по предельному пластическому состоянию. Построение диаграмм изменения напряжений при нагружении и разгрузке. Определение остаточных напряжений при разгрузке.
10	Линейные теории ползучести.	Описание линейной ползучести при помощи наследственной теории. Построение кривых ползучести и упругого последействия на основе дифференциального уравнения модели Кельвина-Фойхта (экспоненциального ядра интегрального уравнения наследственной ползучести). Построение кривых релаксации напряжений в центрально-сжатом (растянутом) стержне.
11	Простейшие задачи теории ползучести.	Расчет перемещений в вязкоупругом стержне. Определение перемещений заданных сечений балки в упругой стадии деформирования. Определение зависимости перемещений от времени нагружения с использованием экспоненциального ядра интегрального уравнения при помощи принципа Вольтерра.
11	Простейшие задачи теории ползучести.	Определение усилий в статически неопределимой балке из вязкоупругого материала. Получение упругого решения один раз статически неопределимой балки на основе метода сил. Получение асимптотического вязко- упругого решения на основе интегрального уравнения с экспоненциальным ядром. Получение решения через длительный модуль упругости.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Основные положения теории пластичности.	Основные положения теории пластичности Изучение теоретического материала по теме лекции.
2	Теория малых упругопластических деформаций	Теория малых упругопластических деформаций. Изучение теоретического материала по теме лекции.
4	Простейшие задачи теории пластичности. Упругопластический изгиб стержня.	Упругопластический изгиб стержня. Изучение теоретического материала по теме занятия. Выполнение задачи 1.1 контрольной работы № 1.
5	Простейшие задачи теории пластичности. Упругопластическое кручение стержня.	Упругопластическое кручение стержня. Изучение теоретического материала по теме занятия.
6	Осесимметричное упругопластическое состояние толстостенной трубы.	Осесимметричное упругопластическое состояние толстостенной трубы. Изучение теоретического материала по теме лекции. Выполнение задачи 1.2 из контрольной работы № 1.
7	Расчет статически неопределимых систем по	Расчет статически неопределимых систем по предельному пластическому состоянию. Изучение теоретического материала по теме занятия. Выполнение



	предельному пластическому состоянию.	практической задачи 1.3 из контрольной работы № 1.
8	Основные понятия теории ползучести.	Основы теории ползучести Изучение теоретического материала по теме занятия.
9	Реологические модели вязкоупругих тел.	Реологические модели вязкоупругих тел. Изучение теоретического материала по теме лекции.
10	Линейные теории ползучести.	Линейные теории ползучести. Изучение теоретического материала по теме. Решение задач.
11	Простейшие задачи теории ползучести.	Простейшие задачи теории ползучести. Изучение теоретического материала по теме занятия. Выполнение задачи 1.4 из контрольной работы № 1.

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

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- выполнение и подготовка к защите КР;
- подготовка к зачету.

Выбор задания на выполнение контрольной работы производится по шифру на основе последних цифр зачетной книжки согласно методическим указаниям по выполнению данных работ.

Выполнению контрольных работ должно предшествовать изучение соответствующих тем теоретического курса по материалам

лекций, учебникам, электронным ресурсам. Прежде чем начинать решение задачи, необходимо вычертить в масштабе заданную расчетную схему и указать на ней все исходные числовые данные. Приступая к решению каждой задачи, необходимо уяснить себе исходные данные, содержание каждого из пунктов задания и определить те методы строительной механики и способы решения, которые планируется применить. При проведении расчетов необходимо строго придерживаться принятой системы единиц измерения физических величин (СИ) и согласовывать между собой размерности этих величин.

Все расчетные формулы должны записываться в общепринятых обозначениях, расчетные схемы должны выполняться аккуратно, с включением всех необходимых элементов и обозначений согласно стандартам ЕСКД.

Решение задач необходимо сопровождать краткими пояснениями, всеми необходимыми расчетами и четкими схемами с указанием в необходимых случаях масштабов длин и сил.

Расчетно-графические работы должны быть оформлены на стандартных листах белой бумаги формата А3 (297 x 420) с соблюдением ГОСТ. При оформлении работы в компьютерном варианте допускается использование стандартных листов белой бумаги формата А4 (210x297), если она полностью выполнена на компьютере. На титульном листе обязательно указываются номер и наименование работы, фамилия, инициалы студента и шифр. Образцы оформления стандартных листов даны в приложении к методическим указаниям. Оформление работ на бумаге других форматов не допускается.

## 7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Основные положения теории пластичности.	ПК-3.2	Устный опрос.
2	Теория малых упругопластических деформаций	ПК-3.2	Устный опрос.
3	Постановка задачи теории пластичности.	ПК-3.2	Устный опрос.
4	Простейшие задачи теории пластичности. Упругопластический изгиб стержня.	ПК-3.2	Устный опрос. Решение задач.
5	Простейшие задачи теории пластичности. Упругопластическое кручение стержня.	ПК-3.2	Устный опрос.
6	Осесимметричное упругопластическое состояние толстостенной трубы.	ПК-3.2	Устный опрос. Решение задач.
7	Расчет статически неопределимых систем по предельному пластическому состоянию.	ПК-3.2	Устный опрос. Решение задач.
8	Основные понятия теории ползучести.	ПК-3.2	Устный опрос.

9	Реологические модели вязкоупругих тел.	ПК-3.2	Устный опрос.
10	Линейные теории ползучести.	ПК-3.2	Устный опрос.
11	Простейшие задачи теории ползучести.	ПК-3.2	Устный опрос. Решение задач.
12	Контрольная работа	ПК-3.2	
13	Зачет.	ПК-3.2	

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

Контрольные работы.

(для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции ПК-3.2, ПК-4.4)

Файлы расположены в Приложениях. Контрольные задания по теории пластичности. pdf;  
а также размещены по адресу ЭИОС Moodle <https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=3973>

Перечень контрольных работ:

КР № 1.

Задача 1.1. Исследование упругопластического изгиба балки.

Задача 1.2. Упругопластическое состояние толстостенной трубы.

Задача 1.3. Расчет статически неопределимой стержневой системы в упругопластической стадии деформирования.

Задача 1.4. Определение перемещений в балке с учетом ползучести.

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. Основные понятия теории пластичности. Виды деформирования и нагружения.
2. Основные группы уравнений теории пластичности.
3. Виды теорий пластичности и их особенности.
4. Условие пластичности Сен-Венана-Треска.
5. Условие пластичности Губера-Мизеса-Генки.
6. Теория малых упругопластических деформаций. Условие несжимаемости.
7. Закон изменения формы в деформационной теории пластичности.
8. Теорема о простом нагружении. Связь между интенсивностями напряжений и деформаций.
9. Виды моделей упругопластических тел.
10. Упругопластическое тело с линейным законом упрощения.
11. Диаграммы идеального упругопластического и жесткопластического материала.
12. Понятие о теории пластического течения.
13. Решение задач теории пластичности. Метод последовательных упругих решений.
14. Упругопластическое кручение стержня круглого сечения. Пластический полярный момент сопротивления.
15. Предельное пластическое состояние изгибаемого стержня. Положение нейтральной линии.

16. Предельный пластический момент при изгибе стержня. Пластический момент сопротивления изгибу.

17. Упругопластический изгиб стержня. Определение кривизны и полного изгибающего момента.

18. Расчет изгибаемой балки по ограниченной пластической деформации.

19. Напряжения и деформации при разгрузке изгибаемого стержня в упругопластической стадии.

20. Упругопластическое состояние толстостенной трубы при внутреннем давлении.

21. Предел упругого и предел пластического деформирования для толстостенной трубы при внутреннем давлении.

22. Расчет статически неопределимых систем на растяжение-сжатие в упругопластической стадии.

23. Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии по предельному пластическому состоянию.

24. Разгрузка и остаточные напряжения при расчете стержневых систем в упругопластической стадии.

25. Расчет статически неопределимых балок по предельному состоянию. Пластические шарниры.

26. Основные понятия теории ползучести: ползучесть, последствие, релаксация напряжений.

27. Основные виды и общие допущения современных теорий ползучести.

28. Модели вязкоупругих тел. Модель Фойхта и модель Максвелла, их свойства.

29. Модель вязкоупругого тела Кельвина-Фойхта. Уравнение модели и следствия из него.

30. Понятие о мере ползучести. Основные положения наследственной теории ползучести.

31. Интегральное уравнение наследственной теории ползучести и вид его ядра.

32. Теория наследственного старения. Интегральное уравнение и вид его ядра.

33. Теория старения. Выражение для меры ползучести в теории старения.

34. Линейная ползучесть при экспоненциальном ядре интегрального уравнения.

35. Принцип Вольтерра и его применение.

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

Практические задания для проведения промежуточной аттестации.

Файлы расположены в Приложениях. Задачи для практических занятий ОТПиП. pdf; а также размещены по адресу ЭИОС Moodle <https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=3973>

#### 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.

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости.

(для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции ОПК-1.6, ПК-3.2)

1. Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля.

Выполнение контрольных работ.

(ЛЗ.1)

Перечень контрольных работ:

КР № 1.

Задача 1.1. Исследование упругопластического изгиба балки.

Задача 1.2. Упругопластическое состояние толстостенной трубы.

Задача 1.3. Расчет статически неопределимой стержневой системы в упругопластической стадии деформирования.

Задача 1.4. Определение перемещений в балке с учетом ползучести.

2. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

В материалы аттестации включены вопросы по теоретической части, соответствующие содержанию формируемых компетенций.

Перечень теоретических вопросов приведен в разделе ФОС/ Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации.

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»		
	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	<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	Малинин Н. Н., Прикладная теория пластичности и ползучести, Москва: Издательство Юрайт, 2019	<a href="https://urait.ru/bcode/438959">https://urait.ru/bcode/438959</a>
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		
1	Иванов К. М., Нестеров Н. И., Усманов Д. В., Иванов В. Н., Бунина Н. А., Иванов К. М., Прикладная теория пластичности, Санкт-Петербург: Политехника, 2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/59486.html">http://www.iprbookshop.ru/59486.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
Сайт Российской государственной библиотеки	www.rsl.ru
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	www.spbgasu.ru
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru
Электронно-библиотечная система издательства "IPRbooks"	http://www.ipbookshop.ru

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/
Электронная библиотека Ирбис 64	http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система издательства "IPRbooks"	http://www.iprbookshop.ru/
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
Российская государственная библиотека	www.rsl.ru
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	www.spbgasu.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)
MathCad версия 15	Mathcad сублицензионное соглашение на использование продуктов "РТС" с ООО "Софт Лоджистик" договор №20716/SPB9 2010 г.
Matlab версия R2019a	MATLAB договор №Д31908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты"

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащении учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность оборудованием и техническими средствами обучения
59. 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.

<p>59. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Учебная аудитория для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.</p>
<p>59. Помещения для самостоятельной работы</p>	<p>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</p>

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. Островская Н.В.

Программа обсуждена и рекомендована на заседании кафедры Строительной механики  
18.03.2022, протокол № 3  
Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Кобелев Е.А.

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

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