



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра строительной механики

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

ОРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

согласно паспорту научной специальности: 2.1.9. Строительная механика

по группе научных специальностей: 2.1. Строительство и архитектура

Форма обучения – очная

Санкт-Петербург, 2023

1. Наименование дисциплины «Строительная механика»

Цели и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины являются

- формирование знаний о современных принципах и методах расчета и оценки надежности строительных конструкций при учете нелинейной работы материала.
- формирование знаний, умений и навыков, позволяющих принимать обоснованные решения в практической и научной деятельности.

Задачами освоения дисциплины являются

- дать системное представление о современном состоянии теории и прикладных методов расчета надежности сооружений с учетом физической, геометрической и конструктивной нелинейностей.
- формирование общих закономерностей проявлений количественных и качественных показателей надежности и долговечности сооружений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)	Наименование оценочного средства
Знать: состояние современных научных достижений в области строительной механики	УК-3
Уметь: критически оценивать состояние современных научных достижений и решений практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.	
Владеть: навыками анализа и оценки современных научных достижений.	
Знать: современное состояние норм научной этики и авторских прав	ОПК-3
Уметь: применять нормы научной этики и авторских прав	
Владеть: навыками применения норм научной этики и права	
Знать: современное состояние новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области строительства, с учетом правил соблюдения авторских прав	ОПК-4
Уметь: адаптировать к разработке новые методы исследования и их применение в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области строительства, с учетом правил соблюдения авторских прав	
Владеть: навыками и способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области строительства, с учетом правил соблюдения авторских прав	
Знать: основные требования и приемы по разработке математических моделей расчетных схем сооружений.	ПК-1
Уметь: оценивать работу сооружений при различных воздействиях, выбирать математическую модель расчетной схемы, достоверно	

описывающую работу сооружения	
Владеть: навыками и методами оптимизации сооружений, расчетом сооружений на прочность, жесткость и устойчивость в стандартных и экстремальных условиях.	
Знать: современное состояние применения современных методик и технологии организации и реализации образовательного и научно-исследовательского процессов.	ПК-2
Уметь: адаптировать современные методики и технологии организации и реализации образовательного и научно-исследовательского процессов.	
Владеть: основными навыками и умением применять современные методики и технологии организации и реализации образовательного и научно-исследовательского процессов на различных ступенях профессиональной деятельности.	
Знать: условия разработки и реализации математических моделей расчетных схем сооружений и их компонентов, методик, технологий и приемов при исследовании работы сооружений;	ПК-3
Уметь: анализировать полученные результаты исследований и возможность их использования в образовательной и научно-исследовательской деятельности	
Владеть: навыками и готовностью к разработке и реализации методических моделей, методик, технологий и приемов обучения, к анализу результатов процесса их использования в высших образовательных заведениях различных типов.	

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

3.1. Дисциплина «Строительная механика» относится к образовательному компоненту учебного плана программы аспирантуры.

3.2. Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, приобретенные при обучении по программам бакалавриата, специалитета и (или) магистратуры.

Требования к основным знаниям, умениям и владениям обучающихся:
Для освоения дисциплины «Строительная механика» необходимо:

знать:

- основные законы строительной механики, сопротивления материалов и теории упругости;
- методы расчета стержневых систем на статические, динамические и подвижные нагрузки;
- принципы моделирования расчетных схем сооружений;
- современное состояние науки о расчете сооружений.

уметь:

- строить эпюры внутренних усилий в статически определимых и статически неопределимых стержневых системах от различных видов нагрузок;
- определять перемещения в статически определимых и статически неопределимых стержневых системах;
- определять критические нагрузки при расчете на устойчивость стержневых

систем;

– определять частоты собственных колебаний стержневых систем с конечным числом степеней свободы и выполнять динамические расчеты.

владеть:

– навыками расчета строительных конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;

– современной вычислительной техникой.

3.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной: «Научно-исследовательская деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите», «Подготовка публикаций и (или) заявок на патенты на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, селекционные достижения, свидетельства о государственной регистрации программ для электронных вычислительных машин, баз данных, топологий интегральных микросхем». Освоение данной дисциплины обеспечивает возможность активного участия в международных образовательных программах, конференциях, симпозиумах, чтение специальной литературы и др.

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

Вид учебной работы		Всего часов	Семестр
			5
Контактная работа		42	42
<i>в т.ч. лекции</i>		-	28
<i>практические занятия (ПЗ)</i>		-	14
Самостоятельная работа (СР)		138	138
Трудоемкость по дисциплине	часов:	180	180
	<i>зач. ед:</i>	5	5
Промежуточная аттестации по дисциплине	часов:	36	36
	<i>зач. ед:</i>	1	1
ИТОГО:		216	216
Общая трудоемкость		6	6

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий

5.1. Тематический план дисциплины

№	Раздел дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям)			СР	Всего
			Лекц.	ПЗ	ЛЗ		
1.	1-й раздел. Вариационные и численные методы строительной механики	5	12	6	-	46	64
1.1.	Основные понятия и методы вариационного исчисления		4		-	16	20

1.2	Вариационные методы строительной механики		4	2	-	16	22
1.3	Численные методы строительной механики		4	4	-	14	22
2.	2-й раздел. Нелинейные задачи строительной механики		10	4	-	46	60
2.1	Введение в теорию нелинейно-деформируемых систем		4		-	11	15
2.2	Расчеты по методу предельного равновесия		2		-	12	14
2.3	Теория ползучести, учет геометрической нелинейности		2	2	-	11	15
2.4	Решение нелинейных задач с помощью программных комплексов		2	2	-	12	16
3.	3-й раздел. Основы теории надежности строительных конструкций		6	4	-	46	56
3.1	Технический объект. Отказ. Долговечность. Основные математические модели теории надежности.		2		-	14	16
3.2	Расчет надежности строительных конструкций и сооружений		2	2	-	16	20
3.3	Долговечность сооружения и прогнозирование его ресурса		2	2	-	16	20
Форма промежуточной аттестации – экзамен			-	-	-	-	36
Итого часов:		-	28	14	-	138	216

5.2. Содержание разделов дисциплины

1-й раздел: Вариационные и численные методы строительной механики

1.1. Основные понятия и методы вариационного исчисления. Предмет и задачи вариационного исчисления. Понятие о функционале и необходимое условие экстремума. Потенциальная энергия упругой системы. Принципы Лагранжа, Кастильяно, Лежена – Дирихле, Гамильтона. Принцип Ферма. Сущность вариационных методов.

1.2. Вариационные методы строительной механики. Методы Ритца-Тимошенко, Бубнова-Галеркина, Канторовича-Власова.

1.3. Численные методы строительной механики. Сведение задач теории упругости к решению задач линейной алгебры. Метод конечных разностей. Метод последовательных приближений. Метод конечных элементов для стержневых и континуальных задач.

2-й раздел: Нелинейные задачи строительной механики

2.1. Введение в теорию нелинейно-деформируемых систем. Понятие о физической и геометрической нелинейности. Особенности нелинейной работе материала. Методы решения нелинейных задач. Шаговый метод расчета нелинейно упругих систем. Метод последовательных приближений

2.2. Расчеты по методу предельного равновесия. Основные понятия метода предельного равновесия. Диаграмма Прандтля. Особенности расчета балок и рам по методу предельного равновесия.

2.3. Теория ползучести, учет геометрической нелинейности. Основные принципы теории ползучести. Понятие о линейной ползучести, релаксации. Расчет балок с учетом ползучести материала. Особенности расчета железобетонных колонн с учетом ползучести. Расчет геометрически нелинейных систем. Расчет гибких балок с учетом статически неопределимой продольной силы. Постановка задачи при решении изгибаемых пластин.

2.4. Решение нелинейных задач с помощью программных комплексов. Подготовка исходных данных. Расчеты нелинейных систем по программе SCAD. Формирование расчетной схемы и задание параметров расчета. Расчеты нелинейных систем по программе LIRA. Возможности используемых программ.

3-й раздел: Основы теории надежности строительных конструкций

3.1. Технический объект. Отказ. Долговечность. Основные математические модели теории надежности. Технический объект; конструктивная система; отказ; безотказность; вероятность безотказной работы; интенсивность отказов; ремонтпригодность; ресурс; ресурсные испытания; долговечность; нормативные характеристики. Восстанавливаемые изделия; невосстанавливаемые изделия; исправность; работоспособность; эксплуатация сооружения. Структурные схемы технических систем; виды структурных схем; резервирование; модели отказов; кумулятивные модели; модели Марковского типа; модели Пуассоновского типа; формулы для вычисления вероятности безотказной работы системы; вычисление математических ожиданий числа отказов; расчет надежности различных структурных схем.

3.2. Расчет надежности строительного сооружения. Надежность строительных объектов. Строительные отказы. Предельные состояния. Случайный характер нагрузок и прочностных параметров. Математические модели для оценки надежности строительных сооружений:

3.3. Долговечность сооружения и прогнозирование его ресурса. Накопление повреждений: понятие о мере повреждений; линейное правило суммирования повреждений; нелинейные законы суммирования повреждений; усталость; малоцикловая усталость; трещиностойкость; изнашивание; учет агрессивности внешней и внутренней среды. Прогнозирование ресурса.

5.3. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Всего часов
	1-й раздел	Вариационные и численные методы строительной механики	6
1	1.2	-Изгиб прямоугольной пластины. Операторный и вариационный подходы. -Примеры сведения плоской задачи теории упругости к одномерной	2
2	1.3	Решение задач методом конечных разностей, методом последовательных аппроксимаций и методом конечных элементов.	4
	2-й раздел	Нелинейные задачи строительной механики	4
3	2.3	Расчет железобетонных элементов конструкций с учетом ползучести	2
4	2.4	Расчет рамы при нелинейной работе материала по программе SCAD	2
	3-й раздел	Основы теории надежности строительных конструкций	4
5	3.2	Расчет надежности строительных конструкций и сооружений	2
6	3.3	Расчет ресурса сооружения	2

5.4. Лабораторный практикум – не предусмотрено

5.5. Самостоятельная работа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Вид самостоятельной работы	Всего часов
	1-й раздел	Вариационные и численные методы строительной механики	46
1	1.1	Подготовка к лекциям, выбор темы эссе	16
2	1.2	Подготовка к лекциям; подготовка эссе	16
3	1.3	Подготовка к лекциям; подготовка и представление эссе	14
	2-й раздел	Нелинейные задачи строительной механики	46
4	2.1	Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	11
5	2.2	Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	12
6	2.3	Подготовка к лекциям и практическим занятиям; подготовка эссе.	11
	2.4	Подготовка к лекциям; подготовка и представление эссе	12
	3-й раздел	Основы теории надежности строительных конструкций	46
7	3.1	Подготовка к лекциям, выбор тем эссе	14
8	3.2	Подготовка к лекциям; подготовка и представление эссе	16
9	3.3	Подготовка к лекциям и практическим занятиям.	16
ИТОГО часов в семестре:			138

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Рабочая программа по дисциплине
2. Конспекты лекций по дисциплине в видео-заставках (раздаточный материал).
3. Перечень тем эссе (рефератов) по дисциплине.
4. Перечень вопросов промежуточной аттестации.
5. Методическое обеспечение дисциплины в среде дистанционного обучения.

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной/текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

ФОС обеспечивает объективный контроль достижения всех результатов обучения, запланированных для дисциплины.

ФОС включает в себя:

- перечень контролируемых разделов дисциплины с указанием результатов обучения;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования результатов обучения и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

7.1. Перечень контролируемых разделов дисциплины с указанием результатов обучения

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Результаты обучения
1-й раздел. Вариационные и численные методы строительной механики		
1.	1.1. Основные понятия и	Знать: современное состояние вариационных и численных

	методы вариационного исчисления	методов расчета элементов конструкций и сооружений Уметь: анализировать существующие вариационные и численные методы Владеть: навыками анализа существующих методов расчета конструкций вариационными и численными методами.
2.	1.2. Вариационные методы строительной механики	Знать: современное состояние разработок новых вариационных методов расчета сооружений и их применению в самостоятельной исследовательской деятельности в области строительной механики, с учетом правил соблюдения авторских прав. Уметь: адаптировать к разработке новые вариационные методы расчета сооружений и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области строительной механики с учетом правил соблюдения авторских прав Владеть: навыками и способностью к разработке новых вариационных методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области строительной механики с учетом правил соблюдения авторских прав
3.	1.3. Численные методы строительной механики	Знать: современное состояние разработок новых численных методов расчета сооружений и их применению в самостоятельной исследовательской деятельности в области строительной механики, с учетом правил соблюдения авторских прав. Уметь: адаптировать к разработке новые численные методы расчета сооружений и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области строительной механики с учетом правил соблюдения авторских прав Владеть: навыками и способностью к разработке новых численных методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области строительной механики с учетом правил соблюдения авторских прав
2-й раздел. Нелинейные задачи строительной механики		
4.	2.1. Введение в теорию нелинейно-деформируемых систем	Знать: современное состояние методик нелинейного расчета строительных конструкций и их элементов. Уметь: при решении исследовательских и практических задач анализировать и давать оценку современных научных достижений и методик расчета сооружений в нелинейной постановке. Владеть: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и методик расчета сооружений в нелинейной постановке.
5.	2.2. Расчеты по методу предельного равновесия	Знать: современное состояние методик расчета строительных конструкций и их элементов по методу предельного равновесия Уметь: при решении исследовательских и практических задач анализировать и давать оценку современных научных

		<p>достижений и методик расчета сооружений по методу предельного равновесия</p> <p>Владеть: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и методик расчета по методу предельного равновесия</p>
6.	2.3. Теория ползучести, учет геометрической нелинейности	<p>Знать: современное состояние методик расчета строительных конструкций и их элементов на основе теории ползучести и учета геометрической нелинейности</p> <p>Уметь: при решении исследовательских и практических задач анализировать и давать оценку современных научных достижений и методик расчета строительных конструкций и их элементов на основе теории ползучести и учета геометрической нелинейности</p> <p>Владеть: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и методик расчета строительных конструкций и их элементов на основе теории ползучести и учета геометрической нелинейности</p>
7.	2.4. Решение нелинейных задач с помощью программных комплексов	<p>Знать: возможности, достоинства и недостатки современных программных комплексов для нелинейного расчета строительных конструкций и их элементов</p> <p>Уметь: решать нелинейные задачи расчета строительных конструкций и их элементов с помощью основных программных комплексов</p> <p>Владеть: навыками критического анализа и оценки современных программных комплексов, применяемых для решения нелинейных задач расчета строительных конструкций и их элементов</p>
3-й раздел. Основы теории надежности строительных конструкций		
8.	3.1. Технический объект. Отказ. Долговечность. Основные математические модели теории надежности.	<p>Знать: современное состояние применения современных методик и технологии организации и реализации образовательного и научно-исследовательского процессов при расчете сооружений на надежность и долговечность.</p> <p>Уметь: адаптировать современные методики и технологии организации и реализации образовательного и научно-исследовательского процессов при расчете сооружений на надежность и долговечность.</p> <p>Владеть: основными навыками и умением применять современные методики и технологии организации и реализации образовательного и научно-исследовательского процессов при расчете сооружений на надежность и долговечность.</p>
9.	3.2. Расчет надежности строительных конструкций и сооружений	<p>Знать: современное состояние методик расчета надежности строительных конструкций и сооружений</p> <p>Уметь: при решении исследовательских и практических задач анализировать и давать оценку современных научных достижений и методик в области расчета надежности строительных конструкций и сооружений</p> <p>Владеть: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и методик расчета надежности строительных конструкций и сооружений</p>
10.	3.3. Долговечность	Знать: современное состояние методик расчета

сооружения и прогнозирование его ресурса	долговечности сооружения и прогнозирование его ресурса
	<p>Уметь: при решении исследовательских и практических задач анализировать и давать оценку современных научных достижений и методик в области расчета долговечности сооружения и прогнозирование его ресурса</p> <p>Владеть: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и методик расчета долговечности сооружения и прогнозирование его ресурса</p>

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.2.1.

Оценка «отлично»

- 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;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе результатов обучения.

Оценка «хорошо»

- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;
- использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине;
- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе результатов обучения.

Оценка «удовлетворительно»

- достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;
- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по

дисциплине и давать им оценку;

- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные задачи;
- работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий
- достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе результатов обучения.

Оценка «неудовлетворительно» «не зачтено»

- фрагментарные знания по дисциплине;
- отказ от ответа (выполнения письменной работы);
- знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;
- неумение использовать научную терминологию;
- наличие грубых ошибок;
- низкий уровень культуры исполнения заданий;
- низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе результатов обучения.

7.2.2.

Шкала оценивания

Количество правильных ответов, %	Оценка
до 50	«неудовлетворительно», «не зачтено»
от 51 до 65	«удовлетворительно», «зачтено»
от 66 до 85	«хорошо», «зачтено»
от 86	«отлично», «зачтено»

7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы текущей аттестации, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования результатов обучения и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы

Темы эссе (рефератов)

Раздел 1. Вариационные и численные методы строительной механики

1.2. Вариационные методы строительной механики (по выбору):

- Способы приближения в вариационных расчетах конструкций.
- Вариационные методы в задачах прочности стержней.
- Вариационные методы в задачах устойчивости стержней.
- Вариационные методы в расчетах пластин.
- Расчет пологих оболочек вариационными методами.
- Решение вариационных задач строительной механики в системе MATHEMATICA

1.3. Численные методы строительной механики (по выбору):

- Вариационные методы как основа метода конечных элементов.
- Метод конечных элементов в расчете балок и рам на упругом основании.
- Применение метода конечных элементов к расчету тонких плит и оболочек.
- Применение метода конечных элементов к решению задач динамик и устойчивости

сооружений.

- Метод сеток при расчете континуальных систем.

Раздел 2. Нелинейные задачи строительной механики

2.4. Решение нелинейных задач с помощью программных комплексов (по выбору):

- Расчет тонких плит и оболочек при нелинейной работе материала в системе SCAD.
- Расчет ферм при нелинейной работе материала в системе LIRA
- Расчет зданий, заглубленных в грунт, с учетом его нелинейности в системе LIRA.
- Расчет массивных сооружений с учетом нелинейной работы материала в системе

SCAD

- Решение плоской задачи теории упругости при нелинейной работе материала в системе LIRA

Раздел 3. Основы теории надежности

3.4. Расчет надежности строительных конструкций и сооружений (по выбору):

- Приемлемый риск и оптимальный уровень надежности.
- Методы вычисления вероятности отказа.
- Изменчивость механических свойств конструкций.
- Вероятностные модели несущей способности железобетонных конструкций.
- Надежность конструкций при коррозионном износе.

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования результатов обучения и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Раздел 1. Вариационные и численные методы строительной механики

1. Цели и задачи курса “Вариационные и численные методы строительной механики”.
2. Понятие о функционале и необходимое условие экстремума.
3. Уравнение Эйлера-Лагранжа.
4. Принцип Ферма.
5. Постановка и решение задачи о брахистохроне. Принцип наименьшего действия.
6. Теорема Клапейрона. Работа внешних и внутренних сил.
7. Потенциальная энергия упругой деформации.
8. Одномерные, двумерные и трехмерные задачи теории упругости и строительной механики.

9. Принцип Лагранжа.
10. Принцип Кастильяно.
11. Устойчивое и неустойчивое равновесие. Принцип Дирихле.
12. Принцип Даламбера. Принцип Гамильтона-Остроградского.
13. Метод Ритца.
14. Метод Бубнова-Галеркина.
15. Сведение решения задач теории упругости к решению задач линейной алгебры.
16. Метод конечных разностей.
17. Метод последовательных аппроксимаций.
18. Методы расчета конструкций на ЭВМ. Идея метода конечных элементов.
19. Расчет стержневых и континуальных систем методом конечных элементов.

Раздел 2. Нелинейные задачи строительной механики

1. Для чего необходимо исследовать работу конструкций в нелинейной постановке?

2. Какие основные задачи решаются при нелинейных расчетах?
3. В чем отличие неупругой работы материалов от упругой?
4. Что называют петлями гистерезиса?
5. Какие системы называют нелинейно упругими?
6. В чем суть шагового метода расчета нелинейно упругих систем?
7. В чем суть метода упругих решений для расчета нелинейно упругих систем?
8. Как определить предельную несущую способность нелинейно упругой системы?
9. Свойства какого материала описывает диаграмма Прандтля?
10. Какое состояние системы называют состоянием предельного равновесия?
11. В чем суть кинематического метода нахождения состояния предельного равновесия?
12. В чем суть статического метода нахождения состояния предельного равновесия?
13. Какая система называется жесткопластической?
14. Что наблюдается в сечении балки в предельном состоянии?
15. Что называют пластическим моментом сопротивления сечения?
16. Какое явление называют ползучестью материала?
17. Что называют линейной ползучестью?
18. Что называют нелинейной ползучестью?
19. Что представляет собой модель ползучего материала Фойгта?
20. Что представляет собой модель ползучего материала Максвелла?
21. Какие задачи называют геометрически нелинейными?
22. В чем заключается особенность расчета геометрически нелинейных систем?
23. Как раскрывается статическая неопределимость продольной силы?
24. В чем заключается особенность работы тонких пластин?
25. Какие задачи в нелинейной постановке решаются по программе SCAD?
26. Какие задачи в нелинейной постановке решаются по программе LIRA?

Раздел 3. Основы теории надежности строительных конструкций

1. Что такое технический объект?
2. Что такое отказ?
3. Что такое вероятность безотказной работы?
4. Что такое функция надежности?
5. Что такое вероятность отказа?
6. Напишите формулу для оценки вероятности безотказной работы объекта.
7. Что такое интенсивность отказов?
8. Напишите формулу, связывающую интенсивность отказов с функцией надежности.
9. Как вычисляется статистическая оценка вероятности отказов?
10. Что такое ресурс?
11. Что такое ресурсные испытания?
12. Что такое долговечность?
13. Что такое ремонтпригодность?
14. Что такое исправность?
15. Что такое работоспособность?
16. Что такое нормальная эксплуатация сооружения?
17. Что такое восстанавливаемые изделия?
18. Что такое невосстанавливаемые изделия?
19. Что такое среднее время восстановления системы?
20. Что такое структурные схемы технических систем?
21. Назовите виды структурных схем.
22. Что такое элемент структурной схемы?
23. Что такое резервирование?
24. Перечислите модели отказов?
25. Что такое кумулятивные модели?

26. Что такое модели отказов Марковского типа?
27. Что такое Пуассоновский поток событий?
28. Что такое модели отказов Пуассоновского типа?
29. Напишите формулы для вычисления вероятности безотказной работы системы.
30. Напишите формулы для вычисления математических ожиданий числа отказов.
31. Назовите причины случайного характера внешних нагрузок.
32. Как описывается случайный характер весовых нагрузок

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся
Не предусмотрены.

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования результатов обучения и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Наименование оценочного средства
1-й раздел Вариационные и численные методы строительной механики		
1	1.1. Основные понятия и методы вариационного исчисления	Эссе (реферат), теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации к разделу 1
2	1.2. Вариационные методы строительной механики	
3	1.3. Численные методы строительной механики	
2-й раздел Нелинейные задачи строительной механики		
4	2.1. Введение в теорию нелинейно-деформируемых систем	Эссе (реферат), теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации к разделу 2
5	2.2. Расчеты по методу предельного равновесия	
6	2.3. Теория ползучести, учет геометрической нелинейности	
7	2.4. Решение нелинейных задач с помощью программных комплексов	
3-й раздел Основы теории надежности строительных конструкций		
8	3.1. Технический объект. Отказ. Долговечность. Основные математические модели теории надежности.	Эссе (реферат), теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации к разделу 3
9	3.2. Расчет надежности строительных конструкций и сооружений	
10	3.3. Долговечность сооружения и прогнозирование его ресурса	

8. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров / ЭБС
Основная литература		
1	Шапошников, Н.Н. Строительная механика [Электронный ресурс]: учебник / Н.Н. Шапошников, Р.Х. Кристалинский, А.В. Дарков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань,	https://e.lanbook.com/book/322604

	2022. — 692 с.	
2	Киреев, В.И. Численные методы в примерах и задачах [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И. Киреев, А.В. Пантелеев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 448 с.	https://e.lanbook.com/book/212063
3	Рябикова, Т. В. Вариационные методы в задачах статики и динамики строительных конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т. В. Рябикова, А. А. Семенов. — Электрон. текстовые данные. — СПб: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 116 с.	http://www.iprbookshop.ru/74323.html
4	Лукашевич, А. А. Нелинейные задачи строительной механики [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. А. Лукашевич. — Электрон. текстовые данные. — СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 140 с.	http://www.iprbookshop.ru/74385.html
5	Лукашенко, В. И. Вероятностные методы строительной механики и теория надежности строительных конструкций: учебное пособие / В. И. Лукашенко. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. — 219 с.	https://www.iprbookshop.ru/116443.html
6	Малафеев, С.И. Надежность технических систем. Примеры и задачи [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.И. Малафеев, А.И. Копейкин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 316 с.	https://e.lanbook.com/book/87584
Дополнительная литература		
1	Бажанов, В. Л. Механика деформируемого твердого тела: учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры / В. Л. Бажанов. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 178 с.	https://bibli-online.ru/book/mehanika-deformiruemogo-tverdogo-tela-438738
2	Кристалинский, Р.Е. Решение вариационных задач строительной механики в системе МАТНЕМАТІСА [Электронный ресурс]: учебное пособие / Р.Е. Кристалинский, Н.Н. Шапошников. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2010. — 240 с.	https://e.lanbook.com/book/211
3	Карпов, В. В. Модели деформирования строительных конструкций и методы их расчета : учебное пособие / В. В. Карпов, Е. А. Кобелев, А. Н. Панин, А. А. Семенов; Издательский дом АСВ, 2022. — 466 с.	97
4	Молотников, В.Я. Теория упругости и пластичности [Электронный ресурс] / В.Я. Молотников, А.А. Молотникова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 532 с.	Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/94741
5	Ганджунцев, М. И. Нелинейные задачи строительной механики [Электронный ресурс]: учебное пособие / М. И. Ганджунцев, Петраков А.А. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. — 101 с.	— 978-5-7264-1513-0. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/64535.html

6	Северцев, Н. А. Теория надежности сложных систем в отработке и эксплуатации: учеб. пособие для академического бакалавриата / Н. А. Северцев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 435 с.	https://bibli-online.ru/book/teoriya-nadezhnosti-slozhnyh-sistem-v-otrabotke-i-ekspluatacii-441233
7	Мкртычев О.В. Теория надежности в проектировании строительных конструкций [Электронный ресурс] / Мкртычев О.В., Райзер В.Д. - М.: Издательство АСВ, 2016. - 908 с.	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301895.html

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
ЭБС издательства «Лань»	https://e.lanbook.com/
ЭБС издательства «IPRsmart»	https://www.iprbookshop.ru/
Образовательная платформа «Юрайт»	https://urait.ru/
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	https://www.elibrary.ru/defaultx.asp
Сайт справочной правовой системы «Консультант Плюс»	https://www.consultant.ru
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	www.spbgasu.ru
Федеральный образовательный портал "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/
Перечень профессиональных баз данных, необходимых для освоения дисциплины	
Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks»	http://www.iprbookshop.ru/
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru/defaultx.asp
Официальный сайт государственной публичной научно-технической библиотеки	www.gpntb.ru
Сайт справочной правовой системы «Консультант Плюс»	http://www.consultant.ru/
Информационно-правовая система «Кодекс»	https://kodeks.ru/
Электронный каталог научно-технической литературы. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ).	www2.viniti.ru
Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РФ	https://www.gost.ru/portal/gost/
Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС)	http://new.fips.ru/
Федеральная служба по интеллектуальной собственности.	https://rupto.ru/ru

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к изучению дисциплины «Строительная механика», обучающемуся необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим занятиям.

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 рабочие программы дисциплины источники;
- выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя материалы ФОС, либо групповые индивидуальные задания, подготовленные преподавателем;
- подготовить доклад или сообщение, предусмотренные рабочей программы дисциплины;
- подготовиться к проверочной работе, предусмотренной в контрольных точках;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Чтение лекций и проведение практических занятий с использованием презентационного материала (применение мультимедийных технологий);
2. Изучение отдельных тем с использованием системы дистанционного обучения Moodle;
3. Работа с ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости):
 - электронными библиотечными системами;
 - современными профессиональными базами данных (в том числе международными реферативными базами данных научных изданий);
 - информационно-правовыми системами;
 - иными информационно-справочными системами и ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»;
4. Работа с ресурсами локальной сети организации (при необходимости):
 - -информационно-правовыми системами Консультант и Гарант;
 - -информационно-правовой базой данных «Кодекс»;
5. Стандартное программное обеспечение персонального компьютера.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер с доступом к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде организации и электронным библиотечным системам, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема); доска маркерная белая эмалевая; комплект учебной мебели.
Учебная аудитория (компьютерный клас) для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Рабочие места с ПК (стол компьютерный, системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с доступом к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде организации и электронным библиотечным системам.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Рабочие места с ПК (стол компьютерный, системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с доступом к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде организации и электронным библиотечным системам.
--	--

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

Для формирования четкого представления об объеме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть по дисциплине, в самом начале учебного курса обучающийся должен ознакомиться с учебно-методической документацией:

- рабочей программой дисциплины: с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, перечнем знаний и умений, которыми в процессе освоения дисциплины должен владеть обучающийся,
- порядком проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации;
- графиком консультаций преподавателей кафедры.

Систематическое выполнение учебной работы на занятиях лекционных и семинарских типов, а также выполнение самостоятельной работы позволит успешно освоить дисциплину.

Кроме того, для успешного овладения дисциплиной необходимо выполнять следующие требования:

- посещать все лекционные и практические занятия, поскольку весь тематический материал взаимосвязан между собой;
- все рассматриваемые на лекциях и практических занятиях темы и вопросы обязательно фиксировать (либо на бумажных, либо на машинных носителях информации);
- обязательно выполнять все домашние задания, получаемые на лекциях или практических занятиях;
- проявлять активность на интерактивных лекциях и практических занятиях, а также при подготовке к ним. Необходимо помнить, что конечный результат овладения содержанием дисциплины необходим, в первую очередь, самому обучающемуся;
- в случаях пропуска занятий по каким-либо причинам, необходимо обязательно самостоятельно изучать соответствующий материал.

Существенным моментом для студента является возможность обсуждения и внесения предложений в тематический материал дисциплины. При этом необходим серьезный и глубокий критический анализ прочитанной научной литературы и содержания прослушанной по теме лекции.

1.1. В процессе занятий лекционного типа обучающимся следует:

- слушать, конспектировать излагаемый преподавателем материал;
- ставить, обсуждать актуальные вопросы курса, быть активным на занятиях;
- задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений.

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале не удалось, то обратится к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

1.2. В процессе практических занятий:

Цель выполнения практических заданий по дисциплине «Строительная механика» – приобретение практических навыков в применении вариационных и численных методов при расчете конструкций с учетом нелинейной работы материалов и оценки их надежности. Выполнение практических заданий требует от обучающегося предварительного изучения учебной и научной литературы и прочих информационных источников, в том числе периодических изданий и Интернет-ресурсов. Перечень тем практических занятий представлен в нижеприведенной таблице.

1.3. В процессе выполнения самостоятельной работы:

Под самостоятельной работой обучающихся понимается планируемая работа обучающихся, направленная на формирование указанных компетенций, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, без его непосредственного участия.

Цель самостоятельной работы по дисциплине «Строительная механика» – закрепить теоретические знания и практические навыки в области расчета сооружений и их конструктивных элементов:

- вариационными и численными методами;
- с учетом нелинейной работы материалов конструкций;
- на надежность при различных воздействиях.

Самостоятельная работа является неотъемлемой и важнейшей частью работы обучающихся, которая основана на более подробной проработке и анализе информации в изучаемой области. Поиск ответов на вопросы для самостоятельной работы в некоторых случаях предполагает не только изучение основной учебной литературы по дисциплине, но и привлечение дополнительной литературы по смежным дисциплинам, а также использование ресурсов сети Интернет. Ответы на вопросы для самостоятельной работы готовятся обучающимися самостоятельно и проверяются преподавателем на практических занятиях в ходе устного опроса, а также при проведении контрольных работ, текущего тестирования.

Самостоятельная работа предполагает написание реферата (эссе) с разработкой и решением задачи (по необходимости); поиск информации по теме; подготовку к аттестации.

Формы самостоятельной работы обучающегося по темам дисциплины представлен в *Таблице 1*.

Самостоятельная работа требует от обучающегося предварительного изучения литературы и прочих информационных источников, в том числе периодических изданий и Интернет-ресурсов.