



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.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Строительная механика

направление подготовки/специальность 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Строительство мостов и тоннелей

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются приобретение знаний основных положений строительной механики и умение использовать эти знания на практике; представление о расчетных схемах конструкций и сооружений и их анализе; овладение методами расчета строительных конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при статических и динамических воздействиях.

Задачами дисциплины являются изучение основных положений строительной механики, закономерностей деформирования расчетных схем зданий и сооружений при статических и динамических воздействиях; получение знаний основных методов расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость; овладение навыками проектирования конструкций, связанных с выбором расчетной схемы, расчетом внутренних усилий и перемещений, анализом и оценкой полученных результатов.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ОПК-1 Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук	ОПК-1.2 Представляет базовые для профессиональной сферы физические процессы (явления) в виде математического(их) уравнения(й), обоснование граничных и начальных условий	знает принципы и методы определения внутренних усилий, напряжений и перемещений в стержневых системах, пластинах и оболочках. умеет рассчитывать усилия, напряжения и перемещения в расчетных схемах зданий и сооружений при статических и динамических воздействиях. владеет расчета усилий, напряжений и перемещений в стержневых системах, пластинах и оболочках, в том числе с применением программно-вычислительных средств.
ОПК-1 Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук	ОПК-1.3 Осуществляет выбор фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление, для решения задач профессиональной деятельности	знает общие фундаментальные законы о напряженно-деформированном состоянии строительных конструкций и их элементов. умеет строить математические модели физических явлений на основе фундаментальных законов механики и физики. владеет описания напряженно-деформированного состояния строительных конструкций с применением фундаментальных законов.

<p>ОПК-1 Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук</p>	<p>ОПК-1.4 Решает инженерные задачи с применением математического аппарата векторной алгебры, аналитической геометрии</p>	<p>знает физико-математические постановки основных задач строительной механики, принципы составления расчетных схем строительных конструкций, виды граничных и начальных условий</p> <p>умеет ставить задачу расчета конструкций, задавать граничные и начальные условия.</p> <p>владеет реализации физико-математической постановки задачи с учетом граничных и начальных условий в рамках используемого метода расчета.</p>
<p>ОПК-1 Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук</p>	<p>ОПК-1.5 Решает уравнения, описывающие основные физические процессы, с применением методов линейной алгебры и математического анализа</p>	<p>знает основные фундаментальные законы механики деформируемого твердого тела применительно к расчету стержневых систем, пластин и оболочек.</p> <p>умеет строить математические модели физических явлений на основе фундаментальных законов механики и физики.</p> <p>владеет применения методов математического анализа и численного моделирования для решения задач строительной механики.</p>
<p>ОПК-1 Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук</p>	<p>ОПК-1.8 Проводит оценку результатов математического моделирования, формулирует предложения по использованию математической модели для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>знает принципы и методы построения математических моделей.</p> <p>умеет производить оценку результатов математического моделирования.</p> <p>владеет анализа результатов математического моделирования в практическом плане.</p>
<p>ОПК-11 Способен осуществлять постановку и решение научно-технических задач строительной отрасли, выполнять экспериментальные исследования и математическое моделирование, анализировать их результаты, осуществлять организацию выполнения научных исследований</p>	<p>ОПК-11.1 Формулирует цели и задачи исследований</p>	<p>знает методы постановки задач и проведения исследований.</p> <p>умеет самостоятельно ставить задачи исследования в области расчета конструкций и их элементов.</p> <p>владеет проведения исследований напряженно-деформированного состояния конструкций здания и сооружений.</p>

<p>ОПК-11 Способен осуществлять постановку и решение научно-технических задач строительной отрасли, выполнять экспериментальные исследования и математическое моделирование, анализировать их результаты, осуществлять организацию выполнения научных исследований</p>	<p>ОПК-11.3 Создает математическую модель исследуемого процесса (явления) и обрабатывает результаты исследования</p>	<p>знает основные принципы построения физических и математических моделей строительной механики стержневых систем. умеет составлять компьютерные модели для расчетов с использованием программно-вычислительных средств. владеет методами формирования математических моделей стержневых систем и методами исследования этих моделей.</p>
<p>ОПК-11 Способен осуществлять постановку и решение научно-технических задач строительной отрасли, выполнять экспериментальные исследования и математическое моделирование, анализировать их результаты, осуществлять организацию выполнения научных исследований</p>	<p>ОПК-11.6 Защищает результаты проведенного исследования</p>	<p>знает основные принципы построения математических моделей применительно к задачам строительной механики. умеет составлять математические модели для решения задач строительной механики стержневых систем, пластин и оболочек. владеет анализа и исследования математических моделей для задач строительной механики стержневых систем, пластин и оболочек.</p>
<p>ОПК-3 Способен принимать решения в профессиональной деятельности, используя теоретические основы, нормативно-правовую базу, практический опыт капитального строительства, а также знания о современном уровне его развития</p>	<p>ОПК-3.1 Описывает основные сведения об объектах и процессах профессиональной деятельности посредством использования профессиональной терминологии</p>	<p>знает профессиональную терминологию в области строительства; основные конструктивные схемы зданий и сооружений, типы строительных конструкций, виды и свойства строительных материалов; основные методы расчета строительных конструкций. умеет выполнять описание конструктивных схем зданий и сооружений, отдельных элементов конструкций, свойств строительных материалов. владеет описания конструктивных схем, типов конструктивных элементов, свойств строительных материалов; выбора и описания используемых методов расчета конструкций.</p>

<p>ОПК-6 Способен осуществлять и организовывать разработку проектов зданий и сооружений с учетом экономических, экологических и социальных требований и требований безопасности, способен выполнять технико-экономическое обоснование проектных решений зданий и сооружений, осуществлять техническую экспертизу проектов и авторский надзор за их соблюдением</p>	<p>ОПК-6.11 Проводит оценку прочности, жёсткости и устойчивости элемента строительных конструкций, в т.ч. с использованием прикладного программного обеспечения</p>	<p>знает основные методы определения усилий и перемещений в расчетных схемах строительных конструкций; принципы и способы расчета элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость.</p> <p>умеет рассчитывать усилия и перемещения в расчетных схемах строительных конструкций; составлять и использовать в инженерных расчетах условия прочности, жесткости и устойчивости при различных видах напряженно-деформированного состояния элементов конструкций.</p> <p>владеет выполнения расчетов на прочность, жесткость и устойчивость элементов строительных конструкций, в том числе с применением современных программно-вычислительных комплексов.</p>
--	---	---

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.15.04 основной профессиональной образовательной программы 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений и относится к обязательной части учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Высшая математика	УК-1.5, УК-1.6, ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-1.7, ОПК-1.8, ОПК-11.4
2	Соппротивление материалов. Основы теории упругости и пластичности	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1, ОПК-11.3
3	Теоретическая механика	ОПК-11.1, ОПК-11.2, ОПК-11.3
4	Инженерная графика	ОПК-3.7, ОПК-4.6
5	Информационные технологии	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.6, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3
6	Компьютерная графика	ОПК-2.2, ОПК-4.6, ОПК-6.6
7	Физика	УК-1.1, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3
8	Строительные материалы. Часть 1	ОПК-3.4, ОПК-3.12

Высшая математика

знать фундаментальные основы высшей математики, линейной алгебры, математического анализа;

знать методы решения дифференциальных уравнений и систем линейных алгебраических уравнений;

владеть навыками решения систем линейных алгебраических уравнений, дифференциального и интегрального исчисления.

Сопротивление материалов. Основы теории упругости и пластичности

знать принципы и методы расчета отдельных элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость;

знать основные положения, принципы и методы решения задач теории упругости и пластичности;

уметь определять усилия и деформации от внешних воздействий в простых расчетных схемах;

владеть навыками использования методов сопротивления материалов и теории упругости при решении задач на прочность, жесткость и устойчивость.

Теоретическая механика

знать основные положения, принципы и методы статики, кинематики и динамики твердого тела;

уметь пользоваться уравнениями статики и динамики при расчете простых расчетных схем;

владеть навыками использования методов теоретической механики при решении инженерных задач.

Инженерная графика

знать правила выполнения чертежей и графиков;

уметь строить расчетные схемы, эпюры и графики.

Информационные технологии

знать основные понятия информатики, современные средства вычислительной техники;

уметь решать системы линейных алгебраических уравнений с применением программно-вычислительных средств;

владеть навыками решения инженерных задач с помощью прикладных программ.

Компьютерная графика

владеть навыками использования компьютерной техники при выполнении графических и оформительских работ.

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.

Строительные материалы. Часть 1

знать основные свойства строительных материалов, используемых для несущих конструкций;

уметь применять знания о свойствах материалов при выборе их физико-механических характеристик для расчета несущих конструкций зданий и сооружений.

владеть основами механических испытаний элементов конструкций.

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Теория расчета на динамические и сейсмические воздействия	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-2.5

2	Научно-исследовательская работа	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-2.5
---	---------------------------------	--

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	6	7
Контактная работа	224		64	80	80
Лекционные занятия (Лек)	96	0	32	32	32
Лабораторные занятия (Лаб)	4	0	2	2	
Практические занятия (Пр)	124	0	30	46	48
Иная контактная работа, в том числе:	4,75		1,05	1,85	1,85
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	2		0,4	0,8	0,8
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	2		0,4	0,8	0,8
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,75		0,25	0,25	0,25
Часы на контроль	62,25		8,75	26,75	26,75
Самостоятельная работа (СР)	213		70,2	71,4	71,4
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)					
часы:	504		144	180	180
зачетные единицы:	14		4	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. Расчет статически определимых стержневых систем на неподвижную нагрузку										
1.1.	Расчетные схемы сооружений, их кинематический анализ	5	2						2	ОПК-1.2, ОПК-3.1, ОПК-11.1	

1.2.	Многопролетные шарнирно-консольные балки	5	2		4				9	15	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1
1.3.	Многодисковые расчетные схемы. Трехшарнирные рамы и арки. Рамы с замкнутым контуром	5	6		6				9	21	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1
1.4.	Статически определимые плоские фермы	5	4		4				12	20	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1
2.	2 раздел. Расчет статически определимых стержневых систем на подвижную нагрузку										
2.1.	Линии влияния реакций и внутренних усилий в простых и многопролетных балках	5	4		4				4	12	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5
2.2.	Определение реакций и внутренних усилий по линиям влияния	5	2		2				8	12	ОПК-1.2, ОПК-3.1, ОПК-6.11
2.3.	Линии влияния усилий в арках, рамах и простых фермах	5	2		2				4	8	ОПК-1.2
3.	3 раздел. Определение перемещений в статически определимых стержневых системах										
3.1.	Основные принципы и теоремы строительной механики. Формула Максвелла-Мора	5	4		2				4	10	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5
3.2.	Определение перемещений в шарнирно-консольных балках и плоских рамах от силовой нагрузки	5	4		4		2		16	26	ОПК-1.2, ОПК-6.11

9.1.	Смешанный метод расчета статически неопределимых рам	6	2		4				4	10	ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-1.8, ОПК-11.1, ОПК-11.3, ОПК-11.6
10.	10 раздел. Иная контактная работа										
10.1	Иная контактная работа	6								1,6	ОПК-1.2
11.	11 раздел. Контроль										
11.1.	Экзамен	6								27	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1, ОПК-11.6
12.	12 раздел. Основы динамики сооружений										
12.1.	Основные понятия и определения динамики сооружений. Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы	7	4		4				4	12	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1, ОПК-11.3, ОПК-11.6
12.2.	Свободные и вынужденные колебания систем с несколькими степенями свободы	7	4		8				14	26	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.8, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1, ОПК-11.6

12.3.	Приближенные методы решения задач динамики. Меры защиты от динамических воздействий	7	4		2				2	8	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.8, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.3, ОПК-11.6
13.	13 раздел. Основы устойчивости сооружений										
13.	Основные положения устойчивости сооружений	7	1		4				4	9	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.6
13.2.	Устойчивость центрально-сжатых прямолинейных стержней	7	2		4				4,4	10,4	ОПК-1.2, ОПК-6.11, ОПК-11.1, ОПК-11.3, ОПК-11.6
13.3.	Динамический и энергетический методы расчета на устойчивость	7	3		4				11	18	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-6.11, ОПК-11.3
14.	14 раздел. Основные понятия теории изгиба пластин, методы их расчета										
14.1.	Общие положения. Разрешающие уравнения изгиба тонких пластин	7	2		2				2	6	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-3.1
14.2.	Постановки и методы решения задач изгиба пластин	7	4		8				8	20	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-11.1, ОПК-11.3, ОПК-11.6

14.3.	Расчет плит методом конечных элементов	7	4		4				8	16	ОПК-1.2, ОПК-1.8, ОПК-11.1, ОПК-11.3
15.	15 раздел. Основные понятия теории оболочек, модели и методы их расчета										
15.1.	Общие положения о расчете тонких оболочек	7	2						2	4	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-3.1
15.2.	Расчет тонких пологих оболочек. Общие сведения о численных методах расчета оболочек	7	1		2				4	7	ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-11.3, ОПК-11.6
15.3.	Применение метода конечных элементов к расчету оболочек	7	1		6				8	15	ОПК-1.2, ОПК-6.11, ОПК-11.1, ОПК-11.3
16.	16 раздел. Иная контактная работа										
16.1.	Иная контактная работа	7								1,6	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1, ОПК-11.6
17.	17 раздел. Контроль										
17.1.	Экзамен	7								27	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1, ОПК-11.6

5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Расчетные схемы сооружений, их кинематический анализ	Вводная лекция. Расчетные схемы сооружений и их кинематический анализ Общая информация по курсу. Предмет и задачи строительной механики. Основные понятия и принципы. Расчетная схема сооружения и ее элементы. Требования к расчетной схеме и критерии

		выбора. Связи и узлы расчетных схем. Виды нагрузок и воздействий. Классификация расчетных схем. Кинематический анализ расчетных схем. Степень свободы системы. Необходимое и достаточное условие геометрической неизменяемости. Правила геометрически неизменяемого соединения дисков между собой и с основанием. Мгновенно изменяемые системы.
2	Многопролетные шарнирно-консольные балки	Многопролетные шарнирно-консольные балки Общие сведения. Кинематический анализ. Построение поэтажной схемы. Определение опорных реакций, внутренних сил и построение эпюр.
3	Многодисковые расчетные схемы. Трехшарнирные рамы и арки. Рамы с замкнутым контуром	Односторонние и многосторонние расчетные схемы. Трехшарнирные расчетные схемы. Рамы с замкнутым контуром Односторонние и двусторонние безраспорные расчетные схемы. Трехшарнирные (распорные) расчетные схемы. Определение реакций в трехшарнирных рамах при произвольных нагрузке и расположении опор. Классификация и основные элементы арок. Порядок определения реакций и усилий в сечениях трехшарнирной арки. Понятие о рациональном очертании оси арки. Рамы с замкнутым контуром. Способы раскрытия замкнутого контура и определение реакций во внутренних связях.
4	Статически определимые плоские фермы	Статически определимые плоские фермы. Способы определения усилий в стержнях ферм. Графический способ определения усилий. Шпренгельные фермы. Плоские фермы. Образование ферм и условие их геометрической неизменяемости. Классификация ферм. Аналитическое определение усилий в стержнях ферм. Способ вырезания узлов и способ сквозных сечений. Графический способ определения усилий. Особенности расчета шпренгельных и пространственных ферм.
5	Линии влияния реакций и внутренних усилий в простых и многопролетных балках	Линии влияния реакций и внутренних усилий в простых балках. Линии влияния в шарнирно-консольных балках Понятие о линии влияния. Линии влияния реакций и усилий в балке на двух опорах и в консольной балке. Принципы построения линий влияния в шарнирно-консольных балках. Передача линии влияния по поэтажной схеме. Кинематический способ построения линий влияния. Линии влияния в трехшарнирных системах.
6	Определение реакций и внутренних усилий по линиям влияния	Определение реакций и внутренних усилий по линиям влияния от неподвижной и подвижной нагрузки Определение реакций и усилий от неподвижной нагрузки с помощью линий влияния. Определение реакций и усилий от системы подвижных грузов по линиям влияния. Определение положения критического груза над вершиной линии влияния. Понятие об объемлющих эпюрах.
7	Линии влияния усилий в арках, рамах и простых фермах	Линии влияния усилий в трехшарнирных арках, рамах и плоских фермах Особенности построения линий влияния в фермах. Линии влияния при узловой передаче нагрузки. Ветви линии влияния в ферме. Построение линий влияния усилий в стержнях простых ферм.
8	Основные принципы и теоремы строительной механики. Формула Максвелла-Мора	Основные принципы и теоремы строительной механики. Формула Максвелла-Мора. Определение перемещений от силовой нагрузки Общие положения. Основные принципы строительной механики. Работа внешних сил. Потенциальная энергия деформации. Основные теоремы строительной механики. Формула Максвелла-Мора и ее вид для различных расчетных схем. Единичное и грузовое состояния. Способы перемножения эпюр.

9	Определение перемещений в шарнирно-консольных балках и плоских рамах от силовой нагрузки	Определение линейных и угловых перемещений в шарнирно-консольных балках и плоских рамах от силовой нагрузки Определение линейных и угловых перемещений, вызванных силовой нагрузкой. Вычисление интегралов Максвелла-Мора с помощью "перемножения" эпюр. Правило Верещагина, формула Симпсона, формула трапеций. Построение изогнутой оси ШКБ. Построение деформированной схемы рамы.
10	Определение перемещений от температурного воздействия и от осадки опор	Определение перемещений от температурного воздействия и от осадки опор Определение перемещений от теплового воздействия (изменение температуры). Определение перемещений, вызванных неравномерной осадкой опор и неточностью изготовления элементов.
13	Статически неопределимые системы, их свойства и особенности	Статически неопределимые системы, их свойства. Идея метода сил Свойства статически неопределимых систем. Степень статической неопределённости. Идея метода сил. Основная система и канонические уравнения метода сил.
14	Расчет статически неопределимых рам методом сил на действие силовой нагрузки	Расчет статически неопределимых плоских рам методом сил на действие силовой нагрузки Канонические уравнения метода сил при расчете на силовую нагрузку. Определение коэффициентов и свободных членов. Порядок расчета методом сил. Учет симметрии при расчете методом сил. Определения перемещений в статически неопределимых системах с использованием статически определимой основной системы метода сил.
15	Расчет рам методом сил на температурное воздействие и осадку опор	Расчет рам методом сил на температурное воздействие и осадку опор Особенности расчета статически неопределимых систем методом сил на температурное воздействие. Определение свободных членов канонических уравнений. Особенности расчета методом сил на неравномерную осадку опор и на неточность изготовления.
16	Расчет статически неопределимых ферм и пространственных рам методом сил	Расчет статически неопределимых ферм и пространственных рам методом сил Степень статической неопределимости ферм и пространственных рам. Выбор основной системы и составление канонических уравнений. Особенности расчета ферм и пространственных рам методом сил.
17	Метод перемещений в канонической форме	Метод перемещений в канонической форме. Основная система и канонические уравнения метода перемещений Степень кинематической неопределимости. Определение усилий по известным перемещениям. Идея метода перемещений. Основная система и канонические уравнения метода перемещений. Определения коэффициентов и свободных членов. Последовательность расчета методом перемещений. Сравнение методов сил и перемещений. Преимущества и недостатки метода перемещений.
18	Расчет рам методом перемещений на действие силовой нагрузки	Расчет рам методом перемещений на действие силовой нагрузки. Упрощения при расчете рам методом перемещений. Порядок расчета рам методом перемещений. Основная система метода перемещений для расчета плоской рамы. Составление системы канонических уравнений. Определение коэффициентов и свободных членов. Построение эпюр усилий в заданной системе. Проверки решения. Использование симметрии в методе перемещений. Примеры расчета рам методом перемещений.
19	Расчет рам методом	Расчет рам методом перемещений на температурное воздействие и

	перемещений на температурное воздействие и осадку опор	осадку опор Расчет плоских рам методом перемещений на температурное воздействие. Расчет плоских рам методом перемещений на действие неравномерной осадки опор. Особенности канонических уравнений и построения эпюр изгибающих моментов в основной и заданной системах.
20	Расчет пространственных рам методом перемещений	Особенности расчета пространственных рам методом перемещений. Расчет рам методом перемещений с учетом симметрии. Группировка неизвестных и разложение нагрузки. Степень кинематической неопределимости пространственных рам. Основная система. Особенности определения усилий в основной и заданной системе.
21	Метод перемещений в матричной форме	Матричная форма метода перемещений. Прямой метод жесткости Метод перемещений в форме прямого метода жесткости. Типовой стержень изгибаемой стержневой системы (плоской рамы). Матрица жесткости и вектор нагрузки для изгибаемого плоского стержня. Матрица индексов и составление матричных уравнений для системы изгибаемых стержней. Общий алгоритм расчета рам в матричной форме.
22	Основы расчета стержневых систем методом конечных элементов	Основные положения. Матрицы жесткости стержневых конечных элементов. Общий алгоритм статического расчета методом конечных элементов Основные положения, виды и формы, достоинства и недостатки метода конечных элементов. Конечные элементы и аппроксимирующие функции (функции формы). Точность, устойчивость и сходимость решения. Степени свободы для плоского и пространственного элемента. Матрицы жесткости для стержневых элементов с разными степенями свободы. Основные соотношения для конечного элемента изгибаемого стержня. Формирование глобальной матрицы жесткости и вектора нагрузки для стержневой системы. Учет заданных граничных условий. Система разрешающих уравнений и ее решение. Определение внутренних усилий в стержневом элементе. Общий алгоритм статического расчета методом конечных элементов.
23	Смешанный метод расчета статически неопределимых рам	Смешанный метод расчета статически неопределимых систем. Основные положения смешанного метода. Идея смешанного метода. Основная система и канонические уравнения смешанного метода. Порядок расчета смешанным методом.
26	Основные понятия и определения динамики сооружений. Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы	Основные понятия и определения динамики сооружений. Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы Основные понятия и предмет изучения динамики сооружений. Виды динамических нагрузок. Уравнения динамики. Степени свободы масс системы. Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Дифференциальное уравнение свободных колебаний и его решение. Основные характеристики свободных колебаний. Определение круговой частоты свободных незатухающих колебаний. Затухающие колебания. Логарифмический декремент затухания.
27	Свободные и вынужденные колебания систем с несколькими степенями свободы	Свободные и вынужденные колебания систем с несколькими степенями свободы Система уравнений свободных колебаний системы с несколькими степенями свободы. Вековое уравнение. Вычисление частот и форм свободных колебаний. Главные формы колебаний и их ортогональность. Дифференциальные уравнения вынужденных колебаний при вибрационной нагрузке и их решение при установившихся колебаниях. Канонические уравнения для амплитуд

		инерционных сил. Определение амплитуд динамических усилий при действии вибрационной нагрузки.
28	Приближенные методы решения задач динамики. Меры защиты от динамических воздействий	Способы приближенного определения частот свободных колебаний. Применение численных методов при решении задач динамики. Меры защиты от динамических воздействий. Разложение свободных колебаний на симметричную и кососимметричную формы. Определение частот главных форм колебаний. Разложение динамической нагрузки. Энергетический способ определения первой частоты свободных колебаний системы с распределенными массами. Способ приведенных масс. Вредное воздействие вибрации и меры по его снижению.
29	Основные положения устойчивости сооружений	Основные положения устойчивости сооружений. Основные понятия. Статический способ расчета на устойчивость. Критерии устойчивости равновесия. Критический параметр и расчетная длина. Определение критических сил статическим способом. Способ непосредственного интегрирования дифференциального уравнения продольного изгиба.
30	Устойчивость центрально-сжатых прямолинейных стержней	Устойчивость центрально-сжатых прямолинейных стержней. Выбор основной системы. Относительные жесткости и критические параметры для сжатых стоек. Составление уравнения устойчивости. Определение реакций в связях основной системы. Решение уравнения устойчивости способом подбора корня. Определение критических сил и расчетных длин сжатых стержней.
31	Динамический и энергетический методы расчета на устойчивость	Применение метода перемещений к расчету плоских рам на устойчивость. Принцип Дирихле. Полная потенциальная энергия упругой системы. Формула для определения критической силы. Понятие о деформационном расчете рамы.
32	Общие положения. Разрешающие уравнения изгиба тонких пластин	Основные положения теории изгиба пластин. Перемещения и деформации в пластине. Выражение напряжений и усилий в пластине через прогибы. Дифференциальное уравнение изгиба пластины.
33	Постановки и методы решения задач изгиба пластин	Метод Бубнова – Галеркина. Метод конечных разностей. Краевая задача для дифференциального уравнения изогнутой поверхности пластины. Вариационная постановка задачи изгиба пластины. Функционал полной потенциальной энергии деформации пластины.
34	Расчет плит методом конечных элементов	Метод конечных элементов. Основные положения метода. Конечные элементы изгибаемой пластины. Алгоритм расчета методом конечных элементов. Основные положения и суть метода конечных элементов. Прямоугольный конечный элемент изгибаемой пластины. Основные соотношения для конечного элемента пластины. Последовательность расчета методом конечных элементов. Особенности применения МКЭ к расчету плит.
35	Общие положения о расчете тонких оболочек	Общие положения и основные понятия. Деформации и усилия в тонких оболочках. Частные теории расчета тонких оболочек. Основные понятия и определения. Классификация оболочек. Описание поверхности. Криволинейная система координат. Деформации и усилия в тонких оболочках. Связь напряжений с внутренними усилиями. Частные теории расчета тонких оболочек.
36	Расчет тонких пологих оболочек. Общие	Расчет тонких пологих оболочек. Общие сведения о методах расчета оболочек

	сведения о численных методах расчета оболочек	Напряженное состояние пологой оболочки. Гипотезы технической теории тонких оболочек. Деформации и уравнения равновесия пологой оболочки. Разрешающая система уравнений и граничные условия. Численные методы расчета оболочек и их сравнение.
37	Применение метода конечных элементов к расчету оболочек	Применение метода конечных элементов к расчету оболочек Вариационная постановка задачи расчета тонких оболочек. Преимущества и недостатки МКЭ. Типы конечные элементы для расчета оболочек. Особенности применения МКЭ к расчету оболочек.

5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
2	Многопролетные шарнирно-консольные балки	Расчет многопролетных шарнирно-консольных балок Кинематический анализ. Построение поэтажных схем. Определение реакций во внутренних и внешних связях. Проверка определения реакций. Определение внутренних сил и построение эпюр. Проверка построения эпюр внутренних сил.
3	Многодисковые расчетные схемы. Трехшарнирные рамы и арки. Рамы с замкнутым контуром	Расчет простых и трехшарнирных рам, трехшарнирных арок, рам с замкнутым контуром Определение реакций и внутренних усилий в однодисковых и двухдисковых безраспорных расчетных схемах. Определение реакций и внутренних усилий в трехшарнирных рамах. Определение реакций и внутренних усилий в сечениях трехшарнирной арки. Определение реакций и внутренних усилий в рамах с замкнутым контуром.
4	Статически определимые плоские фермы	Определение усилий в стержнях плоских ферм аналитическим и графическим методами Проверка условий геометрической неизменяемости плоских ферм. Частные случаи равновесия узлов ферм. Применение аналитических способов определения усилий в стержнях ферм: вырезания узлов и сквозных сечений. Построение диаграммы диаграммы Максвелла-Кремоны.
5	Линии влияния реакций и внутренних усилий в простых и многопролетных балках	Построение линий влияния реакций и усилий в простых и шарнирно-консольных балках Построение линий влияния реакций и усилий в балках на двух шарнирных опорах и в консольных балках. Построение линий влияния реакций и усилий в многопролетных шарнирно-консольных балках.
6	Определение реакций и внутренних усилий по линиям влияния	Определение реакций и усилий по линиям влияния Определение реакций и усилий от заданной неподвижной нагрузки по линиям влияния. Определение невыгодного положения подвижной системы связанных сил. Определение наибольших значений реакций и усилий от подвижной нагрузки.
7	Линии влияния усилий в арках, рамах и простых фермах	Построение линий влияния усилий в стержнях простых ферм Построение линий влияния реакций и усилий в простой балочной ферме. Построение линий влияния реакций и усилий в консольной ферме.
8	Основные принципы и теоремы строительной механики. Формула Максвелла-Мора	Определение перемещений в шарнирно-стержневых системах и фермах Единичное и грузовое состояния при определении перемещений в шарнирно-стержневых системах и фермах. Расчет перемещений узлов фермы.

9	Определение перемещений в шарнирно-консольных балках и плоских рамах от силовой нагрузки	Определение перемещений в балках и рамах от внешней нагрузки Определение линейных и угловых перемещений в балках и плоских рамах по формуле Максвелла-Мора. Определение взаимных линейных и угловых перемещений.
10	Определение перемещений от температурного воздействия и от осадки опор	Определение перемещений от температурного воздействия и от осадки опор Определение перемещений от теплового воздействия (изменение температуры). Определение перемещений, вызванных неравномерной осадкой опор и неточностью изготовления элементов.
14	Расчет статически неопределимых рам методом сил на действие силовой нагрузки	Расчет методом сил статически неопределимых плоских рам Выбор основной системы и составление канонических уравнений метода сил при расчете на силовую нагрузку. Определение коэффициентов и свободных членов. Построение эпюры моментов в заданной системе. Построение эпюр поперечных и продольных сил. Деформационная проверка и статическая проверка рамы. Расчет рам методом сил с учетом симметрии. Определения перемещений в статически неопределимых рамах.
15	Расчет рам методом сил на температурное воздействие и осадку опор	Расчет плоских рам методом сил на температурное воздействие и осадку опор Выбор основной системы и составление канонических уравнений метода сил при расчете на температурное воздействие. Определение свободных членов канонических уравнений. Расчет методом сил на неравномерную осадку опор.
16	Расчет статически неопределимых ферм и пространственных рам методом сил	Расчет пространственных рам методом сил. Выбор основной системы и составление канонических уравнений метода сил для пространственной рамы. Составление и решение системы канонических уравнения. Построение эпюры моментов в заданной системе. Построение эпюр поперечных и продольных сил. Деформационная проверка и статическая проверка рамы.
17	Метод перемещений в канонической форме	Расчет один раз кинематически неопределимой рамы методом перемещений Определение степени кинематической неопределимости. Выбор основной системы метода перемещений. Составление и решение канонического уравнения. Построение эпюры моментов в заданной системе. Построение эпюр поперечных и продольных сил. Статическая проверка расчета.
18	Расчет рам методом перемещений на действие силовой нагрузки	Расчеты плоских рам методом перемещений на силовую нагрузку. Расчет один и дважды кинематически неопределимой рамы методом перемещений. Выбор основной системы. Составление системы канонических уравнений. Определение коэффициентов и свободных членов. Построение эпюр усилий в заданной системе. Проверки решения. Примеры расчета рам методом перемещений.
19	Расчет рам методом перемещений на температурное воздействие и осадку опор	Расчет плоских рам методом перемещений на изменение температуры и осадку опор Пример расчета один раз кинематически неопределимой рамы методом перемещений на изменение температуры. Пример расчета один раз кинематически неопределимой рамы методом перемещений на осадку опоры.
20	Расчет пространственных рам методом	Расчет пространственной рамы методом перемещений Построение эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в кинематически неопределимых пространственных рамах

	перемещений	методом перемещений.
21	Метод перемещений в матричной форме	Примеры составления матричных уравнений метода перемещений для плоских рам Составление матриц жесткости, вектора нагрузки, матрицы индексов для системы стержней плоской рамы. Размещение локальных матриц жесткости и векторов нагрузки отдельных стержней в глобальных матрице и векторе нагрузки. Учет узловой нагрузки и опорных связей в стержневой системе. Определение узловых перемещений и усилий в системе. Примеры составления матричных уравнений и системы разрешающих уравнений для плоской рамы с использованием Маткада.
22	Основы расчета стержневых систем методом конечных элементов	Расчет стержневых систем методом конечных элементов Стержневые конечные элементы фермы и плоской рамы. Формула для матрицы жесткости стержневого элемента плоской рамы, вычисление коэффициентов матрицы жесткости. Формирование глобальной матрицы жесткости и вектора нагрузки для стержневой системы. Матрица преобразования координат. Учет заданных граничных условий. Определение внутренних усилий в стержневых элементах. Порядок расчета стержневой системы методом конечных элементов.
23	Смешанный метод расчета статически неопределимых рам	Расчет статически неопределимых рам смешанным методом. Определение числа неизвестных и выбор основной системы смешанного метода. Составление канонических уравнений. Вычисление коэффициентов и свободных членов. Построение результирующих эпюр внутренних усилий.
26	Основные понятия и определения динамики сооружений. Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы	Расчет систем с одной степенью свободы на свободные и вынужденные колебания Определение круговой частоты свободных колебаний системы с одной степенью свободы. Определение степени свободы точечных масс. Определение податливости расчетной схемы. Вычисление круговой частоты, периода колебаний, частоты колебаний. Вынужденные колебания систем с одной степенью свободы. Построение динамической эпюры изгибающих моментов от вибрационной нагрузки в системе с одной степенью свободы. Использование динамического коэффициента и канонического уравнения для амплитуды инерционной силы.
27	Свободные и вынужденные колебания систем с несколькими степенями свободы	Расчет систем с несколькими степенями свободы на свободные и вынужденные колебания Определение частот и форм свободных колебаний системы с двумя степенями свободы. Определение степени свободы сосредоточенных масс. Составление определителя частот. Вычисление частот и периодов свободных колебаний. Построение главных форм колебаний. Динамический расчет плоской рамы на вибрационную нагрузку. Составление и решение канонических уравнений для амплитуд инерционных сил при действии вибрационной нагрузки. Построение динамической эпюры изгибающих моментов и формы вынужденных колебаний.
28	Приближенные методы решения задач динамики. Меры защиты от динамических воздействий	Определение частот свободных колебаний симметричных систем Разложение колебаний симметричной системы на симметричную и кососимметричную формы. Определение частот свободных колебаний симметричной плоской рамы.
29	Основные положения	Основные понятия. Статический способ расчета на устойчивость.

	устойчивости сооружений	Определение критической силы на основе статического критерия. Решение задач определения критической силы для систем с одной степенью свободы.
30	Устойчивость центрально-сжатых прямолинейных стержней	Устойчивость центрально-сжатых прямолинейных стержней. Выбор основной системы. Относительные жесткости и критические параметры для сжатых стоек. Составление уравнения устойчивости. Определение реакций в связях основной системы. Решение уравнения устойчивости способом подбора корня. Использование программы для расчета рам на устойчивость. Вычисление критических сил и расчетных длин сжатых стержней.
31	Динамический и энергетический методы расчета на устойчивость	Расчет плоских рам на устойчивость методом перемещений. Решение задач по определению критических сил для отдельных стержней и простейших рам энергетическим методом
32	Общие положения. Разрешающие уравнения изгиба тонких пластин	Решение задач изгиба прямоугольных пластин Элементарные случаи изгиба пластин. Решение прямой и обратной задачи изгиба пластин. О расчете ортотропных пластин и пластин на упругом основании
33	Постановки и методы решения задач изгиба пластин	Решение задач изгиба пластин приближенными методами Расчет пластин методом конечных разностей. Конечно-разностный оператор дифференциального уравнения изгиба. Учет граничных условий. Вычисление внутренних усилий и напряжений. Метод Бубнова – Галеркина. Основные положения метода. Базисные функции. Вариационно-разностный метод. Разностный оператор вариационного уравнения. Метод Ритца – Тимошенко.
34	Расчет плит методом конечных элементов	Расчет пластин методом конечных элементов Расчет плиты методом конечных элементов с помощью программно-вычислительных средств
36	Расчет тонких пологих оболочек. Общие сведения о численных методах расчета оболочек	Приближенное решение задач теории оболочек Расчет оболочек с использованием ПК "SCAD" или "LIRA". Расчетная схема оболочки. Задание системы координат, уравнения поверхности оболочки, граничных условий. Нагрузка и проведение расчета.
37	Применение метода конечных элементов к расчету оболочек	Применение метода конечных элементов к расчету оболочек. Проведение расчета оболочки в ПК "SCAD Office" или "Лири-САПР". Создание поверхности оболочки, генерация конечно-элементной сетки. Задание граничных условий, нагрузка. Проведение расчета. Изучение теоретического материала по теме.

5.3. Лабораторные работы

№ разд	Наименование раздела и темы лабораторных работ	Наименование и содержание лабораторных работ
9	Определение перемещений в шарнирно-консольных балках и плоских рамах от силовой нагрузки	Определение перемещений в шарнирно-стержневой системе опытным путем и аналитически Определение перемещений в шарнирно-стержневой системе опытным путем. Сравнение полученных результатов с аналитическим решением.
22	Основы расчета стержневых систем методом конечных элементов	Расчет плоской рамы методом конечных элементов с помощью программно-вычислительных средств Ввод расчетной схемы и исходных данных для выполнения расчета плоской рамы методом конечных элементов с помощью вычислительной программы. Проведение расчета и анализ

полученных результатов.

5.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
2	Многопролетные шарнирно-консольные балки	Задача 1.1. Определение внутренних усилий в шарнирно-консольной балке Кинематический анализ заданной системы и построение поэтажной схемы шарнирно-консольной балки. Определение реакции в связях от заданной нагрузки и проверка правильности определения опорных реакций по условию равновесия всей расчетной схемы. Построение эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Проверка правильности построения эпюр внутренних усилий. Изучение теоретического материала по теме.
3	Многодисковые расчетные схемы. Трехшарнирные рамы и арки. Рамы с замкнутым контуром	Задача 1.2. Определение внутренних усилий в многодисковой раме Кинематический анализ заданной схемы рамы. Определение реакций в опорных связях от действия заданной нагрузки. Раскрыть замкнутый контур. Построить эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил. Проверка правильности построения эпюр внутренних усилий по условиям равновесия узлов рамы. Изучение теоретического материала по теме.
4	Статически определимые плоские фермы	Задача 1.3. Определение усилий в стержнях балочной фермы Анализ геометрической неизменяемости заданной схемы фермы. Определение опорных реакции и усилий в стержнях заданных панелей, от действия вертикальной нагрузки. Проверка правильность определения усилий по условиям равновесия вырезанного узла либо отсеченной части фермы. Изучение теоретического материала по теме.
5	Линии влияния реакций и внутренних усилий в простых и многопролетных балках	Задача 1.4. Расчет шарнирно-консольной балки на подвижную нагрузку Построение линий влияния одной из опорных реакций и внутренних усилий в заданном сечении многопролетной шарнирно-консольной балки. Изучение теоретического материала по теме.
6	Определение реакций и внутренних усилий по линиям влияния	Задача 1.4. Расчет шарнирно-консольной балки на подвижную нагрузку Нахождение по линиям влияния величин реакции и внутренних усилий от заданной неподвижной нагрузки, а также максимальных и минимальных значений реакции и внутренних усилий от заданной подвижной нагрузки (системы связанных грузов). Изучение теоретического материала по теме.
7	Линии влияния усилий в арках, рамах и простых фермах	Построение линий влияния в плоских фермах Построение линий влияния реакций и усилий в плоских фермах. Изучение теоретического материала по теме.
8	Основные принципы и теоремы строительной механики. Формула Максвелла-Мора	Аналитическое определение перемещений в шарнирно-стержневой системе Определение перемещений в шарнирно-стержневых системах при действии силовой нагрузки по формуле Максвелла-Мора. Изучение теоретического материала по теме.
9	Определение перемещений в шарнирно-консольных балках и плоских рамах от силовой	Задача 1.5. Определение перемещений в многодисковой раме Определение горизонтальных и вертикальных перемещений основных узлов расчетной схемы многодисковой рамы, рассчитанной на заданную нагрузку в задаче 1.2. Построение деформированной схемы рамы. Изучение теоретического материала по теме.

	нагрузки	
10	Определение перемещений от температурного воздействия и от осадки опор	Определение перемещений от температурного воздействия и от осадки опор Определение перемещений от теплового воздействия и осадки опор. Изучение теоретического материала по теме.
13	Статически неопределимые системы, их свойства и особенности	Основная система и канонические уравнения метода сил Определение степени статической неопределённости. Выбор основной системы и составление канонических уравнений метода сил. Изучение теоретического материала по теме.
14	Расчет статически неопределимых рам методом сил на действие силовой нагрузки	Задача 2.1. Расчет плоской статически неопределимой рамы методом сил. Задача 2.2. Определение перемещений в статически неопределимой раме Построение эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в статически неопределимой раме от заданной силовой нагрузки. Определения перемещений в статически неопределимой раме. Изучение теоретического материала по теме.
15	Расчет рам методом сил на температурное воздействие и осадку опор	Задача 2.3. Расчет статически неопределимой рамы методом сил на осадку опор Построение эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в статически неопределимой раме от осадки опоры. Изучение теоретического материала по теме.
16	Расчет статически неопределимых ферм и пространственных рам методом сил	Расчет статически неопределимых ферм и пространственных рам методом сил. Определение степени статической неопределимости ферм и пространственных рам. Выбор основной системы и составление канонических уравнений. Особенности расчета пространственных рам методом сил. Изучение теоретического материала по теме.
18	Расчет рам методом перемещений на действие силовой нагрузки	Задача 3.1. Расчет плоской рамы методом перемещений в канонической форме Построение эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в кинематически неопределимой раме, используя метод перемещений в канонической форме. Изучение теоретического материала по теме.
19	Расчет рам методом перемещений на температурное воздействие и осадку опор	Построение эпюр внутренних усилий в рамах на температурное воздействие и осадку опор Построение эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в кинематически неопределимых рамах методом перемещений на изменение температуры и на осадку опор. Изучение теоретического материала по теме.
20	Расчет пространственных рам методом перемещений	Расчет пространственных рам методом перемещений Построение эпюр изгибающих моментов, поперечных и продольных сил в пространственной раме методом перемещений. Изучение теоретического материала по теме.
21	Метод перемещений в матричной форме	Задача 3.2. Расчет плоской рамы методом перемещений в матричной форме Определение угловых и линейных перемещений узлов, а также внутренних усилий в стержнях заданной схемы рамы. с помощью матричного метода перемещений. Расчет рамы выполнить матричным методом перемещений в вычислительной среде Mathcad. Полученные результаты сравнить с результатами расчета рамы методом перемещений в канонической форме (задача 3.1). Используя найденные значения внутренних усилий и узловых перемещений, построить эпюры усилий и деформированную схему рамы. Изучение

		теоретического материала по теме.
22	Основы расчета стержневых систем методом конечных элементов	Задача 3.3. Расчет плоской рамы методом конечных элементов Задание расчетной схемы и проведение расчета плоской рамы методом конечных элементов с помощью вычислительной программы. Анализ полученных результатов и сравнение их с результатами расчета данной рамы методом перемещений в канонической форме (задача 3.1) и в матричной форме (задача 3.2). Вывод и представление результатов расчета рамы в графическом виде (эпюры усилий, деформированной схемы). Изучение теоретического материала по теме.
23	Смешанный метод расчета статически неопределимых рам	Применение смешанного метода к расчету плоских и пространственных рам. Анализ степеней статической и кинематической неопределимости системы в целом и ее частей. Выбор рационального метода расчета. Основная система смешанного метода. Составление канонических уравнений. Вычисление коэффициентов и свободных членов. Построение результирующей эпюры моментов. Изучение теоретического материала по теме.
26	Основные понятия и определения динамики сооружений. Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы	Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы Основные понятия динамики сооружений. Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы. Изучение теоретического материала по теме. Решение задач расчета систем с одной степенью свободы на свободные и вынужденные колебания.
27	Свободные и вынужденные колебания систем с несколькими степенями свободы	Задача 4.1. Динамический расчет плоской рамы на вибрационную нагрузку Определение числа степеней свободы сосредоточенных масс заданной расчетной схемы. Определение коэффициентов и составление уравнения частот в численном виде. Определение корней частотного уравнения и проверка правильности его решения. Определение частот и периодов свободных колебаний. Составление в общем виде системы канонических уравнений для определения амплитудных значений инерционных сил применительно к заданной расчетной схеме. Определение главных коэффициентов и свободных члены системы канонических уравнений. Из решения системы определить амплитудные значения инерционных сил. Построить динамическую эпюру изгибающих моментов.
28	Приближенные методы решения задач динамики. Меры защиты от динамических воздействий	Использование симметрии в задачах динамики. Приближенные способы определения частот свободных колебаний Использование симметрии расчетной схемы в задачах динамики. Приближенные способы определения частот свободных колебаний. Вредное воздействие вибрации и меры по его снижению. Изучение теоретического материала по теме. Решение задач.
29	Основные положения устойчивости сооружений	Основные понятия. Статический способ расчета на устойчивость. Статический способ расчета на устойчивость. Изучение теоретического материала по теме. Определение критической силы для систем с одной степенью свободы.
30	Устойчивость центрально-сжатых прямолинейных	Расчет на Устойчивость центрально-сжатых прямолинейных стержней. Выбор основной системы метода перемещений. Составление

	стержней	уравнения устойчивости в общем виде. Построение в основной системе эпюры изгибающих моментов от единичных смещений по направлениям введенных дополнительных связей. Определение реакций в дополнительных связях от заданных единичных смещений и решение уравнения устойчивости путем подбора наименьшего критического параметра. Определение критических сил и расчетные длины для всех сжатых стоек расчетной схемы
31	Динамический и энергетический методы расчета на устойчивость	Расчет плоских рам на устойчивость методом перемещений. Изучение теоретического материала по теме. Определение критических сил для стержней и простых рам энергетическим методом.
32	Общие положения. Разрешающие уравнения изгиба тонких пластин	Основные уравнения изгиба тонких пластин Дифференциальное уравнение изгиба пластины. Задание граничных условий. Изучение теоретического материала по теме.
33	Постановки и методы решения задач изгиба пластин	Задача 5.1. Расчет изгибаемой плиты численными методами Методы приближенного решения дифференциального уравнения изгиба. Расчет плиты методом конечных разностей на разных сетках. Построение графиков сходимости решения для прогиба и изгибающих моментов в плите. Вариационные методы решения задач изгиба пластин. Изучение теоретического материала по теме.
34	Расчет плит методом конечных элементов	Задача 5.1. Расчет изгибаемой плиты численными методами Расчет плиты методом конечных элементов на разных сетках. Построение графиков сходимости решения для прогиба и изгибающих моментов в плите. Сравнительный анализ результатов, полученных МКР и МКЭ. Выводы по применению численных методов для расчета изгибаемой плиты. Изучение теоретического материала по теме.
35	Общие положения о расчете тонких оболочек	Общие положения о расчете тонких оболочек. Деформации и усилия в тонких оболочках Основные понятия и определения оболочек. Классификация оболочек. Описание поверхности. Криволинейная система координат. Деформации и усилия в тонких оболочках. Связь напряжений с внутренними усилиями. Частные теории расчета тонких оболочек.
36	Расчет тонких пологих оболочек. Общие сведения о численных методах расчета оболочек	Расчет оболочек с помощью ПК "SCAD" или "LIRA" Применение ПК для расчета оболочек. Расчетная схема оболочки, уравнение поверхности оболочки, граничных условий. Нагрузка и проведение расчета. Изучение теоретического материала по теме.
37	Применение метода конечных элементов к расчету оболочек	Задача 5.2. Расчет пологой оболочки методом конечных элементов Расчет оболочки методом конечных элементов в ПК "SCAD Office" или "Лира-САПР" для нескольких вариантов загрузки. Для невыгодного нагружения изобразить эпюры прогибов, изгибающих моментов и нормальных сил. Выводы по расчету оболочки. Изучение теоретического материала по теме.

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

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, практических и лабораторных 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 лабораторным занятиям;
- подготовка к выполнению контрольных заданий;
- подготовка к выполнению контрольных работ;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к промежуточной аттестации.

Залогом успешного освоения дисциплины является обязательное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий, так как пропуск одного (тем более нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется выполнением контрольных работ по темам дисциплины согласно РПД.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться с содержанием РПД для студентов очной формы обучения, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим и лабораторным занятиям.

При подготовке к практическим и лабораторным 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;
- подготовить отчеты по выполненным лабораторным работам;
- выполнить контрольные задания в рамках изучаемой темы;
- выполнить контрольные работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Выполнению контрольных (расчетно-графических) 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 А4 (210х297) с соблюдением ГОСТ. На титульном листе обязательно указываются номер и наименование работы, фамилия и инициалы студента и шифр. Образцы оформления стандартных листов даны в приложении к методическим указаниям. Оформление работ на листах другого формата не допускается.

Итогом изучения дисциплины является зачет с оценкой (5 семестр) и экзамен (6, 7 семестр).

Зачет проставляется по результатам выполнения контрольных заданий, контрольных работ и устного собеседования.

Экзамен проводится по расписанию сессии. Форма проведения занятия – устная. Студенты, не прошедшие аттестацию по графику сессии, 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	Расчетные схемы сооружений, их кинематический анализ	ОПК-1.2, ОПК-3.1, ОПК-11.1	Устный опрос, решение задач
2	Многопролетные шарнирно-консольные балки	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 1 (задача 1.1)
3	Многодисковые расчетные схемы. Трехшарнирные рамы и арки. Рамы с замкнутым контуром	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 1 (задача 1.2)
4	Статически определимые плоские фермы	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 1 (задача 1.3)
5	Линии влияния реакций и внутренних усилий в простых и многопролетных балках	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 1 (задача 1.4)
6	Определение реакций и внутренних усилий по линиям влияния	ОПК-1.2, ОПК-3.1, ОПК-6.11	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 1 (задача 1.4)
7	Линии влияния усилий в арках, рамах и простых фермах	ОПК-1.2	Устный опрос, решение задач
8	Основные принципы и теоремы строительной механики. Формула Максвелла-Мора	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5	Устный опрос, решение задач
9	Определение перемещений в шарнирно-консольных балках и плоских рамах от силовой нагрузки	ОПК-1.2, ОПК-6.11	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 1 (задача 1.5)
10	Определение перемещений от температурного воздействия и от осадки опор	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-6.11	Устный опрос, решение задач
11	Иная контактная работа	ОПК-1.2	Устный опрос

12	Зачет с оценкой	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1, ОПК-11.6	
13	Статически неопределимые системы, их свойства и особенности	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.3, ОПК-11.6	Устный опрос, решение задач.
14	Расчет статически неопределимых рам методом сил на действие силовой нагрузки	ОПК-1.2, ОПК-1.8, ОПК-11.1, ОПК-11.3	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 2 (задачи 2.1, 2.2)
15	Расчет рам методом сил на температурное воздействие и осадку опор	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.8, ОПК-11.1, ОПК-11.3	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 2 (задача 2.3)
16	Расчет статически неопределимых ферм и пространственных рам методом сил	ОПК-1.2, ОПК-1.8, ОПК-3.1, ОПК-11.1, ОПК-11.3	Устный опрос, решение задач
17	Метод перемещений в канонической форме	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.5, ОПК-11.3, ОПК-11.6	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 3 (задача 3.1)
18	Расчет рам методом перемещений на действие силовой нагрузки	ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-1.8, ОПК-11.1, ОПК-11.3	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 3 (задача 3.1)
19	Расчет рам методом перемещений на температурное воздействие и осадку опор	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.8, ОПК-11.1, ОПК-11.3, ОПК-11.6	Устный опрос, решение задач
20	Расчет пространственных рам методом перемещений	ОПК-1.2, ОПК-11.1, ОПК-11.3	Устный опрос, решение задач
21	Метод перемещений в матричной форме	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-3.1, ОПК-11.1, ОПК-11.3, ОПК-11.6	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 3 (задача 3.2)
22	Основы расчета стержневых систем методом конечных элементов	ОПК-1.2, ОПК-1.8, ОПК-3.1, ОПК-11.1, ОПК-11.3, ОПК-11.6	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 3 (задача 3.3)
23	Смешанный метод расчета статически неопределимых рам	ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-1.8, ОПК-11.1, ОПК-11.3, ОПК-11.6	Устный опрос, решение задач
24	Иная контактная работа	ОПК-1.2	Устный опрос
25	Экзамен	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1, ОПК-11.6	Устный опрос
26	Основные понятия и определения динамики сооружений. Свободные и вынужденные колебания систем с одной	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1, ОПК-11.3, ОПК-	Устный опрос, решение задач

	степенью свободы	11.6	
27	Свободные и вынужденные колебания систем с несколькими степенями свободы	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.8, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.1, ОПК-11.6	Устный опрос, решение задач
28	Приближенные методы решения задач динамики. Меры защиты от динамических воздействий	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.8, ОПК-3.1, ОПК-6.11, ОПК-11.3, ОПК-11.6	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 4 (задача 4.1)
29	Основные положения устойчивости сооружений	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.6	Устный опрос, решение задач
30	Устойчивость центрально-сжатых прямолинейных стержней	ОПК-1.2, ОПК-6.11, ОПК-11.1, ОПК-11.3, ОПК-11.6	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 4 (задача 4.2)
31	Динамический и энергетический методы расчета на устойчивость	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-6.11, ОПК-11.3	Устный опрос, решение задач.
32	Общие положения. Разрешающие уравнения изгиба тонких пластин	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-3.1	Устный опрос
33	Постановки и методы решения задач изгиба пластин	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-11.1, ОПК-11.3, ОПК-11.6	Устный опрос, решение задач
34	Расчет плит методом конечных элементов	ОПК-1.2, ОПК-1.8, ОПК-11.1, ОПК-11.3	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 5 (задача 5.1)
35	Общие положения о расчете тонких оболочек	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-3.1	Устный опрос
36	Расчет тонких пологих оболочек. Общие сведения о численных методах расчета оболочек	ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-11.3, ОПК-11.6	Устный опрос
37	Применение метода конечных элементов к расчету оболочек	ОПК-1.2, ОПК-6.11, ОПК-11.1, ОПК-11.3	Устный опрос, решение задач. Выполнение контрольной работы № 5 (задача 5.2)
38	Иная контактная работа	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1, ОПК-11.6	Устный опрос
39	Экзамен	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-3.1, ОПК-11.1, ОПК-11.6	Устный опрос

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 задания для самостоятельной работы на практических занятиях (для проверки сформированности индикатора достижений компетенций: ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-1.7, ОПК- 1.10, ОПК-3.1, ОПК- 6.17, ОПК- 6.18, ОПК- 6.19, ОПК- 11.1, ОПК- 11.6, ОПК-11.7)

5 семестр. Файл расположен в Приложениях: "Контрольные задания. 5 семестр.pdf"

1. Определение усилий в однодисковых системах (построение эпюр M , Q , N).
2. Определение усилий в двухдисковых системах (построение эпюр M , Q , N).
3. Определение усилий в рамах с замкнутым контуром (построение эпюр M , Q , N).
4. Определение усилий (N) в стержнях простых ферм.
5. Построение линий влияния усилий (R , M , Q) в шарнирно-консольных балках.
6. Определение перемещений в шарнирно-стержневых системах (фермах).
7. Определение перемещений в простых (однодисковых) системах.
8. Определение перемещений в двухдисковых системах.

6 семестр. Файл расположен в Приложениях: "Контрольные задания. 6 семестр.pdf"

1. Определение перемещений в статически определимых системах.
2. Расчет простых статически неопределимых систем методом сил.
3. Расчет статически неопределимых рам на внешнюю нагрузку методом сил.
4. Расчет статически неопределимых систем на осадку опор методом сил.
5. Расчет статически неопределимых систем методом перемещений.
6. Учет симметрии при расчете рам методом перемещений.
7. Расчет дважды кинематически неопределимых систем методом перемещений.
8. Расчет статически неопределимых систем смешанным методом.

7 семестр. Файл расположен в Приложениях: "Контрольные задания. 7 семестр.pdf"

1. Динамический расчет системы с одной степенью свободы.
2. Определение частот свободных колебаний рамы.
3. Расчет системы на устойчивость статическим способом.
4. Расчет рамы на устойчивость методом перемещений.
5. Решение обратной задачи теории изгиба пластин.
6. Расчет изгибаемой пластины методом конечных разностей.
7. Расчет изгибаемой пластины методом Бубнова – Галеркина.
8. Расчет изгибаемой пластины методом конечных элементов.

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

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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; - безусловно 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>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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>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

Перечень вопросов (для проверки сформированности индикаторов достижения компетенций: ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-1.7, ОПК- 1.10, ОПК-3.1, ОПК- 6.17, ОПК- 6.18, ОПК- 6.19, ОПК- 11.1, ОПК- 11.6, ОПК-11.7)

5 семестр. Строительная механика, часть 1

1. Основные понятия расчетной схемы сооружения. Связи и узлы плоской расчетной схемы.
2. Классификация стержневых систем и их расчетных схем. Кинематический анализ схем.
3. Расчет шарнирно-консольных балок. Определение реакций и внутренних усилий.
4. Расчет плоских трехшарнирных рам. Определение реакций и внутренних усилий.
5. Расчет рам с замкнутым контуром. Определение реакций и внутренних усилий.
6. Построение эпюр внутренних усилий в плоских рамах. Основные свойства и проверка

эпюр.

7. Расчет трехшарнирных арок. Определение реакций и внутренних усилий.
8. Простые плоские фермы. Условие геометрической неизменяемости. Классификация ферм.
9. Расчет статически определимых ферм. Способы определения усилий в стержнях фермы.
10. Особенности расчета распорных и шпренгельных ферм. Расчет пространственных ферм.
11. Расчет систем на подвижную нагрузку. Линии влияния усилий, способы их построения.

12. Построение линий влияния опорных реакций и усилий в многопролетных балках.
13. Построение линий влияния внутренних усилий в трехшарнирных системах.
14. Определение усилий по линиям влияния от неподвижной и подвижной нагрузок.
15. Линии влияния усилий в простых фермах. Способы построения, свойства линий влияния.
16. Основные принципы строительной механики. Виды перемещений. Работа внешних сил.
17. Основные теоремы строительной механики. Формула Максвелла–Мора и ее применение.
18. Определение перемещений в стержневых системах. Формулы перемножения эпюр.
19. Определение перемещений в изгибаемых системах. Построение деформированной схемы.
20. Определение перемещений от температурного воздействия и от осадки опор.

6 семестр. Строительная механика, часть 2

1. Какие системы называются статически неопределимыми (СНС). Что такое степень статической неопределимости системы? Как определяется?
2. Каковы основные свойства статически неопределимых систем? Назовите три основных (классических) метода расчета СНС?
3. Какова основная идея метода сил (МС)? Какая выбирается основная система (ОС) метода сил? Основные требования к ней.
4. Каков смысл канонических уравнений метода сил? Каков физический смысл коэффициентов при неизвестных δ_{ij} в МС?
5. Каковы свойства главных и побочных коэффициентов канонических уравнений? Каким образом вычисляются коэффициенты δ_{ij} и свободные члены $\Delta_i F$ в методе сил?
6. Как вычисляются эпюры результирующих моментов в методе сил? В чем идея и суть деформационной проверки в методе сил?
7. Как определяются поперечные силы Q через значения моментов? Как определяются продольные силы N через поперечные силы?
8. Назовите пять основных этапов расчета СНС методом сил. В чем идея и суть статической проверки расчета в методе сил?
9. Как определяются свободные члены $\Delta_i T$ при расчете на температуру и $\Delta_i O$ при расчете на осадку опор?
10. Как можно определить перемещения в статически-неопределимой системе?
11. К каким упрощениям ведет учет симметрии при расчете методом сил? Какие способы упрощения при расчете симметричных систем?
12. Что такое парные неизвестные и группировка неизвестных в МС? В чем упрощение при действии симметричной/косо-симметричной нагрузки?
13. Как определить степень статической неопределимости пространственной рамы? В чем заключаются особенности расчета пространственных рам методом сил?
14. В чем заключаются особенности расчета статически неопределимых ферм МС?
15. Что такое степень кинематической неопределимости системы? Как определяется степень кинематической неопределимости?
16. Как получается основная система метода перемещений (МП)? В чем отличие основной системы МП от основной системы МС?
17. Каковы основные требования к основной системе метода перемещений? Какие типы стержней составляют основную систему МП?
18. Каков смысл канонических уравнений метода перемещений? Каков физический смысл коэффициентов при неизвестных и свободных членах $R_i F$ в методе перемещений?
19. Как вычисляются коэффициенты r_{ij} и свободные члены $R_i F$ в методе перемещений?
20. Как определяются результирующие моменты при расчете методом перемещений? Как можно выполнить их проверку?
21. Назовите пять основных этапов расчета СНС методом перемещений. Как делается статическая проверка правильности расчета методом перемещений?
22. Как определяются свободные члены $R_i T$ при расчете на температуру и $R_i O$ при расчете на осадку опор?
23. Как можно упростить ОС метода перемещений при расчете симметричных рам? Что такое парные неизвестные и группировка неизвестных в методе перемещений?
24. Как определить степень кинематической неопределимости пространственных рам? В чем проявляются особенности расчета пространственных рам МП?

25. Основное матричное уравнение при расчете рам МП в матричной форме? Из чего состоит матрица индексов при расчете рам МП в матричной форме, ее назначение?

26. В чем идея и суть применения метода перемещений при построении линий влияния?

27. Какова основная идея смешанного метода расчета СНС? Какие величины являются неизвестными в смешанном методе?

28. Как выбирается основная система смешанного метода? В каких случаях рациональнее применять смешанный метод?

29. Каков смысл канонических уравнений в смешанном методе? Как можно определить коэффициенты $\delta_{ij} = -r_{ij}$ в смешанном методе?

30. Как находятся коэффициенты δ_{ii} , r_{jj} и свободные члены $\Delta_i F$ и $R_j F$ в смешанном методе? Как определяются результирующие моменты при расчете смешанным методом?

7 семестр. Строительная механика, часть 3

1. Динамика сооружений. Виды динамических нагрузок. Основные законы динамики.

2. Колебания и их виды. Методы решения задач динамики. Степень свободы масс. Системы с распределенными и сосредоточенными массами.

3. Свободные незатухающие колебания упругой системы с одной степенью свободы. Основные характеристики свободных колебаний.

4. Свободные затухающие колебания упругой системы с одной степенью свободы. Уравнение затухающих колебаний. Логарифмический декремент затухания.

5. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы. Динамический коэффициент и его смысл.

6. Явление резонанса. Зависимость динамического коэффициента в области резонанса от логарифмического декремента затухания. Приближенная формула для динамического коэффициента и область ее применения.

7. Свободные колебания упругой системы с двумя степенями свободы. Определитель частот. Обобщение на случай нескольких степеней свободы.

8. Определение частот свободных колебаний системы с двумя степенями свободы. Решение уравнения частот и его проверки.

9. Уравнения форм колебаний механической системы с двумя степенями свободы. Построение форм колебаний.

10. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы при несовпадении направления колебаний массы и направления вибрационной нагрузки. Определение динамических усилий.

11. Вынужденные колебания системы с двумя степенями свободы. Канонические уравнения для амплитуд инерционных сил.

12. Определение коэффициентов и свободных членов канонических уравнений для амплитуд инерционных сил. Построение динамической эпюры изгибающих моментов.

13. Энергетический способ определения первой частоты свободных колебаний системы с распределенными массами. Принципы задания формы колебаний.

14. Способ приведенных масс для определения первой частоты свободных колебаний системы с распределенными массами.

15. Влияние вибрационной нагрузки на конструкции, оборудование и организм человека. Меры защиты от динамических воздействий.

17. Учет симметрии в задачах динамики. Симметричные и кососимметричные формы колебаний. Группировка симметрично расположенных точечных масс.

18. Понятие о потере устойчивости и критической нагрузке. Способы (критерии) решения задач устойчивости. Статический критерий устойчивости и допущения при его применении.

19. Использование статического критерия устойчивости при определении критической нагрузки в системе с одной степенью свободы (пример).

20. Использование замены упругих участков расчетной схемы условными упругими связями при определении критической силы статическим способом (пример).

21. Задача Эйлера об устойчивости центрально-сжатого стержня (основные результаты). Расчетные параметры задачи устойчивости. Критический параметр, расчетная длина и коэффициент приведения.

22. Значения критической силы, расчетной длины и коэффициента приведения для основных

случаев закрепления центрально-сжатого стержня.

23. Составление уравнения устойчивости для системы с бесконечным числом степеней свободы путем непосредственного интегрирования дифференциального уравнения оси стержня (пример составления дифференциального уравнения и гр. условий).

24. Решение уравнения устойчивости с помощью таблиц специальных функций. Определение границ поиска минимального корня (пример).

24. Решение задач устойчивости методом перемещений. Система канонических уравнений.

Уравнение устойчивости в общем виде.

25. Основные определения и классификация пластин.

26. Техническая теория изгиба пластин. Гипотезы Кирхгофа.

27. Перемещения, деформации, напряжения и усилия в пластине.

28. Дифференциальное уравнение изгиба пластины.

29. Формулировка граничных условий для изгибаемой пластины.

30. Элементарные случаи изгиба пластин. Решение прямой и обратной задач изгиба пластин.

31. Ортотропные и конструктивно ортотропные пластины. Пластины на упругом основании.

32. Методы расчета изгибаемых пластин, их классификация.

33. Суть метода конечных разностей для расчета пластин.

34. Конечно-разностный оператор дифференциального уравнения изгиба. Граничные условия.

35. Основные положения метода Бубнова – Галеркина. Базисные функции.

36. Вариационная постановка задачи изгиба пластины. Вариационно-разностный метод.

37. Суть метода конечных элементов. Основные положения. Достоинства и недостатки МКЭ.

38. Конечные элементы изгибаемой пластины. Степени свободы узла. Аппроксимация и функции формы конечного элемента.

39. Основные соотношения для конечного элемента пластины. Матрица жесткости.

40. Последовательность расчета методом конечных элементов.

41. Основные понятия и определения для оболочки. Плоскость проекции и стрела подъема.

42. Классификация оболочек. Описание поверхности оболочки в декартовой системе.

43. Деформации и усилия в тонких оболочках. Связь напряжений с внутренними усилиями.

44. Дополнительные гипотезы для пологих оболочек?

45. Частные теории расчета тонких оболочек. Безмоментная и полубезмоментная теории.

46. Техническая теория тонких оболочек. Дополнительные гипотезы.

47. Напряженное состояние пологой оболочки. Деформации и уравнения равновесия пологой оболочки.

48. Разрешающая система уравнений и граничные условия для пологой оболочки.

49. Применение метода конечных элементов к расчету оболочек. Преимущества и недостатки МКЭ.

50. Типы конечные элементы для расчета оболочек. Особенности применения МКЭ к расчету оболочек.

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Тестовые задания (для проверки сформированности индикатора достижений компетенций: ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-1.7, ОПК-1.10, ОПК-3.1, ОПК-6.17, ОПК-6.18, ОПК-6.19, ОПК-11.1, ОПК-11.6, ОПК-11.7, ОПК-11.13, ОПК-11.14)

Семестр 5. Файл размещен по адресу ЭИОС Moodle:
<https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=8>

Семестр 6. Файл размещен по адресу ЭИОС Moodle:
<https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=8>

Семестр 7. Файл размещен по адресу ЭИОС Moodle:
<https://moodle.spbgasu.ru/course/index.php?categoryid=8>

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 (для проверки сформированности индикаторов достижения компетенций: ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-1.7, ОПК- 1.10, ОПК-3.1, ОПК- 6.17, ОПК- 6.18, ОПК- 6.19, ОПК- 11.1, ОПК- 11.6, ОПК-11.7)

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 оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля.

1.1. Самостоятельная работа на практических занятиях и удаленно по решению контрольных заданий.

Перечень контрольных заданий приведен в разделе ФОС/Типовые контрольные задания...

1.2. Выполнение контрольных работ согласно утвержденным методическим указаниям. (ЛЗ.1, ЛЗ.2, ЛЗ.3, ЛЗ.4)

Перечень контрольных работ:

5 семестр. (ЛЗ.4)

Контрольная работа № 1. "Расчет статически определимых систем".

Задача 1.1. Определение внутренних усилий в шарнирно-консольной балке.

Задача 1.2. Определение внутренних усилий в многодисковой раме.

Задача 1.3. Определение усилий в стержнях балочной фермы.

Задача 1.4. Расчет шарнирно-консольной балки на подвижную нагрузку.

Задача 1.5. Определение перемещений в многодисковой раме.

6 семестр. (ЛЗ.4)

Контрольная работа № 2. "Расчет статически неопределимой рамы методом сил".

Задача 2.1. Расчет плоской статически неопределимой рамы методом сил.

Задача 2.2. Определение перемещений в статически неопределимой раме.

Задача 2.3. Расчет статически неопределимой рамы методом сил на осадку опор.

Контрольная работа № 3. "Расчет статически неопределимой рамы методом перемещений".

Задача 3.1. Расчет плоской рамы методом перемещений в канонической форме.

Задача 3.2. Расчет плоской рамы методом перемещений в матричной форме.

Задача 3.3. Расчет плоской рамы методом конечных элементов.

7 семестр. (ЛЗ.1, ЛЗ.2, ЛЗ.3)

Контрольная работа № 4. "Расчет плоской рамы на динамику и устойчивость".

Задача 4.1. Динамический расчет плоской рамы на вибрационную нагрузку.

Задача 4.2. Расчет плоской рамы на устойчивость методом перемещений.

Контрольная работа № 5. "Расчет тонкостенных конструкций".

Задача 5.1. Расчет изгибаемой плиты численными методами.

Задача 5.2. Расчет полой оболочки методом конечных элементов.

2. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой (5 семестр) и экзамена (6, 7 семестр) .

2.1. Зачет проставляется по результатам выполнения контрольных заданий, контрольных работ и устного собеседования.

2.2. Экзамен проставляется по результатам сдачи экзамена в экзаменационную сессию. В

экзаменационный билет включено 2 теоретических вопроса и практическое задание (задача), соответствующее содержанию формируемых компетенций.

Экзамен проводится в устной форме. На подготовку по экзаменационному билету отводится 60 мин.

Примеры практических заданий приведены в разделе ФОС/ Практические задания для проведения промежуточной аттестации.

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

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
Критерии оценивания	Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка

знания	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.
умения	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.	Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.	Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.
-------------------	--	---	---	--

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<u>Основная литература</u>		
1	Бабанов В. В., Масленников Н. А., Строительная механика. Расчетно-графические работы, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017	http://www.iprbookshop.ru/74351.html
2	Бабанов В. В., Строительная механика, М.: Академия, 2011	384
3	Масленников А. М., Динамика и устойчивость сооружений, М.: Юрайт, 2016	50
4	Бабанов В. В., Строительная механика для архитекторов, Москва: Юрайт, 2023	https://urait.ru/bcode/511533
<u>Дополнительная литература</u>		

1	Лукашевич А. А., Теория расчета пластин и оболочек, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017	http://www.iprbookshop.ru/78585.html
1	Лукашевич А. А., Теория расчета пластин и оболочек, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017	http://www.iprbookshop.ru/74353.html
2	Кобелев Е. А., Масленников Н. А., Строительная механика, СПб., 2018	20

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
"Теоретическая подготовка_Строительная механика": электронный курс в системе Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=4539
"Теоретическая подготовка_Строительная механика, часть 3 (для СУЗС)": электронный курс в системе Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=3044

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	https://www.biblio-online.ru/
Электронная библиотека Ирбис 64	http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	http://www.iprbookshop.ru/
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	www.spbgasu.ru
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
Образовательные интернет-ресурсы СПбГАСУ	https://www.spbgasu.ru/Universtet/Biblioteka/Obrazovatelnye_internet-resursy/
Российская государственная библиотека	www.rsl.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)
Math Cad версия 15	Сублицензионное соглашение на использование продуктов "РТС" с ООО"Софт Лоджистик" договор №20716/SPB9 2010 г. Лицензия бессрочная
Scad Office версия 21	SCAD Office договор №113 от 13.03.2015 с ООО "Автоматизация Проектных работ". Лицензия бессрочная

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
59. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	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, аудиосистема), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.
59. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.
59. 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.

59. Межкафедральная лаборатория:
Секция А
2-я Красноармейская ул. д.4
Ауд. № 40, № 15, № 226

Гидравлическая машина 30тс; Испытательная машина 140тс; Пресс гидравлический 50тс; Машина испытательная 50тс; Пресс гидравлический 500тс; Универсальная напольная испытательная электромеханическая машина до 100 кН; Универсальная настольная испытательная электромеханическая машина до 10 кН; Универсальная настольная испытательная электромеханическая машина до 50кН; Универсальная электромеханическая испытательная машина 600кН; Сервогидравлическая испытательная система UTM на 100кН; Сервогидравлическая высокочастотная испытательная система MaKron на 25кН; Сервогидравлическая испытательная система - Magnum - 2000кН; A1220 MONOLITH ультразвуковой дефектоскоп для контроля бетона; Детектор стержней арматуры и определение толщины защитного слоя; Молоток для испытаний бетона SilverSchmidt PC; Прибор для определения прочности материалов методом отрыва ПОС 50МГ4.У; Твердомер Equotip 3; Ультразвуковой прибор Pundit Lab; TDS-150 - Комплекс измерительный 40-канальный; TDS-530-30 - Комплекс измерительный 30-канальный; Ноутбук ASUS X450LB-WX0; Портативный многоосновной оптико-эмиссионный анализатор химического состава металлов и сплавов PMI-MASTER UVR Pro; Портативный рентгено-флуоресцентный спектрометр для анализа металлов с возможностью определения "легких элементов" X-MET 8000 Expert

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