

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 01.03.03 Механика и математическое моделирование

Наименование образовательной программы: Математическое и компьютерное моделирование в механике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.04</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	5 семестр - 4; 7 семестр - 6; 8 семестр - 5; всего - 15
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>540 часов</b>
<b>Лекции</b>	5 семестр - 32 часа; 7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 28 часа; всего - 92 часа
<b>Практические занятия</b>	5 семестр - 32 часа; 7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 42 часа; всего - 106 часов
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	7 семестр - 18 часов; 8 семестр - 2 часа; всего - 20 часов
<b>Самостоятельная работа</b>	5 семестр - 79,7 часа; 7 семестр - 129,2 часа; 8 семестр - 107,5 часов; всего - 316,4 часов
<b>в том числе на КП/КР</b>	7 семестр - 51,7 часа;
<b>Иная контактная работа</b>	7 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Коллоквиум</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Зачет с оценкой	5 семестр - 0,3 часа;
Защита курсового проекта	7 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	8 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,6 часа

**Москва 2026**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цой В.Э.
	Идентификатор	Rd9d3a9dd-TsoyVE-b05eb4b4

В.Э. Цой

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цой В.Э.
	Идентификатор	Rd9d3a9dd-TsoyVE-b05eb4b4

В.Э. Цой

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883c

И.В. Меркурьев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является изучение основных положений и методов строительной механики для расчёта конструкций на прочность, жёсткость, устойчивость и колебания, изучение основ, принципов и методов расчета элементов строительных конструкций на прочность и жесткость, необходимых в профессиональной деятельности по выбранному профилю для решения современных научно-технических проблем и задач совершенствования и создания инженерных сооружений..

### Задачи дисциплины

- освоение практических приемов составления расчетных схем стержневых конструкций и их анализа для дальнейшего расчета на статические и динамические нагрузки;
- освоение классических аналитических и численных методов расчета стержневых конструкций на прочность, их сравнительный анализ и область применения;
- приобретение навыков алгоритмизации прочностных расчетов конструкций с использованием современных математических программных комплексов;
- развитие аналитического мышления, способности к анализу физических процессов и явлений;
- формирование умения разбираться в методах расчета упругих систем, теоретических основах строительной механики машин, оценивать правильность результатов расчета;
- приобретение навыков обоснованного применения принципов и методов расчета элементов строительных конструкций, в том числе с использованием современного математического аппарата и программного обеспечения;
- овладение методами теории пластин и оболочек для проектирования и прочностных расчетов конструкций современными методами механики.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен участвовать в компьютерной реализации математических и расчетных моделей механических систем с целью обеспечения надежности	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Составляет математическую и расчетную модель объекта профессиональной деятельности	знать: <ul style="list-style-type: none"><li>- основы метода конечных элементов;</li><li>- алгоритм расчета конструкций методом конечных элементов;</li><li>- понятия, основные допущения и положения, уравнения для теории классической линейной и неклассических теорий расчета пластин и пределы применимости теорий;</li><li>- понятия, основные положения и методы классических методов строительной механики стержневых систем (методы сил и перемещений);</li><li>- понятия, основные допущения и положения, уравнения для свободного и стесненного кручения тонкостенных стержней открытого и закрытого профилей и пределы применимости теорий;</li><li>- понятия, основные допущения и положения описания геометрии поверхностей в криволинейных координатах, сведения из геометрии</li></ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>поверхностей и аппарата тензорного исчисления применительно к решению задач теории оболочек в криволинейных координатах;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понятия, основные допущения и положения, уравнения для теории классической линейной и неклассических теорий расчета оболочек и пределы применимости теорий.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- получать основные соотношения, определяющие компоненты вектора перемещений, тензоров деформаций и напряжений, уравнения равновесия и граничные условия для линейной и неклассических теорий расчета оболочек;</li> <li>- получать основные соотношения, определяющие компоненты вектора перемещений, тензоров деформаций и напряжений, уравнения равновесия и граничные условия для свободного и стесненного кручения тонкостенных стержней открытого и закрытого профилей;</li> <li>- составлять и анализировать расчетные схемы для прочностного расчета стержневых конструкций, оценивать параметры НДС статически-неопределимых стержневых конструкций;</li> <li>- использовать математический аппарат, обосновывать выбор рационального метода решения задач свободного и стесненного кручения тонкостенных стержней открытого и закрытого профилей;</li> <li>- использовать математический аппарат, обосновывать выбор рационального метода решения задач линейной и неклассических теорий расчета пластин;</li> <li>- использовать математический аппарат, обосновывать выбор рационального метода решения задач линейной и неклассических теорий расчета оболочек.</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен участвовать в компьютерной реализации математических и расчетных моделей механических систем с целью обеспечения надежности	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Проводит проектные и/или проверочные расчеты объектов профессиональной деятельности на статические и/или динамические нагрузки	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понятие прочности при сложном сопротивлении;</li> <li>- порядок нормативного расчета по Своду правил СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции»;</li> <li>- методы расчёта напряжённо-деформированного состояния для оболочек;</li> <li>- порядок проектного расчета стержневых конструкций при одновременном действии нескольких нагрузок (силовых, кинематических, температурных);</li> <li>- основные допущения и положения, методы расчёта напряжённо-деформированного состояния безмоментной теории оболочек, осесимметричной деформация цилиндрических оболочек, полубезмоментной теории цилиндрических оболочек, сферических оболочек, пологих оболочек, осесимметричной деформации оболочек вращения, многослойных и подкрепленных оболочек;</li> <li>- методы расчёта напряжённо-деформированного состояния для пластин;</li> <li>- методы расчёта напряжённо-деформированного состояния при свободном и стесненном кручении тонкостенных стержней открытого и закрытого профилей;</li> <li>- применение численных методов строительной механики для решения задач теории пластин;</li> <li>- применение численных методов строительной механики для решения задач теории оболочек;</li> <li>- применение численных методов строительной механики для решения задач стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции», при расчетах</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>элементов стальных конструкций;;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить расчеты тонкостенных стержней на прочность и жесткость методом конечных элементов, в том числе с использованием возможностей программного комплекса ANSYS/CAE Fidesys;</li> <li>- проводить расчеты пластин на прочность и жесткость методом конечных элементов, в том числе с использованием возможностей программного комплекса ANSYS/CAE Fidesys;</li> <li>- проводить расчеты оболочек на прочность и жесткость методом конечных элементов, в том числе с использованием возможностей программного комплекса ANSYS/CAE Fidesys;</li> <li>- составлять расчетные схемы для расчета инженерных конструкций и их элементов, определять параметры напряжённно-деформированного состояния тонкостенных стержней;</li> <li>- составлять расчетные схемы для расчета инженерных конструкций и их элементов, определять параметры напряжённно-деформированного состояния пластин, проводить расчет на прочность и жесткость;</li> <li>- составлять расчетные схемы для расчета инженерных конструкций и их элементов, определять параметры напряжённно-деформированного состояния оболочек, проводить расчет на прочность и жесткость;</li> <li>- проектировать стержневые конструкции при силовых, кинематических, температурных нагрузках.</li> </ul>
ПК-2 Способен участвовать в компьютерной реализации математических и расчетных моделей механических систем с целью обеспечения надежности	ИД-5 <sub>ПК-2</sub> Проводит анализ результатов расчетов, формулирует выводы и рекомендации, оформляет научно-технический отчет	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правила оформления отчета по курсовому проектированию.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оформить отчет с результатами расчетов с использованием современных офисных информационных технологий,</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>текстовых и графических редакторов, программных средств компьютерной графики и визуализации, средств печати;</p> <p>- анализировать и оформлять результаты курсового проектирования в виде отчета.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Математическое и компьютерное моделирование в механике (далее – ОПОП), направления подготовки 01.03.03 Механика и математическое моделирование, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Дисциплина базируется на знаниях, полученных в результате изучения следующих дисциплин: «Высшая математика», «Механика материалов и конструкций», «Информатика», «Теоретическая механика», «Уравнения математической физики», «Инженерная и компьютерная графика», «Сопротивление материалов», «Материаловедение», «Теория упругости», «Вычислительная механика», «Строительная механика машин», «Вычислительные методы компьютерного моделирования в механике»

- уметь Дисциплина базируется на умениях, полученных в результате изучения следующих дисциплин: «Высшая математика», «Механика материалов и конструкций», «Информатика», «Теоретическая механика», «Уравнения математической физики», «Инженерная и компьютерная графика», «Сопротивление материалов», «Материаловедение», «Теория упругости», «Вычислительная механика», «Строительная механика машин», «Вычислительные методы компьютерного моделирования в механике»

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 15 зачетных единиц, 540 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы									Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре		Подготовка к аттестации /контроль
							КПР	ГК	ИККП	ТК				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Напряженно-деформированное состояние при сложном сопротивлении	14	5	2	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка к контрольной работе №1 <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Повторение пройденного теоретического материала [1], гл. 3, стр. 30-58, <b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Подготовка задания первой части курсового проекта [5] <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 1-20
1.1	Основные понятия теории НДС	7		1	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Потенциальная энергия упругой деформации	7		1	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
2	Предмет строительной механики. Общие теоремы строительной механики	16		4	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> [1] гл. 9, стр. 159-175, [2] гл. 5, стр. 159-168, <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к контрольной работе №2 <b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Подготовка задания первой части КП [5] <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 1-92
2.1	Предмет строительной механики	7		1	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
2.2	Общие теоремы строительной механики	9		3	-	2	-	-	-	-	-	4	-	
3	Статически-неопределимые стержневые системы. Методы сил и перемещений	32		8	-	10	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Подготовка курсового проекта:</u></b> Подготовка задания второй части КП [5] <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> [1] гл. 10, стр. 194-206, [2] гл. 6, стр. 193-213, гл. 7, стр. 265-295
3.1	Статически-	10		2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	



	неопределимые стержневые системы.													<u><b>Подготовка к текущему контролю:</b></u> Подготовка к контрольной работе №2
3.2	Методы сил и перемещений	22		6	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [4], 1-20
4	Метод конечных элементов для стержневых систем	44		16	-	10	-	-	-	-	-	18	-	<u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> [3] гл. 1, стр. 81, 132-146, [4], гл. 1-5, стр. 7-163
4.1	Метод конечных элементов для стержневых систем, часть 1	20		8	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u><b>Подготовка к текущему контролю:</b></u> Подготовка к контрольной работе №3 <u><b>Подготовка курсового проекта:</b></u> Подготовка задания второй части КП [5]
4.2	Метод конечных элементов для стержневых систем, часть 2	24		8	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [2], гл.1,2 [3], гл.1-3
5	Расчеты конструкций по нормам. Нормативный расчет на выносливость	20		2	-	4	-	-	-	-	-	14	-	<u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> [1], гл. 11, стр. 214-226, [3]
5.1	Расчеты конструкций по нормам.	7		1	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<u><b>Подготовка курсового проекта:</b></u> Подготовка задания второй части КП [5]
5.2	Нормативный расчет на выносливость	13		1	-	2	-	-	-	-	-	10	-	<u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [4], 1-20
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	144.0		32	-	32	-	-	-	-	0.3	62	17.7	
	Итого за семестр	144.0		32	-	32	-	-	-	-	0.3	79.7		
6	Свободное кручение тонкостенных стержней открытого профиля	18	7	6	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u><b>Подготовка курсовой работы:</b></u> Выполнение заданий первой части курсового проекта
6.1	Модели в строительной механике машин	7		3	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Повторение пройденного теоретического материала [6]: стр. 5-7; [7]: стр.9-19
6.2	Теория свободного кручения тонкостенных стержней открытого	11		3	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u><b>Подготовка к текущему контролю:</b></u> Подготовка к тесту №1 <u><b>Подготовка к текущему контролю:</b></u> Подготовка к коллоквиуму №1 <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u>

	профиля												[5], 407, 408
7	Стесненное кручение тонкостенных стержней открытого профиля	32	9	-	11	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Выполнение заданий первой части курсового проекта <b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к коллоквиуму №1
7.1	Теория стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля	11	3	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к тесту №1 <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка к контрольной работе №3 <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка к контрольной работе №2
7.2	Дифференциальное уравнение стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля	11	3	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка к контрольной работе №1 <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Повторение пройденного теоретического материала [6] стр.408-419, стр.420-428, стр.446-477; [7]: стр.19-36, стр.91-105, стр.56-66, стр.109-138
7.3	Общий случай деформации тонкостенного стержня открытого профиля	10	3	-	3	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 408-420 [11], 4-19 [15], 321-333
8	Свободное кручение тонкостенных стержней закрытого профиля	10	3	-	3	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к тесту №1 <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Подготовка к контрольной работе №4
8.1	Теория свободного кручения тонкостенных стержней закрытого профиля	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Подготовка к коллоквиуму №1 <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Повторение пройденного теоретического материала [7]: стр.253-278, [12]: стр.1-6, [14]: стр.1-20
8.2	Расчет на свободное кручение тонкостенных стержней закрытого профиля	6	1	-	3	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [15], 336-339
9	Классическая теория изгиба пластин	31	9	-	10	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Выполнение заданий второй части курсового проекта

9.1	Классическая теория изгиба пластин. Основные сведения	7	3	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<u><b>Подготовка к контрольной работе:</b></u> Подготовка к контрольной работе №5
9.2	Методы решения краевых задач классической теории изгиба пластин прямоугольной формы	13	3	-	6	-	-	-	-	-	4	-	<u><b>Подготовка к текущему контролю:</b></u> Подготовка к коллоквиуму №2 <u><b>Подготовка к текущему контролю:</b></u> Подготовка к тесту №2 <u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Повторение пройденного теоретического материала [6]: стр.52-58, стр.96-110, стр.81-95, [8]: стр.206-257, [9]: стр.209-219, стр.219-259, [15]: стр.1-16 <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [6], 237-254 [7], 209-219 [9], 121-144 [12], 5-17 [14], 24-28 [17], 45-62 [19], 45-62
9.3	Уравнения классической теории изгиба пластин в полярных координатах	11	3	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
10	Неклассические теории изгиба пластин	17	5	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Повторение пройденного теоретического материала [6]: стр.110-122, [8]: стр.440-473, стр.362-405, [11]: стр.399-445
10.1	Техническая нелинейная теория	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u><b>Подготовка к текущему контролю:</b></u> Подготовка к тесту №2
10.2	Уточненная теория (пластины Тимошенко)	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<u><b>Подготовка к текущему контролю:</b></u> Подготовка к коллоквиуму №2
10.3	Решение нелинейных задач теории пластин. Применение численных методов строительной механики для решения задач теории пластин	10	2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u><b>Подготовка к контрольной работе:</b></u> Подготовка к контрольной работе №6 <u><b>Подготовка курсовой работы:</b></u> Выполнение заданий второй части курсового проекта <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [17], 440-444 [19], 440-444
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	

	Курсовой проект (КП)	72.0		-	-	-	16	-	4	-	0.3	51.7	-	
	Всего за семестр	216.0		32	-	32	16	2	4	-	0.8	95.7	33.5	
	Итого за семестр	216.0		32	-	32	18		4		0.8	129.2		
11	Геометрия поверхностей	41.0	8	8	-	10.0	-	-	-	-	-	23	-	<u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Повторение пройденного теоретического материала [6]: стр.211-215, стр.215-225, стр. 225-229. [10]: стр.11-19. [13]: стр.1-6. <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [10], 4, 5 [13], 60-79
11.1	Первая фундаментальная квадратичная форма поверхности	10		2	-	3	-	-	-	-	-	5	-	
11.2	Вторая фундаментальная форма поверхности	9		2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
11.3	Третья фундаментальная квадратичная форма	9		2	-	2	-	-	-	-	-	5	-	
11.4	Геометрия евклидова пространства, окружающего поверхность	6.5		1	-	1.5	-	-	-	-	-	4	-	
11.5	Системы координат. Тензор переноса. Метрический тензор пространства, окружающего поверхность. Ковариантное дифференцирование в пространстве, окружающем поверхность. Символы Кристоффеля второго рода	6.5		1	-	1.5	-	-	-	-	-	4	-	
12	Классическая теория оболочек в криволинейных координатах. Уравнения равновесия в физических	17		5	-	-	-	-	-	-	-	12	-	<u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Повторение пройденного теоретического материала [6]: стр. 230-232. [9]: стр.387-391. [10]: стр.19-67. <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u>

	составляющих											[8], 249-278 [16], 229-238 [17], 587-626 [18], 133-135 [19], 587-626
12.1	Классическая теория оболочек в криволинейных координатах	7	2	-	-	-	-	-	-	5	-	
12.2	Уравнения равновесия в физических составляющих. Уравнения совместности деформаций в оболочках	10	3	-	-	-	-	-	-	7	-	
13	Частные задачи классической теории оболочек	63.5	11.0	-	24.5	-	-	-	-	28	-	<u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Повторение пройденного теоретического материала [6]: стр.289-312, стр.331-344. [8]: стр.587-625. [9]: стр.444-453, [10]: стр.112-216, стр.224-301. стр.310-417. [11]: стр.277-302. [13]: стр.1-6. <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [8], 159-165 [9], 199-209 [16], 357-359 [17], 514-531 [19], 514-531
13.1	Безмоментная теория оболочек	10.5	2	-	3.5	-	-	-	-	5	-	
13.2	Цилиндрические оболочки	14.0	2.5	-	6.5	-	-	-	-	5	-	
13.3	Сферические оболочки	11	2	-	4	-	-	-	-	5	-	
13.4	Пологие оболочки	14	2	-	5	-	-	-	-	7	-	
13.5	Оболочки вращения	14.0	2.5	-	5.5	-	-	-	-	6	-	
14	Многослойные оболочки. Подкрепленные оболочки. Неклассические теории оболочек	22.5	4	-	7.5	-	-	-	-	11	-	<u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> [6]: стр.366-382. [11]: стр.327-339. <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [9], 327-337 [16], 240-248
14.1	Многослойные оболочки. Подкрепленные оболочки	11	2	-	4	-	-	-	-	5	-	
14.2	Неклассические теории оболочек	11.5	2	-	3.5	-	-	-	-	6	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5

	Всего за семестр	180.0		28.0	-	42.0	-	2	-	-	0.5	74	33.5	
	Итого за семестр	180.0		28.0	-	42.0	2	-	-	0.5	107.5			
	ИТОГО	540.0	-	92.0	-	106.0	20	4	1.6	316.4				

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 1. Напряженно-деформированное состояние при сложном сопротивлении

##### 1.1. Основные понятия теории НДС

Определение напряженно-деформированного состояния в точке. Тензоры напряжений и деформаций и их свойства. Главные площадки, главные оси, направляющие косинусы главных осей и главные напряжения. Экстремальные касательные напряжения. Инварианты тензоров напряжений и деформаций..

##### 1.2. Потенциальная энергия упругой деформации

Удельная и полная потенциальная энергия упругой деформации..

#### 2. Предмет строительной механики. Общие теоремы строительной механики

##### 2.1. Предмет строительной механики

Предмет строительной механики. Объекты строительной механики. Нагрузки. Расчетные схемы и методы строительной механики. Историческая справка..

##### 2.2. Общие теоремы строительной механики

Обобщенные силы и обобщенные перемещения. Принцип виртуальных перемещений для упругих систем. Вариационный принцип Лагранжа. Теорема Клапейрона. Теорема взаимности работ Бетти и принцип взаимности перемещений Максвелла. Формула Кастильяно. Формула Лагранжа. Потенциальная энергия упругой деформации. Потенциальная энергия плоской деформации призматического стержня. Потенциальная энергия пространственной деформации призматического стержня. Формула Максвелла-Мора. Теорема Менабреа о минимуме потенциальной энергии.

#### 3. Статически-неопределимые стержневые системы. Методы сил и перемещений

##### 3.1. Статически-неопределимые стержневые системы.

Геометрически неизменяемые системы. Мгновенно-изменяемые системы..

##### 3.2. Методы сил и перемещений

Метод сил: основная система метода сил, канонические уравнения метода сил. Метод перемещений: основная система метода перемещений, канонические уравнения метода перемещений. Свойства матриц коэффициентов канонических уравнений.

#### 4. Метод конечных элементов для стержневых систем

##### 4.1. Метод конечных элементов для стержневых систем, часть 1

Координатные функции стержневого элемента. Матрица жесткости изгибаемого стержневого элемента. Объединение элементов в КЭ-схему. Метод прямых жесткостей. Формирование глобальной матрицы жесткости. Приведение распределенной нагрузки к эквивалентной узловой. КЭ-схема и матрица жесткости при изгибе и растяжении-сжатии..

##### 4.2. Метод конечных элементов для стержневых систем, часть 2

Кинематическое нагружение. Осадка опор. Ортогональное преобразование поворота и переход от локальных координат к глобальным. Пружины и ферменные элементы. Температурные нагрузки.

## 5. Расчеты конструкций по нормам. Нормативный расчет на выносливость

### 5.1. Расчеты конструкций по нормам.

О нормативных расчетах конструкций на прочность. Основы расчета строительных конструкций на выносливость..

### 5.2. Нормативный расчет на выносливость

Основы расчета строительных конструкций на выносливость. Механизм усталостного разрушения. Характеристики сопротивления усталости. Факторы, влияющие на сопротивление усталости. Пример расчета по СП 16.13330.2011 Стальные конструкции..

## 6. Свободное кручение тонкостенных стержней открытого профиля

### 6.1. Модели в строительной механике машин

Моделирование объектов курса. Моделирование элементов конструкций.

### 6.2. Теория свободного кручения тонкостенных стержней открытого профиля

Основные гипотезы. Вычисление перемещений. Вычисление напряжений.

## 7. Стесненное кручение тонкостенных стержней открытого профиля

### 7.1. Теория стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля

Гипотезы теории. Перемещения и деформации при стесненном кручении тонкостенных стержней открытого профиля. Секториальная площадь, ее свойства. Геометрические характеристики сечения. Мгновенный центр вращения и центр изгиба сечения тонкостенного стержня открытого профиля. Определение мгновенного центра вращения и начальной точки на профильной линии сечения. Главная секториальная площадь. Нормальные напряжения при стесненном кручении тонкостенного стержня открытого профиля. Касательные напряжения. Бимомент, его механический смысл. Главный момент секториальных касательных напряжений. Его связь с бимоментом..

### 7.2. Дифференциальное уравнение стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля

Граничные условия. Область применения теории стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля. Несправедливость принципа Сен-Венана в этой теории. Применение метода начальных параметров для интегрирования уравнений стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля. Матричная форма записи решения.

### 7.3. Общий случай деформации тонкостенного стержня открытого профиля

Определение силовых факторов. Вычисление нормальных напряжений. Вычисление касательных напряжений. Применение метода конечных элементов для решения задач о стесненном кручении тонкостенных стержней открытого профиля.

## 8. Свободное кручение тонкостенных стержней закрытого профиля

### 8.1. Теория свободного кручения тонкостенных стержней закрытого профиля

Гипотезы теории. Гидродинамическая аналогия. Определение напряжений. Угол закручивания. Жесткость при кручении. Определение мгновенного центра вращения и начала отсчета на профильной линии..



8.2. Расчет на свободное кручение тонкостенных стержней закрытого профиля  
Общий случай деформации тонкостенного стержня закрытого профиля. Примеры сечений не испытывающих депланацию. Случай многосвязного сечения..

### 9. Классическая теория изгиба пластин

#### 9.1. Классическая теория изгиба пластин. Основные сведения

Основные гипотезы, их реализация. Кинематические соотношения в теории изгиба пластин. Перемещения и деформации. Тензор изменения кривизны срединной поверхности. Геометрический смысл компонент тензора изменения кривизны срединной поверхности. Силовые факторы. Выражение их через прогиб.

#### 9.2. Методы решения краевых задач классической теории изгиба пластин прямоугольной формы

Уравнение Софи Жермен - Лагранжа. Постановка граничных условий. Граничные условия на свободном краю. Вариационный вывод уравнения изгиба пластины и граничных условий из вариационного принципа Лагранжа. Применение рядов Фурье. Потенциальная энергия упругой деформации пластины при изгибе. Случай прямоугольной закрепленной по контуру пластины. Энергетическая погрешность гипотез Кирхгофа-Лява.

#### 9.3. Уравнения классической теории изгиба пластин в полярных координатах

Граничные условия. Интегрирование уравнения изгиба круговых и кольцевых пластин. Случай осевой симметрии. Несимметричная деформация круговых и кольцевых пластин. Элементарное решение при изгибе защемленной по контуру эллиптической пластины.

### 10. Неклассические теории изгиба пластин

#### 10.1. Техническая нелинейная теория

Уравнение изгиба пластины с начальными усилиями в срединной плоскости. Граничные условия. Техническая нелинейная теория пластин. Гипотезы технической нелинейной теории. Перемещения и деформации. Напряжения и внутренние силовые факторы. Уравнения Кармана. Линеаризация уравнений Кармана. Уравнения Кармана в полярных координатах. Граничные условия для уравнений Кармана.

#### 10.2. Уточненная теория (пластины Тимошенко)

Гипотезы теории. Перемещения и деформации. Напряжения и внутренние силовые факторы. Уравнения равновесия. Граничные условия.

#### 10.3. Решение нелинейных задач теории пластин. Применение численных методов строительной механики для решения задач теории пластин

Приближенные численные методы решения краевых задач. Метод Ритца. Метод Бубнова  
□ Галеркина. Метод взвешенных невязок. Классификация численных методов строительной механики. Метод конечных разностей. Принцип виртуальных перемещений. Принцип минимума полной потенциальной энергии. Принцип возможных изменений напряженного состояния. Принцип минимума полной дополнительной энергии. Базисные функции вариационно-разностного метода.

### 11. Геометрия поверхностей

#### 11.1. Первая фундаментальная квадратичная форма поверхности

Способы описания поверхностей. Евклидово и риманово пространства. Криволинейные координаты на поверхности. Первая фундаментальная форма поверхности. Метрический тензор. Внутренняя геометрия поверхности. Длина дуги, элемент площади поверхности. Примеры. Кривые на поверхности. Единичные касательный и нормальный векторы к кривой на поверхности. Единичный вектор, нормальный к поверхности. Скалярные, векторные и тензорные поля на поверхности. Ковариантное дифференцирование на поверхности.

#### 11.2. Вторая фундаментальная форма поверхности

Определение тензора кривизны поверхности. Геометрический смысл тензора кривизны поверхности с одинаковыми индексами и различными индексами. Тензор кривизны поверхности. Формулы Вейнгартена и Гаусса. Главные значения и главные направления тензора кривизны поверхности. Их свойства. Линии кривизны поверхности. Главные координаты поверхности. Средняя и гауссова кривизны поверхности. Поверхности положительной, отрицательной и нулевой гауссовой кривизны. Асимптотические линии.

#### 11.3. Третья фундаментальная квадратичная форма

Третий фундаментальный тензор поверхности. Тождества Гаусса и Кодаци, их геометрический смысл.

#### 11.4. Геометрия евклидова пространства, окружающего поверхность

11.5. Системы координат. Тензор переноса. Метрический тензор пространства, окружающего поверхность. Ковариантное дифференцирование в пространстве, окружающем поверхность. Символы Кристоффеля второго рода

### 12. Классическая теория оболочек в криволинейных координатах. Уравнения равновесия в физических составляющих

#### 12.1. Классическая теория оболочек в криволинейных координатах

Гипотезы классической теории оболочек. Геометрия срединной поверхности до и после деформации. Тензор деформации оболочки. Тензор деформации срединной поверхности и тензор изменения кривизны. Вектор перемещений в оболочке. Угол поворота нормали. Вывод формулы для тензора деформации срединной поверхности оболочки. Вывод формулы для тензора изменения кривизны срединной поверхности оболочки. Тензор вращения. Тензор напряжений в оболочке. Соотношения упругости. Потенциальная энергия упругой деформации оболочки. Энергетические усилия и моменты в оболочке. Их связь с обычными усилиями и моментами. Вариационный вывод уравнений равновесия оболочки. Граничные условия классической теории оболочек. Механический смысл статических граничных условий классической теории оболочек. Уравнения совместности деформаций в оболочках. Статико-геометрическая аналогия.

12.2. Уравнения равновесия в физических составляющих. Уравнения совместности деформаций в оболочках

Деформация срединной поверхности. Деформация произвольного слоя. Уравнения равновесия классической теории оболочек. Определение внутренних усилий и моментов. Вывод уравнений Лява. Уравнения совместности деформаций в оболочках. Статико-геометрическая аналогия.

### 13. Частные задачи классической теории оболочек

#### 13.1. Безмоментная теория оболочек

Противоречивость, условия существования безмоментного напряженного состояния. Уравнения равновесия безмоментной теории оболочек вращения. Применение метода сечений для определения усилий в оболочках. Емкости под действием равномерного давления. Напряжения в оболочках от гидростатического давления. Подкрепленные оболочки.

#### 13.2. Цилиндрические оболочки

Техническая теория цилиндрических оболочек. Введение функции усилий. Уравнения Власова. Разрешающее уравнение технической теории цилиндрических оболочек. Уравнения равновесия круговых цилиндрических оболочек. Связь между перемещениями, деформациями и силовыми факторами. Техническая теория цилиндрических оболочек. Уравнения Доннела-Муштари-Власова. Осесимметричная деформация цилиндрических оболочек. Вывод уравнения. Частное решение. Общее решение однородного уравнения осесимметричной деформации цилиндрических оболочек. Понятие о краевом эффекте. Погрешность технической теории цилиндрических оболочек. Область применения теории. Разрешающие уравнения технической теории цилиндрических оболочек. Техническая теория цилиндрических оболочек. Введение функции усилий. Уравнения Власова. Короткие осесимметрично нагруженные цилиндрические оболочки. Применение метода начальных параметров. Расчет цилиндрических оболочек, имеющих несколько участков по методу начальных параметров. Полубезмоментная теория цилиндрических оболочек. Основные гипотезы. Область применения. Применение метода конечных элементов для решения задач об изгибе цилиндрических оболочек.

#### 13.3. Сферические оболочки

Краевой эффект в сферической оболочке. Уравнение краевого эффекта. Граничные условия для сферического днища с жестко заделанной кромкой и с шарнирно закрепленной кромкой. Применение метода конечных элементов для решения задач деформирования сферических оболочек.

#### 13.4. Пологие оболочки

Теория пологих оболочек. Основные гипотезы. Уравнения равновесия, кинематические соотношения, соотношения упругости. Вывод уравнений Власова теории пологих оболочек. Разрешающие уравнения теории пологих оболочек. Методы решения уравнений теории пологих оболочек. Метод двойных тригонометрических рядов для решения краевых задач теории пологих оболочек. Применение метода одинарных тригонометрических рядов для решения краевых задач теории пологих оболочек. Применение метода конечных элементов для расчета задач об изгибе пологих оболочек.

#### 13.5. Оболочки вращения

Осесимметричная деформация оболочек вращения. Уравнения равновесия и совместности деформаций. Частное решение. Функции Мейснера, их смысл. Вывод уравнений Мейснера. Асимптотическое интегрирование уравнений Мейснера. Вычисление усилий, моментов и напряжений при асимптотическом интегрировании уравнений Мейснера. Определение перемещений при асимптотическом интегрировании уравнений Мейснера. Последовательность решения задач осесимметричной деформации оболочек вращения. Расчет составных оболочек вращения. Граничные условия и условия стыковки в случае использования уравнений Мейснера. Уравнения теории оболочек как уравнения с малым параметром при старших производных.

#### 14. Многослойные оболочки. Подкрепленные оболочки. Неклассические теории оболочек

##### 14.1. Многослойные оболочки. Подкрепленные оболочки

Многослойные оболочки. Двухслойный цилиндр. Двухслойный конус. Многослойные оболочки, эквивалентные однослойным. Энергия деформации многослойной оболочки. Подкрепленные оболочки.

##### 14.2. Неклассические теории оболочек

Уточненная теория пологих оболочек. Основные гипотезы. Кинематические соотношения. Уравнения уточненной теории пологих оболочек. Нелинейная техническая теория оболочек. Основные гипотезы. Вывод уравнений нелинейной технической теории оболочек. Ортоотропные пологие оболочки.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Примеры расчета многослойных и подкрепленных оболочек (4 часа, 8 семестр);
2. Расчет цилиндрических оболочек. Расчеты на изгиб оболочек в ANSYS (6,5 часа, 8 семестр);
3. Расчет сферических оболочек (4 часа, 8 семестр);
4. Расчет оболочек по безмоментной теории (3,5 часа, 8 семестр);
5. Основы геометрии поверхностей. Определение второго фундаментального квадратичного тензора (2 часа, 8 семестр);
6. Расчет оболочек по уточненной и технической нелинейной теориям (3,5 часа, 8 семестр);
7. Применение метода начальных параметров для интегрирования уравнений стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля (4 часа, 7 семестр);
8. Основы геометрии поверхностей. Определение вектора нормали, средней и гауссовой кривизны поверхности, символов Кристоффеля второго рода (3 часа, 8 семестр);
9. Основы геометрии поверхностей. Определение первого фундаментального квадратичного тензора (3 часа, 8 семестр);
10. Метод перемещений (4 часа, 5 семестр);
11. Метод сил (2 часа, 5 семестр);
12. Расчет пластин по уточненной и технической нелинейной теориям. Применение численных методов строительной механики для решения задач теории пластин (4 часа, 7 семестр);
13. Постановка граничных условий и интегрирование дифференциального уравнения стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля (4 часа, 7 семестр);
14. Определение геометрических характеристик тонкостенных стержней закрытого профиля. Расчет на кручение тонкостенных стержней закрытого профиля (3 часа, 7 семестр);
15. Метод конечных элементов в расчетах на прочность и жесткость стержневых систем (6 часов, 5 семестр);
16. Расчет пологих оболочек (5 часов, 8 семестр);
17. Основы геометрии поверхностей. Определение третьего фундаментального квадратичного тензора (2 часа, 8 семестр);
18. Определение геометрических характеристик тонкостенных стержней открытого профиля (4 часа, 7 семестр);
19. Осесимметричные задачи оболочек вращения (5,5 часа, 8 семестр);
20. Решение краевых задач классической теории изгиба пластин прямоугольной формы. Расчеты на изгиб пластин в ANSYS (6 часов, 7 семестр);
21. Вычисление нормальных и касательных напряжений в общем случае деформации

тонкостенных стержней открытого профиля. Расчеты на кручение тонкостенных стержней в ANSYS (3 часа, 7 семестр);

22. Напряженно-деформированное состояние при сложном сопротивлении: напряжения и деформации, обобщенный закон Гука, основы теории прочности (4 часа, 5 семестр);

23. Решение краевых задач классической теории изгиба круговых и кольцевых пластин (4 часа, 7 семестр).

### 3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации по заданиям первой части курсового проекта
2. Консультации по заданиям первой части курсового проекта
3. Консультации по заданиям второй части курсового проекта
4. Консультации по заданиям второй части курсового проекта
5. Консультации по заданиям второй части курсового проекта
6. Консультации по выполнению заданий первой части курсового проекта
7. Консультации по выполнению заданий первой части курсового проекта
8. Консультации по выполнению заданий первой части курсового проекта
9. Консультации по выполнению заданий второй части курсового проекта
10. Консультации по выполнению заданий второй части курсового проекта
11. Консультации по выполнению заданий первой части курсового проекта
12. Консультации по выполнению заданий первой части курсового проекта
13. Консультации по выполнению заданий второй части курсового проекта
14. Консультации по выполнению заданий третьей части курсового проекта

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 7 Семестр

Курсовой проект (КП)

#### **График выполнения курсового проекта**

Неделя	1 - 5	6 - 8	9 - 12	13 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	1, 2, 3, 4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	15	15	60	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	25	40	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Определение геометрических характеристик тонкостенных стержней открытого профиля
2	Общий случай деформации тонкостенного стержня открытого профиля
3	Изгиб пластин
4	Общий случай деформации тонкостенного стержня открытого профиля. Изгиб пластин

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)														Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<b>Знать:</b>																
понятия, основные допущения и положения, уравнения для теории классической линейной и неклассических теорий расчета оболочек и пределы применимости теорий	ИД-1пк-2												+	+		Контрольная работа/Контрольное мероприятие 4 (8 семестр)
понятия, основные допущения и положения описания геометрии поверхностей в криволинейных координатах, сведения из геометрии поверхностей и аппарата тензорного исчисления применительно к решению задач теории оболочек в криволинейных координатах	ИД-1пк-2											+				Контрольная работа/Контрольное мероприятие 1 (8 семестр)  Коллоквиум/Контрольное мероприятие 8 (8 семестр)
понятия, основные допущения и положения, уравнения для свободного и стесненного кручения тонкостенных стержней открытого и закрытого профилей и пределы применимости теорий	ИД-1пк-2						+	+	+							Контрольная работа/Контрольное мероприятие 1 (7 семестр)  Контрольная работа/Контрольное мероприятие 4 (7 семестр)  Коллоквиум/Контрольное мероприятие 8 (7 семестр)
понятия, основные положения и методы классических методов строительной механики стержневых систем (методы сил и перемещений)	ИД-1пк-2		+	+												Контрольная работа/Контрольное мероприятие 2 (5 семестр)  Контрольная

																работа/Контрольное мероприятие 3 (5 семестр)
понятия, основные допущения и положения, уравнения для теории классической линейной и неклассических теорий расчета пластин и пределы применимости теорий	ИД-1ПК-2									+	+					Коллоквиум/Контрольное мероприятие 9 (7 семестр)
алгоритм расчета конструкций методом конечных элементов	ИД-1ПК-2				+											Контрольная работа/Контрольное мероприятие 2 (5 семестр)
основы метода конечных элементов	ИД-1ПК-2				+											Контрольная работа/Контрольное мероприятие 2 (5 семестр)
применение численных методов строительной механики для решения задач стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля	ИД-2ПК-2							+								Контрольная работа/Контрольное мероприятие 4 (7 семестр)
применение численных методов строительной механики для решения задач теории оболочек	ИД-2ПК-2												+			Коллоквиум/Контрольное мероприятие 8 (8 семестр)
применение численных методов строительной механики для решения задач теории пластин	ИД-2ПК-2										+					Контрольная работа/Контрольное мероприятие 5 (7 семестр)
методы расчёта напряжённо-деформированного состояния при свободном и стесненном кручении тонкостенных стержней открытого и закрытого профилей	ИД-2ПК-2						+	+	+							Контрольная работа/Контрольное мероприятие 4 (7 семестр)
методы расчёта напряжённо-деформированного состояния для пластин	ИД-2ПК-2									+	+					Контрольная работа/Контрольное мероприятие 5 (7 семестр)

основные допущения и положения, методы расчёта напряжённо-деформированного состояния безмоментной теории оболочек, осесимметричной деформация цилиндрических оболочек, полубезмоментной теории цилиндрических оболочек, сферических оболочек, пологих оболочек, осесимметричной деформации оболочек вращения, многослойных и подкреплённых оболочек	ИД-2ПК-2												+	+	+	Контрольная работа/Контрольное мероприятие 5 (8 семестр)
порядок проектного расчёта стержневых конструкций при одновременном действии нескольких нагрузок (силовых, кинематических, температурных)	ИД-2ПК-2				+											Контрольная работа/Контрольное мероприятие 2 (5 семестр)
методы расчёта напряжённо-деформированного состояния для оболочек	ИД-2ПК-2													+		Контрольная работа/Контрольное мероприятие 4 (8 семестр) Контрольная работа/Контрольное мероприятие 5 (8 семестр)
порядок нормативного расчёта по Своду правил СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции»	ИД-2ПК-2					+										Контрольная работа/Контрольное мероприятие 1 (5 семестр)
понятие прочности при сложном сопротивлении	ИД-2ПК-2	+														Контрольная работа/Контрольное мероприятие 1 (5 семестр)
правила оформления отчёта по курсовому проектированию	ИД-5ПК-2					+										Контрольная работа/Контрольное



																мероприятие 1 (5 семестр)
<b>Уметь:</b>																
использовать математический аппарат, обосновывать выбор рационального метода решения задач линейной и неклассических теорий расчета оболочек	ИД-1 <sub>ПК-2</sub>											+				Контрольная работа/Контрольное мероприятие 1 (8 семестр) Коллоквиум/Контрольное мероприятие 8 (8 семестр)
использовать математический аппарат, обосновывать выбор рационального метода решения задач линейной и неклассических теорий расчета пластин	ИД-1 <sub>ПК-2</sub>									+	+					Коллоквиум/Контрольное мероприятие 9 (7 семестр)
использовать математический аппарат, обосновывать выбор рационального метода решения задач свободного и стесненного кручения тонкостенных стержней открытого и закрытого профилей	ИД-1 <sub>ПК-2</sub>							+								Коллоквиум/Контрольное мероприятие 8 (7 семестр)
составлять и анализировать расчетные схемы для прочностного расчета стержневых конструкций, оценивать параметры НДС статически-неопределимых стержневых конструкций	ИД-1 <sub>ПК-2</sub>			+												Контрольная работа/Контрольное мероприятие 2 (5 семестр) Контрольная работа/Контрольное мероприятие 3 (5 семестр)
получать основные соотношения, определяющие компоненты вектора перемещений, тензоров деформаций и напряжений, уравнения равновесия и граничные условия для свободного и стесненного кручения тонкостенных стержней открытого и закрытого профилей	ИД-1 <sub>ПК-2</sub>							+								Контрольная работа/Контрольное мероприятие 4 (7 семестр) Коллоквиум/Контрольное мероприятие 8 (7 семестр)

получать основные соотношения, определяющие компоненты вектора перемещений, тензоров деформаций и напряжений, уравнения равновесия и граничные условия для линейной и неклассических теорий расчета оболочек	ИД-1ПК-2												+	+		Контрольная работа/Контрольное мероприятие 5 (8 семестр) Коллоквиум/Контрольное мероприятие 8 (8 семестр)
проектировать стержневые конструкции при силовых, кинематических, температурных нагрузках	ИД-2ПК-2				+											Контрольная работа/Контрольное мероприятие 2 (5 семестр)
составлять расчетные схемы для расчета инженерных конструкций и их элементов, определять параметры напряжённо-деформированного состояния оболочек, проводить расчет на прочность и жесткость	ИД-2ПК-2													+	+	Коллоквиум/Контрольное мероприятие 9 (8 семестр)
составлять расчетные схемы для расчета инженерных конструкций и их элементов, определять параметры напряжённо-деформированного состояния пластин, проводить расчет на прочность и жесткость	ИД-2ПК-2									+						Коллоквиум/Контрольное мероприятие 9 (7 семестр)
составлять расчетные схемы для расчета инженерных конструкций и их элементов, определять параметры напряжённо-деформированного состояния тонкостенных стержней	ИД-2ПК-2							+	+							Контрольная работа/Контрольное мероприятие 4 (7 семестр) Коллоквиум/Контрольное мероприятие 8 (7 семестр)
проводить расчеты оболочек на прочность и жесткость методом конечных элементов, в том числе с использованием возможностей	ИД-2ПК-2													+	+	Контрольная работа/Контрольное мероприятие 4 (8 семестр)

программного комплекса ANSYS/CAE Fidesys																
проводить расчеты пластин на прочность и жесткость методом конечных элементов, в том числе с использованием возможностей программного комплекса ANSYS/CAE Fidesys	ИД-2ПК-2										+					Контрольная работа/Контрольное мероприятие 5 (7 семестр)
проводить расчеты тонкостенных стержней на прочность и жесткость методом конечных элементов, в том числе с использованием возможностей программного комплекса ANSYS/CAE Fidesys	ИД-2ПК-2									+						Контрольная работа/Контрольное мероприятие 4 (7 семестр)
применять СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции», при расчетах элементов стальных конструкций;	ИД-2ПК-2					+										Контрольная работа/Контрольное мероприятие 1 (5 семестр)
анализировать и оформлять результаты курсового проектирования в виде отчета	ИД-5ПК-2					+										Контрольная работа/Контрольное мероприятие 1 (5 семестр)
оформить отчет с результатами расчетов с использованием современных офисных информационных технологий, текстовых и графических редакторов, программных средств компьютерной графики и визуализации, средств печати	ИД-5ПК-2									+						Коллоквиум/Контрольное мероприятие 8 (7 семестр)

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

###### **5 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольное мероприятие 1 (5 семестр) (Контрольная работа)
2. Контрольное мероприятие 2 (5 семестр) (Контрольная работа)
3. Контрольное мероприятие 3 (5 семестр) (Контрольная работа)

###### **7 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольное мероприятие 1 (7 семестр) (Контрольная работа)
2. Контрольное мероприятие 4 (7 семестр) (Контрольная работа)
3. Контрольное мероприятие 5 (7 семестр) (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Контрольное мероприятие 8 (7 семестр) (Коллоквиум)

Форма реализации: Устная форма

1. Контрольное мероприятие 9 (7 семестр) (Коллоквиум)

###### **8 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольное мероприятие 1 (8 семестр) (Контрольная работа)
2. Контрольное мероприятие 4 (8 семестр) (Контрольная работа)
3. Контрольное мероприятие 5 (8 семестр) (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Контрольное мероприятие 8 (8 семестр) (Коллоквиум)
2. Контрольное мероприятие 9 (8 семестр) (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

###### *Зачет с оценкой (Семестр №5)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

###### *Курсовой проект (КП) (Семестр №7)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

###### *Экзамен (Семестр №7)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих

###### *Экзамен (Семестр №8)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Дарков, А. В. Строительная механика : учебник / А. В. Дарков, Н. Н. Шапошников. – 12-е изд., стер. – СПб. : Лань-Пресс, 2010. – 656 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-58114-0576-3.;
2. Самогин, Ю. Н. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов : учебное пособие для вузов по дисциплинам "Сопротивление материалов", "Механика материалов и конструкций" / Ю. Н. Самогин, В. Е. Хроматов, В. П. Чирков ; ред. В. П. Чирков ; М-во образования и науки РФ. – М. : Физматлит, 2012. – 200 с. – ISBN 978-5-9221-1380-9.;
3. Мишенков, Г. В. Метод конечных элементов в курсе сопротивления материалов : учебное пособие для вузов, изучающих дисциплины "Сопротивление материалов", "Механика материалов и конструкций" / Г. В. Мишенков, Ю. Н. Самогин, В. П. Чирков ; ред. В. П. Чирков. – М. : Физматлит, 2015. – 472 с. – ISBN 978-5-9221-1615-2.;
4. Позняк, Е. В. Основы строительной механики : методические указания к курсовому проектированию по дисциплине "Строительная механика машин" по направлению 15.03.03 "Прикладная механика" / Е. В. Позняк, С. И. Коломенский, А. Р. Позднякова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"). – М. : Изд-во МЭИ, 2019. – 20 с.  
<http://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=10846>;
5. Бидерман, В. Л. Механика тонкостенных конструкций : статика / В. Л. Бидерман ; Вступление- И. В. Демьянушко. – 2-е изд., доп. – М. : Эдиториал УРСС, 2017. – 496 с. – (Физико-математическое наследие: физика (механика)). – ISBN 978-5-9710-4469-7.;
6. Александров, А. В. Строительная механика. Тонкостенные пространственные системы / А. В. Александров, Б. Я. Лащеников, Н. Н. Шапошников. – М. : Стройиздат, 1983. – 488 с.;
7. Доннелл, Л. Г. Балки, пластины и оболочки : пер. с англ. / Л. Г. Доннелл ; Ред. Э. И. Григолюк. – М. : Наука, 1982. – 568 с.;
8. Новожилов, В. В. Линейная теория тонких оболочек / В. В. Новожилов, К. Ф. Черных, Е. И. Михайловский. – Л. : Политехника, 1991. – 655 с.;
9. Погорелов, В. И. Строительная механика тонкостенных конструкций : учебное пособие для вузов по направлению 160800 "Ракетостроение и космонавтика" / В. И. Погорелов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 528 с. – ISBN 5-941576-88-9.;
10. Шипков, А. А. Теория поверхностей, пологие оболочки и оболочки вращения : методические указания к типовому расчету по курсу "Строительная механика машин" по направлению "Прикладная механика" / А. А. Шипков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Издательский дом МЭИ, 2007. – 6 с.;
11. Шипков, А. А. Расчет на стесненное кручение тонкостенных стержней открытого профиля в ANSYS : учебное пособие по курсу "Строительная механика машин" по направлению "Прикладная механика" / А. А. Шипков, С. В. Шепелев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2016. – 20 с. – ISBN 978-5-7046-1671-9.  
<http://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=8182>;
12. Шипков, А. А. Расчет на изгиб пластин прямоугольной формы в ANSYS : учебное пособие по курсу "Строительная механика машин" по направлению "Прикладная механика" / А. А. Шипков, С. В. Шепелев, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2015. – 20 с. –

ISBN 978-5-7046-1670-2.

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=8181>;

13. В. А. Филиппов- "Основы геометрии поверхностей оболочек пространственных конструкций", Издательство: "Физматлит", Москва, 2009 - (192 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76650>;

14. Т. Б. Гоцелюк, К. А. Матвеев, А. Н. Пель, Н. В. Пустовой- "Строительная механика машин: поперечный изгиб пластин", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2018 - (91 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575047>;

15. Александров, А. В. Сопротивление материалов : Учебник для вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин ; Ред. А. В. Александров. – 3-е изд., испр. – М. : Высшая школа, 2003. – 560 с. – ISBN 5-06-003732-0.;

16. А. С. Вольмир- "Гибкие пластинки и оболочки", Издательство: "Государственное издательство технико-теоретической литературы", Москва, 1956 - (420 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575136>;

17. С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер- "Пластинки и оболочки", (Изд. 2-е, стереотип.), Издательство: "Наука", Москва, 1966 - (636 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=615225>;

18. Н. П. Абовский, Н. П. Андреев, А. П. Деруга- "Вариационные принципы теории упругости и теории оболочек", Издательство: "Наука", Москва, 1978 - (288 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=455161>;

19. Тимошенко, С. П. Пластинки и оболочки / С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – 2-е изд., стер. – М. : Наука, 1966. – 636 с..

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Ansys / CAE Fidesys;
5. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
6. Компас 3D;
7. Scilab;
8. Python;
9. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей);
10. СТАРКОН.

## **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elibr.mpei.ru/login.php>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных	Б-418, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с

занятий и текущего контроля		выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-418, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Б-418, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-302, Читальный зал отдела обслуживания учебной литературой	стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Б-110/2, Кабинет сотрудников каф. "РМДиПМ"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-06а, Учебная лаборатория	стеллаж для хранения книг

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Строительная механика

(название дисциплины)

## 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Контрольное мероприятие 1 (5 семестр) (Контрольная работа)

КМ-2 Контрольное мероприятие 2 (5 семестр) (Контрольная работа)

КМ-3 Контрольное мероприятие 3 (5 семестр) (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	8	12
1	Напряженно-деформированное состояние при сложном сопротивлении				
1.1	Основные понятия теории НДС		+		
1.2	Потенциальная энергия упругой деформации		+		
2	Предмет строительной механики. Общие теоремы строительной механики				
2.1	Предмет строительной механики			+	+
2.2	Общие теоремы строительной механики			+	+
3	Статически-неопределимые стержневые системы. Методы сил и перемещений				
3.1	Статически-неопределимые стержневые системы.			+	+
3.2	Методы сил и перемещений			+	+
4	Метод конечных элементов для стержневых систем				
4.1	Метод конечных элементов для стержневых систем, часть 1			+	
4.2	Метод конечных элементов для стержневых систем, часть 2			+	
5	Расчеты конструкций по нормам. Нормативный расчет на выносливость				
5.1	Расчеты конструкций по нормам.		+		
5.2	Нормативный расчет на выносливость		+		
Вес КМ, %:			25	25	50



## 7 семестр

### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-4 Контрольное мероприятие 1 (7 семестр) (Контрольная работа)  
 КМ-5 Контрольное мероприятие 4 (7 семестр) (Контрольная работа)  
 КМ-6 Контрольное мероприятие 8 (7 семестр) (Коллоквиум)  
 КМ-7 Контрольное мероприятие 5 (7 семестр) (Контрольная работа)  
 КМ-8 Контрольное мероприятие 9 (7 семестр) (Коллоквиум)

### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	5	9	15	12	16
1	Свободное кручение тонкостенных стержней открытого профиля						
1.1	Модели в строительной механике машин		+	+	+		
1.2	Теория свободного кручения тонкостенных стержней открытого профиля		+	+	+		
2	Стесненное кручение тонкостенных стержней открытого профиля						
2.1	Теория стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля		+	+	+		
2.2	Дифференциальное уравнение стесненного кручения тонкостенных стержней открытого профиля			+	+		
2.3	Общий случай деформации тонкостенного стержня открытого профиля			+	+		
3	Свободное кручение тонкостенных стержней закрытого профиля						
3.1	Теория свободного кручения тонкостенных стержней закрытого профиля		+	+	+		
3.2	Расчет на свободное кручение тонкостенных стержней закрытого профиля			+	+		
4	Классическая теория изгиба пластин						
4.1	Классическая теория изгиба пластин. Основные сведения					+	+
4.2	Методы решения краевых задач классической теории изгиба пластин прямоугольной формы					+	+
4.3	Уравнения классической теории изгиба пластин в полярных координатах					+	+
5	Неклассические теории изгиба пластин						
5.1	Техническая нелинейная теория					+	+
5.2	Уточненная теория (пластины Тимошенко)					+	+

5.3	Решение нелинейных задач теории пластин. Применение численных методов строительной механики для решения задач теории пластин				+	+
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20

### 8 семестр

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-9 Контрольное мероприятие 1 (8 семестр) (Контрольная работа)

КМ-10 Контрольное мероприятие 8 (8 семестр) (Коллоквиум)

КМ-11 Контрольное мероприятие 4 (8 семестр) (Контрольная работа)

КМ-12 Контрольное мероприятие 5 (8 семестр) (Контрольная работа)

КМ-13 Контрольное мероприятие 9 (8 семестр) (Коллоквиум)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-9	КМ-10	КМ-11	КМ-12	КМ-13
		Неделя КМ:	5	15	9	12	16
1	Геометрия поверхностей						
1.1	Первая фундаментальная квадратичная форма поверхности		+	+			
1.2	Вторая фундаментальная форма поверхности		+	+			
1.3	Третья фундаментальная квадратичная форма		+	+			
1.4	Геометрия евклидова пространства, окружающего поверхность		+	+		+	
1.5	Системы координат. Тензор переноса. Метрический тензор пространства, окружающего поверхность. Ковариантное дифференцирование в пространстве, окружающем поверхность. Символы Кристоффеля второго рода		+	+		+	
2	Классическая теория оболочек в криволинейных координатах. Уравнения равновесия в физических составляющих						
2.1	Классическая теория оболочек в криволинейных координатах			+	+	+	
2.2	Уравнения равновесия в физических составляющих. Уравнения совместности деформаций в оболочках			+	+	+	
3	Частные задачи классической теории оболочек						
3.1	Безмоментная теория оболочек				+	+	+

3.2	Цилиндрические оболочки			+	+	+
3.3	Сферические оболочки			+	+	+
3.4	Полые оболочки				+	+
3.5	Оболочки вращения				+	+
4	Многослойные оболочки. Подкрепленные оболочки. Неклассические теории оболочек					
4.1	Многослойные оболочки. Подкрепленные оболочки					+
4.2	Неклассические теории оболочек					+
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20

# БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

## Строительная механика

(название дисциплины)

### 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:**

- КМ-1 Соблюдение графика выполнения раздела “Определение геометрических характеристик тонкостенных стержней открытого профиля”
- КМ-2 Соблюдение графика выполнения раздела “Расчет на кручение тонкостенных стержней открытого и закрытого профилей”
- КМ-3 Соблюдение графика выполнения раздела “Изгиб пластин прямоугольной формы”
- КМ-4 Оценка выполнения КП

**Вид промежуточной аттестации – защита КП.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	5	8	12	15
1	Определение геометрических характеристик тонкостенных стержней открытого профиля		+			+
2	Общий случай деформации тонкостенного стержня открытого профиля			+		+
3	Изгиб пластин				+	+
4	Общий случай деформации тонкостенного стержня открытого профиля. Изгиб пластин					+
Вес КМ, %:			10	15	15	60