

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

---

Направление подготовки/специальность: 08.03.01 Строительство

Наименование образовательной программы: Промышленное, гражданское и энергетическое строительство

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очно-заочная

**Рабочая программа дисциплины**  
**СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**

<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Обязательная
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.О.03.02
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	5 семестр - 5;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	180 часов
<b>Лекции</b>	5 семестр - 16 часов;
<b>Практические занятия</b>	5 семестр - 16 часов;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	5 семестр - 18 часов;
<b>Самостоятельная работа</b>	5 семестр - 125,2 часа;
<b>в том числе на КП/КР</b>	5 семестр - 15,7 часов;
<b>Иная контактная работа</b>	5 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b> Тестирование Решение задач	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
Защита курсовой работы Экзамен	5 семестр - 0,3 часа; 5 семестр - 0,5 часа; всего - 0,8 часа

**Москва 2021**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дуйшеналиев Т.
	Идентификатор	R86a751e4-DuyshealiyevT-7dff0d3

Т. Дуйшеналиев

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хохлов В.А.
	Идентификатор	Ra1a9d479-KhokhlovVA-e19a9074

В.А. Хохлов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Саинов М.П.
	Идентификатор	R44cf1cc8-SainovMP-e2adb419

М.П. Саинов

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение инженерных методов расчета элементов сооружений, деталей машин и оборудования на прочность, жесткость и устойчивость.

### Задачи дисциплины

- изучение разделов механики деформируемого твердого тела, связанных с расчетами на прочность, жесткость и устойчивость стержневых элементов различных конструкций;
- приобретение навыков системного анализа при расчетах и проектировании элементов конструкций, находящихся под действием статических, температурных и циклических нагрузок;
- овладение методами прочностных и деформационных расчетов статически определимых стержневых систем, находящихся под действием статических, температурных и циклических нагрузок;
- освоение методов прочностного и деформационного расчета статически неопределимых стержневых систем при действии статических, температурных и циклических нагрузок.

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
ОПК-3 Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> Описание основных сведений об объектах и процессах профессиональной деятельности посредством использования профессиональной терминологии	знать: - основы механики деформируемого твердого тела, общие положения теории прочности и устойчивости, основы проектного и поверочного расчетов элементов конструкций.  уметь: - связывать воедино инженерную постановку задачи, расчет и проектирование, оценивать запас прочности элементов конструкций.
ОПК-3 Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства	ИД-2 <sub>ОПК-3</sub> Выбор метода или методики решения задачи профессиональной деятельности	знать: - методы расчета внутренних силовых факторов в статически определимых и статически неопределимых стержневых системах при статических, циклических и температурных нагрузках.  уметь: - использовать условия прочности и жесткости для расчета конструктивных элементов, находящихся в условиях растяжения-сжатия, изгиба, кручения и сложного нагружения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Промышленное, гражданское и энергетическое строительство (далее – ОПОП), направления подготовки 08.03.01 Строительство, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 5 зачетных единиц, 180 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	Общие понятия механики деформируемого твердого тела	12	5	2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Самостоятельное изучение прикладных вопросов по разделам сопротивления материалов, по которым предусмотрены контрольные мероприятия</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Физико-механические характеристики конструкционных материалов. Виды испытаний. Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Главные напряжения. Тензор деформаций. Геометрические характеристики плоских сечений. Общие теоремы механики деформируемого твердого тела. Критерии прочности.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 17-30 [2], 11-23</p>	
1.1	Общие понятия механики деформируемого твердого тела	12		2	-	2	-	-	-	-	-	8	-		
2	Вопросы прочности и надежности	8		1	-	1	-	-	-	-	-	-	6		-
2.1	Вопросы прочности и надежности в механике деформируемого твердого тела. Расчет на прочность по допускаемым	8		1	-	1	-	-	-	-	-	-	6		-

	напряжениям													<p><b><u>Подготовка реферата:</u></b> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: напряженное состояние в точке, тензор напряжений, деформированное состояние в точке, тензор напряжений, обобщенный закон Гука, главные напряжения, критерии прочности, критерий прочности Мора, критерий прочности Сен-Венана, критерий прочности Губера-Мизеса.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 79-91, 99-102 [2], 97-104</p>
3	Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)	16	2	-	3	-	-	-	-	-	11	-	<p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии) и подготовка к контрольной работе</p>	
3.1	Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)	16	2	-	3	-	-	-	-	-	11	-	<p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: "Расчет ступенчатого стержня на растяжение при квазистатическом нагружении". Определить: 1. Значение силы <math>P</math>, при котором перекроется зазор. Для найденного значения силы <math>P</math> построить эпюры продольной силы, напряжений и осевых перемещений стержня; 2. Определить продольные силы и напряжения в сечениях стержня при последующем увеличении параметра силы <math>P</math> в два раза по отношению к</p>	

														<p>силе <math>P</math>, при котором перекрытая зазор. Построить соответствующие эпюры продольных сил, напряжений и перемещений; 3. Определить коэффициент запаса прочности стержня.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: расчет ступенчатых стержней на растяжение при квазистатическом нагружении, расчет статически определимых ферм, определение монтажных и температурных напряжений в стержневых системах, расчет стержневых систем по предельному состоянию</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 37-57 [2], 24-27 [4], 4-6, 30-34 [5], 86-101</p>
4	Геометрические характеристики	12		2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу</p>

	сечений. Кручение. Расчет пружин													"Геометрические характеристики сечений. Кручение. Расчет пружин"
4.1	Кручение стержней кругового поперечного сечения. Расчет пружин	12		2	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Геометрические характеристики сечений. Кручение. Расчет пружин" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Геометрические характеристики сечений. Кручение. Расчет пружин и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Пример задания: Стержень с кусано-постоянной жесткостью сечения нагружен внешними моментами. 1. Для статически-неопределимой системы раскрыть статическую неопределимость и построить эпюру крутящих моментов по длине стержня. 2. Из расчета на прочность и жесткость определить диаметр стержня. Построить эпюру касательных напряжений в опасном сечении. 3. Построить эпюру углов закручивания по длине стержня. Для статически неопределимой системы определить погрешность решения. 4. Спроектировать стержень постоянного кольцевого поперечного сечения с заданным отношением диаметров и сравнить расход материала для стержней заданного и</p>



													<p>кольцевого сечения.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Геометрические характеристики сечений. Кручение. Расчет пружин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Геометрические характеристики сечений. Кручение. Расчет пружин"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 103-121, 142-154 [2], 28-35 [3], 74-77, 84-85, 96-107, 109-120 [4], 6-7 [5], 106-108</p>
5	Расчеты на прочность и жесткость при изгибе	18	3	-	3	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Расчеты на прочность и жесткость при изгибе"</p>
5.1	Расчеты на прочность и жесткость при изгибе балок и плоских рам	18	3	-	3	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Расчеты на прочность и жесткость при изгибе" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Расчеты на прочность и жесткость при изгибе и</p>





														<p>"Сложные виды нагружения стержней"  <u>Изучение материалов литературных источников:</u>  [1], 207-215  [2], 60-67  [3], 283-291, 296-299, 305-307  [4], 7-8  [5], 108-118</p>
7	Расчет валов	8	1	-	1	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u>  Повторение материала по разделу "Расчет валов"</p>	
7.1	Расчет валов	8	1	-	1	-	-	-	-	-	6	-	<p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u>  Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы  <u>Подготовка домашнего задания:</u>  Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Расчет валов" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.  <u>Подготовка к контрольной работе:</u>  Изучение материалов по разделу Расчет валов и подготовка к контрольной работе  <u>Подготовка к практическим занятиям:</u>  Изучение материала по разделу "Расчет валов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях  <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчет валов"  <u>Изучение материалов литературных источников:</u>  [2], 68</p>	

														[3], 79, 150-155 [4], 8
8	Расчеты на усталость	10	2	-	1	-	-	-	-	-	-	7	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Расчеты на усталость"
8.1	Расчеты на усталость	10	2	-	1	-	-	-	-	-	-	7	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Расчеты на усталость" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Расчеты на усталость и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Пример задания: "Расчет вращающегося вала на выносливость". Промежуточный вал редуктора вращается с заданной рабочей частотой и передает известную мощность. 1. Определить передаваемый крутящий момент и усилия в зацеплениях зубчатых колес с заданными диаметрами; 2. Построить эпюры изгибающих моментов в двух плоскостях и крутящего момента; 3. Не учитывая циклического изменения напряжений и приняв нормативный коэффициент запаса прочности (в заданных пределах) по заданному критерию прочности, подобрать диаметр вала. Полученное значение диаметра вала округлить до ближайшего

													<p>целого по ГОСТ 6636-69: от 30 до 90 мм с шагом 5 мм, свыше 90 мм - с шагом 10 мм; 4. выполнить проверочный расчет вала с учетом циклического изменения напряжений. Фактический коэффициент запаса прочности должен находиться в пределах 1,4 - 1,8. Если это условие не выполняется, необходимо изменить диаметр вала и повторить проверочный расчет.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Расчеты на усталость" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчеты на усталость"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 471-504 [2], 197-205 [3], 486-497 [4], 8-9, 22</p>
9	Расчеты на устойчивость сжатых стержней	10	1	-	1	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Расчеты на устойчивость сжатых стержней"</p>
9.1	Расчеты на устойчивость сжатых стержней	10	1	-	1	-	-	-	-	-	8	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Расчеты на устойчивость сжатых стержней" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по</p>

														представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Расчеты на устойчивость сжатых стержней и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка курсовой работы:</u></b> Пример задания: "Устойчивость стержней". Прямолинейный стальной стержень нагружен осевой силой Р. 1.Дать определение критической силы для сжатого стержня, определение гибкости стержня, понятие предельной гибкости. Привести формулы для расчета критической силы в зависимости от его гибкости; 2.Для стержня составного сечения подобрать размер с из условия равно-устойчивости стержня относительно главных центральных осей; 3.Из расчета на устойчивость по коэффициенту продольного изгиба $\varphi(\varphi)$ определить допустимое значение внешней силы Р. Принять значение допустимого напряжения 160 МПа. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Расчеты на устойчивость сжатых стержней" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчеты на устойчивость сжатых стержней" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 505-518 [2], 79-89 [3], 408-425 [6], 410-428
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5		
	Курсовая работа (КР)	36.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	15.7	-		

	Всего за семестр	180.0		16	-	16	16	2	4	-	0.8	91.7	33.5	
	Итого за семестр	180.0		16	-	16	18		4		0.8	125.2		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Общие понятия механики деформируемого твердого тела

#### 1.1. Общие понятия механики деформируемого твердого тела

Общие положения о свойствах материалов. Классификация внешних сил. Внутренние силы в стержне. Метод сечений. Основные виды деформаций стержней. Понятие о напряжениях и деформациях. Основные гипотезы сопротивления материалов. Растяжение (сжатие) призматического стержня. Закон Гука при одноосном растяжении (сжатии). Определение напряжений и деформаций. Примеры..

### 2. Вопросы прочности и надежности

2.1. Вопросы прочности и надежности в механике деформируемого твердого тела. Расчет на прочность по допускаемым напряжениям

Опытное изучение механических свойств материалов при растяжении и сжатии. Пластичные и хрупкие материалы. Сравнение свойств материалов при растяжении и сжатии. Вопросы прочности и надежности в механике деформируемого твердого тела. Понятие о прочности, жесткости, устойчивости, отказах и дефектах конструкций. Расчет на прочность по допускаемым напряжениям. Коэффициенты запаса. Три вида расчетов на прочность и жесткость (на примере растяжения): определение допускаемых внешних нагрузок, размеров сечений (проектный расчет), проверка прочности или жесткости..

### 3. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)

#### 3.1. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)

Основные гипотезы. Определение напряжений и деформаций. Расчеты на прочность и жесткость. Статически определимые и статически неопределимые стержневые системы. Особенности, присущие статически неопределимым системам (распределение усилий в зависимости от жесткости элементов, температурные и монтажные усилия и напряжения. Примеры..

### 4. Геометрические характеристики сечений. Кручение. Расчет пружин

#### 4.1. Кручение стержней кругового поперечного сечения. Расчет пружин

Статические моменты сечения. Центр тяжести сечения. Моменты инерции сечения. Изменение моментов инерции сечений при параллельном переносе осей. Главные оси и главные моменты инерции сечения. Примеры. Предпосылки теории кручения стержней кругового поперечного сечения. Закон Гука при чистом сдвиге. Вывод формул для касательных напряжений и углов закручивания. Практические расчеты на прочность и жесткость при кручении. Рациональные поперечные сечения. Примеры. Расчет цилиндрических витых пружин. Максимальные касательные напряжения и осадка пружин. Жесткость пружин. Примеры..

### 5. Расчеты на прочность и жесткость при изгибе

#### 5.1. Расчеты на прочность и жесткость при изгибе балок и плоских рам

Классификация видов изгиба. Дифференциальные зависимости при изгибе. Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе балок и плоских рам. Основные гипотезы и вывод формулы для нормальных напряжений при изгибе. Условие прочности. Практические расчеты на прочность при изгибе. Рациональные поперечные сечения. Примеры.

Определение перемещений в линейно-упругих стержневых системах по формуле Максвелла-Мора. Метод Симпсона для вычисления интеграла Максвелла-Мора. Примеры..

### 6. Сложные виды нагружения стержней

#### 6.1. Сложные виды нагружения стержней. Косой изгиб

Сложные виды нагружения стержней. Условия применения принципа суперпозиции. Косой изгиб. Внецентренное растяжение (сжатие). Сочетание изгиба с растяжением (сжатием). Примеры..

### 7. Расчет валов

#### 7.1. Расчет валов

Сочетание изгиба с кручением стержня кругового сечения. Вычисление эквивалентного момента и эквивалентных напряжений по критериям текучести Сен-Венана и Мизеса. Расчет валов кругового поперечного сечения при изгибе с кручением. Примеры..

### 8. Расчеты на усталость

#### 8.1. Расчеты на усталость

Переменные напряжения. Понятие об усталостном разрушении. Типы циклов и их параметры. Экспериментальное исследование усталости. Предел выносливости. Факторы, влияющие на величину предела выносливости детали (вид деформаций, концентрация напряжений, состояние и качество обработки поверхности, абсолютные размеры). Диаграмма предельных напряжений и ее схематизация. Расчеты на усталость при линейном напряженном состоянии (симметричный и асимметричный циклы). Формула Серенсена-Кинасошвили. Расчеты на усталость при плоском напряженном состоянии. Формула Гафа-Полларда. Проектный расчет валов редукторов. Пример..

### 9. Расчеты на устойчивость сжатых стержней

#### 9.1. Расчеты на устойчивость сжатых стержней

Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия сжатого стержня. Продольный изгиб, критическая сила. Формула Эйлера для разных случаев опорных закреплений стержня. Граница применимости формулы Эйлера. Потеря устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Формула Ф.С.Ясинского. Зависимость критических напряжений от гибкости стержня. Особенности практических расчетов на устойчивость. Условие устойчивости. Рациональные типы поперечных сечений сжатых стержней. Расчет ферм. Примеры..

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

1. Расчет стержневых элементов при растяжении;
2. Сложное нагружение стержней;
3. Определение перемещений при изгибе. Расчет плоской рамы;
4. Расчеты на прочность при изгибе;
5. Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе;
6. Определение температурных и монтажных усилий в стержнях;
7. Расчет пружин;
8. Расчет стержневых элементов при кручении;
9. Расчет промежуточного вала редуктора;
10. Геометрические характеристики сечений;

## 11. Расчеты на устойчивость.

### 3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

### 3.5 Консультации

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

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсовой работы под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Геометрические характеристики сечений. Кручение. Расчет пружин"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Расчеты на прочность и жесткость при изгибе"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Сложные виды нагружения стержней"
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Расчеты на усталость"
6. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Расчеты на устойчивость сжатых стержней"

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Общие понятия механики деформируемого твердого тела"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Вопросы прочности и надежности"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Геометрические характеристики сечений. Кручение. Расчет пружин"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчеты на прочность и жесткость при изгибе"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Сложные виды нагружения стержней"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет валов"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчеты на усталость"
9. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчеты на устойчивость сжатых стержней"

#### Индивидуальные консультации по курсовому проекту/работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)"

2. Консультации проводятся по разделу "Геометрические характеристики сечений. Кручение. Расчет пружин"
3. Консультации проводятся по разделу "Расчеты на прочность и жесткость при изгибе"
4. Консультации проводятся по разделу "Сложные виды нагружения стержней"
5. Консультации проводятся по разделу "Расчеты на усталость"
6. Консультации проводятся по разделу "Расчеты на устойчивость сжатых стержней"

#### Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Общие понятия механики деформируемого твердого тела"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Вопросы прочности и надежности"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Геометрические характеристики сечений. Кручение. Расчет пружин"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчеты на прочность и жесткость при изгибе"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Сложные виды нагружения стержней"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчет валов"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчеты на усталость"
9. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчеты на устойчивость сжатых стержней"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

#### **5 Семестр**

##### Курсовая работа (КР)

##### Темы:

- Задача № 16. Расчет статически определимой фермы. Плоская статически определимая ферма, принятая за расчетную схему опоры линии электропередачи, изготовлена из стержней стандартного прокатного профиля и нагружена сосредоточенными силами в узлах фермы. 1.1. Определить опорные реакции и усилия во всех стержнях фермы через параметр силы  $P$ . Результаты представить в табличной форме. 1.2. Из условия прочности по максимальным нормальным напряжениям при  $[\sigma]=180$  МПа определить параметр нагрузки  $P$ .
- Задача № 2. Определение монтажных и температурных напряжений в стержневых системах. Система проводников кругового поперечного сечения диаметром  $d$  до сборки имеет начальный зазор  $\Delta$ . 2.1. Определить продольные силы и напряжения в стержнях проводников от монтажных усилий после их сборки. 2.2. Определить температурные усилия и напряжения в проводниках при температурном воздействии от проходящего тока после сборки системы. 2.3. Определить суммарные механические напряжения в стержнях от монтажных усилий и температурного воздействия, сделать вывод о прочности системы.
- Задача № 4. Кручение стержней кругового поперечного сечения. Стержень с кусочно-постоянной жесткостью сечения нагружен внешними моментами. 4.1. Для статически неопределимой системы раскрыть статическую неопределимость и построить эпюру крутящих моментов  $M_z$  по длине стержня. 4.2. Из расчета на прочность и жесткость

определить диаметр стержня  $d$ . Построить эпюру касательных напряжений в опасном сечении. 4.3. Построить эпюру углов закручивания по длине стержня. Для статически неопределимой системы определить погрешность решения. 4.4. Спроектировать стержень постоянного кольцевого поперечного сечения с заданным отношением диаметров  $c_0 = d_0/d$  и сравнить расход материала для стержней заданного и кольцевого сечения. У к а з а н и е. Принять  $[\tau] = 100$  МПа,  $[\theta] = 1$  град/м.

- Задача № 5. Проектирование витых цилиндрических пружин растяжения-сжатия  
Спроектировать витые цилиндрические пружины, при заданном внешнем воздействии  $P$  и рабочем ходе контакта  $\Delta l_0$ . 5.1. Определить усилия, приходящиеся на каждую пружину. Принять параметры пружин одинаковыми. 5.2. Для заданного материала и индекса пружины  $\square = D/d$  из условия прочности подобрать диаметр проволоки  $d$  и найти диаметр витка пружины  $D$ . Пружины одинаковые. 5.3. Из условия ограничения осадки пружины ( $\square_k < \square_0$ ) определить необходимое число витков пружин. Принять  $n_1 = n_2 = n$ . 5.4. Для подобранных параметров каждой пружины проверить условие прочности, малости угла подъема витков  $h_0 = (\square/n + 1,1d)\square D/2$ , условие устойчивости пружины  $H_0 = ((1,1n + 1,0)d + \square_0) < 2,5D$ . 43 5.5. Рассчитать жесткость каждой пружины  $c = Gd / 8D n$ .

- Задача № 6. Изгиб балки из пластичного материала Произвести расчет балки, изготовленной из пластичного материала с заданной формой поперечного сечения. 6.1. Определить геометрические характеристики поперечного сечения – главные центральные оси и моменты инерции сечения. 6.2. Определить опорные реакции. Записать аналитические выражения для поперечной силы  $Q_y$ , изгибающего момента  $M_x$ . Построить эпюры  $Q_y$ ,  $M_x$ . 6.3. Из условия прочности при  $[\sigma] = 160$  МПа определить допустимое значение параметра нагрузки  $q$ . Построить эпюру нормальных напряжений в опасном сечении. 6.4. Для заданной схемы нагружения балки записать краевые условия, по методу начальных параметров получить выражения и построить эпюры прогибов  $v(z)$  и углов поворота  $\square(z)$  сечений по длине балки.

- Задача № 7. Расчет плоской статически определимой рамы при силовом и температурном воздействии Опора турбогенератора схематизируется в виде плоской рамы, изготовлена из стержней стандартного прокатного профиля и нагружена внешними силами. Материал: сталь,  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа,  $\square_T = 240$  МПа,  $\alpha = 1,25 \cdot 10^{-5}$  1/град. 7.1. Определить опорные реакции и построить эпюры внутренних силовых факторов  $N_z$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$  как функции параметра внешней силы  $P$ . 7.2. Из расчетов на прочность по допускаемым напряжениям изгиба подобрать номер прокатного сечения рамы. Для выбранного сечения построить эпюру нормальных напряжений. 7.3. Для заданной рамы определить перемещение точки  $k$ , используя формулу Максвелла-Мора. 7.4. Для линейного закона изменения температуры по высоте поперечного сечения рамы определить перемещения точки  $k$  от температурного воздействия. (Применить формулу Максвелла-Мора, учесть продольную и изгибную температурные деформации).

- Задача № 8. Сложные виды деформации стержневых систем Стержневая система нагружена пространственной системой сил. 8.1. Построить эпюры изгибающих и крутящих моментов (в зависимости от схемы нагружения). 8.2. Для опасного сечения построить эпюры нормальных и касательных напряжений от изгибающих и крутящих моментов (в зависимости от схемы нагружения). 8.3. Вывести уравнение нейтральной линии. Построить нейтральную линию и суммарную эпюру нормальных напряжений. 8.4. Определить коэффициент запаса прочности системы. Принять  $\square_T = 200$  МПа. У к а з а н и е. Для случая косоугольного изгиба балки прямоугольного сечения расчет на прочность проводить только по нормальным напряжениям. Для стержня кругового сечения при наличии нормальных и касательных напряжений расчет на прочность проводить по критерию Сен-Венана.

- Задача № 9. Внецентренное нагружение стержней. Стержень изготовлен из стандартного прокатного профиля и нагружен внецентренно приложенной продольной силой  $P$ . 9.1. Указать главные центральные оси сечения и определить внутренние силовые факторы  $N_z$ ,  $M_x$ ,  $M_y$  в стержне. 9.2. Определить допустимое значение силы  $P$  из расчета на прочность

при растяжении-сжатии. 9.3. Определить допускаемое значение силы  $P$  из условия прочности по нормальным напряжениям от продольных сил и изгибающих моментов. Сравнить результаты расчета с результатом расчета по пункту 9.2. 9.4. Вывести уравнение нейтральной линии, построить эпюры нормальных напряжений  $\sigma_{Mx}$ ,  $\sigma_{My}$  и суммарную эпюру нормальных напряжений относительно нейтральной линии.

- Задача № 10. Расчет вращающегося вала на выносливость. Промежуточный вал редуктора вращается с рабочей частотой  $n_0$  и передает мощность  $N$ . 10.1. Определить передаваемый крутящий момент и усилия  $P_1$ ,  $P_2$  в зацеплениях зубчатых колес диаметрами  $D_1$ ,  $D_2$ . 10.2. Построить эпюры изгибающих моментов  $M_x$ ,  $M_y$  и крутящего момента  $M_z$ . 10.3. Не учитывая циклического изменения напряжений и приняв нормативный коэффициент запаса прочности  $3 < [n] < 6$  по заданному критерию прочности, подобрать диаметр вала  $d$ . Полученное значение диаметра вала округлить до ближайшего целого по ГОСТ 6036-69: от 30 до 90 мм с шагом 5 мм, свыше 90 мм с шагом 10 мм. 10.4. Выполнить проверочный расчет вала с учетом циклического изменения напряжений. Фактический коэффициент запаса прочности должен находиться в пределах  $1,4 < [n] < 1,8$ . Если это условие не выполняется, необходимо изменить диаметр вала и повторить проверочный расчет. У к а з а н и е: принять, что нормальные напряжения меняются по симметричному циклу, касательные напряжения постоянны. При расчетах на выносливость необходимо учесть влияние концентраторов напряжений, состояние поверхности и масштабный фактор. Механические характеристики, коэффициенты  $K_F$ ,  $K_d$  выбрать по приложению 3 [1]. Коэффициент концентрации напряжений, обусловленный наличием шпоночной канавки, принять  $K_\sigma = 1,85$ .

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 9	10 - 11	12 - 13	14 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 2	3, 4	5, 6	7, 8, 9	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	10	20	30	40	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	30	60	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием на курсовую работу и методическими указаниями. Определение внутренних силовых факторов в элементах фермы перекрытия здания
2	Расчет стержневых элементов сооружений на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)
3	Расчет стержневых элементов сооружений на прочность и жесткость при изгибе
4	Расчет стержневых элементов сооружений на прочность и жесткость при косом изгибе
5	Расчет стержневых элементов оборудования на прочность и жесткость при кручении
6	Расчет плоской рамы при силовых и температурных воздействиях
7	Расчет пружин
8	Расчет сжатых стержней на устойчивость
9	Расчет промежуточного вала редуктора

### 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		
<b>Знать:</b>												
основы механики деформируемого твердого тела, общие положения теории прочности и устойчивости, основы проектного и поверочного расчетов элементов конструкций	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub>	+	+									Тестирование/Основные понятия механики деформируемого твердого тела. Расчет фермы
методы расчета внутренних силовых факторов в статически определимых и статически неопределимых стержневых системах при статических, циклических и температурных нагрузках	ИД-2 <sub>ОПК-3</sub>			+	+							Решение задач/Расчеты на прочность и жесткость стержневых систем при растяжении (сжатии)
<b>Уметь:</b>												
связывать воедино инженерную постановку задачи, расчет и проектирование, оценивать запас прочности элементов конструкций	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub>					+	+					Решение задач/Расчеты на прочность и жесткость стержневых элементов при кручении. Расчет пружин
использовать условия прочности и жесткости для расчета конструктивных элементов, находящихся в условиях растяжения-сжатия, изгиба, кручения и сложного нагружения	ИД-2 <sub>ОПК-3</sub>								+	+	+	Решение задач/Расчеты на прочность и жесткость при изгибе. Сложные виды нагружения стержней

## **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. Основные понятия механики деформируемого твердого тела. Расчет фермы (Тестирование)
2. Расчеты на прочность и жесткость при изгибе. Сложные виды нагружения стержней (Решение задач)
3. Расчеты на прочность и жесткость стержневых систем при растяжении (сжатии) (Решение задач)
4. Расчеты на прочность и жесткость стержневых элементов при кручении. Расчет пружин (Решение задач)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

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

Экзамен (Семестр №5)

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

Курсовая работа (КР) (Семестр №5)

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

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

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

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

1. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов : учебник для втузов / В. И. Феодосьев. – 13-е изд., стер. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 592 с. – (Механика в техническом университете ; Т.2). – К 175-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана. – ISBN 5-7038-2699-3.;
2. Хроматов, В. Е. Лекции по сопротивлению материалов в структурно-логических схемах : учебное пособие / В. Е. Хроматов, О. В. Новикова ; ред. В. П. Николаев. – М. : Издательский дом МЭИ, 2017. – 260 с. – ISBN 978-5-383-01076-1.;
3. Ицкович, Г. М. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов : Учебное пособие для втузов / Г. М. Ицкович, Л. С. Минин, А. И. Винокуров. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2001. – 592 с. – ISBN 5-06-003494-1.;
4. Расчеты на прочность элементов конструкций электротехнического оборудования : методические указания к курсовому проектированию по курсу "Сопротивление материалов" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / Г. В. Мищенко, В. Г. Москвин, В. Э. Цой, О. В. Новикова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ"). – М. : Изд-во МЭИ, 2018. – 35 с.

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=10293>;



5. Минин, Л. С. Сопротивление материалов. Расчетные и тестовые задания : учебное пособие для академического бакалавриата вузов по инженерно-техническим направлениям, по дисциплине "Сопротивление материалов" / Л. С. Минин, Ю. П. Самсонов, В. Е. Хроматов ; ред. В. Е. Хроматов. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – 224 с. – (Бакалавр. Академический курс). – ISBN 978-5-534-04328-0.;
6. Г. М. Ицкович, А. И. Винокуров, Л. С. Минин- "Руководство к решению задач по сопротивлению материалов", (2-е изд., перераб.), Издательство: "Высшая школа", Москва, 1970 - (542 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447887>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

### 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. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
8. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
9. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
10. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
11. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
12. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
13. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
14. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Г-305, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер

Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Г-305, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Г-305, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Г-202, Кабинет сотрудников каф. "ЭГТС"	стол для работы с документами, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, ноутбук, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Г-225, Кладовая кафедры "ГВИЭ"	стеллаж для хранения инвентаря, стул, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, набор инструментов для профилактического обслуживания оборудования, наборы демонстрационного оборудования, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, запасные комплектующие для оборудования, сменные запчасти для ЭВМ

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Сопротивление материалов

(название дисциплины)

#### 5 семестр

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

- КМ-1 Основные понятия механики деформируемого твердого тела. Расчет фермы (Тестирование)
- КМ-2 Расчеты на прочность и жесткость стержневых систем при растяжении (сжатии) (Решение задач)
- КМ-3 Расчеты на прочность и жесткость стержневых элементов при кручении. Расчет пружин (Решение задач)
- КМ-4 Расчеты на прочность и жесткость при изгибе. Сложные виды нагружения стержней (Решение задач)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Общие понятия механики деформируемого твердого тела					
1.1	Общие понятия механики деформируемого твердого тела		+			
2	Вопросы прочности и надежности					
2.1	Вопросы прочности и надежности в механике деформируемого твердого тела. Расчет на прочность по допускаемым напряжениям		+			
3	Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)					
3.1	Расчеты на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)			+		
4	Геометрические характеристики сечений. Кручение. Расчет пружин					
4.1	Кручение стержней кругового поперечного сечения. Расчет пружин			+		
5	Расчеты на прочность и жесткость при изгибе					
5.1	Расчеты на прочность и жесткость при изгибе балок и плоских рам				+	
6	Сложные виды нагружения стержней					
6.1	Сложные виды нагружения стержней. Косой изгиб				+	

7	Расчет валов				
7.1	Расчет валов				+
8	Расчеты на усталость				
8.1	Расчеты на усталость				+
9	Расчеты на устойчивость сжатых стержней				
9.1	Расчеты на устойчивость сжатых стержней				+
Вес КМ, %:		15	20	35	30

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Сопротивление материалов

(название дисциплины)

#### 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

- КМ-1 Проверка выполнения задачи КР № 1, 2
- КМ-2 Проверка выполнения задач КР № 3, 4
- КМ-3 Проверка выполнения задач КР № 5, 6
- КМ-4 Проверка выполнения задач КР № 7, 8, 9

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	9	11	13	15
1	Ознакомление с заданием на курсовую работу и методическими указаниями. Определение внутренних силовых факторов в элементах фермы перекрытия здания		+			
2	Расчет стержневых элементов сооружений на прочность и жесткость при растяжении (сжатии)		+			
3	Расчет стержневых элементов сооружений на прочность и жесткость при изгибе			+		
4	Расчет стержневых элементов сооружений на прочность и жесткость при косом изгибе			+		
5	Расчет стержневых элементов оборудования на прочность и жесткость при кручении				+	
6	Расчет плоской рамы при силовых и температурных воздействиях				+	
7	Расчет пружин					+
8	Расчет сжатых стержней на устойчивость					+
9	Расчет промежуточного вала редуктора					+
Вес КМ, %:			10	20	30	40