

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

Направление подготовки/специальность: 15.03.03 Прикладная механика

Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.18
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 7; 4 семестр - 7; всего - 14
Часов (всего) по учебному плану:	504 часа
Лекции	3 семестр - 32 часа; 4 семестр - 32 часа; всего - 64 часа
Практические занятия	3 семестр - 48 часа; 4 семестр - 48 часа; всего - 96 часа
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 18 часов; 4 семестр - 18 часов; всего - 36 часа
Самостоятельная работа	3 семестр - 149,2 часа; 4 семестр - 149,2 часа; всего - 298,4 часа
в том числе на КП/КР	3 семестр - 51,7 часа; 4 семестр - 51,7 часа; всего - 103,4 часа
Иная контактная работа	3 семестр - 4 часа; 4 семестр - 4 часа; всего - 8 часов
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,3 часа;
Защита курсового проекта	3 семестр - 0,5 часа;
Защита курсового проекта	4 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	4 семестр - 0,3 часа;
	всего - 1,6 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

Е.В. Позняк

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

Е.В. Позняк

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

И.В. Меркурьев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: освоение инженерных методов расчета на прочность, жесткость и устойчивость элементов машиностроительных конструкций

Задачи дисциплины

- – изучение основ механики деформируемого твердого тела;
- – изучение теорий прочности, усталости, устойчивости стержневых элементов;
- – умение оценивать параметры напряженно-деформированного состояния (НДС)

элементов стержневых конструкций, находящихся под действием статических, температурных и циклических нагрузок;

- – овладение методиками расчета на прочность статически-определимых при статических, циклических и температурных нагрузках с учетом возможной потери устойчивости;

- – овладение методиками расчета на прочность статически-неопределимых стержневых систем при статических, циклических и температурных нагрузках с учетом возможной потери устойчивости.

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-9 Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ИД-1 _{ОПК-9} Способен участвовать во внедрении и освоении нового оборудования и элементов конструкций в части обеспечения прочности, жесткости, устойчивости, долговечности и безопасности	знать: - общие понятия механики деформируемого твердого тела, необходимые и достаточные условия статического равновесия; метод сечений; понятия внутренних силовых факторов, механических напряжений и деформаций; пределы прочности, коэффициенты запаса; виды расчетов на прочность. уметь: - определять и проводить анализ параметров напряженного состояния элементов конструкций, в том числе с применением программных кодов, разработанных в программном комплексе MATLAB;
ОПК-11 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии	ИД-1 _{ОПК-11} Формулирует математическую постановку задач механики сплошной среды и деформируемого твердого тела применительно к объектам профессиональной деятельности	знать: - постановку осесимметричной задачи теории упругости, уравнения равновесия в напряжениях и перемещениях, формулы Ламе; - понятие краевого эффекта при осесимметричной деформации круговых цилиндрических оболочек, постановка граничных условий, внутренние силовые факторы и условие прочности. уметь: - проводить расчет на прочность и

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		жесткость круговых цилиндрических оболочек при осесимметричном изгибе;; - проводить расчеты толстостенных цилиндров под внутренним давлением и вращающихся дисков.
ОПК-11 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии	ИД-2 _{ОПК-11} Способен получить аналитические решения ряда задач механики сплошной среды и деформируемого твердого тела	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - понятие и условия устойчивости сжатых стержней при продольном сжатии, решение задачи на продольно-поперечный изгиб стержня, формулы Эйлера и Ясинского. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить расчет стержневых систем на устойчивость;.
ОПК-11 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии	ИД-3 _{ОПК-11} Определяет и проводит анализ параметров напряженно-деформированного состояния элементов конструкций, в том числе с применением собственноручно разработанных программных кодов	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - параметры напряженно-деформированного состояния при осесимметричном изгибе круговых и кольцевых пластин, постановка граничных условий, внутренние силовые факторы и условие прочности; - основы безмоментной теории тонкостенных оболочек вращения; параметры напряженно-деформированного состояния и условие прочности при осесимметричном нагружении газовым и гидростатическим давлением. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить расчет на прочность тонкостенных оболочек по безмоментной теории;; - проводить расчет на прочность при осесимметричном изгибе круговых и кольцевых пластин;.
ПК-1 Готов участвовать в расчетах с элементами научных исследований деталей машин, узлов и конструкций с целью обеспечения их прочности, жесткости, устойчивости, долговечности,	ИД-2 _{ПК-1} Способен проводить проектные и/или проверочные расчеты объектов профессиональной деятельности на статические и/или динамические нагрузки	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы расчета на прочность и жесткость при растяжении (сжатии); определение внутренних усилий и построение эпюр; определение параметров напряженно-деформированного состояния и запись условия прочности; монтажные и температурные напряжения; условия

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
безопасности и надежности		<p>совместности деформаций и принцип расчета статически-неопределимых стержневых систем;</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы расчета статически-неопределимых стержневых систем при изгибе: метод сил и метод начальных параметров, постановка граничных условий; - основы расчета на прочность и жесткость при изгибе: определение внутренних усилий при прямом и косом поперечном изгибе и построение эпюр; геометрические характеристики сечения; условие прочности при прямом и косом изгибе; определение перемещений при изгибе с помощью интеграла Максвелла-Мора, метод начальных параметров; - основы расчета на прочность и жесткость при кручении: определение внутренних усилий при кручении и построение эпюр; определение параметров напряженно-деформированного состояния и запись условия прочности и жесткости; расчет и проектирование витых пружин; - основы расчетов на усталость; явление усталости; понятие предела выносливости; факторы, влияющие на выносливость элементов конструкций;; - основы расчета на прочность при сложных видах деформации стержней: определение внутренних усилий и построение эпюр, определения напряженного состояния в точке, тензоров напряжений и деформаций, критерии прочности Треска-Сен-Венана, Губера-Мизеса, Мора; - основы динамического анализа механических систем с сосредоточенными и распределенными параметрами. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить расчет стержневых систем на прочность и жесткость при сложном нагружении;; - строить и анализировать графики внутренних силовых факторов и

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<p>перемещений, в том числе с использованием программного комплекса MATLAB;;</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить расчеты на прочность и жесткость статически неопределимых балок;; - проводить расчет на прочность и жесткость стержневых систем при растяжении (сжатии);; - проводить расчет на прочность и жесткость стержневых систем при изгибе;; - проводить расчеты стержней на прочность и жесткость при кручении;; - проводить расчет вала на выносливость;; - проводить динамический анализ систем с сосредоточенными параметрами, находить собственные частоты и формы колебаний, строить амплитудно-частотные характеристики.
<p>ПК-1 Готов участвовать в расчетах с элементами научных исследований деталей машин, узлов и конструкций с целью обеспечения их прочности, жесткости, устойчивости, долговечности, безопасности и надежности</p>	<p>ИД-5_{ПК-1} Способен выполнить анализ результатов расчетов, сформулировать выводы и рекомендации, оформить научно-технический отчет</p>	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - как провести статическую и деформационную проверку полученных решений. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - провести анализ полученных результатов, выполнить их проверку, при необходимости сформулировать рекомендации, оформить результаты расчета.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры (далее – ОПОП), направления подготовки 15.03.03 Прикладная механика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы общей физики, линейной алгебры, аналитической геометрии, математического анализа, материаловедения, теоретической механики, информатики
- уметь умения, приобретенные в ходе изучения общей физики, линейной алгебры, аналитической геометрии, математического анализа, материаловедения, теоретической механики, информатики
- уметь создавать программный код в программном комплексе MATLAB

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 14 зачетных единиц, 504 часа.

№ 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	Введение в курс. Расчеты при растяжении (сжатии)	28	3	6	-	8	-	-	-	-	-	14	-	<p>Подготовка курсового проекта: Курсовой проект представляет собой большую задачу по учебному кейсу, охватывающую несколько расчетов с выбором варианта проектного решения. Пример задания: 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 Р. Результаты представить в табличной форме. 1.2. Из условия прочности по максимальным нормальным напряжениям определить параметр нагрузки Р. Принять $[\sigma]=160$ МПа. Расчет ступенчатого стержня на растяжение при квазистатическом нагружении Стержень нагружен монотонно возрастающими силами Р и кР. 2.1. Определить значение параметра Р1, при котором перекроется зазор. Для найденного значения параметра Р1 построить эпюры продольной силы, напряжений и осевых перемещений сечений стержня. 2.2. Определить продольные силы и напряжения в сечениях стержня при</p>
1.1	Общие понятия механики деформируемого твердого тела.	10		2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
1.2	Расчеты при растяжении (сжатии)	18		4	-	6	-	-	-	-	-	8	-	

														<p>последующем увеличении параметра силы P в два раза по отношению к значению P_1, при котором перекрылся зазор. Построить соответствующие эпюры. 2.3. Определить коэффициент запаса прочности n.</p> <p>Стержневая система нагружена внешней силой P и испытывает нагрев одного из стержней. 3.1. Определить продольные силы и напряжения в стержнях при нагружении силой P, приняв её как параметр. 3.2. Из условия прочности определить допускаемое значение силы $[P]$. 3.3. Определить усилия и напряжения в стержнях, если стержень, отмеченный на схеме нагрет на ΔT. Расчет выполнить в предположении, что сила P отсутствует. 3.4. Проверить прочность системы при совместном действии нагрузки $[P]$ и температурном воздействии</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Введение в курс. Расчеты при растяжении сжатии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Введение в курс. Расчеты при растяжении сжатии и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Введение в курс. Расчеты при растяжении сжатии"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 11-28 [2], 17-57 [3], 9-14 [4], 9-19 [7], 15-26</p>
2	Сдвиг и кручение	26	4	-	6	-	-	-	-	-	-	16	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект представляет собой большую задачу
2.1	Кручение стержней	13	2	-	3	-	-	-	-	-	-	8	-	

	кругового поперечного сечения													по учебному кейсу, охватывающую несколько расчетов с выбором варианта проектного решения. Пример задания: 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 вычислений. Проектирование витых цилиндрических пружин растяжения-сжатия Спроектировать витые цилиндрические пружины, при заданном внешнем воздействии P и рабочем ходе контакта. 5.1. Определить усилия, приходящиеся на каждую пружину. Принять параметры пружин одинаковыми. 5.2. Для заданного материала и индекса пружины из условия прочности подобрать диаметр проволоки d и найти диаметр витка пружины D . Диаметр проволоки округлить до целого числа в мм. 5.3. Из условия ограничения осадки пружины определить необходимое число витков пружин. 5.4. Для подобранных параметров каждой пружины проверить условие прочности, малости угла подъема витков, условие устойчивости пружины. 5.5. Рассчитать жесткость каждой пружины <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Сдвиг и кручение" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к контрольной работе:</u>
2.2	Расчет витых цилиндрических пружин растяжения – сжатия	13		2	-	3	-	-	-	-	-	8	-	

													Изучение материалов по разделу Сдвиг и кручение и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Сдвиг и кручение" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 28-35 [2], 103-121 [3], 24-28 [4], 80-108
3	Изгиб стержней	31	8	-	14	-	-	-	-	-	9	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект представляет собой большую задачу по учебному кейсу, охватывающую несколько расчетов с выбором варианта проектного решения. Пример задания: 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. 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 (графики) прогибов и углов поворота сечений по длине балки. Расчет плоской статически определимой рамы при силовом и температурном воздействии Опора турбогенератора схематизируется в виде плоской рамы,
3.1	Расчеты на прочность при изгибе	16	4	-	6	-	-	-	-	6	-		
3.2	Перемещения при изгибе	15	4	-	8	-	-	-	-	3	-		

													<p>изготовлена из стержней стандартного прокатного профиля и нагружена внешними силами. Материал сталь: $E=2 \cdot 10^5$ МПа, $\alpha_T = 240$ 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 (двутавр или швеллер). Для выбранного сечения построить эпюру нормальных напряжений. 7.3. Для заданной рамы определить перемещение точки К при силовом воздействии, используя формулу Максвелла-Мора. 7.4. Для линейного закона изменения температуры по высоте поперечного сечения рамы определить перемещение точки К от температурного воздействия. (Применить формулу Максвелла-Мора, учесть продольную и изгибную температурные деформации).</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Изгиб стержней"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Изгиб стержней и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Изгиб стержней" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 35-57 [3], 34-44 [4], 139-259</p>
4	Сложные виды деформаций стержней	21	4	-	8	-	-	-	-	-	9	-	<p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект представляет собой большую задачу</p>

4.1	Косой изгиб	6		1	-	2	-	-	-	-	-	3	-	по учебному кейсу, охватывающую несколько расчетов с выбором варианта проектного решения. Пример задания: . 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 $\sigma_{т} = 240$ 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 Р. 9.1. Указать главные центральные оси сечения и определить внутренние силовые факторы N_z , M_x , M_y в стержне. 9.2. Определить допускаемое значение силы Р из расчета на прочность при растяжении-сжатии. 9.3. Определить допускаемое значение силы Р из условия прочности по нормальным напряжениям от продольных сил и изгибающих моментов. Сравнить результаты расчета с результатом расчета по пункту 9.2. 9.4. Факультативно: Вывести уравнение нейтральной линии,
4.2	Сочетание изгиба с растяжением	6		1	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
4.3	Сочетание изгиба с кручением стержня кругового сечения.	9		2	-	4	-	-	-	-	-	3	-	

															<p>построить эпюры нормальных напряжений σ_{Mx}, σ_{My}, σ_{Nz} и суммарную эпюру нормальных напряжений относительно нейтральной линии. 9 Задача № 10. Расчет вращающегося вала на выносливость</p> <p>Промежуточный вал редуктора вращается с рабочей частотой n_0 и передает мощность N.</p> <p>10.1. Определить передаваемый крутящий момент и усилия P_1, P_2 в зацеплениях зубчатых колес диаметрами D_1, D_2.</p> <p>10.2. Построить эпюры изгибающих моментов M_x, M_y и крутящего момента M_z.</p> <p>10.3. Не учитывая циклического изменения напряжений и приняв нормативный коэффициент запаса прочности $k_{\sigma} [n] \leq 6$ по заданному критерию прочности, подобрать диаметр вала d</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Сложные виды деформаций стержней и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Сложные виды деформаций стержней" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Сложные виды деформаций стержней"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 60-69 [2], 207-215 [3], 49-53 [4], 290-317</p>
5	Расчеты на прочность при циклически меняющихся напряжениях	18	4	-	6	-	-	-	-	-	8	-	-	<p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Выполнение задачи КП "Расчет вала при циклических нагрузках"</p> <p><u>Изучение материалов литературных</u></p>	

5.1	Расчеты на прочность при циклически меняющихся напряжениях	18		4	-	6	-	-	-	-	-	8	-	источников: [1], 192-206 [2], 471-504 [3], 78-80 [5], 189-211
6	Напряженное состояние в точке. Критерии прочности	20		6	-	6	-	-	-	-	-	8	-	Подготовка к практическим занятиям: Изучение материала по разделу "Напряженное состояние в точке. Критерии прочности" и подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
6.1	Напряженное состояние в точке. Критерии прочности	20		6	-	6	-	-	-	-	-	8	-	Изучение материалов литературных источников: [1], 97-120 [2], 227-273
	Экзамен	35.8		-	-	-	-	2	-	-	0.3	-	33.5	
	Курсовой проект (КП)	72.2		-	-	-	16	-	4	-	0.5	51.7	-	
	Всего за семестр	252.0		32	-	48	16	2	4	-	0.8	115.7	33.5	
	Итого за семестр	252.0		32	-	48	18		4		0.8	149.2		
7	Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб	18	4	4	-	6	-	-	-	-	-	8	-	Подготовка курсового проекта: Курсовой проект представляет собой большую задачу по учебному кейсу, охватывающую несколько расчетов с выбором варианта проектного решения. Пример задания: Провести проектирование перекрытия строительной конструкции, представленной дважды статически неопределимой балкой. 1.Рассмотреть два варианта основной системы - расчетный и проверочный. Построить эпюры единичных моментов и выбрать оптимальный вариант основной системы. 2.Построить эпюры грузовых изгибающих моментов, вычислить коэффициенты канонических уравнений метода сил, решить уравнения относительно лишних неизвестных. 3.Построить эпюры изгибающих моментов. Провести деформационную проверку путем перемножения эпюры изгибающих моментов
7.1	Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб	18		4	-	6	-	-	-	-	-	8	-	

																<p>и эпюры единичных сил. Оценить погрешность расчетов (допускается погрешность не более 5%). 4.Из расчета на прочность по нормальным напряжениям изгиба подобрать поперечное сечение балки стандартного прокатного профиля (двутавр или швеллер). 5.Вычислить перемещение точки К. Плоская рама изготовлена из стержней стандартного прокатного профиля и нагружена внешними силами. 1.Методом сил раскрыть статическую неопределимость рамы. 2.Построить эпюры внутренних силовых факторов N_z, Q_y, M_x. 3.Определить коэффициент запаса прочности рамы по нормальным напряжениям. 4.Для линейного закона изменения температуры по высоте поперечного сечения рамы определить перемещения точки К от температурного воздействия.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Изучение материалов литературных</u></p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

													<u>источников:</u> [1], 69-79 [3], 45-48 [8], 56-75
8	Осесимметричная задача теории упругости	18	6	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект представляет собой большую задачу по учебному кейсу, охватывающую несколько расчетов с выбором варианта проектного решения. Пример задания: 1. Привести уравнения равновесия в напряжениях и в перемещениях для осесимметричной задачи теории упругости, общее решение задачи в перемещениях и напряжениях. 2. Для заданной схемы нагружения цилиндрического тела давлением p записать граничные условия и решить краевую задачу: определить постоянные интегрирования и выписать решение задачи через параметр давления p . 3. По заданному критерию прочности определить допустимое значение давления $[p]$. 4. При найденном значении давления $[p]$ построить эпюры радиальных и окружных напряжений и радиальных перемещений $u(r)$. 5. В опасной точке цилиндра выделить элемент и указать действующие на его гранях радиальные и окружные напряжения.
8.1	Осесимметричная задача теории упругости	18	6	-	4	-	-	-	-	-	8	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Осесимметричная задача теории упругости и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Осесимметричная задача теории упругости" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Осесимметричная задача теории упругости" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях

														<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 128-133 [5], 89-106
9	Расчет тонкостенных оболочек	42	10	-	14	-	-	-	-	-	-	18	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект представляет собой большую задачу по учебному кейсу, охватывающую несколько расчетов с выбором варианта проектного решения. Пример задания: Расчет тонкостенной оболочки по безмоментной теории. Тонкостенный резервуар с толщиной стенок h заполнен жидкостью и нагружен давлением газа. 1.Используя безмоментную теорию для оболочек вращения – уравнение Лапласа и метод сечений построить эпюры меридиональных и окружных напряжений по участкам. 2.По заданному критерию прочности определить толщину стенки резервуара. Осесимметричная деформация цилиндрической оболочки 1.Привести уравнение осесимметричной изгибной деформации оболочки и решение типа краевого эффекта для прогибов, углов поворотов сечений оболочки, изгибающих моментов и поперечных сил. Для заданной расчетной схемы стальной оболочки оценить длину зоны краевого эффекта. 2.Записать граничные условия и определить постоянные интегрирования аналитически или численно (с использованием математического пакета MathCAD или Matlab). 3.Аналитически или численно построить решение для прогибов и изгибающих моментов и соответствующие эпюры (графики) $w(x)$, $M_x(x)$ в области краевого эффекта. 4.Проверить прочность оболочки по критерию Сен-Венана. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Расчет
9.1	Расчет тонкостенных оболочек по безмоментной теории	18	4	-	6	-	-	-	-	-	-	8	-	
9.2	Осесимметричная деформация круговых цилиндрических оболочек	24	6	-	8	-	-	-	-	-	-	10	-	

														тонкостенных оболочек" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Расчет тонкостенных оболочек и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Расчет тонкостенных оболочек" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 133-146 [3], 70-73 [5], 64-88
10	Осесимметричный изгиб круговых и кольцевых пластин	20	4	-	6	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект представляет собой большую задачу по учебному кейсу, охватывающую несколько расчетов с выбором варианта проектного решения. Пример задания: Расчет круговой пластины при осесимметричном нагружении. В качестве расчетной схемы элемента парогенератора принимается круговая (кольцевая) пластина постоянной толщины, нагруженная осесимметричной нагрузкой. 1.Привести уравнение изгиба пластин и его решение для прогибов, углов поворотов и изгибающих моментов в полярных координатах. 2.Для заданной расчетной схемы записать граничные условия и определить постоянные интегрирования аналитически или численно (с использованием математического пакета MathCAD или Matlab). 3.Аналитически или численно построить решение для прогибов, радиальных и окружных изгибающих моментов и соответствующие эпюры (графики). 4.Для опасных точек определить радиальные и окружные напряжения изгиба,
10.1	Осесимметричный изгиб круговых и кольцевых пластин	20	4	-	6	-	-	-	-	-	-	10	-	

													показать вид напряженного состояния в опасных точках. 5.Из расчетов на прочность и жесткость определить допускаемое значение внешней нагрузки. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Осесимметричный изгиб круговых пластин и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Осесимметричный изгиб круговых пластин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Осесимметричный изгиб круговых пластин" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 146-153
11	Устойчивость сжатых стержней	18	2	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект представляет собой большую задачу по учебному кейсу, охватывающую несколько расчетов с выбором варианта проектного решения. 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 определить допускаемое значение внешней силы Р.
11.1	Устойчивость сжатых стержней	18	2	-	6	-	-	-	-	-	10	-	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 определить допускаемое значение внешней силы Р. <u>Подготовка к текущему контролю:</u>

														Повторение материала по разделу "Устойчивость сжатых стержней" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Устойчивость сжатых стержней" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Устойчивость сжатых стержней и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 79-89 [2], 505-518 [3], 54-58
12	Колебания механических систем	28	6	-	12	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект представляет собой большую задачу по учебному кейсу, охватывающую несколько расчетов с выбором варианта проектного решения. Пример задания: Изгибные колебания вращающихся валов Промежуточный вал редуктора вращается с постоянной частотой вращения. На вал посажены диски массами M_1 , M_2 с эксцентриситетами e_1 и e_2 , лежащими в одной плоскости. 1.Рассматривая вал с дисками как систему с двумя степенями свободы, записать уравнения малых вынужденных колебаний вала. 2.Вычислить частоты собственных колебаний и соответствующие им критические числа оборотов вала n_1 , n_2 . 3.Вычислить амплитуды смещений дисков вращающегося вала при рабочем числе оборотов, равно $n_{раб} = (n_1 + n_2)/2$, и наибольшие напряжения изгиба в поперечных сечениях вала. 4.Вывести формулы для прогибов вала в местах крепления дисков в зависимости от
12.1	Колебания механических систем	28	6	-	12	-	-	-	-	-	-	10	-	

														<p>угловой частоты вращения вала. Построить амплитудно-частотные характеристики системы (выполняется факультативно). Колебания стержней с распределенной массой 1. Для заданного стержня постоянного поперечного сечения привести уравнение свободных изгибных колебаний, его решение в общем виде и записать граничные условия, соответствующие предложенной схеме. 2. Используя справочные данные, выписать соотношения для частот свободных изгибных колебаний, привести значения первых трех корней частотного уравнения. 3. Произвести подбор размеров поперечного сечения стержня из условия ограничения первой собственной частоты колебаний. 4. Вычислить вторую и третью частоты колебаний стержня, привести соответствующие им формы колебаний.</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Колебания механических систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Колебания механических систем и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Колебания механических систем"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 153-181 [5], 212-276 [6], 65-73</p>
	Экзамен	35.8	-	-	-	-	2	-	-	0.3	-	33.5		
	Курсовой проект (КП)	72.2	-	-	-	16	-	4	-	0.5	51.7	-		

	Всего за семестр	252.0		32	-	48	16	2	4	-	0.8	115.7	33.5	
	Итого за семестр	252.0		32	-	48	18		4		0.8	149.2		
	ИТОГО	504.0	-	64	-	96	36		8		1.6	298.4		

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. Введение в курс. Расчеты при растяжении (сжатии)

1.1. Общие понятия механики деформируемого твердого тела.

Общие положения о свойствах материалов. Внутренние силовые факторы. Основные виды деформаций стержней..

1.2. Расчеты при растяжении (сжатии)

Растяжение сжатие призматического стержня. Закон Гука. Определение напряжений и деформаций при растяжении -сжатии. Расчет статически неопределимых систем. Определение температурных и монтажных усилий в статически неопределимых системах. Три основные задачи расчетов на прочность. Примеры расчетов.

2. Сдвиг и кручение

2.1. Кручение стержней кругового поперечного сечения

Кручение стержней кругового поперечного сечения. Угол сдвига и угол поворота поперечного сечения. Закон Гука при сдвиге. Вывод формулы для касательных напряжений при кручении стержня кругового сечения. Условие прочности Условие жесткости при кручении..

2.2. Расчет витых цилиндрических пружин растяжения –сжатия

Расчет витых цилиндрических пружин растяжения –сжатия. Осадка пружины. Подбор параметров пружины..

3. Изгиб стержней

3.1. Расчеты на прочность при изгибе

Классификация видов изгиба. Геометрические характеристики поперечных сечений. Дифференциальные зависимости между внутренними силовыми факторами при прямом поперечном изгибе. Вывод формулы для нормальных напряжений при чистом изгибе. Понятие о рациональных формах поперечных сечений. Перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение упругой кривой при изгибе балки, его интегрирование. Метод начальных параметров..

3.2. Перемещения при изгибе

Интеграл Максвелла-Мора для определения перемещений при изгибе. Метод Симпсона для вычисления интеграла. Изгиб балок при температурном воздействии. Примеры расчетов.

4. Сложные виды деформаций стержней

4.1. Косой изгиб

Косой изгиб. Нормальные напряжения при косом изгибе. Нейтральная линия..

4.2. Сочетание изгиба с растяжением

Сочетание изгиба с растяжением. Внецентренное растяжение -сжатие. Вычисление напряжений при нагружении стержня кругового сечения..

4.3. Сочетание изгиба с кручением стержня кругового сечения.

Сочетание изгиба с кручением стержня кругового сечения. Примеры расчетов.

5. Расчеты на прочность при циклически меняющихся напряжениях

5.1. Расчеты на прочность при циклически меняющихся напряжениях

Типы циклов и их параметры. Кривая усталости Велера. Предел выносливости материалов. Факторы, влияющие на величину предела выносливости. Диаграмма предельных напряжений Хейга. Определение коэффициента запаса по выносливости. Последовательность расчетов на выносливость вращающихся валов..

6. Напряженное состояние в точке. Критерии прочности

6.1. Напряженное состояние в точке. Критерии прочности

Тензор напряжений. Главные напряжения. Обобщенный закон Гука. Удельная потенциальная энергия упругой деформации. Удельная потенциальная энергия изменения объема и формы. Критерий прочности Мизеса. Критерий прочности Сен-Венана. Критерий хрупкого разрушения Мора..

7. Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб

7.1. Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб

Степень статической неопределимости. Выбор основной системы. Канонические уравнения метода сил. Деформационная проверка. Определение перемещений в статически неопределимых системах. Примеры расчета многопролетных балок.

8. Осесимметричная задача теории упругости

8.1. Осесимметричная задача теории упругости

Вывод уравнений равновесия в напряжениях для элемента цилиндра, нагруженного давлением. Соотношения для деформаций. Уравнение в перемещениях, его интегрирование. Определение напряжений от центробежных сил инерции во вращающихся дисках. Расчет составных цилиндров и дисков. Понятие об освобождающем числе оборотов..

9. Расчет тонкостенных оболочек

9.1. Расчет тонкостенных оболочек по безмоментной теории

Вывод уравнения Лапласа для меридиональных и окружных напряжений в тонкостенных оболочках вращения. Уравнение равновесия для отсеченной части оболочки. Расчет напряжений в сферических и конических оболочках, заполненных жидкостью. Расчет составных оболочек и ребер жесткости..

9.2. Осесимметричная деформация круговых цилиндрических оболочек

Вывод уравнений равновесия в усилиях для элемента цилиндрической оболочки. Деформации в цилиндрической оболочке. Уравнение в перемещениях, его интегрирование. Построение решений типа краевого эффекта..

10. Осесимметричный изгиб круговых и кольцевых пластин

10.1. Осесимметричный изгиб круговых и кольцевых пластин

Вывод уравнений равновесия в усилиях для элемента круговой пластины. Соотношения для деформаций. Уравнение равновесия в перемещениях для круговой пластины, его интегрирование. Постановка граничных условий..

11. Устойчивость сжатых стержней

11.1. Устойчивость сжатых стержней

Понятие об устойчивых состояниях равновесия. Продольный изгиб стержня. Вывод формулы Эйлера для критической силы шарнирно опертого стержня. Границы применимости формулы Эйлера. Расчеты на устойчивость при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Формула Ф.С.Ясинского. Расчет стержней на устойчивость по коэффициенту продольного изгиба. Продольно поперечный изгиб стержней..

12. Колебания механических систем

12.1. Колебания механических систем

Свободные и вынужденные колебания. Вывод уравнений собственных колебаний систем с конечным числом степеней свободы. Его решение. Частотное уравнение. Вынужденные колебания механических систем Амплитуды колебаний. Динамический коэффициент. Изгибные колебания вращающихся валов. Критические скорости вращения. Свободные колебания стержней с распределенной массой..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчеты на выносливость;
2. Сложные виды деформаций;
3. Кручение стержней;
4. Расчеты на прочность при изгибе;
5. Колебания механических систем;
6. Общие понятия механики деформируемого твердого тела;
7. Осесимметричный изгиб круговых пластин;
8. Устойчивость стержневых систем;
9. Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Критерии прочности;
10. Растяжение-сжатие стержней;
11. Расчет статически неопределимых систем при изгибе;
12. Перемещения при изгибе;
13. Осесимметричный изгиб цилиндрических оболочек.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Введение в курс. Расчеты 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 "Сдвиг и кручение"
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 "Изгиб стержней"

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 деформаций 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 прочность при циклически меняющихся напряжениях"
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 "Напряженное состояние в точке. Критерии прочности"
7. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб"
8. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Осесимметричная задача теории упругости"
9. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Расчет тонкостенных оболочек"
10. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Осесимметричный изгиб круговых пластин"
11. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Устойчивость сжатых стержней"
12. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Колебания механических систем"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение в курс. Расчеты при растяжении сжатии"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Сдвиг и кручение"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Изгиб стержней"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Сложные виды деформаций стержней"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчеты на прочность при циклически меняющихся напряжениях"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Напряженное состояние в точке. Критерии прочности"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб"

8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Осесимметричная задача теории упругости"
9. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет тонкостенных оболочек"
10. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Осесимметричный изгиб круговых пластин"
11. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Устойчивость сжатых стержней"
12. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Колебания механических систем"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Введение в курс. Расчеты при растяжении сжатии"
2. Консультации проводятся по разделу "Сдвиг и кручение"
3. Консультации проводятся по разделу "Изгиб стержней"
4. Консультации проводятся по разделу "Сложные виды деформаций стержней"
5. Консультации по разделу "Расчеты на прочность при циклически меняющихся напряжениях"
6. Консультации проводятся по разделу "Напряженное состояние в точке. Критерии прочности"
7. Консультации проводятся по разделу "Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб"
8. Консультации проводятся по разделу "Осесимметричная задача теории упругости"
9. Консультации по разделу "Расчет тонкостенных оболочек"
10. Консультации проводятся по разделу "Осесимметричный изгиб круговых пластин"
11. Консультации проводятся по разделу "Устойчивость сжатых стержней"
12. Консультации проводятся по разделу "Колебания механических систем"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации по разделу "Введение в курс. Расчеты при растяжении сжатии"
2. Консультации по разделу "Сдвиг и кручение"
3. Консультации по разделу "Изгиб стержней"
4. Консультации по разделу "Сложные виды деформаций стержней"
5. Консультации по разделу "Расчеты на прочность при циклически меняющихся напряжениях"
6. Консультации по разделу "Напряженное состояние в точке. Критерии прочности"
7. Консультации по разделу "Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб"
8. Консультации по разделу "Осесимметричная задача теории упругости"
9. Консультации по разделу "Расчет тонкостенных оболочек"
10. Консультации по разделу "Осесимметричный изгиб круговых пластин"
11. Консультации по разделу "Устойчивость сжатых стержней"
12. Консультации по разделу "Колебания механических систем"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

4 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- ПРОЧНОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ, КОЛЕБАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ" (расчеты на прочность, жесткость и устойчивость при силовом и температурном нагружении статически неопределимых балок и рам; толстостенных трубопроводов; тонкостенных оболочек вращения, рассчитываемых по безмоментной теории и при осесимметричном изгибе; круговых и кольцевых пластин)

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 6	7 - 8	9 - 12	13 - 15	Зачетная
--------	-------	-------	-------	--------	---------	----------

Раздел курсового проекта	1, 2	3, 4	5	6, 7	8, 9	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	30	20	15	20	15	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	30	50	65	85	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет статически неопределимой балки методом сил
2	Расчет плоской рамы методом сил
3	Осесимметричная задача теории упругости
4	Расчет тонкостенной оболочки по безмоментной теории
5	Осесимметричная деформация цилиндрической оболочки
6	Расчет круговой пластины при осесимметричном нагружении
7	Устойчивость стержней
8	Изгибные колебания вращающихся валов
9	Колебания стержней с распределенной массой

3 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ (расчеты стержневых систем на растяжение-сжатие, кручение, изгиб, сложные виды деформаций, на выносливость при циклическом нагружении)

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 6	7 - 8	9 - 12	13 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1, 2	3, 4	5, 6	7, 8	9, 10, 11	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	20	20	15	20	25	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	20	40	55	75	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет статически определимой фермы
2	Расчет ступенчатого стержня на растяжение при квазистатическом нагружении
3	Определение монтажных и температурных напряжений в стержневых системах
4	Расчет стержневых систем по предельному состоянию
5	Кручение стержней кругового поперечного сечения
6	Проектирование витых цилиндрических пружин растяжения-сжатия
7	Изгиб балок из пластического материала
8	Расчет плоской статически определимой рамы при силовом и температурном воздействии

9	Сложные виды деформации стержневых систем
10	Внецентренное нагружение стержней
11	Расчет вала на выносливость

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	
Знать:														
общие понятия механики деформируемого твердого тела, необходимые и достаточные условия статического равновесия; метод сечений; понятия внутренних силовых факторов, механических напряжений и деформаций; пределы прочности, коэффициенты запаса; виды расчетов на прочность	ИД-1опк-9	+												Контрольная работа/Контрольная работа: «Расчеты на прочность при растяжении (сжатии) стержневых систем»
постановку осесимметричной задачи теории упругости, уравнения равновесия в напряжениях и перемещениях, формулы Ламе	ИД-1опк-11								+					Контрольная работа/Контрольная работа «Осесимметричная задача теории упругости»
понятие краевого эффекта при осесимметричной деформации круговых цилиндрических оболочек, постановка граничных условий, внутренние силовые факторы и условие прочности	ИД-1опк-11										+			Контрольная работа/Контрольная работа «Осесимметричная деформация круговых цилиндрических оболочек и осесимметричный изгиб круговых пластин»
понятие и условия устойчивости сжатых стержней при продольном сжатии, решение задачи на продольно-поперечный изгиб стержня, формулы Эйлера и Ясинского	ИД-2опк-11											+		Контрольная работа/Контрольная работа "Колебания и устойчивость"
параметры напряженно-деформированного состояния при осесимметричном изгибе круговых и кольцевых пластин, постановка граничных условий, внутренние силовые факторы и условие прочности	ИД-3опк-11											+		Контрольная работа/Контрольная работа «Осесимметричная деформация круговых цилиндрических оболочек и осесимметричный

														изгиб круговых пластин»
основы безмоментной теории тонкостенных оболочек вращения; параметры напряженно-деформированного состояния и условие прочности при осесимметричном нагружении газовым и гидростатическим давлением	ИД-3ОПК-11												+	Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет тонкостенных оболочек по безмоментной теории»
методы расчета статически-неопределимых стержневых систем при изгибе: метод сил и метод начальных параметров, постановка граничных условий	ИД-2ПК-1												+	Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб»
основы расчета на прочность и жесткость при изгибе: определение внутренних усилий при прямом и косом поперечном изгибе и построение эпюр; геометрические характеристики сечения; условие прочности при прямом и косом изгибе; определение перемещений при изгибе с помощью интеграла Максвелла-Мора, метод начальных параметров	ИД-2ПК-1												+	Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет на прочность при прямом изгибе»
основы расчета на прочность и жесткость при кручении: определение внутренних усилий при кручении и построение эпюр; определение параметров напряженно-деформированного состояния и запись условия прочности и жесткости; расчет и проектирование витых пружин	ИД-2ПК-1												+	Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет на прочность при кручении стержней. Расчет пружин»
основы расчета на прочность и жесткость при растяжении (сжатии): определение внутренних усилий и построение эпюр; определение параметров напряженно-деформированного состояния и запись	ИД-2ПК-1												+	Контрольная работа/Контрольная работа: «Расчеты на прочность при растяжении (сжатии) стержневых систем»

условия прочности; монтажные и температурные напряжения; условия совместности деформаций и принцип расчета статически-неопределимых стержневых систем															
основы динамического анализа механических систем с сосредоточенными и распределенными параметрами	ИД-2ПК-1													+	Контрольная работа/Контрольная работа "Колебания и устойчивость"
основы расчета на прочность при сложных видах деформации стержней: определение внутренних усилий и построение эпюр, определения напряженного состояния в точке, тензоров напряжений и деформаций, критерии прочности Треска-Сен-Венана, Губера-Мизеса, Мора	ИД-2ПК-1					+									Контрольная работа/Контрольная работа «Сложные виды деформации»
основы расчетов на усталость; явление усталости; понятие предела выносливости; факторы, влияющие на выносливость элементов конструкций;	ИД-2ПК-1							+							Контрольная работа/Контрольная работа "Расчет вала на выносливость"
как провести статическую и деформационную проверку полученных решений	ИД-5ПК-1														Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб»
Уметь:															
определять и проводить анализ параметров напряженного состояния элементов конструкций, в том числе с применением программных кодов, разработанных в программном комплексе MATLAB;	ИД-1ОПК-9					+									Контрольная работа/Контрольная работа «Сложные виды деформации»
проводить расчет на прочность и жесткость круговых цилиндрических оболочек при осесимметричном изгибе;	ИД-1ОПК-11													+	Контрольная работа/Контрольная работа «Осесимметричная деформация

																			круговых цилиндрических оболочек и осесимметричный изгиб круговых пластин»
проводить расчеты толстостенных цилиндров под внутренним давлением и вращающихся дисков	ИД-1 _{ОПК-11}																		Контрольная работа/Контрольная работа «Осесимметричная задача теории упругости»
проводить расчет стержневых систем на устойчивость;	ИД-2 _{ОПК-11}																	+	Контрольная работа/Контрольная работа "Колебания и устойчивость"
проводить расчет на прочность тонкостенных оболочек по безмоментной теории;	ИД-3 _{ОПК-11}																		Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет тонкостенных оболочек по безмоментной теории»
проводить расчет на прочность при осесимметричном изгибе круговых и кольцевых пластин;	ИД-3 _{ОПК-11}																		Контрольная работа/Контрольная работа «Осесимметричная деформация круговых цилиндрических оболочек и осесимметричный изгиб круговых пластин»
проводить расчет на прочность и жесткость стержневых систем при растяжении (сжатии);	ИД-2 _{ПК-1}																	+	Контрольная работа/Контрольная работа: «Расчеты на прочность при растяжении (сжатии) стержневых систем»
проводить расчет на прочность и жесткость стержневых систем при изгибе;	ИД-2 _{ПК-1}																		Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет на прочность при прямом изгибе»
проводить расчеты стержней на прочность и жесткость при кручении;	ИД-2 _{ПК-1}																	+	Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет на прочность при

																			кручении стержней. Расчет пружин»
проводить расчеты на прочность и жесткость статически неопределимых балок;	ИД-2ПК-1																		Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб»
проводить расчет стержневых систем на прочность и жесткость при сложном нагружении;	ИД-2ПК-1					+													Контрольная работа/Контрольная работа «Сложные виды деформации»
строить и анализировать графики внутренних силовых факторов и перемещений, в том числе с использованием программного комплекса MATLAB;	ИД-2ПК-1																		Контрольная работа/Контрольная работа «Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб»
проводить динамический анализ систем с сосредоточенными параметрами, находить собственные частоты и формы колебаний, строить амплитудно-частотные характеристики	ИД-2ПК-1																	+	Контрольная работа/Контрольная работа "Колебания и устойчивость"
проводить расчет вала на выносливость;	ИД-2ПК-1																		Контрольная работа/Контрольная работа "Расчет вала на выносливость"
провести анализ полученных результатов, выполнить их проверку, при необходимости сформулировать рекомендации, оформить результаты расчета	ИД-5ПК-1																		Контрольная работа/Контрольная работа «Сложные виды деформации»

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа "Расчет вала на выносливость" (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Расчет на прочность при кручении стержней. Расчет пружин» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа «Расчет на прочность при прямом изгибе» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа «Сложные виды деформации» (Контрольная работа)
5. Контрольная работа: «Расчеты на прочность при растяжении (сжатии) стержневых систем» (Контрольная работа)

4 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа "Колебания и устойчивость" (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Осесимметричная деформация круговых цилиндрических оболочек и осесимметричный изгиб круговых пластин» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа «Осесимметричная задача теории упругости» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа «Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб» (Контрольная работа)
5. Контрольная работа «Расчет тонкостенных оболочек по безмоментной теории» (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Итоговая оценка за дисциплину выставляется по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации в балльно-рейтинговой системе. Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Курсовой проект (КП) (Семестр №3)

Итоговая оценка по дисциплине выставляется с учетом текущей успеваемости и промежуточной аттестации в балльно-рейтинговой системе.

Экзамен (Семестр №4)

Итоговая оценка выставляется по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации в балльно-рейтинговой системе. Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Курсовой проект (КП) (Семестр №4)

Итоговая оценка по дисциплине выставляется с учетом текущей успеваемости и промежуточной аттестации в балльно-рейтинговой системе.

В диплом выставляется оценка за 4 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Новикова О.В.- "Лекции по сопротивлению материалов в структурно-логических схемах", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017 - (260 с.)

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383010761.html>;

2. 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 .;

3. Минин, Л. С. Расчетные и тестовые задания по сопротивлению материалов : Учебное пособие для вузов по дисциплине "Сопротивление материалов" / Л. С. Минин, В. Е. Хроматов, Ю. П. Самсонов ; Ред. В. Е. Хроматов . – М. : Высшая школа, 2003 . – 224 с. - ISBN 5-06-004052-6 .;

4. Ицкович, Г. М. Сопротивление материалов. Руководство к решению задач. Часть 1 : учебное пособие для академического бакалавриата по инженерно-техническим направлениям / Г. М. Ицкович, Л. С. Минин, А. И. Винокуров ; ред. Л. С. Минин . – 4-е изд., испр. и доп . – М. : Юрайт, 2018 . – 318 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-534-05124-7 .;

5. Ицкович, Г. М. Сопротивление материалов. Руководство к решению задач. Часть 2 : учебное пособие для академического бакалавриата по инженерно-техническим направлениям / Г. М. Ицкович, Л. С. Минин, А. И. Винокуров ; ред. Л. С. Минин . – 4-е изд., испр. и доп . – М. : Юрайт, 2018 . – 282 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-534-05126-1 .;

6. Статические и динамические расчеты элементов энергомашиностроительных конструкций в примерах : учебное пособие по курсу "Механика материалов и конструкций" / Е. В. Позняк, В. П. Радин, О. В. Новикова, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") ; ред. В. П. Радин, В. Е. Хроматов . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 107 с. - ISBN 978-5-7046-1849-2 . <http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=9981>;

7. Окопный, Ю. А. Механика материалов и конструкций : Учебник для втузов "Механика материалов и конструкций", "Сопротивление материалов" и родственные им дисциплины / Ю. А. Окопный, В. П. Радин, В. П. Чирков . – М. : Машиностроение, 2001 . – 408 с. - ISBN 5-217-02974-9 .;

8. 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 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. GNU Octave.

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
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://elib.mpei.ru/login.php>
7. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.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
	Б-415, Учебная аудитория	кресло рабочее, стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-412, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
	Б-413, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
	Б-411, 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
	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Б-420, Кабинет сотрудников каф. "РМДиПМ"	стол, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, оборудование специализированное, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Б-06а, Учебная лаборатория	стеллаж для хранения книг

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Механика материалов и конструкций**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 Контрольная работа: «Расчеты на прочность при растяжении (сжатии) стержневых систем» (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа «Расчет на прочность при кручении стержней. Расчет пружин» (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольная работа «Расчет на прочность при прямом изгибе» (Контрольная работа)
- КМ-4 Контрольная работа «Сложные виды деформации» (Контрольная работа)
- КМ-5 Контрольная работа " Расчет вала на выносливость" (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	6	12	16
1	Введение в курс. Расчеты при растяжении (сжатии)						
1.1	Общие понятия механики деформируемого твердого тела.	+					
1.2	Расчеты при растяжении (сжатии)	+					
2	Сдвиг и кручение						
2.1	Кручение стержней кругового поперечного сечения			+			
2.2	Расчет витых цилиндрических пружин растяжения –сжатия			+			
3	Изгиб стержней						
3.1	Расчеты на прочность при изгибе				+		
3.2	Перемещения при изгибе				+		
4	Сложные виды деформаций стержней						
4.1	Косой изгиб					+	
4.2	Сочетание изгиба с растяжением					+	
4.3	Сочетание изгиба с кручением стержня кругового сечения.					+	

5	Расчеты на прочность при циклически меняющихся напряжениях					
5.1	Расчеты на прочность при циклически меняющихся напряжениях					+
6	Напряженное состояние в точке. Критерии прочности					
6.1	Напряженное состояние в точке. Критерии прочности				+	
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-6 Контрольная работа «Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб» (Контрольная работа)
- КМ-7 Контрольная работа «Осесимметричная задача теории упругости» (Контрольная работа)
- КМ-8 Контрольная работа «Расчет тонкостенных оболочек по безмоментной теории» (Контрольная работа)
- КМ-9 Контрольная работа «Осесимметричная деформация круговых цилиндрических оболочек и осесимметричный изгиб круговых пластин» (Контрольная работа)
- КМ-10 Контрольная работа "Колебания и устойчивость" (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10
		Неделя КМ:	4	6	8	14	16
1	Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб						
1.1	Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб		+				
2	Осесимметричная задача теории упругости						
2.1	Осесимметричная задача теории упругости			+			
3	Расчет тонкостенных оболочек						
3.1	Расчет тонкостенных оболочек по безмоментной теории				+		
3.2	Осесимметричная деформация круговых цилиндрических оболочек					+	
4	Осесимметричный изгиб круговых и кольцевых пластин						
4.1	Осесимметричный изгиб круговых и кольцевых пластин					+	
5	Устойчивость сжатых стержней						
5.1	Устойчивость сжатых стержней						+

6	Колебания механических систем					
6.1	Колебания механических систем					+
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20

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

Механика материалов и конструкций

(название дисциплины)

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

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

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	6	8	12	15
1	Расчет статически неопределимой балки методом сил		+				
2	Расчет плоской рамы методом сил		+				
3	Осесимметричная задача теории упругости			+			
4	Расчет тонкостенной оболочки по безмоментной теории			+			
5	Осесимметричная деформация цилиндрической оболочки				+		
6	Расчет круговой пластины при осесимметричном нагружении					+	
7	Устойчивость стержней					+	
8	Изгибные колебания вращающихся валов						+
9	Колебания стержней с распределенной массой						+
Вес КМ, %:			30	20	15	20	15

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

- КМ-1 Оценка выполнения задачи КП № 1, 2
- КМ-2 Оценка выполнения задач КП № 3, 4
- КМ-3 Оценка выполнения задач КП № 5, 6
- КМ-4 Оценка выполнения задач КП № 7, 8

КМ-5 Оценка выполнения задач КП № 9, 10, 11

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	6	8	12	15
1	Расчет статически определимой фермы		+				
2	Расчет ступенчатого стержня на растяжение при квазистатическом нагружении		+				
3	Определение монтажных и температурных напряжений в стержневых системах			+			
4	Расчет стержневых систем по предельному состоянию			+			
5	Кручение стержней кругового поперечного сечения				+		
6	Проектирование витых цилиндрических пружин растяжения-сжатия				+		
7	Изгиб балок из пластического материала					+	
8	Расчет плоской статически определимой рамы при силовом и температурном воздействии					+	
9	Сложные виды деформации стержневых систем						+
10	Внецентренное нагружение стержней						+
11	Расчет вала на выносливость						+
Вес КМ, %:			20	20	15	20	25