

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

Направление подготовки/специальность: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Наименование образовательной программы: Робототехнические устройства

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.03.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 5; 4 семестр - 5; всего - 10
Часов (всего) по учебному плану:	360 часов
Лекции	3 семестр - 8 часов; 4 семестр - 8 часов; всего - 16 часов
Практические занятия	3 семестр - 8 часов; 4 семестр - 8 часов; всего - 16 часов
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа; 4 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
Самостоятельная работа	3 семестр - 160,2 часа; 4 семестр - 160,2 часа; всего - 320,4 часов
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	3 семестр - 1,5 часа; 4 семестр - 1,5 часа; всего - 3,0 часа
включая: Тестирование Контрольная работа Решение задач Расчетное задание	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен Экзамен	3 семестр - 0,3 часа; 4 семестр - 0,3 часа; всего - 0,6 часа

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Догадина Т.Н.
	Идентификатор	R5b8ed345-KomissarovTatN-899bdf

Т.Н. Догадина

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Долбикова Н.С.
	Идентификатор	Re789edb1-DolbikovaNS-479113b

Н.С. Долбикова

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мезин С.В.
	Идентификатор	R420ae592-MezinSV-dc40cfee

С.В. Мезин

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 конструкций 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-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИД-11 _{ОПК-1} Применяет алгоритмы механики деформируемого твердого тела для выполнения расчетов элементов конструкций на прочность и жесткость	знать: - – основы механики деформируемого твердого тела; уравнения равновесия; внутренние силовые факторы; геометрические характеристики сечений; механические характеристики основных конструкционных материалов, применяемых при проектировании элементов машиностроительных конструкций, таких как сталь, алюминий, композиционные материалы;; - - общие положения теории прочности; виды расчетов на прочность; определение напряжений и деформаций при растяжении-сжатии, изгибе, кручении и сложных видах деформации; понятия коэффициента запаса и допускаемых напряжений;. уметь: - – проводить расчет на прочность тонкостенных оболочек по безмоментной теории;; - – анализировать эпюры, находить экстремальные значения с помощью программных средств;; - – строить графики внутренних силовых факторов, перемещений с использованием современных математических программных комплексов;;

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		- – проводить расчет стержневых систем на устойчивость;; - – проводить расчет на прочность толстостенных цилиндров и дисков;; - – проводить расчеты статически неопределимых стержневых систем на прочность и жесткость;; - – проводить расчет стержневых систем при растяжении (сжатии) на прочность и жесткость;; - – проводить расчет конструкций с учетом циклических нагружений;; - – проводить расчет стержневых систем при кручении на прочность и жесткость;; - – проводить расчет стержневых систем при изгибе на прочность и жесткость;; - – проводить расчет стержневых систем при сложном нагружении на прочность и жесткость;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Робототехнические устройства (далее – ОПОП), направления подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Дисциплина базируется на знаниях общей физики, линейной алгебры, аналитической геометрии, математического анализа, материаловедения, теоретической механики
- уметь Дисциплина базируется на знаниях общей физики, линейной алгебры, аналитической геометрии, математического анализа, материаловедения, теоретической механики

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 10 зачетных единиц, 360 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	Введение в курс. Расчеты при растяжении (сжатии)	27.3	3	1.5	-	1.5	-	-	-	0.3	-	24	-	Подготовка расчетных заданий: Расчетное задание представлено в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор 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 kР. 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
1.1	Введение в курс	13.6		1	-	0.5	-	-	-	0.1	-	12	-	
1.2	Расчеты при растяжении сжатии	13.7		0.5	-	1	-	-	-	0.2	-	12	-	

														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. 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 <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Введение в курс. Расчеты при растяжении сжатии" <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Введение в курс. Расчеты при растяжении сжатии и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Введение в курс. Расчеты при растяжении сжатии" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 17-57 [2], 9-19 [4], 9-14 [5], 11-28 [6], 6-33
2	Экспериментальное изучение	27.3		1.5	-	1.5	-	-	-	0.3	-	24	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчетное задание представлено в виде крупной задачи

	механических свойств материалов при растяжении (сжатии). Растяжение-сжатие статически-неопределимых стержневых систем.													по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: Расчет на прочность статически неопределимой стержневой системы при силовом и температурном воздействии Плоская стержневая система состоит из стержней кругового поперечного сечения диаметром d_1 и d_2 и нагружена внешней силой P . Температура некоторых стержней изменяется на ΔT . Для заданной расчетной схемы стержневой системы требуется: 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 (стержни), отмеченный на схеме, нагрет на ΔT . Температурный расчет выполнить в предположении, что сила P отсутствует. 3.4. Проверить прочность системы при совместном действии нагрузки $[P]$ и температурном воздействии.
2.1	Экспериментальное изучение механических свойств материалов при растяжении (сжатии)	13.6		1	-	0.5	-	-	-	0.1	-	12	-	Плоская стержневая система состоит из стержней кругового поперечного сечения диаметром d_1 и d_2 и нагружена внешней силой P . Температура некоторых стержней изменяется на ΔT . Для заданной расчетной схемы стержневой системы требуется: 3.1.
2.2	Растяжение-сжатие статически-неопределимых стержневых систем.	13.7		0.5	-	1	-	-	-	0.2	-	12	-	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 (стержни), отмеченный на схеме, нагрет на ΔT . Температурный расчет выполнить в предположении, что сила P отсутствует. 3.4. Проверить прочность системы при совместном действии нагрузки $[P]$ и температурном воздействии. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Экспериментальное изучение механических свойств материалов при растяжении (сжатии). Растяжение-сжатие статически-неопределимых стержневых систем." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Экспериментальное изучение механических свойств материалов при растяжении (сжатии). Растяжение-сжатие статически-неопределимых стержневых систем." <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу

														Экспериментальное изучение механических свойств материалов при растяжении (сжатии). Растяжение-сжатие статически-неопределимых стержневых систем. и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 89-106 [4], 70-73 [5], 14-28 [7], 39-52
3	Сдвиг и кручение	25.3		1.5	-	1.5	-	-	-	0.3	-	22	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчетное задание представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор 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
3.1	Кручение стержней кругового поперечного сечения	14.2		1	-	1	-	-	-	0.2	-	12	-	
3.2	Расчет витых цилиндрических пружин растяжения – сжатия	11.1		0.5	-	0.5	-	-	-	0.1	-	10	-	

													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 текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Сдвиг и кручение" <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Сдвиг и кручение и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 103-121 [2], 80-108 [4], 24-28 [5], 28-35 [6], 34-42
4	Изгиб стержней	30.8	2	-	2	-	-	-	0.3	-	26.5	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчетное задание представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор 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
4.1	Расчеты на прочность при изгибе	16.7	1	-	1	-	-	-	0.2	-	14.5	-	
4.2	Перемещения при изгибе	14.1	1	-	1	-	-	-	0.1	-	12	-	

[illegible]

														<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Изгиб стержней" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Изгиб стержней и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 139-259 [4], 34-44 [5], 35-57 [6], 43-77
5	Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб	31.3		1.5	-	1.5	-	-	-	0.3	-	28	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчетное задание представлено в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: Произвести проектирование перекрытия строительной конструкции, представленной дважды статически неопределимой балкой. 1.Рассмотреть два варианта основной системы, один из которых получен путем включения врезных шарниров, а другой – при непосредственном отбрасывании лишних связей. 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 и эпюр единичных сил. Оценить погрешность расчетов (допускается погрешность не более 5%). 4.Из расчета на
5.1	Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб	16.7		1	-	1.5	-	-	-	0.2	-	14	-	
5.2	Деформационная проверка	14.6		0.5	-	-	-	-	-	0.1	-	14	-	

														[7], 11-32
	Экзамен	38.0		-	-	-	-	2	-	-	0.3	-	35.7	
	Всего за семестр	180.0		8.0	-	8.0	-	2	-	1.5	0.3	124.5	35.7	
	Итого за семестр	180.0		8.0	-	8.0	2		1.5		0.3	160.2		
6	Напряжено-деформированное состояние и критерии прочности	22.7	4	1.5	-	1.0	-	-	-	0.2	-	20	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Напряжено-деформированное состояние в точке" <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Напряжено-деформированное состояние в точке и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Напряжено-деформированное состояние в точке" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Напряжено-деформированное состояние в точке" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 471-504 [3], 89-106 [4], 78-80 [5], 192-206
6.1	Напряженное состояние в точке	11.6		1	-	0.5	-	-	-	0.1	-	10	-	
6.2	Критерии прочности	11.1		0.5	-	0.5	-	-	-	0.1	-	10	-	
7	Сложные виды деформаций стержней	35.4		1.5	-	1.5	-	-	-	0.4	-	32	-	
7.1	Косой изгиб	12.2		0.5	-	0.5	-	-	-	0.2	-	11	-	
7.2	Сочетание изгиба с растяжением	12.1	0.5	-	0.5	-	-	-	0.1	-	11	-	несколько расчетных вопросов и выбор 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	
7.3	Сочетание изгиба с кручением стержня кругового сечения.	11.1	0.5	-	0.5	-	-	-	0.1	-	10	-		

[illegible]

													зубчатых колес диаметрами D1, D2 . 10.2. Построить эпюры изгибающих моментов Mx , My и крутящего момента Mz . 10.3. Не учитывая циклического изменения напряжений и приняв нормативный коэффициент запаса прочности $4 \leq [n] \leq 6$ по заданному критерию прочности, подобрать диаметр вала d <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Сложные виды деформаций стержней" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Сложные виды деформаций стержней" <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Сложные виды деформаций стержней и подготовка к контрольной работе <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 205-215 [2], 290-317 [4], 49-53 [5], 60-69 [6], 78-101
8	Расчет элементов конструкций, находящихся под давлением	28.3	2	-	2	-	-	-	0.3	-	24	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Осесимметричная задача теории упругости" <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Осесимметричная задача теории упругости и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Осесимметричная задача теории упругости". Студенты необходимо повторить теоретический материал,
8.1	Осесимметричная задача теории упругости	14.1	1	-	1	-	-	-	0.1	-	12	-	
8.2	Расчет тонкостенных оболочек	14.2	1	-	1	-	-	-	0.2	-	12	-	

													разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного 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> [7], 33-38	
9	Устойчивость сжатых стержней	27.3		1.5	-	1.5	-	-	-	0.3	-	24	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчетное задание представлено в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор 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. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Устойчивость сжатых стержней"
9.1	Устойчивость сжатых стержней	13.6		1	-	0.5	-	-	-	0.1	-	12	-	
9.2	Расчеты по на устойчивость.	13.7		0.5	-	1	-	-	-	0.2	-	12	-	

													подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Устойчивость сжатых стержней" <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], 505-518 [4], 54-58 [5], 79-89 [7], 59-60
10	Расчеты на выносливость	28.3	1.5	-	2	-	-	-	0.3	-	24.5	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчетное задание представлено в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: Определить диаметр вала с учетом циклически меняющихся напряжений
10.1	Понятие усталостного разрушения	14.1	1	-	1	-	-	-	0.1	-	12	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Расчеты на выносливость"
10.2	Расчеты на выносливость	14.2	0.5	-	1	-	-	-	0.2	-	12.5	-	<u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Расчеты на выносливость подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Расчеты на выносливость" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], 146-153 [6], 102-115
	Экзамен	38.0	-	-	-	-	2	-	-	0.3	-	35.7	
	Всего за семестр	180.0	8.0	-	8.0	-	2	-	1.5	0.3	124.5	35.7	

	Итого за семестр	180.0		8.0	-	8.0	2	1.5	0.3	160.2	
	ИТОГО	360.0	-	16.0	-	16.0	4	3.0	0.6	320.4	

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

3.2 Краткое содержание разделов

1. Введение в курс. Расчеты при растяжении (сжатии)

1.1. Введение в курс

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. Три основные задачи расчетов на прочность. Примеры расчетов.

2. Экспериментальное изучение механических свойств материалов при растяжении (сжатии). Растяжение-сжатие статически-неопределимых стержневых систем.

2.1. Экспериментальное изучение механических свойств материалов при растяжении (сжатии)

Диаграмма растяжения для малоуглеродистой стали. Основные механические характеристики. Понятие о пластичных и хрупких материалах..

2.2. Растяжение-сжатие статически-неопределимых стержневых систем.

Расчет статически неопределимых систем. Расчет статически-неопределимого ступенчатого бруса. Определение температурных и монтажных усилий в статически неопределимых системах. Примеры расчета..

3. Сдвиг и кручение

3.1. 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..

3.2. Расчет витых цилиндрических пружин растяжения –сжатия

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

4. Изгиб стержней

4.1. 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..

4.2. Перемещения при изгибе

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

5. Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб

5.1. Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб

Степень статической неопределимости. Выбор основной системы. Канонические уравнения метода сил.

5.2. Деформационная проверка

Деформационная проверка. Определение перемещений в статически неопределимых системах. Примеры расчета многопролетных балок.

6. Напряжено-деформированное состояние и критерии прочности

6.1. Напряженное состояние в точке

Тензор напряжений. Главные напряжения. Обобщенный закон Гука. Удельная потенциальная энергия упругой деформации. Удельная потенциальная энергия изменения объема и формы.

6.2. Критерии прочности

Критерий прочности Мизеса. Критерий прочности Сен-Венана. Критерий хрупкого разрушения Мора..

7. Сложные виды деформаций стержней

7.1. Косой изгиб

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

7.2. Сочетание изгиба с растяжением

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

7.3. Сочетание изгиба с кручением стержня кругового сечения.

Сочетание изгиба с кручением стержня кругового сечения. Примеры расчетов.

8. Расчет элементов конструкций, находящихся под давлением

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.

8.2. Расчет тонкостенных оболочек

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. Устойчивость сжатых стержней

9.1. 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..

9.2. Расчеты по на устойчивость.

Расчет стержней на устойчивость по коэффициенту продольного изгиба. Продольно поперечный изгиб стержней. Рациональные формы поперечного сечения при расчетах на устойчивость.

10. Расчеты на выносливость

10.1. Понятие усталостного разрушения

Типы циклов и их параметры. Кривая усталости Велера. Предел выносливости материалов. Факторы, влияющие на величину предела выносливости..

10.2. Расчеты на выносливость

Диаграмма предельных напряжений Хейга. Определение коэффициента запаса по выносливости. Последовательность расчетов на выносливость вращающихся валов..

3.3. Темы практических занятий

1. Кручение стержней;
2. Расчеты на прочность при изгибе;
3. Перемещения при изгибе;
4. Сложные виды деформаций;
5. Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Критерии прочности;
6. Устойчивость стержней;
7. Расчет составных цилиндров и дисков;
8. Безмоментная теория оболочек;
9. Осесимметричный изгиб цилиндрических оболочек;
10. Растяжение сжатие стержней;
11. Расчет статически неопределимых систем при изгибе;
12. Общие понятия механики деформируемого твердого тела;
13. Расчет толстостенных цилиндров и вращающихся дисков;
14. Расчеты на выносливость.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

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 "Растяжение-сжатие статически-неопределимых стержневых систем."
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Сдвиг и кручение"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Изгиб стержней"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб"

6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Напряжено-деформированное состояние в точке. Критерии прочности"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Сложные виды деформаций стержней"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Осесимметричная задача теории упругости"
9. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Устойчивость сжатых стержней"
10. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчеты на прочность при циклически меняющихся напряжениях"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Введение в курс. Расчеты при растяжении сжатии"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Растяжение-сжатие статически-неопределимых стержневых систем."
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Сдвиг и кручение"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Изгиб стержней"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Напряжено-деформированное состояние в точке. Критерии прочности"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Сложные виды деформаций стержней"
8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Осесимметричная задача теории упругости"
9. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Устойчивость сжатых стержней"
10. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчеты на прочность при циклически меняющихся напряжениях"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

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	
Знать:												
- общие положения теории прочности; виды расчетов на прочность; определение напряжений и деформаций при растяжении-сжатии, изгибе, кручении и сложных видах деформации; понятия коэффициента запаса и допускаемых напряжений;	ИД-11 _{ОПК-1}						+					Тестирование/Контрольное мероприятие: " Напряженно-деформированное состояние в точке. Критерии прочности"
– основы механики деформируемого твердого тела; уравнения равновесия; внутренние силовые факторы; геометрические характеристики сечений; механические характеристики основных конструкционных материалов, применяемых при проектировании элементов машиностроительных конструкций, таких как сталь, алюминий, композиционные материалы;	ИД-11 _{ОПК-1}										+	Расчетное задание/Контрольное мероприятие: «Расчет на выносливость»
Уметь:												
– проводить расчет стержневых систем при сложном нагружении на прочность и жесткость;	ИД-11 _{ОПК-1}							+				Решение задач/Контрольное мероприятие: «Сложные виды деформации»
– проводить расчет стержневых систем при изгибе на прочность и жесткость;	ИД-11 _{ОПК-1}				+							Тестирование/Контрольное мероприятие: «Расчет на прочность при изгибе»
– проводить расчет стержневых систем при кручении на прочность и жесткость;	ИД-11 _{ОПК-1}			+								Тестирование/Контрольное мероприятие «Расчет на прочность при кручении стержней»
– проводить расчет конструкций с учетом циклических нагружений;	ИД-11 _{ОПК-1}										+	Расчетное задание/Контрольное мероприятие: «Расчет на

												выносливость»
– проводить расчет стержневых систем при растяжении (сжатии) на прочность и жесткость;	ИД-11 _{ОПК-1}	+										Тестирование/Контрольное мероприятие: «Введение в курс. Расчеты при растяжении (сжатии)»
– проводить расчеты статически неопределимых стержневых систем на прочность и жесткость;	ИД-11 _{ОПК-1}					+						Контрольная работа/Контрольное мероприятие: «Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб»
– проводить расчет на прочность толстостенных цилиндров и дисков;	ИД-11 _{ОПК-1}								+			Тестирование/Контрольное мероприятие: «Расчет толстостенных цилиндров и дисков. Тонкостенные оболочки»
– проводить расчет стержневых систем на устойчивость;	ИД-11 _{ОПК-1}									+		Тестирование/Контрольное мероприятие: «Устойчивость сжатых стержней»
– строить графики внутренних силовых факторов, перемещений с использованием современных математических программных комплексов;	ИД-11 _{ОПК-1}		+									Контрольная работа/Контрольное мероприятие: "Расчет статически-неопределимых стержневых систем при растяжении сжатии"
– анализировать эпюры, находить экстремальные значения с помощью программных средств;	ИД-11 _{ОПК-1}					+						Контрольная работа/Контрольное мероприятие: «Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб»
– проводить расчет на прочность тонкостенных оболочек по безмоментной теории;	ИД-11 _{ОПК-1}								+			Тестирование/Контрольное мероприятие: «Расчет толстостенных цилиндров и дисков. Тонкостенные оболочки»

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: Компьютерное задание

1. Контрольное мероприятие «Расчет на прочность при кручении стержней» (Тестирование)
2. Контрольное мероприятие: «Введение в курс. Расчеты при растяжении (сжатии)» (Тестирование)
3. Контрольное мероприятие: «Расчет на прочность при изгибе» (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольное мероприятие: "Расчет статически-неопределимых стержневых систем при растяжении сжатии" (Контрольная работа)
2. Контрольное мероприятие: «Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб» (Контрольная работа)

4 семестр

Форма реализации: Выполнение задания

1. Контрольное мероприятие: «Расчет на выносливость» (Расчетное задание)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Контрольное мероприятие: " Напряженно-деформированное состояние в точке. Критерии прочности" (Тестирование)
2. Контрольное мероприятие: «Расчет толстостенных цилиндров и дисков. Тонкостенные оболочки» (Тестирование)
3. Контрольное мероприятие: «Устойчивость сжатых стержней» (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольное мероприятие: «Сложные виды деформации» (Решение задач)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Экзамен (Семестр №4)

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

В диплом выставляется оценка за 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. 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. 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.;
3. 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.;
4. 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.;
5. Хроматов В.Е., Новикова О.В.- "Лекции по сопротивлению материалов в структурнологических схемах", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013502.html>;
6. Динамика и прочность стержневых элементов конструкций. Примеры расчетов : учебное пособие по курсу "Механика материалов и конструкций" по направлениям "Энергетическое машиностроение", "Машиностроение", "Прикладная механика", "Робототехника и мехатроника" / В. Е. Хроматов, Т. Б. Дуйшеналиев, Т. Н. Комиссарова, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") ; ред. В. Е. Хроматов, Т. Н. Комиссарова. – Москва : Изд-во МЭИ, 2021. – 128 с. – Авторы указаны на обороте тит. л. – ISBN 978-5-7046-2481-3.
<http://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=11730>;
7. Прочность, устойчивость, колебания элементов машиностроительных конструкций : задачник по курсу "Механика материалов и конструкций" по направлениям 13.03.03 "Энергетическое машиностроение", 15.03.01 "Машиностроение", 15.03.03 "Прикладная механика", 15.03.06 "Мехатроника и робототехника" / В. Е. Хроматов, О. В. Новикова, Е. В. Позняк, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") ; ред. В. П. Радин. – М. : Изд-во МЭИ, 2019. – 88 с. – ISBN 978-5-7046-2128-7.
<http://elibrary.mpei.ru/elibrary/view.php?id=10797>.

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. Антиплагиат ВУЗ;
6. Scilab;
7. SmathStudio;
8. GNU Octave.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
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	Ж-2006, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные

		комплектующие для оборудования
--	--	--------------------------------

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Механика материалов и конструкций

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контрольное мероприятие: «Введение в курс. Расчеты при растяжении (сжатии)» (Тестирование)
- КМ-2 Контрольное мероприятие: "Расчет статически-неопределимых стержневых систем при растяжении сжатии" (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольное мероприятие «Расчет на прочность при кручении стержней» (Тестирование)
- КМ-4 Контрольное мероприятие: «Расчет на прочность при изгибе» (Тестирование)
- КМ-5 Контрольное мероприятие: «Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб» (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	6	8	12	15
1	Введение в курс. Расчеты при растяжении (сжатии)						
1.1	Введение в курс		+				
1.2	Расчеты при растяжении сжатии		+				
2	Экспериментальное изучение механических свойств материалов при растяжении (сжатии). Растяжение-сжатие статически-неопределимых стержневых систем.						
2.1	Экспериментальное изучение механических свойств материалов при растяжении (сжатии)			+			
2.2	Растяжение-сжатие статически-неопределимых стержневых систем.			+			
3	Сдвиг и кручение						
3.1	Кручение стержней кругового поперечного сечения				+		
3.2	Расчет витых цилиндрических пружин растяжения –сжатия				+		
4	Изгиб стержней						
4.1	Расчеты на прочность при изгибе					+	
4.2	Перемещения при изгибе					+	

5	Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб					
5.1	Расчет статически неопределимых систем, работающих на изгиб					+
5.2	Деформационная проверка					+
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-6 Контрольное мероприятие: " Напряженно-деформированное состояние в точке. Критерии прочности" (Тестирование)
- КМ-7 Контрольное мероприятие: «Сложные виды деформации» (Решение задач)
- КМ-8 Контрольное мероприятие: «Расчет толстостенных цилиндров и дисков. Тонкостенные оболочки» (Тестирование)
- КМ-9 Контрольное мероприятие: «Устойчивость сжатых стержней» (Тестирование)
- КМ-10 Контрольное мероприятие: «Расчет на выносливость» (Расчетное задание)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10
		Неделя КМ:	4	7	10	13	15
1	Напряжено-деформированное состояние и критерии прочности						
1.1	Напряженное состояние в точке		+				
1.2	Критерии прочности		+				
2	Сложные виды деформаций стержней						
2.1	Косой изгиб			+			
2.2	Сочетание изгиба с растяжением			+			
2.3	Сочетание изгиба с кручением стержня кругового сечения.			+			
3	Расчет элементов конструкций, находящихся под давлением						
3.1	Осесимметричная задача теории упругости				+		
3.2	Расчет тонкостенных оболочек				+		
4	Устойчивость сжатых стержней						
4.1	Устойчивость сжатых стержней					+	

4.2	Расчеты по на устойчивость.				+	
5	Расчеты на вносливость					
5.1	Понятие усталостного разрушения					+
5.2	Расчеты на выносливость					+
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20