

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра машиноведения, механики и инженерной графики**

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

**Б1.Б.12**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**15.03.02 Технологические машины и оборудование**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Машины и оборудование лесного комплекса**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	7
4.3 Лабораторные работы.....	21
4.4 Практические занятия.....	21
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	21
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>23</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>24</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>24</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>24</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>25</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ	27
9.2. Методические указания для обучающихся по выполнению контрольных работ	42
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>42</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>43</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>44</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>53</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>54</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к проектно-конструкторскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

Привить студентам навыки самостоятельного решения вопросов прочности, проведения экспериментальных исследований напряженно-деформируемого состояния изделий, т.е. заложить фундамент для решения тех задач, которые придется решать выпускнику в его практической деятельности.

## Задачи дисциплины

- изучение поведения изделий под нагрузкой, изучение сущности явлений, происходящих в деформируемых телах, рассмотрение методов расчета на прочность при различных видах деформации с учетом статических и динамических нагрузок, температурных, монтажных воздействий и процессов, связанных с длительностью эксплуатации изделий, а также обзор современных направлений в развитии методов расчета на прочность.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-5	способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<b>знать:</b> - сущность и значение информации в развитии современного общества, основные источники информации для решения задач в практической деятельности; <b>уметь:</b> - на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности проводить поиск научной и технической информации; <b>владеть:</b> - навыками управления информацией для решения исследовательских задач.
ПК-6	способность разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствий разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.	<b>знать:</b> - методические, нормативные, руководящие материалы и методы на прочность, жесткость и устойчивость элементов систем при простейших видах нагружения; <b>уметь:</b> - выполнять работы в области научно-технической деятельности по испытанию, оценке древесных и других конструкционных материалов, используя современную испытательную аппаратуру; <b>владеть:</b> - методами проведения комплексного технико-экономического анализа, а также методами проведения стандартных испытаний по определению показателей физико-механических свойств используемого сырья.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.12 Техническая механика относится к базовой дисциплине.

Дисциплина Техническая механика базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как: Математика, Физика.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Техническая механика представляет основу для изучения дисциплин: Основы проектирования, Механика жидкости и газа, Основы технологии машиностроения, Проектирование самоходных лесных машин, Безопасность жизнедеятельности.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная	2	-	144	14	6	-	8	121	2к	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по курсам, час
			2
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	14	4	14
Лекции (Лк)	6	4	6
Практические занятия (ПЗ)	8	-	8
Индивидуальные (групповые) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	121	-	121
Подготовка к практическим занятиям	41	-	41
Выполнение контрольной работы	40	-	40

Подготовка к экзамену		40	-	40
<b>III. Промежуточная аттестация</b>	экзамен	9		9
Общая трудоемкость дисциплины	час.	144	-	144
	зач. ед.	4	-	4

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для заочной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся*
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Общие понятия. Расчет геометрических характеристик поперечных сечений</b>	<b>14</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>13</b>
1.1.	Содержание курса. Модель деформируемого твердого тела. Внешние и внутренние силы. Напряжения, перемещения, деформации. Линейные системы. Принцип независимости действия сил.	6.2	0.2	-	6
1.2.	Геометрические характеристики поперечных сечений. Основные понятия. Моменты инерции простейших и составных фигур. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей. Понятие о главных осях инерции. Основные свойства моментов инерции.	7.8	0.3	0.5	7
<b>2.</b>	<b>Растяжение и сжатие.</b>	<b>14.5</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>13</b>
2.1.	Продольная сила. Напряжения в поперечных сечениях. Деформации. Закон Гука. Перемещения сечений. Влияние собственного веса.	6.7	0.2	0.5	6
2.2.	Механические характеристики материалов. Методики расчета на прочность элементов машин и сооружений. Потенциальная энергия деформации. Расчет статически неопределимых систем с растянутыми (сжатыми) элементами.	7.8	0.3	0.5	7
<b>3.</b>	<b>Сдвиг и кручение.</b>	<b>14.5</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>	<b>13</b>

3.1.	Закон Гука при чистом сдвиге. Полная форма записи обобщенного закона Гука. Практические расчеты на сдвиг.	6.7	0.2	0.5	6
3.2.	Крутящий момент. Кручение стержней круглого поперечного сечения. Напряжения и деформации. Напряженное состояние круглого стержня при кручении. Потенциальная энергия. Кручение стержней при упругопластической работе материала. Цилиндрические пружины с малым шагом витка. Понятие о кручении стержней некруглого поперечного сечения.	7.8	0.3	0.5	7
<b>4.</b>	<b>Изгиб балок.</b>	<b>14</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>13</b>
4.1.	Силовые факторы при изгибе. Реакции связей. Дифференциальные зависимости при изгибе. Построение эпюр в балках. Нормальные напряжения при чистом изгибе балок. Касательные напряжения при изгибе. Анализ напряженного состояния балки. Главные напряжения. Потенциальная энергия деформации балки при плоском изгибе. Упругопластический изгиб. Особенности расчета составных балок.	14	0.5	0.5	13
<b>5.</b>	<b>Гипотезы пластичности и разрушения (гипотезы прочности)</b>	<b>14</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>13</b>
5.1.	Назначение гипотез прочности. Первая гипотеза прочности. Вторая и третья гипотезы прочности. Энергетические гипотезы прочности. Краткие сведения о других гипотезах прочности.	14	0.5	0.5	13
<b>6.</b>	<b>Напряженно-деформированное состояние</b>	<b>15</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>14</b>
6.1.	Плоское напряженное состояние. Напряжение по наклонным площадкам. Главные напряжения. Круг Мора. Пространственное напряженное состояние. Деформированное состояние в точке. Обобщенный и объемный законы Гука.	15	0.5	0.5	14
<b>7.</b>	<b>Сложное сопротивление</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>14</b>

	<b>стержня</b>				
7.1.	Косой изгиб. Совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба. Внецентренное растяжение (сжатие). Ядро сечения. Изгиб с кручением круглых валов.	16	1	1	14
<b>8.</b>	<b>Устойчивость сжатых стержней</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>14</b>
8.1.	Общие понятия. Определение критической силы. Критическое напряжение, условие устойчивости. Использование условия устойчивости. Продольно-поперечный изгиб.	16	1	1	14
<b>9.</b>	<b>Динамическое действие нагрузок. Прочность при циклически меняющихся напряжениях</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>14</b>
9.1.	Основные положения. Расчеты элементов, движущихся с известными ускорениями. Ударные нагрузки. Нагрузки при вынужденных колебаниях.	8.5	0.5	1	7
9.2.	Понятие об усталости металлов. Характеристики циклов напряжений. Кривая усталости. Предел выносливости. Диаграмма предельных амплитуд. Расчеты на выносливость при циклическом нагружении.	8.5	0.5	1	7
	<b>ИТОГО</b>	<b>135</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>121</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

<i>№ раздела и темы</i>	<i>Наименование раздела и темы дисциплины</i>	<i>Содержание лекционных занятий</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2	3	4
<b>1.</b>	<b>Общие понятия. Расчет геометрических характеристик поперечных сечений</b>		
1.1.	Содержание курса. Модель деформируемого твердого тела. Внешние и внутренние силы. Напряжения, перемещения,	Курс «Техническая механика» является первым разделом науки о прочности и надежности частей сооружений, механизмов и машин. Используется модель деформируемого тела. Это тело под нагрузкой меняет свою форму и размеры, а также может разрушиться или получить недопустимые по условиям	Лекция пресс-конференция 0,2 часа

	<p>деформации. Линейные системы. Принцип независимости действия сил.</p>	<p>эксплуатации деформации и смещения отдельных точек. Расчет на прочность и надежность предлагает такой выбор материала и размеров частей сооружений, механизмов и машин, при котором обеспечивается с определенной гарантией неразрушаемость этих элементов в пределах заданного срока эксплуатации, а также удовлетворяются требования по жесткости и устойчивости. Большинство сооружений, механизмов и машин можно расчленить на отдельные расчетные элементы, которые в зависимости от особенностей геометрической формы делятся на три типа. 1. Стержни (стойка, вал, балка) – элементы, длина которых значительно больше поперечных размеров. 2. Пластины и оболочки – в элементах этой группы только один размер – толщина – намного меньше двух других размеров. 3. Массивные тела, у которых размеры во всех трех направлениях одного порядка. Реальный материал заменяется расчетной моделью. Она наделяется рядом свойств, имеющих существенное значение для анализа прочности тела. Понятия сплошности, однородности материала, изотропности, упругости, относительной жесткости. Если расчетный элемент выделяется из окружающих его тел и рассматривается изолированно, то их действие на него заменяется силами, которые называются внешними. Эти силы могут быть сосредоточенными, распределенными по линии, поверхности и объему. Понятия объемных сил, поверхностных сил. Мерой, характеризующей интенсивность распределения внутренних сил по сечению, является напряжение. Нормальные напряжения и касательные напряжения. Системы, поведение которых описывается зависимостями в форме, называются линейными, они подчиняются принципу суперпозиции или принципу независимости действия сил.</p>	
1.2.	<p>Геометрические характеристики поперечных сечений. Основные понятия. Моменты инерции простейших и составных фигур. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей. Понятие о главных осях инерции. Основные свойства моментов инерции.</p>	<p>Величина нормальных напряжений в поперечном сечении растянутого стержня зависит от площади этого сечения. Поэтому площадь поперечного сечения является той его геометрической характеристикой, которая определяет напряжения при растяжении. Понятия статических моментов фигуры относительно осей, центра тяжести данной фигуры, центральные оси, осевые моменты инерции, центробежный момент инерции сечения, полярный момент инерции сечения. Порядок вычисления моментов инерции простейших фигур относительно центральных осей с помощью определенных интегралов. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей. Осевой момент инерции сечения относительно любой оси равен моменту инерции</p>	<p>Лекция пресс-конференция 0,3 часа</p>

		<p>относительно центральной оси, параллельной данной, плюс произведение площади фигуры на квадрат расстояния между осями.</p> <p>Центробежный момент инерции сечения относительно любых взаимно перпендикулярных осей равен центробежному моменту относительно центральных осей, параллельных заданным, плюс произведение площади фигуры на координаты ее центра тяжести в заданных осях.</p> <p>Теорема об оси симметрии. Для симметричной фигуры одна из главных осей совпадает с осью симметрии.</p> <p>Изменение моментов инерции при повороте осей.</p> <p>Основные свойства моментов инерции.</p> <p>Тождественность связей между величинами, взятыми из разных разделов или проблем науки, называется аналогией, а сами величины, попарно соответствующие друг другу, - аналогами.</p>	
<b>2.</b>	<b>Растяжение и сжатие.</b>		
2.1.	<p>Продольная сила. Напряжения в поперечных сечениях. Деформации. Закон Гука. Перемещения сечений. Влияние собственного веса.</p>	<p>Если внутренние силы в поперечном сечении стержня статически эквивалентны равнодействующей, направленной вдоль продольной оси, то этот стержень испытывает деформацию растяжения или сжатия. Эту равнодействующую называют продольной силой. Продольную силу будем считать положительной при растяжении, когда она направлена от сечения, и отрицательной при сжатии. Для ее определения используется метод сечений.</p> <p>Продольная сила равна алгебраической сумме проекций на продольную ось всех внешних сил, лежащих по одну сторону от сечения.</p> <p>Часто необходимо знать продольную силу во всех поперечных сечениях стержня. Для этого строят график, показывающий изменение продольной силы по длине стержня, который называется эпюрой продольных сил.</p> <p>Для проверки прочности необходимо знать напряжение в каждой точке, т.е. закон распределения напряжений по поперечному сечению. Для этого привлечем дополнительные условия, связанные с особенностями деформирования бруса. Они были предложены Д.Бернулли в виде допущения – гипотезы плоских сечений: поперечные сечения, плоские до нагружения, остаются плоскими и перпендикулярными продольной оси при действии нагрузки.</p> <p>Нормальное напряжение в поперечном сечении при осевом растяжении или сжатии одинаково во всех точках поперечного сечения.</p> <p>Деформации и закон Гука.</p> $\sigma_x = E\varepsilon_x$ <p>Выражение закона Гука. Коэффициент пропорциональности E в формуле закона Гука называют модулем продольной упругости.</p>	<p>Лекция пресс-конференция 0,2 часа</p>

		<p>Коэффициент Пуассона</p> $\nu = -\varepsilon_y / \varepsilon_x$ <p>Перемещения сечений. Влияние собственного веса. Площадь поперечного сечения должна меняться по экспоненциальному закону.</p>	
2.2.	<p>Механические характеристики материалов. Методики расчета на прочность элементов машин и сооружений. Потенциальная энергия деформации. Расчет статически неопределимых систем с растянутыми (сжатыми) элементами.</p>	<p>Методы определения механических характеристик материалов регламентированы государственными стандартами. В частности, ГОСТом определены форма и размеры образцов для испытания металла на растяжение. Закон Гука можно использовать только в тех случаях, если напряжение в поперечном сечении стержня меньше предела пропорциональности.</p> <p>Предел упругости</p> $\sigma_{\sigma i} = F_{\sigma i} / A_0$ <p>Предел текучести – одна из основных характеристик прочности мягкой стали.</p> $\sigma_{\sigma} = F_{\sigma} / A_0$ <p>Предел прочности называют нормальное напряженное, соответствующее максимальной нагрузке, предшествующей разрушению. Это вторая очень важная характеристика прочности материала.</p> $\sigma_{\sigma} = F_{\max} / A_0$ <p>Характеристики пластичности материала. Явление наклепа.</p> <p>Механические характеристики на растяжение и сжатие не являются неизменными параметрами материала, они зависят от температуры, термической и механической обработки, радиоактивного облучения, скорости деформирования и некоторых других факторов. При повышенных по сравнению с комнатной температурах характеристики прочности (пределы пропорциональности, упругости, текучести, прочности) понижаются, а характеристики пластичности (относительные остаточные удлинения и сужения) увеличиваются. При очень низких температурах появляется повышенная хрупкость, которая называется хладноломкостью.</p> <p>Многие материалы обладают ползучестью, под которой понимается рост деформаций во времени при постоянных напряжениях.</p> <p>Если деформировать образец так, чтобы его деформация оставалась постоянной во времени, то в образце будут постепенно уменьшаться напряжения. Результаты таких опытов оформляются в виде кривой релаксации. Под релаксации понимается уменьшение напряжений с течением времени при постоянной деформации.</p> <p>Методика расчета на прочность элементов машин и сооружений. 1. Методика расчета по допускаемым напряжениям. 2. Методика расчета по предельным состояниям.</p> <p>Потенциальная энергия деформации. При линейном напряженном состоянии удельная</p>	<p>Лекция пресс-конференция 0,3 часа</p>

		<p>потенциальная энергия равна половине произведения нормального напряжения на продольную деформацию.</p> <p>Расчет статически неопределимых систем с растянутыми (сжатыми) элементами.</p> <p>Первое свойство. Усилия в стержнях статически неопределимой системы зависят не только от внешней нагрузки и расчетной схемы сооружения, но и от соотношения их жесткостей.</p> <p>Второе свойство. В элементах статически неопределимой системы появляются усилия и напряжения, вызванные изменением температуры хотя бы одного из элементов.</p> <p>Третье свойство. В элементах статически неопределимой системы появляются усилия и напряжения, вызванные сборкой конструкции из неточно изготовленных (по длине) элементов.</p>	
<b>3.</b>	<b>Сдвиг и кручение.</b>		-
3.1.	<p>Закон Гука при чистом сдвиге. Полная форма записи обобщенного закона Гука. Практические расчеты на сдвиг.</p>	<p>Закон Гука при чистом сдвиге. Полная форма записи обобщенного закона Гука. Понятие модуля сдвига или модуля второго рода.</p> <p>В отличие от деформации осевого растяжения (сжатия) деформация сдвига характерна не только для стержня. Всевозможные соединения, объединяющие отдельные элементы в единую конструкцию, как правило, испытывают деформацию сдвига.</p> <p>Практические расчеты на сдвиг. Заклепочные (болтовые) соединения. Расчет заклепочного соединения имеет целью определить необходимое количество заклепок и проверить прочность соединяемых элементов в пределах стыка. При расчете принимается допущение о равномерном распределении воспринимаемого усилия на все заклепки.</p> <p>Сварные соединения. Расчет сварных соединений сводится к расчету прочности швов, основным видом деформации которых является сдвиг.</p> <p>Действительное распределение касательных напряжений по плоскости среза заклепок и сварных швов при воздействии эксплуатационных нагрузок отличается от равномерного. В основном металле листа в районе отверстий также наблюдается концентрация, т.е. местное повышение напряжений. Однако на предшествующей разрушению стадии в мягких пластичных сталях происходит перераспределение напряжений за счет развития пластических деформаций, и их распределение приближается к равномерному, что и отражают приведенные расчетные формулы.</p>	Лекция пресс-конференция 0,2 часа
3.2.	<p>Крутящий момент. Кручение стержней круглого поперечного сечения. Напряжения и деформации.</p>	<p>Кручением называется такой случай простой деформации стержня, при которой внутренние усилия в поперечном сечении статически эквивалентны паре сил с моментом относительно продольной оси стержня. Этот</p>	Лекция пресс-конференция 0,3 часа

	<p>Напряженное состояние круглого стержня при кручении. Потенциальная энергия. Кручение стержней при упругопластической работе материала. Цилиндрические пружины с малым шагом витка. Понятие о кручении стержней некруглого поперечного сечения.</p>	<p>момент называют крутящим. Кручению подвергаются главным образом элементы машиностроительных конструкций: валы двигателей, станков и машин, оси подвижного состава, пружины. Брус испытывает кручение, если к нему приложены пары сил, лежащие в плоскостях, перпендикулярных его продольной оси. Под их воздействием в поперечных сечениях закручиваемого бруса возникает единственная составляющая главного момента, которая называется крутящим моментом. Крутящий момент в поперечном сечении бруса численно равен алгебраической сумме всех внешних моментов, приложенных с одной стороны от рассматриваемого сечения. Правило знаков. Условимся считать крутящий момент положительным, если внешний момент направлен по ходу часовой стрелки при взгляде т сечения к любому концу бруса. Напряжения и деформации цилиндрического бруса. Исследования показывают, что характер деформирования закручиваемого бруса в значительной степени зависит от формы его поперечного сечения. Мерой деформации кручения угол закручивания, приходящийся на единицу длины и называемый относительным углом закручивания. При чистом кручении круглого стержня в его поперечных сечениях отсутствуют нормальные напряжения. Напряженное состояние круглого стержня при кручении. Потенциальная энергия. На основании закона парности касательных напряжений можно заключить, что касательное напряжение в любой точке этого продольного сечения равно по модулю напряжению в той же точке, но в плоскости поперечного сечения. Кручение стержней при упругопластической работе материала. Рассмотрение распределения касательных напряжений в поперечном сечении круглого стержня, выполненного из упругопластического материала, подчиняющегося идеализированной диаграмме Прандтля. Изложенная теория кручения стержней из упругопластического материала является приближенной, т.к. диаграмма Прандтля отличается от действительной отсутствием зоны упрочнения. Цилиндрические пружины с малым шагом витка. При расчете пружин принимаются два рабочих допущения: 1. распределение касательных напряжений от действия поперечной силы считается равномерным по площади сечения стержня; 2. касательные напряжения при кручении в прямолинейном стержне распространяются на пружину с осью в виде винтовой линии. Две характеристики пружины: 1. жесткость пружины, 2. податливость пружины. Понятие о кручении стержней некруглого</p>	
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

		<p>поперечного сечения. Кручение стержней с произвольной неосесимметричной формой поперечного сечения обладает особенностями, в большинстве случаев исключаящими возможность использования методов сопротивления материалов для анализа напряженно-деформированного состояния стержня. Основная из этих особенностей состоит в том, что при кручении таких стержней поперечные сечения не остаются плоскими, а превращаются в некоторые криволинейные поверхности. Это искривление поперечных сечений называется депланацией. Формулы, основанные на гипотезе плоских сечений, для некруглых стержней теряют силу.</p> <p>Толстостенными называются стержни, у которых толщины различных элементов сечения соизмеримы с размерами самого сечения. Так как деформация кручения толстостенных стержней имеет сложный характер и не описывается с помощью простых деформационных гипотез, задача о кручении таких стержней решается аналитическими или численными методами теории упругости. Результаты некоторых решений приводятся к форме, присущей сопротивлению материалов.</p> <p>Другую группу составляют широко распространенные тонкостенные стержни замкнутого или открытого профиля. При расчете тонкостенных стержней различают два типа кручения: свободное (чистое) и стесненное (изгибное).</p> <p>Расчет тонкостенных стержней открытого и замкнутого профиля на стесненное кручение изучается в выделенной из сопротивления материалов теории тонкостенных стержней.</p>	
<b>4.</b>	<b>Изгиб балок.</b>		-
4.1.	<p>Силловые факторы при изгибе. Реакции связей. Дифференциальные зависимости при изгибе. Построение эпюр в балках. Нормальные напряжения при чистом изгибе балок. Касательные напряжения при изгибе. Анализ напряженного состояния балки. Главные напряжения. Потенциальная энергия деформации балки при плоском изгибе. Упругопластический изгиб. Особенности расчета составных балок.</p>	<p>Различают несколько видов изгиба стержней (балок). В поперечных сечениях балки при плоском изгибе могут возникать только одна поперечная сила и только один изгибающий момент. При этом поперечная сила находится в плоскости действия внешних нагрузок, а изгибающий момент вычисляют относительно центральной главной оси, перпендикулярной плоскости действия сил. В поперечных сечениях балки в общем случае действуют нормальные и касательные напряжения, с которыми связаны поперечная сила и изгибающий момент интегральными соотношениями.</p> <p>Наиболее распространенными типами связей для балок являются шарнирно-подвижная, шарнирно-неподвижная опоры и жесткая заделка.</p> <p>Дифференциальные зависимости при изгибе. Построение эпюр в балках. Интенсивность распределенной по балке нагрузки равна первой производной от поперечной силы по продольной координате.</p>	Лекция пресс-конференция 0,5 часа

		<p>Поперечная сила равна первой производной от изгибающего момента по продольной координате.</p> <p>Интенсивность распределенной нагрузки равна второй производной от изгибающего момента по продольной координате.</p> <p>Поперечная сила равна алгебраической сумме проекций всех внешних сил, взятых по одну сторону от сечения, на плоскость поперечного сечения.</p> <p>Изгибающий момент равен алгебраической сумме моментов всех внешних сил, взятых по одну сторону от сечения, относительно центра тяжести рассматриваемого сечения.</p> <p>Нормальные напряжения при чистом изгибе балки. Чистым изгибом называют такой случай сопротивления балки, когда на некотором ее участке отсутствует поперечная сила.</p> <p>Чистым изгибом называют такой случай сопротивления балки, когда на некотором ее участке отсутствует поперечная сила.</p> <p>Касательные напряжения при изгибе.</p> <p>Анализ напряженного состояния балки. Главные напряжения. Проведенный анализ показывает, что главные напряжения в балках с прямоугольным поперечным сечением достигают наибольших значений в крайних, наиболее удаленных от нейтральной оси точках, где реализуется линейное напряженное состояние типа простого растяжения или сжатия.</p> <p>Потенциальная энергия деформации балки при плоском изгибе.</p> <p>Упругопластический изгиб.</p> <p>Особенности расчета составных балок. Поперечные сечения наиболее распространенных типов клееных, сварных и клепаных составных балок. Обычно составные балки используют в тех случаях, когда требуемые по условиям прочности размеры поперечного сечения не обеспечиваются одним стандартным стержнем. В составных балках соединительные элементы должны обеспечивать работу всего сечения как единого целого. Поэтому в этих балках необходимо дополнительно проверить прочность соединительных элементов.</p>	
5.	<b>Гипотезы пластичности и разрушения (гипотезы прочности)</b>		-
5.1.	Назначение гипотез прочности. Первая гипотеза прочности. Вторая и третья гипотезы прочности. Энергетические гипотезы прочности. Краткие сведения о других гипотезах прочности.	<p>Построение гипотез прочности основывается на предпосылке, состоящей в том, что два каких-либо напряженных состояния считаются равноопасными и равнопрочными, если они при пропорциональном увеличении главных напряжений в одно и то же число раз одновременно становятся предельными.</p> <p>В этом случае коэффициент запаса прочности для обоих напряженных состояний при указанных условиях будет одинаковым.</p>	Лекция пресс-конференция 0,5 часа

		<p>Гипотез прочности предложено несколько, и исследования в этой области продолжаются. Это объясняется сложностью природы разрушения. С физической точки зрения, разрушение материала представляет собой или отрыв частиц друг от друга, или сдвиг частиц. Однако трудность вопроса состоит в том, что один и тот же материал при различных напряженных состояниях и различных условиях испытания может разрушаться и хрупко и вязко. Кроме того, в некоторых случаях возможно комбинированное разрушение, когда в одних зонах разрушение происходит в результате отрыва частиц, а в других – в результате сдвига. Это свидетельствует о том, что характер предельного состояния материала и условия его перехода в предельное состояние зависят от многих факторов.</p> <p>Естественно принять в качестве таких факторов напряжения и деформации. Было предложено также принять в качестве критерия перехода в предельное состояние потенциальную энергию деформации. Идея рассматриваемых гипотез прочности состоит в том, что каждая из них из большого числа факторов, влияющих на прочность материала, выбирает какой-нибудь один, игнорируя все остальные.</p> <p>Надежность той или иной гипотезы прочности проверяется опытным путем.</p> <p>Первая гипотеза прочности называется также гипотезой наибольших нормальных напряжений, потому что за критерий прочности она принимает наибольшее нормальное напряжение. Предельное состояние материала при сложном напряженном состоянии наступает тогда, когда наибольшее нормальное напряжение достигает величины предельного напряжения при одноосном напряженном состоянии.</p> <p>Прочность материала при сложном напряженном состоянии обеспечивается, если наибольшее нормальное напряжение не превосходит допустимого нормального напряжения, установленного для одноосного напряженного состояния.</p> <p>Согласно второй гипотезе прочности, называемой также гипотезой наибольших линейных деформаций, в качестве критерия прочности принимается наибольшая линейная деформация.</p> <p>Согласно третьей гипотезе прочности, называемой также гипотезой наибольших касательных напряжений, прочность материала при сложном напряженном состоянии считается обеспеченной, если наибольшее касательное напряжение не превосходит допустимого касательного напряжения, установленного для одноосного напряженного состояния.</p> <p>Согласно первой из энергетических гипотез прочность материала при сложном напряженном состоянии обеспечивается в том случае, если</p>	
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

		удельная потенциальная энергия деформации не превосходит допустимой удельной потенциальной энергии, установленной для одноосного напряженного состояния. Заслуживают внимание предложенные в последнее время так называемые объединенные гипотезы прочности, где в качестве критерия прочности принимается не один фактор, а два или три.	
<b>6.</b>	<b>Напряженно-деформированное состояние</b>		-
6.1.	Плоское напряженное состояние. Напряжение по наклонным площадкам. Главные напряжения. Круг Мора. Пространственное напряженное состояние. Деформированное состояние в точке. Обобщенный и объемный законы Гука.	Плоское напряженное состояние возникает в тонких пластинках, лицевые поверхности которых свободны от нагрузок, на свободной поверхности любого тела, в балках при изгибе, при кручении валов и во многих других случаях. При плоском напряженном состоянии две параллельные грани параллелепипеда свободны от напряжений, т.е. на них отсутствуют нормальные и касательные напряжения. Закон парности касательных напряжений утверждает, что касательные напряжения на двух взаимно перпендикулярных площадках равны друг другу по величине и противоположны по знаку. Напряжения по наклонным площадкам. Если на одной из площадок нормальное напряжение становится максимальным, то на другой, перпендикулярной первой, оно, в силу, становится минимальным. Эти экстремальные нормальные напряжения называют главными напряжениями. Так как выражение в левой своей части пропорционально касательному напряжению на наклонной площадке, а в правой имеет нуль, то отсюда следует, что на тех площадках, где действуют главные напряжения, касательные напряжения отсутствуют. Эти площадки также называются главными. При плоском напряженном состоянии в любой точке всегда можно определить положение двух главных площадок, на которых действуют главные напряжения и отсутствуют касательные напряжения. Круг Мора является геометрическим образом напряженного состояния в точке при плоском напряженном состоянии. При изменении наклона площадки изображающая точка движется по кругу Мора, все время оставаясь на нем. Каждой площадке соответствует своя точка на круге Мора с координатами; справедливо и обратное. Если на всех трех главных площадках имеются отличные от нуля главные напряжения, то такие напряженные состояния называются пространственными, а иногда трехмерными или объемными. Совокупность линейных и угловых деформаций для всевозможных направлений осей, проведенных через исследуемую точку,	Лекция пресс-конференция 0,5 часа

		определяет деформированное состояние в точке. Обобщенный и объемный закон Гука.	
<b>7.</b>	<b>Сложное сопротивление стержня</b>		-
7.1.	Косой изгиб. Совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба. Внецентренное растяжение (сжатие). Ядро сечения. Изгиб с кручением круглых валов.	<p>Косым называется такой вид изгиба, при котором все внешние силы не лежат в одной главной плоскости стержня.</p> <p>К</p> <p>Задание:</p> <p>Определить нормальные напряжения EMBED Equation.3</p> <p>Косой изгиб можно рассматривать как одновременное действие двух плоских изгибов в главных плоскостях стержня. При косом изгибе нейтральная ось не перпендикулярна линии результирующего момента.</p> <p>Совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба. Внецентренное растяжение (сжатие). Разберем случай растяжения (сжатия) стержня, при котором внешние силы действуют не вдоль продольной оси, а вдоль некоторой прямой, параллельной продольной оси.</p> <p>Такое действие нагрузки называется внецентренным растяжением (сжатием).</p> <p>Основные особенности распределения напряжений.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В центре тяжести сечения, т.е. при внецентренном растяжении (сжатии) нейтральная ось не проходит через центр тяжести сечения.</li> <li>2. Положение нейтральной оси определяется координатами силовой точки не зависит от величины силы.</li> <li>3. Если силовая точка перемещается, приближаясь к центру тяжести, и в пределе совпадает с ним, то нейтральная ось при этом удаляется в бесконечность, т.е. плоскость напряжений становится параллельной плоскости сечения, отстоящей от нее на расстоянии <math>\sigma = N / A</math>.</li> </ol> <p>Ядро сечения называют область, расположенную вокруг центра тяжести, обладающую тем свойством, что при действии силы внутри этой области во всем сечении возникают напряжения одного знака.</p> <p>Совместное действие изгиба с кручением испытывают оси редукторов, валы двигателей, ведущие оси колесных пар локомотивов и многие другие элементы технических устройств.</p>	Лекция пресс-конференция 1 час
<b>8.</b>	<b>Устойчивость сжатых стержней</b>		-
8.1.	Общие понятия. Определение критической силы. Критическое напряжение, условие устойчивости.	Тела или системы тел могут находиться в устойчивом или неустойчивом равновесии в зависимости от их геометрии, характера внешнего воздействия внешних сил находится в состоянии равновесии. Приложим к нему дополнительное, так называемое возмущающее	-

	Использование условия устойчивости. Продольно-поперечный изгиб.	<p>воздействие, отклоняющее сооружение от исходного состояния. Если после снятия этого воздействия сооружение будет стремиться к прежнему состоянию равновесия, то последнее считается устойчивым. При состоянии неустойчивого равновесия, несмотря на снятие возмущающего воздействия, в конструкции проявляется тенденция к еще большему отклонению от исходного состояния. Переход сооружения из устойчивого равновесия в неустойчивое называется потерей устойчивости, а соответствующее этому пограничное состояние – критическим. Часто критическое состояние может быть отождествлено с состоянием безразличного равновесия, при котором отклонения сооружения, вызванные возмущающими воздействиями, сохраняются неизменными после снятия этих воздействий.</p> <p>Определение критической силы. Критическое напряжение, условие устойчивости.</p> <p>Критическим называется напряжение, возникающее в поперечном сечении прямого стержня при сжатии его критической силой. Критическое напряжение зависит от модуля продольной упругости материала стержня и его гибкости.</p> <p>Использование условия устойчивости. Условие устойчивости сжатого стержня по внешнему виду напоминает запись условия прочности при растяжении (сжатии). Однако по смыслу эти ограничения различны. Условие прочности предохраняет стержень от разрушения материала при достижении нормальными напряжениями своего опасного значения. Так как максимальные напряжения возникают в ослабленном сечении, то в условия прочности и при растяжении, и при сжатии должна подставляться площадь нетто.</p> <p>Продольно-поперечный изгиб.</p>	
9.	<b>Динамическое действие нагрузок. Прочность при циклически меняющихся напряжениях</b>		-
9.1.	Основные положения. Расчеты элементов, движущихся с известными ускорениями. Ударные нагрузки. Нагрузки при вынужденных колебаниях.	<p>По характеру воздействия на сооружение внешние силы (нагрузки) подразделяются на 2 категории: статические и динамические. Под статическим понимается такое действие нагрузок, при котором величины, точки приложения и направления всех сил остаются неизменными или изменяются очень медленно. Нагружение, не удовлетворяющее хотя бы одному из указанных трех условий, считается динамическим.</p> <p>Особенность динамического воздействия связана с наличием ускорений материальных точек сооружения, вызванных либо движением последнего как твердого тела, либо быстрым изменением деформаций, а следовательно, и перемещений отдельных точек. Поэтому при</p>	-

		<p>динамическом действии нагрузок записывают уравнения движения, которые отличаются от уравнения равновесия тем, что в них дополнительно к действующим силам участвуют силы инерции, определяемые выражением</p> $I_i = -m_i a_i.$ <p>Принцип Даламбера утверждает, что если к системе активных сил, действующих на твердое тело или систему материальных точек, добавить силы инерции, то полученную таким образом общую систему сил можно считать находящейся в равновесии. Это положение является обоснованием использования статических уравнений равновесия также и при решении динамических задач.</p> <p>В зависимости от характера воздействия на сооружение динамические нагрузки подразделяют на несколько категорий:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. нагрузки, связанные с ускорениями точек,</li> <li>2. кратковременные нагрузки, характеризующиеся очень малым временем действия и, как следствие, быстрым изменением скорости движения точек сооружений,</li> <li>3. неподвижные периодически изменяющиеся нагрузки, вызванные вращением нецентрированных масс и приводящие к вынужденным колебаниям сооружения,</li> <li>4. нагрузки, связанные с быстрым перемещением масс по сооружению,</li> <li>5. сейсмические нагрузки, приводящие к резкому смещению фундаментов сооружения и вследствие этого воздействующие на само сооружение.</li> </ol> <p>Расчеты элементов, движущихся с известными ускорениями: расчет троса при подъеме груза с заданным ускорением, расчет стержня постоянного сечения, вращающегося с постоянной угловой скоростью вокруг некоторой оси.</p> <p>Ударные нагрузки. Ударом называется механический процесс соприкосновения двух тел, протекающий в течение очень короткого промежутка времени. Именно кратковременность определяет специфику явления удара, затрудняя, в общем случае, непосредственное измерение приборами таких параметров, как скорости, ускорения, силы взаимодействия между телами.</p> <p>Возможны три случая удара двух тел: удар в результате падения с высоты тяжелого ударяющего тела на деформируемое ударяемое тело, удар на трос при внезапном торможении опускаемого со скоростью груза, удар в результате столкновения массивного тела, движущегося по горизонтали с деформируемым препятствием.</p> <p>Нагрузки при вынужденных колебаниях.</p>	
9.2.	Понятие об усталости металлов.	Процесс разрушения материала под воздействием переменных напряжений,	-

	<p>Характеристики циклов напряжений. Кривая усталости. Предел выносливости. Диаграмма предельных амплитуд. Расчеты на выносливость при циклическом нагружении.</p>	<p>максимальная величина которых существенно ниже предела прочности, получил название усталостного. Свойство материала противостоять усталостным разрушениям называется выносливостью. Наиболее известен механизм усталостного разрушения металлов. Механические прочностные характеристики материала под воздействием переменных напряжений практически не меняются. Все металлы имеют зернистое строение, каждое зерно представляет кристаллит со случайно расположенной в пространстве системой кристаллографических осей. Размеры этих зерен могут быть достаточно малыми, так что зернистое строение можно обнаружить с помощью микроскопа на специально подготовленных шлифах. Определяемые по формулам сопротивления материалов напряжения и деформации принято называть макронапряжениями и макродеформациями, поскольку они относятся к объемам, содержащим достаточно большое число зерен, которое в совокупности и определяет механические характеристики материалов. Каждое зерно имеет свои, отличные от общего ансамбля, характеристики. Если при помощи специальных методов исследовать распределение деформаций в зернах металлов, то обнаружится, что это распределение весьма неоднородно. На границах наиболее неблагоприятно ориентированных зерен наблюдается резкое местное повышение уровня микродеформаций, в этих зонах после нескольких циклов нагружения могут появиться микротрещины. При повторно-переменных нагружениях эти трещины развиваются под воздействием повышенных напряжений, которые возникают у острия трещины; при развитии некоторые из них сливаются, образуя макротрещину. Эта макротрещина также начинает расти, трещина захватывает все большую часть поперечного сечения, а затем, когда площадь сечения заметно уменьшится, происходит хрупкое разрушение.</p> <p>Характеристики циклов напряжений. Кривая усталости. Предел выносливости. Пределом выносливости называют то наибольшее значение максимального напряжения цикла, которое выдерживает образец при неограниченном числе циклов. Диаграмма предельных амплитуд. Влияние различных факторов на усталостную прочность: концентрация напряжений, чистота обработки поверхности, масштабный фактор, другие факторы. Расчеты на выносливость при циклическом нагружении.</p>	
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

### 4.3. Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрены.

### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Определение для заданного сечения главных центральных моментов инерции и моментов сопротивления.	0,5	-
2	2.	Построение эпюры и вычисление длины стержня	0,5	-
3		Определение нормальных напряжений и перемещений сечений с построением эпюры.	0,5	-
4	3.	Расчет на прочность соединений.	0,5	-
5		Построение эпюр крутящих моментов и угловых перемещений. Проверка условий жесткости.	0,5	-
6	4.	Определение опорных реакций в балке. Построение эпюр внутренних усилий для заданной нагруженной балки.	0,5	-
7	5.	Проверка прочности материала.	0,5	-
8	6.	Определение для заданного плоского напряженного состояния в точке напряжения на наклонной площадке, главные напряжения, положение главных площадок, экстремальные касательные напряжения с указанием площадок.	0,5	-
9	7.	Определение величины допускаемой нагрузки и при растяжении, и при сжатии. Построение для опасного сечения бруса эпюры нормальных напряжений.	1	-
10	8.	Практические методы расчета сжатых стержней на устойчивость.	1	-
11	9.	Определение динамического коэффициента.	1	-
12		Проверка системы на резонанс, прочность и жесткость балки.	1	-
<b>ИТОГО</b>			<b>8</b>	<b>-</b>

### 4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

Контрольная работа 1. Определение внутренних усилий в стержневых конструкциях. Расчет на прочность, жесткость, устойчивость.

Цель работы: Сформировать умения выделять основные факторы, влияющие на прочность, жесткость, устойчивость..

Структура: Контрольная работа выполняется на формате А4 с титульным листом и содержанием.

Основная тематика: раздел технической механики – механика материалов..

Рекомендуемый объем: 6 листов.

Выдача задания, прием контрольной работы проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки контрольной работы
Отлично	<ul style="list-style-type: none"><li>- контрольная работа выполнена полностью;</li><li>- в логических рассуждениях и обосновании решения задачи нет пробелов и ошибок;</li><li>- в решении нет математических ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием незнания или непонимания учебного материала).</li></ul>
Хорошо	<ul style="list-style-type: none"><li>- контрольная работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны;</li><li>- допущена одна ошибка или два- три недочёта при выводе формулы, в рисунках.</li></ul>
удовлетворительно	<ul style="list-style-type: none"><li>- выполнено не менее <math>2/3</math> всей работы;</li><li>- допущены более одной ошибки или более двух- трёх недочётов при выводе формул в решении задач, при пояснениях в решении задачи, в рисунках.</li></ul>
неудовлетворительно	<ul style="list-style-type: none"><li>- число ошибок и недочётов превысило норму для оценки «3»;</li><li>- правильно выполнено менее <math>2/3</math> всей работы;</li><li>- работа выполнена не самостоятельно.</li></ul>

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ОПК-5</i>	<i>ПК-6</i>				
1		2	3	4	5	6	7	8
<b>1.</b> Общие понятия. Расчет геометрических характеристик поперечных сечений.		14	+	+	2	7	Лк, ПЗ, СР	кр, экзамен
<b>2.</b> Растяжение и сжатие.		14,5	+	+	2	7,25	Лк, ПЗ, СР	кр, экзамен
<b>3.</b> Сдвиг и кручение.		14,5	+	+	2	7,25	Лк, ПЗ, СР	кр, экзамен
<b>4.</b> Изгиб балок.		14	+	+	2	7	Лк, ПЗ, СР	кр, экзамен
<b>5.</b> Гипотезы пластичности и разрушения (гипотезы прочности).		14	+	+	2	7	Лк, ПЗ, СР	кр, экзамен
<b>6.</b> Напряженно-деформированное состояние.		15	+	+	2	7,5	Лк, ПЗ, СР	кр, экзамен
<b>7.</b> Сложное сопротивление стержня.		16	+	+	2	8	Лк, ПЗ, СР	кр, экзамен
<b>8.</b> Устойчивость сжатых стержней.		16	+	+	2	8	Лк, ПЗ, СР	кр, экзамен
<b>9.</b> Динамическое действие нагрузок. Прочность при циклически меняющихся напряжениях.		17	+	+	2	8,5	Лк, ПЗ, СР	кр, экзамен
<b><i>всего часов</i></b>		<b>135</b>	<b>67,5</b>	<b>67,5</b>	<b>2</b>	<b>67,5</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Балбасова Т.С. Сопротивление материалов. Лабораторный практикум. Ч.1.: учебное пособие для вузов / Т.С.Балбасова, В.А.Тарасов. – Братск: БрГТУ, 2004. – 67 с.
2. Тарасов В.А. Сопротивление материалов. Лабораторный практикум. Ч.2.: учебное пособие / В.А.Тарасов, Т.С.Балбасова. – Братск, БрГТУ, 2004. – 59 с.
3. Балбасова Т.С. Сопротивление материалов. Расчетно-проектировочные работы [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т.С.Балбасова. – Братск: БрГУ, 2009. – 82 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./чел.)
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М.Х.Ахметзянов, П.В.Грес, И.Б.Лазарев. – М.: Высшая школа, 2007. – 334 с.	Лк, ПЗ, СР, кр	20	1
2.	Сопротивление материалов: учебное пособие / Под ред. Н.А.Костенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 488 с.	Лк, ПЗ, СР, кр	204	1
3.	Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.М.Михайлов. – М.: Академия, 2009. – 448 с.	Лк, ПЗ, СР, кр	50	
<b>Дополнительная литература</b>				
4.	Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник/ П.А.Степин. – 12-е изд, стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – 320 с. <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=3179">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=3179</a>	Лк, ПЗ, СР	ЭР	1
5.	Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Э.А.Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. – 207 с.	ПЗ, СР, кр	247	1
6.	Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: учебник для вузов / В.И.Феодосьев. – 13-е изд., стереотип. – М.: МГТУ, 2005. - 592 с.	СР	9	0.4

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).
2. Электронная библиотека БрГУ  
<http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»

<http://e.lanbook.com> .

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"

<http://window.edu.ru> .

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .

7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)

<https://uisrussia.msu.ru/> .

8. Национальная электронная библиотека НЭБ

<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела Основные положения раздела, рекомендуемые для СР</i>	<i>Рекомендуемая литература</i>	<i>Форма отчёта</i>	<i>Всего часов</i>
1	2	3	4	5
1	<b>1.</b> Общие понятия. Расчет геометрических характеристик поперечных сечений. <b>1.1.</b> Содержание курса. Модель деформируемого твердого тела. Внешние и внутренние силы. Напряжения, перемещения, деформации. Линейные системы. Принцип независимости действия сил. <b>1.2.</b> Геометрические характеристики поперечных сечений. Основные понятия. Моменты инерции простейших и составных фигур. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей. Понятие о главных осях инерции. Основные свойства моментов инерции.	[1] глава 1 с.5-17,  [1] глава 5 с.90-109	ПЗ 1, кр, экзамен	13
2	<b>2.</b> Растяжение и сжатие. <b>2.1.</b> Продольная сила. Напряжения в поперечных сечениях. Деформации. Закон Гука. Перемещения сечений. Влияние собственного веса. <b>2.2.</b> Механические характеристики материалов. Методики расчета на прочность элементов машин и сооружений. Потенциальная энергия деформации. Расчет статически неопределимых систем с растянутыми (сжатыми) элементами.	[1] глава 2 с.17-60	ПЗ 2-3, кр, экзамен	13
3	<b>3.</b> Сдвиг и кручение. <b>3.1.</b> Закон Гука при чистом сдвиге. Полная форма записи обобщенного закона Гука. Практические расчеты на сдвиг. <b>3.2.</b> Крутящий момент. Кручение стержней круглого поперечного	[1] глава 4 с.79-90  [1] глава 8 с.196-218	ПЗ 4-5, кр, экзамен	13

	<p>сечения.  Напряжения и деформации.  Напряженное состояние круглого стержня при кручении.  Потенциальная энергия.  Кручение стержней при упругопластической работе материала.  Цилиндрические пружины с малым шагом витка.  Понятие о кручении стержней некруглого поперечного сечения.</p>			
4	<p><b>4. Изгиб балок.</b>  <b>4.1. Силовые факторы при изгибе.</b>  Реакции связей.  Дифференциальные зависимости при изгибе.  Построение эпюр в балках.  Нормальные напряжения при чистом изгибе балок.  Касательные напряжения при изгибе.  Анализ напряженного состояния балки.  Главные напряжения.  Потенциальная энергия деформации балки при плоском изгибе.  Упругопластический изгиб.  Особенности расчета составных балок.</p>	[1] глава 6 с.109-161	ПЗ 6, кр, экзамен	13
5	<p><b>5. Гипотезы пластичности и разрушения (гипотезы прочности)</b>  <b>5.1. Назначение гипотез прочности.</b>  Первая гипотеза прочности.  Вторая и третья гипотезы прочности.  Энергетические гипотезы прочности.  Краткие сведения о других гипотезах прочности.</p>	[4] глава 8 с.193-206	ПЗ 7, кр, экзамен	13
6	<p><b>6. Напряженно-деформированное состояние</b>  <b>6.1. Плоское напряженное состояние.</b>  Напряжение по наклонным площадкам.  Главные напряжения.  Круг Мора.  Пространственное напряженное состояние.  Деформированное состояние в точке.  Обобщенный и объемный законы Гука.</p>	[1] глава 3 с.60-79	ПЗ 8, кр, экзамен	14
7	<p><b>7. Сложное сопротивление стержня</b>  7.1. Косой изгиб.  Совместное действие растяжения (сжатия) и изгиба.  Внецентренное растяжение (сжатие).  Ядро сечения.  Изгиб с кручением круглых валов.</p>	[1] глава 10 с.229-253	ПЗ 9, кр, экзамен	14
8	<p><b>8. Устойчивость сжатых стержней</b>  8.1. Общие понятия.  Определение критической силы.  Критическое напряжение, условие устойчивости.</p>	[1] глава 11 с.253-273	ПЗ 10, кр, экзамен	14

	Использование условия устойчивости. Продольно-поперечный изгиб.			
9	<p><b>9.</b> Динамическое действие нагрузок. Прочность при циклически меняющихся напряжениях</p> <p>9.1. Основные положения. Расчеты элементов, движущихся с известными ускорениями. Ударные нагрузки. Нагрузки при вынужденных колебаниях.</p> <p>9.2. Понятие об усталости металлов. Характеристики циклов напряжений. Кривая усталости. Предел выносливости. Диаграмма предельных амплитуд. Расчеты на выносливость при циклическом нагружении.</p>	<p>[1] глава 12 с.273-293</p> <p>[1] глава 13 с.293-308</p>	ПЗ 11-12, кр, экзамен	14
<b>ИТОГО</b>				<b>121</b>

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ

Практические занятия служат связующим звеном между теорией и практикой. Они необходимы для закрепления теоретических знаний, полученных на занятиях теоретического обучения, а так же для получения практических знаний. Практические задания выполняются студентом самостоятельно, с применением знаний и умений, полученных на уроках, а так же с использованием необходимых пояснений, полученных от преподавателя при выполнении практического задания. К практическому занятию от студента требуется предварительная подготовка, которую он должен провести перед занятием. Список литературы и вопросы, необходимые при подготовке, студент получает перед занятием из методических рекомендаций к практическому занятию. Практические задания разработаны в соответствии с учебной программой. Зачет по каждой практической работе студент получает после ее выполнения, а также ответов на вопросы преподавателя, если таковые возникнут при проверке выполненного задания.

#### Практическое занятие № 1

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛЯ ЗАДАННОГО СЕЧЕНИЯ ГЛАВНЫХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ И МОМЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ

##### Задание:

Определить для заданного сечения главные центральные моменты инерции и моменты сопротивления.

##### Порядок выполнения:

Сначала необходимо вычислить площади элементов сечения: горизонтального листа, вертикального листа и площадь всего сечения.

Вычисление моментов инерции  $J_z$  элементов сечения по формуле  $J_z = bh^3 / 12$  для прямоугольного сечения и  $J_{z1} = J_z + a^2 A$  при параллельном переносе осей.

$$\text{Моменты сопротивления сечения } W_z = \frac{J_z}{y_{\max}} \text{ и } W_y = \frac{J_y}{z_{\max}}.$$

Главными центральными осями инерции являются ось  $y$  (как ось симметрии) и перпендикулярная к ней ось  $z$ . Моменты инерции  $J_z$  и  $J_y$  вычисляются отдельно для прямоугольника и для круга с последующим вычитанием результатов.

Для круга момент инерции относительно любого диаметра будет  $\frac{\pi D^4}{64}$ .

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рабочей тетради и содержит все необходимые расчеты и выводы по соответствующей теме.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.

2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому заданию:  
проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы.  
Конспектирование прочитанных литературных источников.

Основная литература

1. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М.Х.Ахметзянов, П.В.Грес, И.Б.Лазарев. – М.: Высшая школа, 2007. – 334 с.
2. Костенко Н.А. Сопротивление материалов: учебное пособие / Под ред. Н.А.Костенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 488 с.
3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.М.Михайлов. – М.: Академия, 2009. – 448 с.

Дополнительная литература

1. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник/ П.А.Степин. – 12-е изд, стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 320 с.
2. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Э.А.Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2005. – 207 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Как вычисляют статические моменты площади поперечного сечения относительно заданных осей?
2. Как определить положение центра тяжести площади поперечного сечения разбитой на отдельные простые элементы?
3. Какие оси поперечного сечения называют центральными и каким свойством они обладают?
4. Какие оси поперечного сечения называют главными?
5. Свойства симметрии плоской фигуры.
6. Запишите формулы для определения моментов инерции относительно параллельных осей.
7. Как вычислить моменты инерции составной фигуры?
8. Как определить положение главных осей поперечного сечения и моменты инерции относительно этих осей?

**Практическое занятие № 2**

**ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮРЫ И ВЫЧИСЛЕНИЕ ДЛИНЫ СТЕРЖНЯ**

Задание:

Для стержня построить эпюры и вычислить удлинение всего стержня.

Порядок выполнения:

Необходимо сначала вычислить нормальные напряжения в поперечных сечениях на 1, 2 и 3-м участках. Продольные силы принимаем

$$\sigma_{(1)} = \frac{N_1}{A}, \sigma_{(2)} = \frac{N_2}{A}, \sigma_{(3)} = \frac{N_3}{A}.$$

Определим далее удлинения каждого участка

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{EA}, \Delta l_2 = \frac{N_2 l_2}{EA}, \Delta l_3 = \frac{N_3 l_3}{EA}$$

Затем вычислим перемещение точек приложения сил. Эти перемещения равны сумме

удлинений участков, при этом сечение в заделке принимается неподвижным ( $u=0$ )

$$u_3 = \Delta l_3, u_2 = \Delta l_3 + \Delta l_2, u_1 = \Delta l_3 + \Delta l_2 + \Delta l_1.$$

Показать на рисунке эпюру. Перемещения сечений влево принять за положительные. Полное удлинение стержня  $\Delta l_{\text{ии}} = u_1$ , что соответствует суммарному укорочению стержня на эту длину.

#### Форма отчетности:

Отчет оформляется в рабочей тетради и содержит все необходимые расчеты и выводы по соответствующей теме.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.

2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому заданию:  
проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников.

#### Основная литература

1. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М.Х.Ахметзянов, П.В.Грес, И.Б.Лазарев. – М.: Высшая школа, 2007. – 334 с.
2. Костенко Н.А. Сопротивление материалов: учебное пособие / Под ред. Н.А.Костенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 488 с.
3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.М.Михайлов. – М.: Академия, 2009. – 448 с.

#### Дополнительная литература

1. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник/ П.А.Степин. – 12-е изд, стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 320 с.
2. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Э.А.Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2005. – 207 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. В каких случаях стержень испытывает деформацию растяжения или сжатия?
2. Как определить продольную силу в поперечном сечении стержня?
3. По какой формуле определяют нормальные напряжения в поперечном сечении стержня?
4. В чем заключается принцип Сен-Венана?
5. Запишите закон Гука для линейного напряженного состояния.
6. Расскажите порядок определения перемещений поперечных сечений стержня и построения эпюры перемещений.
7. Как определить напряжения и удлинения стержня от собственного веса?
8. Как определяются механические характеристики прочности материала: пределы пропорциональности, упругости, текучести и предел прочности?

### **Практическое занятие № 3**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СЕЧЕНИЙ С ПОСТРОЕНИЕМ ЭПЮРЫ**

#### Задание:

Определить нормальные напряжения  $\sigma$  и перемещения сечений (с построением эпюр  $N, \sigma, \Delta$ ).

Эта задача – прямая, т.е. в ней заданы: внешние силы  $F$  (нагрузка), площади поперечных сечений стального стержня по участкам и их длины.

#### Порядок выполнения:

Сначала строят эпюру. При этом берем внешние силы только справа от сечения (со стороны свободного конца). Таким образом, продольные силы в поперечных сечениях стержня на участках  $c, b$  и  $a$  будут равны соответственно:

$$N_c = F_3 \text{ (растяжение),}$$

$$N_b = F_3 - F_2 \text{ (растяжение),}$$

$$N_a = F_3 - F_2 - F_1 \text{ сжатие).}$$

Нормальные напряжения  $\sigma$  на участках  $a$ ,  $b$  и  $c$  равны соответственно:

$$\sigma_a = N_a / A_a,$$

$$\sigma_b = N_b / A_b,$$

$$\sigma_c = N_c / A_c.$$

Удлинения по участкам:

$$\Delta l_a = N_a a / (E_a A_a) \text{ (укорочение),}$$

$$\Delta l_b = N_b b / (E_b A_b) \text{ (удлинение),}$$

$$\Delta l_c = N_c a / (E_c A_c) \text{ (удлинение).}$$

Перемещения  $\Delta$  точек приложения сил  $F$  можно вычислить как суммарное удлинение (укорочение) соответствующего участка, считая от неподвижного сечения, т.е. от заделки. Важно понять, что точка приложения силы (и соответствующее сечение) не может удлиняться или укорачиваться, а может только вычисляем перемещения необходимых точек:

$$\Delta_1 = \Delta l_a,$$

$$\Delta_2 = \Delta l_a + \Delta l_b,$$

$$\Delta_3 = \Delta l_a + \Delta l_b + \Delta l_c$$

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рабочей тетради и содержит все необходимые расчеты и выводы по соответствующей теме.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.

2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому заданию:  
проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы.  
Конспектирование прочитанных литературных источников.

Основная литература

1. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М.Х.Ахметзянов, П.В.Грес, И.Б.Лазарев. – М.: Высшая школа, 2007. – 334 с.
2. Костенко Н.А. Сопротивление материалов: учебное пособие / Под ред. Н.А.Костенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 488 с.
3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.М.Михайлов. – М.: Академия, 2009. – 448 с.

Дополнительная литература

1. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник/ П.А.Степин. – 12-е изд, стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 320 с.
2. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Э.А.Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2005. – 207 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. В каких случаях стержень испытывает деформацию растяжения или сжатия?
2. Как определить продольную силу в поперечном сечении стержня?
3. По какой формуле определяют нормальные напряжения в поперечном сечении стержня?
4. В чем заключается принцип Сен-Венана?
5. Запишите закон Гука для линейного напряженного состояния.
6. Расскажите порядок определения перемещений поперечных сечений стержня и построения эпюры перемещений.
7. Как определить напряжения и удлинения стержня от собственного веса?
8. Как определяются механические характеристики прочности материала: пределы

пропорциональности, упругости, текучести и предел прочности?

## Практическое занятие № 4

### РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ

#### Задание:

Проверить прочность заклепочного соединения в виде стыка с двумя накладками, растягиваемого силой.

#### Порядок выполнения:

Расчет включает проверку прочности соединения по срезу и смятию заклепок, а также листов и накладок – на растяжение.

Выполняют проверку прочности по срезу заклепок, используя формулу

$$\tau_{\max} = \frac{P}{A_{\text{ср}}} = \frac{P}{nk \frac{\pi d^2}{4}} \leq R_{\text{ср}}.$$

Проверку на смятие делают по формуле  $\sigma_{\max} = P/A_{\text{смят}} = P/(ndt) \leq R_{\text{смят}}$ .

Толщина листа ( $t_{\text{с}}$  = 1,6 см) меньше  $2t_i = 2$  см.

Прочность листа и накладок на разрыв проверяют по формуле

$$\sigma = \frac{N}{A_i} = \frac{P}{t(b-md)} \leq R.$$

Для определения опасного сечения строят эпюры продольных сил  $N$  для листа и накладок, считая, что усилия между заклепками распределяется равномерно. Изобразить эпюры. Площади ослабленных сечений различны, поэтому прочность листов проверяют по сечениям I - I, II - II, III - III.

Сечение:

$$\sigma = \frac{P}{t(b-2d)}.$$

#### Форма отчетности:

Отчет оформляется в рабочей тетради и содержит все необходимые расчеты и выводы по соответствующей теме.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.

2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому заданию:  
проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы.  
Конспектирование прочитанных литературных источников.

#### Основная литература

1. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М.Х.Ахметзянов, П.В.Грес, И.Б.Лазарев. – М.: Высшая школа, 2007. – 334 с.
2. Костенко Н.А. Сопротивление материалов: учебное пособие / Под ред. Н.А.Костенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 488 с.
3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.М.Михайлов. – М.: Академия, 2009. – 448 с.

#### Дополнительная литература

1. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник/ П.А.Степин. – 12-е изд, стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 320 с.
2. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Э.А.Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2005. – 207 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Как записывается закон Гука при чистом сдвиге?

2. Как определить модуль сдвига через упругие постоянные материалы?
3. Какие предположения используют при расчете заклепочных и сварных соединений?
4. Как определить необходимое число заклепок из условий прочности соединения?
5. Как проверить прочность элемента, ослабленного отверстиями под заклепки?
6. Как определить расчетную длину сварного флангового шва?

### Практическое занятие № 5

#### ПОСТРОЕНИЕ ЭПИЮ КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ И УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ. ПРОВЕРКА УСЛОВИЙ ЖЕСТКОСТИ

##### Задание:

Подобрать диаметра вала сплошного и трубчатого поперечного сечений. Построить эпюры крутящих моментов и угловых перемещений. Проверить условие жесткости.

##### Порядок выполнения:

Определяем

$$M_1 = M_2 + M_3 + M_4,$$

затем, разбив вал на три участка: АВ, ВС и CD, строим эпюру крутящих моментов. В местах приложения внешних моментов(пар сил) получают скачки на величину этих моментов.

Из условия прочности определяем требуемую величину полярного момента сопротивления поперечного сечения:

$$W_p \geq \frac{M_{\text{ед}}^{\text{max}}}{R_{\text{нд}}}.$$

Учитывая, что для круглого сечения  $W_p = \pi D^3 / 16$ , находим диаметр сплошного вала:

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{16W_p}{\pi}}.$$

Для трубчатого сечения полярный момент сопротивления

$$W_p = \frac{\pi D^3}{16} \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right].$$

Вычисляем внешний и внутренний диаметры трубчатого сечения:

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{W_p}{0.116}}.$$

Определяем соответственно площадь круга и площадь трубы:

$$A_{\text{едоаа}} = \frac{\pi D^2}{4},$$

$$A_{\text{доаа}} = \frac{\pi D^2}{4} \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2\right].$$

Построение эпюры углов поворота поперечных сечений вала производим относительно шкива № 1, считая его неподвижным, т.е.  $\varphi_c = 0$ . Шкив № 4 поворачивается относительно шкива № 1 на угол

$$\varphi_D = \frac{M_{\text{ед}}^{\text{CD}} l_{\text{CD}}}{GJ_p},$$

где полярный момент инерции трубы

$$J_p = \frac{\pi D^4}{32} \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right].$$

Шкив № 3 поворачивается относительно шкива № 1 на угол

$$\varphi_{\hat{A}} = \frac{M_{\text{ед}}^{\hat{A}\hat{N}} l_{\text{BC}}}{GJ_p}.$$

Шкив № 2 поворачивается относительно шкива № 3 на угол

$$\varphi_{AB} = \frac{M_{\text{эд}}^{AB} l_{AB}}{GJ_p}.$$

Шкив № 2 поворачивается относительно шкива № 1 на угол

$$\varphi_A = \varphi_B + \varphi_{AB}.$$

Проверяем условие жесткости. Относительные углы закручивания:

на участке CD  $\theta_{CD} = \frac{\varphi_D}{l_{CD}},$

на участке BC  $\theta_{BC} = \frac{\varphi_B}{l_{BC}},$

на участке AB  $\theta_{AB} = \frac{\varphi_{AB}}{l_{AB}}.$

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рабочей тетради и содержит все необходимые расчеты и выводы по соответствующей теме.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.

2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому заданию:

проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников.

Основная литература

1. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М.Х.Ахметзянов, П.В.Грес, И.Б.Лазарев. – М.: Высшая школа, 2007. – 334 с.

2. Костенко Н.А. Сопротивление материалов: учебное пособие / Под ред. Н.А.Костенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 488 с.

3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.М.Михайлов. – М.: Академия, 2009. – 448 с.

Дополнительная литература

1. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник/ П.А.Степин. – 12-е изд, стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 320 с.

2. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Э.А.Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. – 207 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Какие внутренние силовые факторы возникают при кручении вала?

2. Как определить крутящий момент в поперечном сечении вала?

3. По какой формуле определяют касательные напряжения при кручении круглого вала?

4. Как определить угол закручивания при кручении круглого вала?

6. Как вычисляют жесткого вала при кручении?

7. Запишите условия прочности и жесткости для круглого вала при кручении.

## Практическое занятие № 6

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ В БАЛКЕ. ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮРОВ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ ДЛЯ ЗАДАННОЙ НАГРУЖЕННОЙ БАЛКИ

Задание:

Определить опорные реакции в балке.

Порядок выполнения:

Мысленно отбросим связи и заменим их воздействие на балку соответствующими реакциями. Зафиксируем систему координат:  $x$  – вдоль продольной оси балки, а  $y$  – перпендикулярно к  $x$  – вверх. Составим уравнения равновесия для плоской произвольной системы сил. Целесообразно записать уравнения равновесия в следующем виде:

$$\sum F_x = 0; \sum m_A(F) = 0 \text{ и } \sum m_B(F) = 0.$$

Из уравнения  $\sum F_x = 0$  найдем  $H=0$ . Запишем сумму моментов всех сил относительно центра  $A$ , руководствуясь определенным правилом для момента силы или пары сил относительно центра. Момент силы или пары сил считается положительным, если сила или пара сил стремится повернуть тело против часовой стрелки, и отрицательным – по часовой стрелке.

$$\sum m_A(F) = R_B * 8 - q * 6 * 5 - P * 2 + m = 0.$$

При записи этого уравнения равномерно распределенную нагрузку интенсивностью  $q$  заменили ее равнодействующей, приложенной в середине участка.

$$\text{Аналогично } \sum m_B(F) = -R_A * 8 + m + P * 6 + q * 6 * 3 = 0.$$

Далее записываем уравнение в виде суммы проекций всех сил на ось  $y$ , при этом можно обнаружить случайную ошибку вычислений:

$$\sum F_y = -P - q * 6 + R_A + R_B = 0.$$

То, что эта сумма оказалась равной нулю, является необходимым, но недостаточным условием отсутствия ошибок при вычислении реакций.

Построение эпюр  $Q$  и  $M$  по характерным точкам.

1. Найти с помощью уравнений равновесия опорные реакции.
2. Наметить характерные сечения, в которых приложены сосредоточенная сила, сосредоточенный момент или прерывается распределенная нагрузка.
3. Вычислить значения  $Q$  в необходимых характерных сечениях. Построить эпюру  $Q$ , учитывая дифференциальную зависимость  $q = dQ/dx$
4. Вычислить значения  $M$  в необходимых характерных сечениях. Построить эпюру  $M$ , учитывая зависимость  $Q = dM/dx$ .

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рабочей тетради и содержит все необходимые расчеты и выводы по соответствующей теме.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.

2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому заданию:

проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников.

Основная литература

1. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М.Х.Ахметзянов, П.В.Грес, И.Б.Лазарев. – М.: Высшая школа, 2007. – 334 с.
2. Костенко Н.А. Сопротивление материалов: учебное пособие / Под ред. Н.А.Костенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 488 с.
3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.М.Михайлов. – М.: Академия, 2009. – 448 с.

Дополнительная литература

1. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник/ П.А.Степин. – 12-е изд, стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 320 с.
2. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Э.А.Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. – 207 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Запишите дифференциальные уравнения, связывающие поперечную силу, изгибающий

момент и внешние нагрузки.

2. Порядок построения эпюр изгибающих моментов и поперечных сил в балках.

3. Запишите условие прочности по нормальным напряжениям при изгибе.

4. Формула Журавского для нахождения касательных напряжений.

## Практическое занятие № 7

### ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛА

#### Задание:

Проверит прочность материала, испытывающего трехосное сжатие.

#### Порядок выполнения:

По энергетической гипотезе формоизменения эквивалентное напряжение равно

$$\sigma_{\text{y}éà} = \sqrt{\sigma_3^2 + \sigma_2^2 + \sigma_1^2 - \sigma_3\sigma_1 - \sigma_2\sigma_1 - \sigma_2\sigma_3}.$$

Если напряженное состояние задано не в главных напряжениях, то вычисляем предварительно главные напряжения:

$$\sigma_1 = \sigma / 2 + 0.5\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}.$$

Если сжимающее напряжение превосходит по величине растягивающее, то эквивалентное напряжение вычисляем по гипотезе прочности П.П.Баландина:

$$\sigma_{\text{y}éà} = \frac{1-\nu}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) + \frac{1}{2}\sqrt{(1-\nu)^2(\sigma_1 + \sigma_3)^2 + 4\nu(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_3)}.$$

Для сравнения вычислим коэффициент запаса прочности по гипотезе О.Мора

$$\sigma_{\text{y}éà} = \sigma_1 - \nu\sigma_3.$$

Применение объединенных гипотез прочности позволило бы более экономно назначать размеры деталей, которые изготавливают из хрупких материалов.

#### Форма отчетности:

Отчет оформляется в рабочей тетради и содержит все необходимые расчеты и выводы по соответствующей теме.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.

2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому заданию:  
проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы.  
Конспектирование прочитанных литературных источников.

#### Основная литература

1. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М.Х.Ахметзянов, П.В.Грес, И.Б.Лазарев. – М.: Высшая школа, 2007. – 334 с.

2. Костенко Н.А. Сопротивление материалов: учебное пособие / Под ред. Н.А.Костенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 488 с.

3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.М.Михайлов. – М.: Академия, 2009. – 448 с.

#### Дополнительная литература

1. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник/ П.А.Степин. – 12-е изд, стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 320 с.

2. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Э.А.Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2005. – 207 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте первую гипотезу прочности.

2. Сформулируйте вторую гипотезу прочности.

3. Сформулируйте третью гипотезу прочности.

## Практическое занятие № 8

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛЯ ЗАДАННОГО ПЛОСКОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ТОЧКЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА НАКЛОННОЙ ПЛОЩАДКЕ, ГЛАВНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ. ПОЛОЖЕНИЕ ГЛАВНЫХ ПЛОЩАДОК, ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ КАСАТЕЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ С УКАЗАНИЕМ ПЛОЩАДОК

#### Задание:

Определение (аналитически и графически) для заданного плоского напряженного состояния в точке напряжения на наклонной площадке, главные напряжения. положение главных площадок, экстремальные касательные напряжения с указанием площадок, по которым они действуют.

#### Порядок выполнения:

Аналитическое решение. Напряжения на наклонной площадке ( $\alpha = 40^\circ$ ) можно определить по формулам:

$$\sigma_{x1} = \sigma_x \cos^2 \alpha + \sigma_y \sin^2 \alpha - \tau_{yx} \sin 2\alpha;$$

$$\tau_{y1x1} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \sin 2\alpha + \tau_{yx} \cos 2\alpha.$$

Главные напряжения:

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{yx}^2}.$$

Положения главных площадок:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = -\frac{\tau_{yx}}{\sigma_{\max} - \sigma_y}.$$

Экстремальные касательные напряжения:

$$\tau_{\max/\min} = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{yx}^2}.$$

Эти площадки располагаются под углом  $45^\circ$  к главным.

Графическое решение (круг Мора):

1. выбираем подходящий масштаб,
2. наносим точки  $M_x\{\sigma_x; \tau_{yx}\}$  и  $M_y\{\sigma_y; -\tau_{yx}\}$ , соответствующие исходным площадкам,
3. на пересечении отрезка  $M_x M_y$  с горизонтальной осью – центр искомого круга,
4. из точки  $M_x$  проводим прямую, параллельную горизонтальной оси, а из  $M_y$  – параллельную вертикальной оси: на пересечении получим полюс  $S$ ,
5. из полюса  $S$  проводим необходимые лучи параллельно нормальям к интересующей нас площадке или к характерным точкам круга. Координаты точек пересечения лучей с кругом дадут искомые напряжения.

#### Форма отчетности:

Отчет оформляется в рабочей тетради и содержит все необходимые расчеты и выводы по соответствующей теме.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому заданию:  
проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы.  
Конспектирование прочитанных литературных источников.

Основная литература

1. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М.Х.Ахметзянов, П.В.Грес, И.Б.Лазарев. – М.: Высшая школа, 2007. – 334 с.
2. Костенко Н.А. Сопротивление материалов: учебное пособие / Под ред. Н.А.Костенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 488 с.
3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.М.Михайлов. – М.: Академия, 2009. – 448 с.

Дополнительная литература

1. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник/ П.А.Степин. – 12-е изд, стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 320 с.
2. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Э.А.Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. – 207 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Какое напряжение считается плоским?
2. Сформулируйте закон парности касательных напряжений.
3. Какие площадки и какие напряжения называются главными?
4. Запишите формулу для нахождения главных напряжений.
5. Как определить положение главных площадок?
6. Как определить максимальные касательные напряжения?
7. Расскажите порядок построения круга Мора и нахождения при его помощи напряжений на заданной наклонной площадке.
8. Запишите обобщенный закон Гука.

### Практическое занятие № 9

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ДОПУСКАЕМОЙ НАГРУЗКИ И ПРИ РАСТЯЖЕНИИ, И ПРИ СЖАТИИ. ПОСТРОЕНИЕ ДЛЯ ОПАСНОГО СЕЧЕНИЯ БРУСА ЭПЮРЫ НОРМАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Задание:

Определить величину допускаемой нагрузки  $P$  и при растяжении, и при сжатии. При найденном значении  $P$  построить для опасного сечения бруса эпюру нормальных напряжений.

Порядок выполнения:

Строим эпюры внутренних силовых факторов:  $N$ ,  $M_z$  и  $M_y$ . Убеждаемся, что брус испытывает растяжение (сжатие) с изгибом.

Опасным сечением является сечение у заделки -  $M_z$  и  $M_y$  имеют наибольшие значения, а  $N$  во всех сечениях одинакова.

Здесь  $N = -P$ ,

$$M_z = P*0.7 - P*0.1 = 0.6P,$$

$$M_y = -P*1 - P*0.05 = -1.05P.$$

Находим геометрические характеристики сечения: площадь, моменты сопротивления сечения:

$$W_z = bh^2 / 6,$$

$$W_y = hb^2 / 6.$$

Если нормализовать по физическому смыслу знаки нормальных напряжений в угловых точках сечения, возникающих от  $N$ ,  $M_z$  и  $M_y$ , то нетрудно установить, что наиболее опасной будет точка D – здесь все слагаемые отрицательные.

Запишем условие прочности для этой точки:

$$\frac{P}{0.02} + \frac{0.6P}{6.67 * 10^{-4}} + \frac{1.05P}{3.33 * 10^{-4}} \leq R.$$

Построим для опасного сечения бруса эпюру нормальных напряжений. В точке D суммарное напряжение сжимающее и по модулю совпадает с расчетным сопротивлением.

Если расчетные сопротивления материала стержня на растяжение и на сжатие различные, то условия прочности записывают для двух крайних наиболее напряженных

точек.

Если сечение не имеет четко выраженных наиболее удаленных от нейтральных оси точек, то вначале следует определить положение этой точки.

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рабочей тетради и содержит все необходимые расчеты и выводы по соответствующей теме.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.

2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому заданию:  
проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы.  
Конспектирование прочитанных литературных источников.

Основная литература

1. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М.Х.Ахметзянов, П.В.Грес, И.Б.Лазарев. – М.: Высшая школа, 2007. – 334 с.
2. Костенко Н.А. Сопротивление материалов: учебное пособие / Под ред. Н.А.Костенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 488 с.
3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.М.Михайлов. – М.: Академия, 2009. – 448 с.

Дополнительная литература

1. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник/ П.А.Степин. – 12-е изд, стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 320 с.
2. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Э.А.Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. – 207 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Запишите формулу для нормальных напряжений при косом изгибе.
2. Где находятся опасные точки при изгибе?
3. Запишите условие прочности для сечений, вписывающихся в прямоугольник.
4. Как определить перемещения при косом изгибе?
5. Запишите формулу для нормальных напряжений при совместном действии растяжения (сжатия) с изгибом.
6. Что такое ядро сечения?
7. Порядок построения ядра сечения.

### **Практическое занятие № 10**

#### **ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ**

Задание:

Определить критическую и допускаемую силу  $F$ , материал стойки CD – Ст3.

Порядок выполнения:

Вначале проведем расчет на устойчивость стальной стойки коробчатого сечения. Опорные закрепления стержня в двух главных плоскостях инерции считаются одинаковыми, поэтому стержень будем терять устойчивость в плоскости наименьшей жесткости.

Сначала находим площадь сечения.

Затем для осей  $z$  и  $y$  вычисляем осевые моменты инерции сечения.

Для дальнейшего расчета принимаем наименьшее значение  $J_{\min} = J_y$ .

Минимальный радиус инерции сечения

$$i_y = i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{A}},$$

гибкость стержня в плоскости наименьшей жесткости:

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}}$$

Критическая сила для данного стержня будет равна:

$$P_{\text{кр}} = \sigma_{\text{кр}} A.$$

Определим теперь допускаемую силу для данного стержня. Сначала интерполированием найдем коэффициент продольного изгиба  $\varphi$ , учитывая интервал:

$$\lambda = 50 \quad \varphi = 0,89$$

$$\varphi = 60 \quad \varphi = 0,86$$

Тогда из условия  $P/A \leq R\varphi$ , получаем

$$P_{\text{доп}} = AR\varphi.$$

Перейдем теперь от усилия  $P$  в стержне к внешней силе  $F$ , записав уравнение равновесия всей конструкции.

Тогда допускаемая сила будет равна:

$$F_{\text{доп}} = D_{\text{кр}} / 2,$$

критическая сила

$$F_{\text{кр}} = D_{\text{кр}} / 2.$$

В строительных расчетах обычно применяют условие устойчивости, т.е. расчеты проводят с допускаемой, а не с критической силой.

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рабочей тетради и содержит все необходимые расчеты и выводы по соответствующей теме.

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.

2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому заданию:  
 проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы.  
 Конспектирование прочитанных литературных источников.

Основная литература

1. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М.Х.Ахметзянов, П.В.Грес, И.Б.Лазарев. – М.: Высшая школа, 2007. – 334 с.

2. Костенко Н.А. Сопротивление материалов: учебное пособие / Под ред. Н.А.Костенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 488 с.

3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.М.Михайлов. – М.: Академия, 2009. – 448 с.

Дополнительная литература

1. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник/ П.А.Степин. – 12-е изд, стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 320 с.

2. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Э.А.Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2005. – 207 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Запишите формулу Эйлера для сжатого стержня.

2. Как определяют критическое напряжение по Эйлеру и Ясинскому?

3. Как подчитать гибкость стержня?

4. Как записывают условие устойчивости сжатого стержня?

5. Порядок определения допускаемой нагрузки на сжатый стержень.

## Практическое занятие № 11

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА

#### Задание:

Определить динамический коэффициент.

#### Порядок выполнения:

Для вычисления динамического коэффициента  $k_d$  нужно статически приложить силу  $P$  в точке ее соударения с балкой и определить перемещение этой точки.

Перемещение состоит: из прогиба в точке  $C$  балки  $AB$  как балки на двух неподвижных опорах при изгибе, из смещения точки  $C$  недеформированной балки  $AB$  в связи с перемещением точек  $A$  и  $B$  за счет деформаций частей  $DE$  и  $BF$ .

Таким образом,  $\Delta_{\bar{n}\bar{o}} = \Delta_{\bar{N}} = \Delta_{\bar{N}}^{\bar{e}\bar{c}\bar{a}} + \Delta_{\bar{N}}^{\bar{A}\bar{A}}$ .

Очевидно, что  $\Delta_{\bar{N}}^{\bar{e}\bar{c}\bar{a}} = \frac{Pl_{AB}^3}{48EJ_{AB}}$ .

Смещение точки  $C$  недеформированной балки  $AB$  можно определить чисто геометрически.

$$\Delta_B = \frac{(P/2)l_{BF}^3}{3EJ_{BF}}.$$

Перемещение точки  $A$  будет складываться из двух составляющих: прогиба балки  $DE$

$$\Delta_A^{\bar{e}\bar{c}\bar{a}} = \frac{(P/2)l_{DE}^3}{48E_{\bar{A}}J_{DE}}.$$

Опускания недеформированной балки  $DE$  за счет осадки пружины  $\Delta_A^{DE} = \Delta_D / 2 = \alpha N_D / 2$ .

Усилие в пружине будет равно опорной реакции в точке  $D$

$$\Delta_A = \Delta_A^{\bar{e}\bar{c}\bar{a}} + \Delta_A^{DE}.$$

Возвращаясь к точке  $C$ , имеем

$$\Delta_{\bar{n}\bar{o}} = \Delta_{\bar{N}} = \Delta_{\bar{N}}^{\bar{e}\bar{c}\bar{a}} + \Delta_{\bar{N}}^{\bar{A}\bar{A}}.$$

Динамический коэффициент будет равен:

$$k_{\bar{A}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2\bar{I}}{\Delta_{\bar{n}\bar{o}}}}.$$

Наибольшие нормальные напряжения будут возникать в сечениях  $C$  и  $A$ . Соответствующие статические изгибающие моменты равны:

$$M_C = Pl_{AB} / 4,$$

$$M_A = (P/2)l_{DE} / 4.$$

Статические напряжения:

$$\sigma_{\bar{N}\bar{O}}^{\bar{N}} = M_C / W_{AB},$$

$$\sigma_{\bar{C}\bar{O}}^{\bar{N}} = M_A / W_{DE}.$$

Динамические напряжения:

$$\sigma_{\bar{A}}^{\bar{N}} = k_{\bar{A}} \sigma_{\bar{N}\bar{O}}^{\bar{N}},$$

$$\sigma_{\bar{A}}^{\bar{A}} = k_{\bar{A}} \sigma_{\bar{N}\bar{O}}^{\bar{A}}.$$

Если конструкция составная, то динамический коэффициент един для всей конструкции.

#### Форма отчетности:

Отчет оформляется в рабочей тетради и содержит все необходимые расчеты и выводы по соответствующей теме.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу

по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.

2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому заданию:  
проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы.  
Конспектирование прочитанных литературных источников.

Основная литература

1. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М.Х.Ахметзянов, П.В.Грес, И.Б.Лазарев. – М.: Высшая школа, 2007. – 334 с.
2. Костенко Н.А. Сопротивление материалов: учебное пособие / Под ред. Н.А.Костенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 488 с.
3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.М.Михайлов. – М.: Академия, 2009. – 448 с.

Дополнительная литература

1. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник/ П.А.Степин. – 12-е изд, стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 320 с.
2. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Э.А.Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2005. – 207 с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Перечислите виды динамических нагрузок.
2. Как определить динамический коэффициент при поступательном движении твердого тела?
3. Как определить динамический коэффициент при вертикальном ударе?
4. Как определить динамический коэффициент при горизонтальном ударе?
5. Как определить динамический коэффициент при вынужденных колебаниях?
6. В каких случаях наступает резонанс?

## **Практическое занятие № 12**

### ПРОВЕРКА СИСТЕМЫ НА РЕЗОНАНС, ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ БАЛКИ

Задание:

Проверка системы на резонанс, а также на прочность и жесткость балки.

Порядок выполнения:

Находим статический прогиб на конце балки:

$$\Delta_{\bar{N}\delta} = \frac{Gl^3}{3EJ_z}.$$

Определяем круговую частоту свободных (собственных) колебаний:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{\Delta_{\bar{N}\delta}}}.$$

Частота возмущающей силы

$$\theta = \pi/30.$$

Статическое напряжение равно:

$$\sigma_{\bar{N}\delta} = \frac{M_{\text{maz}}}{W_z}.$$

Коэффициент нарастания колебаний  $\beta = \frac{1}{|1 - \frac{\theta^2}{\omega^2}|}$ , тогда динамический коэффициент

$$k_{\bar{A}} = 1 + \frac{P_0}{G} \beta.$$

Найдем наибольшее напряжение и перемещение от вибрационной нагрузки:

$$\sigma_{\bar{A}} = k_{\bar{A}} \Delta_{\bar{N}\delta}.$$

$$\Delta_{\dot{A}} = k_{\dot{A}} \Delta_{C\dot{O}}$$

#### Форма отчетности:

Отчет оформляется в рабочей тетради и содержит все необходимые расчеты и выводы по соответствующей теме.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому заданию:  
проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы.  
Конспектирование прочитанных литературных источников.

#### Основная литература

1. Ахметзянов М.Х. Сопротивление материалов: учебник для вузов / М.Х.Ахметзянов, П.В.Грес, И.Б.Лазарев. – М.: Высшая школа, 2007. – 334 с.
2. Костенко Н.А. Сопротивление материалов: учебное пособие / Под ред. Н.А.Костенко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 488 с.
3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для вузов / А.М.Михайлов. – М.: Академия, 2009. – 448 с.

#### Дополнительная литература

1. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник/ П.А.Степин. – 12-е изд, стереотип. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 320 с.
2. Буланов Э.А. Решение задач по сопротивлению материалов: учебное пособие / Э.А.Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. – 207 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Перечислите виды динамических нагрузок.
2. Как определить динамический коэффициент при поступательном движении твердого тела?
3. Как определить динамический коэффициент при вертикальном ударе?
4. Как определить динамический коэффициент при горизонтальном ударе?
5. Как определить динамический коэффициент при вынужденных колебаниях?
6. В каких случаях наступает резонанс?

## **9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы**

В процессе изучения дисциплины обучающийся должен выполнить контрольную работу. Решение задач в контрольной работе является проверкой степени усвоения обучающимся теоретического курса. Перед выполнением контрольной работы обучающемуся необходимо внимательно ознакомиться с примерами решениями задач по данной контрольной работе, уравнениями и формулами, а также со справочным материалом, приведенным в конце методических указаний. Выбор задач производится по таблице вариантов, приведенной в методических указаниях (номером варианта является последняя цифра в номере зачётной книжки).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. ОС Windows 7 Professional;
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.

**11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ  
ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР или ПЗ</i>
1	2	3	4
Лк	Специализированная мультимедийная аудитория по теоретической механике	Интерактивная доска Promethean, проектор мультимедийный CASIO XJ-UT310WN, Монитор LG L1753S-SF, Системный блок Gel D315-2,26, учебная мебель	-
ПЗ	Лаборатория сопротивления материалов	Разрывная электромеханическая машина РЭМ-100, Установка для изучения системы плоских сходящихся сил ТМт 01, Установка для изучения плоской системы произвольно расположенных сил ТМт 02; Модель «Естественный трёхгранник» ТМк 01М, модель «Эллипсограф» ТМк 03М, Модель для демонстрации мгновенной оси вращений ТМк 06М, учебная мебель	№ 1 - 12
СР	Читальный зал №1	Оборудование 10-ПК i5-2500/Н67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D, учебная мебель	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-5	способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	1. Общие понятия. Расчет геометрических характеристик поперечных сечений	1.1. Содержание курса. Модель деформируемого твердого тела. Внешние и внутренние силы. Напряжения, перемещения, деформации. Линейные системы. Принцип независимости действия сил.	экзаменационный вопрос № 1.1 – 1.5.
			1.2. Геометрические характеристики поперечных сечений. Основные понятия. Моменты инерции простейших и составных фигур. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей. Понятие о главных осях инерции. Основные свойства моментов.	экзаменационный вопрос № 1.6 - 1.10
ПК-6	способность разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствий разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.	2. Растяжение и сжатие.	2.1. Продольная сила. Напряжения в поперечных сечениях. Деформации. Закон Гука. Перемещения сечений. Влияние собственного веса.	экзаменационный вопрос № 2.1 – 2.5
			2.2. Механические характеристики материалов. Методики расчета на прочность элементов машин и сооружений. Потенциальная энер-	экзаменационный вопрос № 2.6 – 2.9.

			гия деформации. Расчет статически неопределимых систем с растянутыми (сжатыми) элементами.	
		<b>3. Сдвиг и кручение.</b>	3.1. Закон Гука при чистом сдвиге. Полная форма записи обобщенного закона Гука. Практические расчеты на сдвиг.	экзаменационный вопрос № 3.1 – 3.2
			3.2. Крутящий момент. Кручение стержней круглого поперечного сечения. Напряжения и деформации. Напряженное состояние круглого стержня при кручении. Потенциальная энергия. Кручение стержней при упругопластической работе материала. Цилиндрические пружины с малым шагом витка. Понятие о кручении стержней некруглого поперечного сечения.	экзаменационный вопрос № 3.3 - 3.8
		<b>4. Изгиб балок.</b>	4.1. Силовые факторы при изгибе. Реакции связей. Дифференциальные зависимости при изгибе. Построение эпюр в балках. Нормальные напряжения при чистом изгибе балок. Касательные напряжения при изгибе. Анализ напряженного состояния балки.	экзаменационный вопрос № 4.1 – 4.8

			<p>Главные напряжения. Потенциальная энергия деформации балки при плоском изгибе. Упруго-пластический изгиб. Особенности расчета составных балок.</p>	
		<p><b>5.</b> Гипотезы пластичности и разрушения (гипотезы прочности).</p>	<p>5.1. Назначение гипотез прочности. Первая гипотеза прочности. Вторая и третья гипотезы прочности. Энергетические гипотезы прочности. Краткие сведения о других гипотезах прочности.</p>	<p>экзаменационный вопрос № 5.1 – 5.4</p>
		<p><b>6.</b> Напряженно-деформированное состояние.</p>	<p>6.1. Плоское напряженное состояние. Напряжение по наклонным площадкам. Главные напряжения. Круг Мора. Пространственное напряженное состояние. Деформированное состояние в точке. Обобщенный и объемный законы Гука.</p>	<p>экзаменационный вопрос № 6.1 – 6.7</p>
		<p><b>7.</b> Сложное сопротивление стержня.</p>	<p>7.1. Косой изгиб. Совместное действие растяжение (сжатия) и изгиба. Внецентренное растяжение (сжатие). Ядро сечения. Изгиб с кручением круглых валов.</p>	<p>экзаменационный вопрос № 7.1 – 7.4</p>
		<p><b>8.</b> Устойчивость сжатых стержней.</p>	<p>8.1. Общие понятия. Определение критической силы.</p>	<p>экзаменационный вопрос № 8.1 – 8.5</p>

			Критическое напряжение, условие устойчивости. Использование условия устойчивости. Продольно-поперечный изгиб.	
		9. Динамическое действие нагрузок. Прочность при циклически меняющихся напряжениях.	9.1. Основные положения. Расчеты элементов, движущихся с известными ускорениями. Ударные нагрузки. Нагрузки при вынужденных колебаниях.	экзаменационный вопрос № 9.1 – 9.4
			9.2. Понятие об усталости металлов. Характеристики циклов напряжений. Кривая усталости. Предел выносливости. Диаграмма предельных амплитуд. Расчеты на выносливость при циклическом нагружении.	экзаменационный вопрос № 9.5 – 9.8

## 2. Экзаменационные вопросы

1	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
			<b>1.1.</b> Содержание курса. <b>1.2.</b> Модель деформируемого твердого тела. <b>1.3.</b> Внешние и внутренние силы. <b>1.4.</b> Напряжения, перемещения, деформации. <b>1.5.</b> Линейные системы. Принцип независимости действия сил. <b>1.6.</b> Геометрические характеристики поперечных сечений. Основные понятия. <b>1.7.</b> Моменты инерции простейших и составных фигур.	1. Общие понятия. Расчет геометрических характеристик поперечных сечений

1.	ОПК-5	способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	1.8. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей.	2. Растяжение и сжатие.	
			1.9. Понятие о главных осях инерции.		
			1.10. Основные свойства моментов.		
			2.1. Продольная сила.		
			2.2. Напряжения в поперечных сечениях.		
			2.3. Деформации. Закон Гука.		
			2.4. Перемещения сечений.		
			2.5. Влияние собственного веса.		
			2.6. Механические характеристики материалов.		
			2.7. Методики расчета на прочность элементов машин и сооружений.		
	2.8. Потенциальная энергия деформации.				
	2.9. Расчет статически неопределимых систем с растянутыми (сжатыми) элементами.				
	2.	ПК-6	способность разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствий разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.	3.1. Закон Гука при чистом сдвиге. Полная форма записи обобщенного закона Гука.	3. Сдвиг и кручение.
				3.2. Практические расчеты на сдвиг.	
				3.3. Крутящий момент.	
				3.4. Кручение стержней круглого поперечного сечения. Напряжения и деформации.	
				3.5. Напряженное состояние круглого стержня при кручении. Потенциальная энергия.	
3.6. Кручение стержней при упругопластической работе материала.					
3.7. Цилиндрические пружины с малым шагом витка.					
3.8. Понятие о кручении стержней некруглого поперечного сечения.					
4.1. Силовые факторы при изгибе. Реакции связей.				4. Изгиб балок.	
4.2. Дифференциальные зависимости при изгибе.					
4.3. Нормальные напряжения при чистом изгибе балок.					
4.4. Касательные напряжения при изгибе.					
4.5. Анализ напряженного состояния балки. Главные напряжения.					
4.6. Потенциальная энергия деформации балки при плоском изгибе.					
4.7. Упругопластический изгиб.					
4.8. Особенности расчета составных балок.					
5.1. Назначение гипотез прочности.	5. Гипотезы				

			<b>5.2.</b> Первая гипотеза прочности.	пластичности и разрушения (гипотезы прочности).
			<b>5.3.</b> Вторая и третья гипотезы прочности.	
			<b>5.4.</b> Энергетические гипотезы прочности. Краткие сведения о других гипотезах прочности.	
			<b>6.1.</b> Плоское напряженное состояние.	6. Напряженно-деформированное состояние.
			<b>6.2.</b> Напряжение по наклонным площадкам.	
			<b>6.3.</b> Главные напряжения.	
			<b>6.4.</b> Круг Мора.	
			<b>6.5.</b> Пространственное напряженное состояние.	
			<b>6.6.</b> Деформированное состояние в точке.	
			<b>6.7.</b> Обобщенный и объемный законы Гука.	
			<b>7.1.</b> Косой изгиб.	7. Сложное сопротивление стержня.
			<b>7.2.</b> Совместное действие растяжение (сжатия) и изгиба. Внецентренное растяжение (сжатие).	
			<b>7.3.</b> Ядро сечения.	
			<b>7.4.</b> Изгиб с кручением круглых валов.	
			<b>8.1.</b> Общие понятия.	8. Устойчивость сжатых стержней.
			<b>8.2.</b> Определение критической силы.	
			<b>8.3.</b> Критическое напряжение, условие устойчивости.	
			<b>8.4.</b> Использование условия устойчивости.	
			<b>8.5.</b> Продольно-поперечный изгиб.	
			<b>9.1.</b> Основные положения. Расчеты элементов, движущихся с известными ускорениями.	9. Динамическое действие нагрузок. Прочность при циклически меняющихся напряжениях.
			<b>9.2.</b> Ударные нагрузки.	
			<b>9.3.</b> Нагрузки при вынужденных колебаниях.	
			<b>9.4.</b> Понятие об усталости металлов.	
			<b>9.5.</b> Характеристики циклов напряжений.	
			<b>9.6.</b> Кривая усталости. Предел выносливости.	
			<b>9.7.</b> Диаграмма предельных амплитуд.	
			<b>9.8.</b> Расчеты на выносливость при циклическом нагружении.	

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать:</b> <b>ОПК-5</b> - сущность и значение информации в развитии современного общества, основные источники информации для решения задач в практической деятельности; <b>ПК-6</b> - методические, нормативные, руководящие материалы и методы на прочность, жесткость и устойчивость элементов систем при простейших видах нагружения.</p> <p><b>Уметь:</b> <b>ОПК-5</b> - на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности проводить поиск научной и технической информации; <b>ПК-6</b> - выполнять работы в области научно-технической деятельности по испытанию, оценке древесных и других конструкционных материалов, используя современную испытательную аппаратуру.</p>	<b>отлично</b>	<p>«Отлично» заслуживает обучающийся, который методические, нормативные, руководящие материалы и методы на прочность, жесткость и устойчивость элементов систем при простейших видах нагружения. Умеет выполнять работы в области научно-технической деятельности по испытанию, оценке древесных и других конструкционных материалов, используя современную испытательную аппаратуру. Владеет методами проведения комплексного технико-экономического анализа, а также методами проведения стандартных испытаний по определению показателей физико-механических свойств используемого сырья, полуфабрикатов и готовых изделий.</p>
<p><b>Владеть:</b> <b>ОПК-5</b> - навыками управления информацией для</p>	<b>хорошо</b>	<p>«Хорошо» заслуживает обучающийся, который методические, нормативные, руководящие материалы и методы на прочность, жесткость и устойчивость элементов систем при простейших видах нагружения. Умеет выполнять работы в области научно-технической деятельности по испытанию, оценке древесных и других конструкционных материалов, используя современную испытательную аппаратуру. Владеет методами проведения комплексного технико-экономического анализа, а также методами проведения стандартных испытаний по определению показателей физико-механических свойств используемого сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Но обучающийся допустил не более двух-трех недочётов и может исправить их самостоятельно или с небольшой помощью преподавателя.</p>
<p><b>Владеть:</b> <b>ОПК-5</b> - навыками управления информацией для</p>	<b>удовлетворительно</b>	<p>«Удовлетворительно» ставится обучающемуся, у которого в ответе имеются отдельные пробелы в усвоении вопросов курса теоретическая механика не препятствующие усвоению</p>

<p>решения исследовательских задач. <b>ПК-6</b> – методами проведения комплексного технико-экономического анализа, а также методами проведения стандартных испытаний по определению показателей физико-механических свойств используемого сырья, полуфабрикатов и готовых изделий.</p>		<p>программного материала. Умеет применять полученные знания по теоретической механике при решении простых задач с использованием формул.</p>
	<p><b>неудовлетворительно</b></p>	<p>«Неудовлетворительно» ставится обучающемуся, который не знает методические, нормативные, руководящие материалы и методы на прочность, жесткость и устойчивость элементов систем при простейших видах нагружения. Не умеет выполнять работы в области научно-технической деятельности по испытанию, оценке древесных и других конструкционных материалов, используя современную испытательную аппаратуру. Не владеет методами проведения комплексного технико-экономического анализа, а также методами проведения стандартных испытаний по определению показателей физико-механических свойств используемого сырья, полуфабрикатов и готовых изделий.</p>

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Техническая механика направлена на привить студентам навыки самостоятельного решения вопросов прочности, проведения экспериментальных исследований напряженно-деформируемого состояния изделий, т.е. заложить фундамент для решения тех задач, которые придется решать выпускнику в его практической деятельности.

Изучение дисциплины Техническая механика предусматривает:

- лекции,
- практические занятия;
- контрольную работу;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 Общие понятия. Расчет геометрических характеристик поперечных сечений студенты должны уяснить содержание курса, модель деформируемого твердого тела, внешние и внутренние силы, напряжения, перемещения, деформации, линейные системы, принцип независимости действия сил, геометрические характеристики поперечных сечений, основные понятия, моменты инерции простейших и составных фигур, изменение моментов инерции при параллельном переносе осей, понятие о главных осях инерции, основные свойства моментов.

В ходе освоения раздела 2 Растяжение и сжатие: продольная сила, напряжения в поперечных сечениях, деформации, закон Гука, перемещения сечений, влияние собственного веса, механические характеристики материалов, методики расчета на прочность элементов машин и сооружений, потенциальная энергия деформации, расчет статически неопределимых систем с растянутыми (сжатыми) элементами.

В ходе освоения раздела 3 Сдвиг и кручение: Закон Гука при чистом сдвиге, полная форма записи обобщенного закона Гука, практические расчеты на сдвиг, Крутящий момент, кручение стержней круглого поперечного сечения, напряжения и деформации, напряженное состояние круглого стержня при кручении, потенциальная энергия, кручение стержней при

упругопластической работе материала, цилиндрические пружины с малым шагом витка, понятие о кручении стержней некруглого поперечного сечения.

В ходе освоения раздела 4 Изгиб балок: силовые факторы при изгибе, реакции связей, дифференциальные зависимости при изгибе, построение эпюр в балках, нормальные напряжения при чистом изгибе балок, касательные напряжения при изгибе, анализ напряженного состояния балки, главные напряжения, потенциальная энергия деформации балки при плоском изгибе, упругопластический изгиб, особенности расчета составных балок.

В ходе освоения раздела 5 Гипотезы пластичности и разрушения (гипотезы прочности): назначение гипотез прочности, первая гипотеза прочности, вторая и третья гипотезы прочности, энергетические гипотезы прочности, краткие сведения о других гипотезах прочности.

В ходе освоения раздела 6 Напряженно-деформированное состояния: плоское напряженное состояние, напряжение по наклонным площадкам, главные напряжения, круг Мора, пространственное напряженное состояние, деформированное состояние в точке, обобщенный и объемный законы Гука.

В ходе освоения раздела 7 Сложное сопротивление стержня: кривой изгиб, совместное действие растяжение (сжатия) и изгиба, внецентренное растяжение (сжатие), ядро сечения, изгиб с кручением круглых валов.

В ходе освоения раздела 8 Устойчивость сжатых стержней: общие понятия, определение критической силы, критическое напряжение, условие устойчивости, использование условия устойчивости, продольно-поперечный изгиб.

В ходе освоения раздела 9 Динамическое действие нагрузок. Прочность при циклически меняющихся напряжениях: основные положения, расчеты элементов, движущихся с известными ускорениями, ударные нагрузки, нагрузки при вынужденных колебаниях, понятие об усталости металлов, характеристики циклов напряжений, кривая усталости, предел выносливости, диаграмма предельных амплитуд, расчеты на выносливость при циклическом нагружении.

При подготовке к экзамену необходимо ознакомиться с экзаменационными вопросами. На основе этого надо составить план повторения и систематизации учебного материала на каждый день. Нельзя ограничиваться только конспектами лекций, следует проработать рекомендуемые преподавателем учебные пособия и литературу. Необходимо внимательно прочитать и уяснить суть требований конкретного экзаменационного вопроса. В отдельной тетради на каждый экзаменационный вопрос следует составить краткий план ответа в логической последовательности и с фиксацией необходимого иллюстративного материала (примеры, рисунки, схемы, цифры). Если отдельные вопросы программы остаются неясными, их необходимо написать на полях конспекта, чтобы выяснить на консультации. Основные положения темы (правила, законы, определения и др.) после глубокого осознания их сути следует заучить, повторяя несколько раз. Важнейшую информацию следует обозначать другим цветом, это помогает лучше запомнить материал. Когда все повторено и систематизирован весь учебный материал, необходимо пересмотреть его еще раз уже со своими записями, проверяя мысленно, как усвоена каждая тема.

Удобнее готовиться к лекциям, практическим занятиям, экзамену в читальном зале библиотеки или в специализированном учебном кабинете. В течение суток необходимо уделять самостоятельной работе 4-6 часов, делая через каждые 1,5 часа перерыв на 15 мин.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

## **АННОТАЦИЯ**

### **рабочей программы дисциплины**

### **Техническая механика**

#### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является: привить студентам навыки самостоятельного решения вопросов прочности, проведения экспериментальных исследований напряженно-деформируемого состояния изделий, т.е. заложить фундамент для решения тех задач, которые придется решать выпускнику в его практической деятельности.

Задачами изучения дисциплины является:

- изучение поведения изделий под нагрузкой, изучение сущности явлений, происходящих в деформируемых телах, рассмотрение методов расчета на прочность при различных видах деформации с учетом статических и динамических нагрузок, температурных, монтажных воздействий и процессов, связанных с длительностью эксплуатации изделий, а также обзор современных направлений в развитии методов расчета на прочность.

#### **2. Структура дисциплины**

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк – 6 ч., ПЗ – 8 ч., СР – 121 ч.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часа, 4 зачетных единицы.

2.2 Основные разделы дисциплины: Общие понятия. Расчет геометрических характеристик поперечных сечений.

2 – Растяжение и сжатие.

3 – Сдвиг и кручение.

4 – Изгиб балок.

5 – Гипотезы пластичности и разрушения (гипотезы прочности).

6 – Напряженно-деформированное состояние.

7 – Сложное сопротивление стержня.

8 – Устойчивость сжатых стержней.

9 – Динамическое действие нагрузок. Прочность при циклически меняющихся напряжениях.

#### **3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-5 - способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;

- ПК-6 - способность разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствий разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

#### **4. Вид промежуточной аттестации: экзамен.**

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
(разработчик)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование от «20» октября 2015 г. № 1170  
для набора 2014 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413;  
для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «04» декабря 2015 г. № 769;  
для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «06» июня 2016 г. № 429;  
для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125;  
для набора 2018 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «12» марта 2018 г. № 130.

**Программу составил:**

Герасимов С.В., к.т.н., доцент \_\_\_\_\_

Яковлев В.В., к.т.н., доцент \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ММиИГ

от «14» декабря 2018 г., протокол № 3.

Заведующий кафедрой ММиИГ \_\_\_\_\_ Л.П. Григоревская

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий кафедрой ВиПЛР \_\_\_\_\_ В.А. Иванов

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией МФ

от «14» декабря 2018 г., протокол № 4

Председатель методической комиссии факультета \_\_\_\_\_ Г.Н. Плеханов

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник  
учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_

(методический отдел)